

# 目 录

<b>第一章 玉米生产概况</b> .....	<b>1</b>
<b>第一节 玉米生产的重要意义</b> .....	<b>1</b>
一、玉米是高产作物 .....	1
二、玉米有良好的食用品质 .....	2
三、玉米是发展畜牧业的优质饲料 .....	3
四、玉米是发展工业的重要原料 .....	4
五、玉米的药用价值 .....	4
<b>第二节 玉米的起源和传播</b> .....	<b>5</b>
一、玉米的起源 .....	5
二、玉米在世界的传播 .....	6
三、我国玉米的栽培历史 .....	8
四、我国玉米栽培的历史经验 .....	9
<b>第三节 我国玉米生产的发展</b> .....	<b>11</b>
一、我国发展玉米生产的经验 .....	12
二、我国玉米增产的主要措施 .....	13
三、我国玉米的分布和栽培特点 .....	14
<b>第四节 我国玉米产区的划分</b> .....	<b>17</b>
一、北方春播玉米区 .....	19
二、黄淮海平原夏播玉米区 .....	20
三、西南山地玉米区 .....	22
四、南方丘陵玉米区 .....	24
五、西北灌溉玉米区 .....	25
六、青藏高原玉米区 .....	25
<b>第二章 玉米的器官</b> .....	<b>27</b>
<b>第一节 营养器官的形态与生长</b> .....	<b>27</b>
一、根 .....	27
二、茎 .....	39
三、叶 .....	44
<b>第二节 生殖器官的形态与发育</b> .....	<b>51</b>
一、花序 .....	51
二、雌、雄穗的分化 .....	55
三、授粉与受精 .....	58

第三节 种子	61
一、种子的形态构造	61
二、种子的发育与形成	62
三、种子的发芽	64
第四节 玉米器官的同伸关系	66
一、叶片与根层的同伸关系	66
二、叶片与节间的同伸关系	67
三、先生叶片与后生叶片、叶鞘的同伸关系	68
四、雌穗与雄穗分化期的对应关系	69
五、展开叶与穗分化期的对应关系	69
第三章 玉米生长发育与环境条件	75
第一节 玉米的生育时期与生长动态	75
一、玉米的生活史	75
二、玉米的生育时期与阶段	76
三、玉米生长动态	80
第二节 玉米干物质的积累与分配	81
一、玉米单株干物质的积累	81
二、玉米各器官干物质的积累	83
三、光合产物在器官间的运转与分配	88
第三节 影响玉米生长发育的环境因素	92
一、温度	92
二、光照	97
三、水分	100
四、矿质养分	101
五、土壤	103
第四章 玉米产量形成的生理基础	107
第一节 玉米光合器官的结构及其光合特性	107
一、玉米光合器官的结构	107
二、玉米的光合特性	108
第二节 玉米产量的形成	110
一、玉米干物质积累与栽培技术的关系	110
二、产量容积与产量内容的“库”、“源”关系	112
三、玉米籽粒产量与植株干物质产量的关系	117
第三节 构成玉米产量的因素	118
一、群体叶面积对产量形成的作用	118
二、光合势对产量形成的作用	122
三、净同化率与玉米产量形成的关系	124
第五章 我国玉米的栽培制度	129
第一节 玉米栽培制度在农业生产中的意义	129

一、轮作·····	129
二、复种·····	131
三、间作和套种·····	131
第二节 我国玉米的主要轮作制度·····	136
一、北方春播玉米区·····	136
二、黄淮海平原夏播玉米区·····	137
三、西南山地玉米区·····	138
四、南方丘陵玉米区·····	140
五、西北灌溉玉米区·····	141
第三节 我国玉米的主要种植方式·····	141
一、玉米的间作方式·····	141
二、玉米的套种方式·····	143
三、玉米的复种形式·····	146
第四节 玉米间作、套种的主要栽培技术·····	147
一、品种组合·····	147
二、畦宽、带比·····	149
三、间、套时期·····	151
四、种植密度·····	153
五、加强肥水管理·····	154
第六章 土壤耕作·····	157
第一节 玉米的土壤改良及培肥地力的途径·····	157
一、玉米的土壤改良·····	157
二、培肥地力·····	166
第二节 耕地整地的效果·····	168
一、深耕的增产效果·····	168
二、深耕的作用·····	170
第三节 深耕整地的技术原则·····	174
一、前茬处理·····	174
二、耕地原则·····	175
三、整地原则·····	176
四、垧作、畦作和砂田耕法·····	177
第四节 耕作机械化·····	179
一、耕地整地机械·····	179
二、机耕机耙作业方法·····	182
三、深松耕法·····	183
第七章 玉米良种利用·····	189
第一节 我国玉米品种资源及其利用·····	189
一、我国玉米的分类·····	189
二、品种资源的整理及利用·····	192

三、群体改良品种·····	193
第二节 良种在生产上的作用·····	194
一、玉米的杂种优势·····	194
二、玉米杂交种的种类及其增产作用·····	195
三、玉米杂交种的合理利用·····	198
四、我国主要优良玉米杂交种·····	200
第三节 玉米良种繁育·····	206
一、良种繁育制种技术·····	207
二、提高繁育制种产量的措施·····	211
三、种子质量标准化·····	214
第八章 播种·····	219
第一节 玉米的发芽与出苗·····	219
一、玉米种子萌发的条件·····	219
二、玉米的出苗过程·····	220
三、出苗过程中的生理变化·····	221
第二节 玉米播种前的种子准备·····	222
一、种子精选·····	222
二、种子处理·····	223
第三节 玉米的播种期·····	226
一、玉米适时播种的增产意义·····	226
二、确定适宜播种期的依据·····	229
三、我国不同玉米产区适宜播种期的范围·····	232
第四节 玉米的播种技术·····	233
一、播种量·····	233
二、播种方法·····	234
三、机械化播种·····	235
四、播种深度·····	238
五、播种后镇压·····	238
第九章 玉米的种植密度与方式·····	241
第一节 玉米的群体结构与光能利用·····	242
一、玉米的群体结构及其发展规律·····	242
二、群体叶面积的合理范围与光分布特性的相依性·····	246
三、群体叶面积的发展及其规律性·····	250
四、光合势·····	252
五、净同化率·····	252
六、经济系数·····	254
第二节 玉米群体与个体的相互关系·····	255
一、密度对个体的影响·····	255
二、密度对群体的影响·····	259



第三节 密度效应 .....	261
一、密度效应法则 .....	261
二、产量一定值法则 .....	263
三、密度与产量性状的关系 .....	264
四、密度与植株生育性状的关系 .....	270
第四节 密度与产量的理论方程 .....	273
一、常态产量曲线 .....	273
二、非常态产量曲线 .....	278
第五节 玉米的种植方式 .....	280
一、玉米等行距和宽窄行对产量的影响 .....	281
二、每穴株数及方式对产量的影响 .....	286
第十章 施肥 .....	291
第一节 玉米的营养特性 .....	291
一、玉米不同器官营养成分的分布 .....	291
二、春玉米营养元素的吸收动态和数量 .....	293
三、夏玉米营养元素的吸收动态和数量 .....	297
四、玉米的需肥量与施肥量 .....	302
第二节 施肥与栽培条件的关系 .....	304
一、土壤供肥条件与施肥的关系 .....	304
二、肥料性质、成分与施肥的关系 .....	306
三、气候和栽培条件对施肥的影响 .....	306
第三节 施肥技术 .....	307
一、基肥 .....	308
二、种肥 .....	310
三、追肥 .....	313
第十一章 灌溉与排水 .....	323
第一节 玉米灌溉的生理基础 .....	323
一、水分在玉米生命活动中的作用 .....	323
二、玉米的吸水方式 .....	324
三、玉米水分的散失 .....	325
四、水分代谢与玉米生长的关系 .....	325
第二节 玉米的需水量和需水规律 .....	326
一、玉米的需水量及其影响因素 .....	326
二、玉米的需水规律 .....	332
第三节 玉米的灌溉 .....	334
一、玉米灌溉的意义 .....	334
二、玉米的合理灌溉 .....	335
三、玉米的灌水方法 .....	346
第四节 排水 .....	354

一、淹涝对玉米的危害	354
二、玉米排水的重要性	355
三、排水方法	355
<b>第十二章 田间管理</b>	359
<b>第一节 苗期管理</b>	359
一、苗期生长特点	359
二、苗期管理的主要目标	360
三、管理措施	360
<b>第二节 穗期管理</b>	366
一、穗期的生育特点	366
二、穗期管理的目标	366
三、穗期管理措施	367
<b>第三节 花粒期管理</b>	371
一、玉米后期的发育特点	371
二、管理措施	372
<b>第十三章 特殊栽培法</b>	377
<b>第一节 抗旱栽培</b>	377
一、干旱的类型及其对玉米生产的影响	377
二、玉米的耐旱能力	378
三、旱地耕作保墒措施	379
四、抗旱播种技术	380
<b>第二节 抗涝栽培</b>	382
一、涝害的发生及其危害	382
二、涝害减产的原因	382
三、玉米的耐涝性	384
四、提高玉米抗涝性的措施	385
<b>第三节 抗冷栽培</b>	387
一、低温冷害的发生及其危害	387
二、玉米不同生育阶段对低温的反应	388
三、低温冷害的防御措施	389
<b>第四节 抗盐碱栽培</b>	392
一、土壤含盐分过多的害处	392
二、玉米的耐盐性	393
三、盐碱地的耕作技术	394
四、盐碱地的保苗技术	396
<b>第五节 育苗移栽</b>	397
一、育苗移栽增产的原因	398
二、育苗方法	399
三、苗床管理	399

四、移栽技术·····	400
五、移栽后的管理·····	401
六、移栽补苗技术·····	401
<b>第十四章 防治病虫害</b> ·····	<b>405</b>
<b>第一节 玉米主要病害及其防治</b> ·····	<b>405</b>
一、玉米大斑病·····	405
二、玉米小斑病·····	408
三、玉米圆斑病·····	411
四、玉米丝黑穗病·····	412
五、玉米黑粉病·····	413
六、玉米矮花叶病·····	414
七、玉米粗缩病毒病·····	414
八、玉米干腐病·····	415
九、玉米茎腐病·····	416
十、玉米茎基腐病·····	417
<b>第二节 玉米主要害虫及其防治</b> ·····	<b>418</b>
一、地下害虫·····	418
二、玉米螟·····	423
三、粘虫·····	424
<b>第三节 玉米田主要杂草及其防治</b> ·····	<b>426</b>
一、玉米田的主要杂草种类·····	426
二、杂草的综合防治措施·····	427
<b>第十五章 收获与储藏</b> ·····	<b>429</b>
<b>第一节 收获与脱粒</b> ·····	<b>429</b>
一、玉米的后熟作用·····	429
二、收获时期·····	429
三、田间测产·····	430
四、收获方法·····	431
五、脱粒方法·····	433
<b>第二节 干燥</b> ·····	<b>433</b>
一、干燥对储藏的意义·····	433
二、干燥的方法·····	434
<b>第三节 储藏</b> ·····	<b>437</b>
一、玉米果穗的吸湿性和解湿性·····	437
二、玉米籽粒储藏期间的生命活动·····	438
三、玉米籽粒储藏期间的带菌情况·····	439
四、玉米储藏期间温度和水分的变化·····	441
五、储藏的方法和管理·····	442
<b>第四节 种用玉米的干燥和储藏</b> ·····	<b>448</b>

一、玉米不同成熟度和温度、含水量对种子品质的影响	448
二、种用玉米果穗储藏	449
三、种用玉米籽粒储藏	450
<b>第十六章 饲用玉米的栽培、青贮及利用</b>	453
<b>第一节 饲用玉米栽培</b>	453
一、选用良种,调整播种时期	453
二、因地制宜,确定种植方式	454
三、增加密度,加强田间管理	454
四、适期收获,确保饲料质量	455
<b>第二节 饲用玉米青贮</b>	456
一、青贮的好处	456
二、青贮的原理和方法	457
三、青贮窖的修建	459
四、青贮程序	462
五、青贮饲料的质量鉴定标准	463
六、开窖	463
<b>第三节 饲用玉米的利用</b>	464
一、籽粒	464
二、青贮玉米	465
三、青饲	467
四、干饲	467
<b>附 录</b>	469
<b>一、玉米栽培田间试验记载项目和标准</b>	469
(一)生育时期记载	469
(二)植株性状调查	469
(三)收获期田间调查及测产	470
(四)室内考种项目	470
<b>二、玉米大斑病分级调查标准</b>	471
(一)发病严重程度分级标准	471
(二)发病率、病情指数计算方法	471
<b>三、玉米小斑病分级调查标准</b>	472
(一)发病严重程度分级标准	472
(二)发病率、病情指数计算方法	472
<b>四、抗螟食叶级别划分标准</b>	472

# 第一章 玉米生产概况

玉米是世界上重要的谷类粮食作物之一,种植面积和总产量仅次于小麦和水稻,居第三位,而单位面积产量却居谷类作物的首位。

我国是世界上种植玉米最多的国家之一,种植面积和总产量仅次于美国,居第二位。我国东起台湾和沿海各省,西迄新疆和青藏高原,南自北纬 18°的海南岛,北至北纬 50°的黑龙江省黑河附近,几乎都有玉米栽培。七十年代,我国玉米常年播种面积占粮食作物面积的 12~16%,总产量占粮食作物的 18~20%,因此玉米在农业生产和粮食组成中占有重要地位。

## 第一节 玉米生产的重要意义

玉米是重要的粮食作物,也是发展畜牧业的优质饲料和工业原料。现今全世界约有三分之一的人以玉米籽粒作为主要粮食;其中亚洲人的食物组成中玉米占 50%,多者达 90%以上,非洲占 25%,拉丁美洲占 40%。我国东北、华北、西北以及西南等地区人民的食物构成,玉米占有较大的比重。近几年来,由于人民生活水平的提高,玉米在食物构成中的比重有所下降。

随着科学技术的发展,玉米在畜牧业和工业上的用途日趋广泛,目前全世界生产的玉米籽粒,作为发展畜牧业饲料的约占 75~80%;作为人们食用的约占 10~15%;作为发展工业原料的约占 10~15%。

### 一、玉米是高产作物

玉米的干物质产量 95% 以上都是依靠绿色叶片在阳光下进行光合作用制造的。由于玉

表 1-1 世界主要农作物一般产量和高产纪录\*

作物	项 目	1981 年 世界平均亩产(斤)	1981 年 大面积高产(斤/亩)	世界高产纪录*(斤/亩)
玉 米		440	1048.0(希腊)	2950.9
小 麦		252	834.5(英国)	1933.3
稻 谷		378	923.9(澳大利亚)	1752.0
高 粱		199	606.5(法国)	2880.0
燕 麦		204	726.7(荷兰)	1413.3
大 麦		253	688.1(比利时)	1520.0

\* 据 1981 年 12 月《FAO统计月报》;高产纪录摘自《国外农业科技》1981 年第 8 期。

米是一种四碳植物,其呼吸作用消耗的干物质较少,而光合效率却比较高。一般比小麦、水稻等作物的净光合效率约高2~3倍,因而单位面积产量较高。据联合国粮农组织(FAO)统计,1981年世界粮食平均亩产小麦为252斤,稻谷为378斤,而玉米则达440斤。有些国家玉米平均亩产达900~1000斤,每亩高产纪录达到2950.9斤。

我国玉米单位面积产量提高也很快,平均亩产超过了400斤,大面积套种和复播夏玉米亩产达到1200~1500斤。在小面积高产已经突破了每亩1800斤。

## 二、玉米有良好的食用品质

玉米籽粒中含有丰富的营养成分。据中国农业科学院作物育种栽培研究所1978年分析,玉米籽粒中平均含淀粉72.0%,蛋白质9.6%,脂肪4.9%,糖分1.58%;另外还含有1.92%的纤维素和1.56%的矿质元素(表1-2)。

表 1-2 玉米籽粒中主要营养成分含量\*

(中国农业科学院作物育种栽培研究所,1978)

杂交种名称	千粒重(克)	籽粒各部位重量比率(%)				籽粒中各种成分比率(%)					
		皮	胚	角质	粉质	蛋白质	淀粉	糖分	纤维素	脂肪	矿物质
中单2号	352	6.3	11.7	51.0	31.0	9.6	72.6	1.31	1.91	4.5	1.60
郑单2号	361	5.7	10.3	58.6	25.4	9.1	74.4	1.51	1.86	4.1	1.41
博单1号	349	5.5	10.4	50.7	33.4	8.9	73.9	1.35	1.74	4.1	1.41
豫农704	294	7.2	11.1	66.8	14.9	11.6	69.1	1.63	1.68	3.8	1.66
吉单101	349	7.0	11.3	48.5	33.2	10.1	64.1	2.82	1.81	3.8	1.54
吉双83	334	6.3	13.6	46.9	33.2	9.1	67.7	1.91	1.95	5.6	1.64
陕单1号	283	6.5	11.9	41.6	40.0	8.4	73.3	1.70	2.14	5.5	1.90
京杂6号	367	7.9	11.7	42.7	37.7	9.0	75.6	1.49	2.34	5.3	1.84
京单403	326	6.7	9.3	57.2	26.8	9.1	75.9	1.06	2.02	3.9	1.41
125个样品平均	295	6.7	11.2	49.1	33.0	9.6	72.0	1.58	1.92	4.9	1.56

\* 摘自《全国玉米杂交种和自交系品质分析初步结果》。

据中国医学科学院1976年对几种主要粮食作物营养成分的分析,玉米籽粒中的脂肪含量较多,高于面粉、大米及小米,蛋白质含量高于大米,略低于面粉及小米。此外,玉米籽粒还含有较多的硫胺素、核黄素,单位重量的发热量也比较高(表1-3)。

玉米籽粒和大豆混合磨粉可做成多种食品,能提高玉米籽粒中蛋白质和脂肪的营养价值。我国各地农村都有玉米粗粮细做的习惯。用玉米掺合其他食物,制成玉米烤饼、蒸饼、金银花卷、发糕以及其他点心,品种繁多,味美可口,颇受群众欢迎。

七十年代以来,世界上已迅速发展起一种玉米膨化食品,即在高温高压条件下使玉米籽粒喷爆,然后磨碎去渣,在膨化玉米粉中添加赖氨酸、维生素、牛奶、鸡蛋、可可等优质配料,加工制成各种形、色、香、味俱佳的膨化食品。这种食品疏松多孔,结构均匀,质地柔软,提高了营养价值和食品消化率。另外,还用玉米粉加工制成的早餐玉米片、玉米面包、玉米饼,以

表 1-3 我国几种主要粮食作物营养成分表(每百克食用部分含量)

(中国医学科学院卫生研究所, 1976)

粮 食 名 称	蛋 白 质 (克)	脂 肪 (克)	碳 水 化 合 物 (克)	硫 胺 素 (毫克)	核 黄 素 (毫克)	尼 克 酸 (毫克)	钙 (毫克)	磷 (毫克)	铁 (毫克)	热 量 (千卡)
黄 玉 米	8.5	4.3	72.2	0.34	0.10	2.3	22	210	1.6	362
粳 米	8.3	2.5	74.2	0.34	0.07	2.5	14	285	—	353
标 准 粉	9.9	1.8	74.6	0.46	0.06	2.5	38	268	4.2	354
小 米	9.7	3.5	72.8	0.57	0.12	1.6	29	240	4.7	362
高 梁 面	7.5	2.6	70.8	0.27	0.09	2.8	44	—	—	337
荞 麦 面	10.6	2.5	72.2	0.38	0.22	4.1	15	180	1.2	354

及其他强化玉米方便食品,特别是在以玉米为主食的国家中较为普遍。

玉米籽粒的营养价值虽然较高,但蛋白质中为人类所必需的氨基酸,如赖氨酸和色氨酸的含量却较低,影响玉米食用品质。七十年代以来,玉米育种工作者已成功地培育了品质良好的高赖氨酸玉米杂交种,使籽粒蛋白质中的赖氨酸含量增加 50~80%,色氨酸含量增加 25~30%。同时还研究利用了人工合成赖氨酸作为玉米食品添加剂的方法,进一步提高了玉米的食用价值。

### 三、玉米是发展畜牧业的优质饲料

玉米是发展畜牧业的优质饲料,也是近代世界上用于生产奶、肉、油、蛋等畜产品最重要的饲料来源。利用玉米饲喂家禽、家畜,一般每 2~3 公斤玉米籽粒即可换回 1 公斤的肉食。目前,世界上畜牧业发达的国家,几乎都与发展玉米配合饲料有密切的关系。例如美国生产的玉米籽粒,加工为配合饲料用于发展畜牧业的约占 90%,其中用于养猪业和养牛业的分

表 1-4 玉米不同部位的饲用营养成分(%)

部 位	成 分	水 分	粗 蛋 白	粗 脂 肪	粗 纤 维	碳 水 化 合 物	矿 物 质
籽 粒		13.50	8.80	4.49	2.13	69.57	1.51
秸 秆		11.20	3.50	0.80	33.40	42.70	8.40
穗 轴		13.50	1.05	0.57	31.76	51.84	1.28
苞 叶		13.50	2.45	2.22	25.13	53.79	2.91
胚 饼		8.44	13.40	9.43	8.59	54.14	5.00
轴 槽		67.05	2.28	0.35	11.56	15.47	3.29
粉 渣		83.65	2.19	0.77	3.36	9.83	0.20
青 刈 玉 米		68.62	2.53	0.81	5.91	20.09	1.99
青 贮 玉 米		72.58	2.53	0.76	6.22	15.86	2.05

注: 摘自《农业常用数据资料》, 农业出版社, 1981 年。

别占 37% 左右, 用于家禽业的约占 17%。所以美国的玉米带既是玉米的主要产区, 也是全国生产畜产品最多的地区。欧洲和美洲很多国家也都是依靠玉米作为发展畜牧业的主要饲料来源。

玉米籽粒作为猪、牛、马、家禽的精饲料, 对提高畜产品产量和品质有显著作用。一般每百斤玉米的饲用价值相当于燕麦 135 斤, 高粱 120 斤或大麦 130 斤。玉米的鲜嫩茎叶, 营养比较丰富, 也是宝贵的青饲料(表 1-4)。

乳熟至蜡熟期收获的玉米植株, 可以加工成青饲料或青贮饲料。特别是随着高赖氨酸玉米品种的选育和推广, 玉米的饲用品质将会进一步得到提高。因此, 玉米作为发展畜牧业的优质饲料来源, 有着广阔的前景。

#### 四、玉米是发展工业的重要原料

随着科学技术的发展, 七十年代世界上兴起了以玉米为原料综合利用的现代玉米工业。以玉米籽粒及其副产物为原料加工的工业产品达 500 多种, 其中最重要的有玉米淀粉、玉米果葡糖浆、玉米油等。

玉米籽粒中含淀粉 68~78%, 玉米淀粉被广泛地应用于食品、医药、化工和纺织工业, 直接以淀粉为原料加工的工业制品达 160 多种。玉米果葡糖浆就是以玉米淀粉为原料的第二次加工品, 它是在糖化酶的作用下把淀粉转化为葡萄糖; 在异构酶的作用下继续把葡萄糖转化为果糖。现在世界上生产的玉米果葡糖浆以及玉米结晶糖中, 果糖含量达 77~90%, 甜度高, 风味好, 营养丰富。玉米淀粉还可以用来加工制造醋酸、酒精、丙酮、丁醇等化工产品, 用玉米淀粉制造酒精以代替汽油, 成本低, 效果好。另外, 甜玉米还可以制成罐头食品。

玉米胚是榨油的好原料, 玉米籽粒中脂肪含量为 4~5%, 但有 85% 以上集中贮存在胚内, 一般每百斤玉米胚可以榨油 30~40 斤。玉米油中不饱和脂肪酸亚油酸的含量高达 60%, 营养价值很高。长期食用玉米油对预防高血压、心脏病和肥胖症等有良好效果。籽粒榨油后的饼粕, 还可以酿酒、制糖或用作饲料。

工业上还利用玉米油制造肥皂、润滑油、油漆涂料等, 为发展玉米工业开创了新的前景。

玉米茎秆可用来加工制造纤维素、人造丝、纸张、胶板等; 玉米穗轴能加工制造电木、漆布、软木塞、黑色火药、人造纤维, 以及提取糠醛等。一般在玉米茎秆和穗轴中约含糠醛 16.9~19.0%, 它是制造高级塑料(如尼龙)的主要原料, 其剩下的渣子还可以制造酒精; 玉米苞叶可以用来编织精美的手工艺品, 山东省烟台地区的劳动人民用玉米苞叶制成的屏风、地席、坐垫、茶盘、提篮、背篓等, 美观雅致, 经济实用, 远销香港以及东南亚一些国家。

#### 五、玉米的药用价值

玉米在医药上广泛应用, 古今中外都有记载。1578 年李时珍在《本草纲目》中, 曾有玉米药性“甘平无毒”的记载。公元 1621 年王象晋在《群芳谱》中记载玉米有“味甘平, 调中开胃”和“根、叶煎汤, 治小便淋沥”的功效。龚廷贤在《药性歌括四百味》中说, “玉米须干, 利尿何难, 肾炎水肿, 肝炎黄疸”。1975 年我国《中药大辞典》介绍: 玉米籽粒能“调中和胃”, 可以作为健胃剂; 玉米穗轴能健脾利湿, 可以治疗小便不利, 水肿腹泻; 玉米花丝有利尿清热的作



用,可以治疗高血压、胆囊炎、黄疸性肝炎及糖尿病;现代医药工业还以玉米淀粉作为培养青霉素、链霉素、金霉素等抗菌素的重要原料,也用其制造葡萄糖以及降压剂、麻醉剂和利尿剂等。

随着新技术研究和综合加工利用工作的进展,玉米在国民经济和人民生活定能发挥越来越大的作用。

## 第二节 玉米的起源和传播

玉米在植物分类学上属禾本科玉米属,学名玉蜀黍(*Zea mays* L.)。

### 一、玉米的起源

玉米起源于美洲大陆,但其起源中心至今尚存在几种不同的看法。

第一, 华德生、瓦维洛夫等认为,玉米起源地在中美洲的墨西哥、危地马拉和洪都拉斯。因为直到现在那里还有很多地方可以找到玉米的野生祖先——大刍草(Teosinte)。而且考古学家还曾在墨西哥古迹中发现野生玉米大刍草的花粉化石以及众多的玉米植株和果穗遗体。

第二, 达尔文、第康道尔等认为,玉米的起源地在南美洲的秘鲁和智利沿岸的半荒漠地带,因为考古学家曾在那里的古墓中发掘出不少史前玉米化石标本以及与玉米有关的文物。这些早期玉米品种的果穗比较小而整齐,穗轴和籽粒很象爆裂型玉米。达尔文还在高出海平面 85 英尺的秘鲁海岸上,发现许多和贝壳埋在一起的古代玉米果穗。

第三, 韦瑟伍克斯、曼格尔斯多夫等认为,玉米有两个起源中心。初生起源中心在南美洲的亚马逊河流域,包括巴西、玻利维亚、阿根廷等地。由于植物学家曾在那里的很多地区发现了玉米的野生种,例如加马草、大刍草等。而中美洲的墨西哥和秘鲁则是第二起源中心,包括从墨西哥向南沿安第斯山麓的狭长地带。

第四, 布卡索夫等认为,玉米有多个起源中心:粉质型玉米的起源中心在秘鲁和哥伦比亚;硬粒型玉米的起源中心在秘鲁;马齿型和爆裂型玉米的起源中心在墨西哥;甜质型和有稃型玉米的起源中心在巴拉圭。其中粉质型玉米是最原始的玉米类型。

近代考古学家在中美洲和南美洲的古代遗址里,发现有许多古代印第安人种植的玉米果穗、穗柄、苞叶、雄穗和秸秆。在墨西哥普埃布拉州 Coxcatlan 洞最底层发掘出的玉米穗轴,经  $^{14}\text{C}$  测定,距今已有 7000 余年;美国南部新墨西哥州 Bat 洞和秘鲁沿海特鲁希略遗址中发掘出的玉米穗轴,经  $^{14}\text{C}$  测定,距今分别有 5600 年和 5000 年左右。这就把玉米最早被驯化的地区缩小到从美国南部,经过墨西哥直至秘鲁、智利、沿安第斯山麓的狭长地区。另外,从墨西哥、秘鲁和智利等地出土的文物,以及古代建筑物上,都发现有玉米植株和果穗的图案。中美洲印第安人阿兹德克族最崇敬的特拉洛克神就是玉米神。许多印第安部落都以玉米或其他作物命名为“玉米族”、“青玉米族”等。部族之间发生战争或远征时,都把焙干的玉米粉或炒熟的玉米籽粒装在携带的革囊中,作为主要给养。所以玉米收成的丰歉,常常是决定战争胜负的一个因素。曾经在墨西哥尤卡坦半岛昌盛一时的玛雅文化,又被称为

“玉米文化”；秘鲁这个词在印第安那语中就是“玉米之仓”的意思。这些都说明古代阿兹德克人、玛雅人、印加人不仅对玉米十分重视，而且栽培技艺较高。

玉米是长期自然驯化和人工选择的产物，考古学家在墨西哥城地下 45 米深处发现玉米的花粉粒化石，经研究玉米在这一地区应早于 4500 年。在墨西哥地下 70 米发掘出的野生玉米大刍草的花粉化石，经  $^{14}\text{C}$  测定表明，玉米的祖先在那里生长至少已有 80,000 年的历史。和现代栽培的玉米相比，野生玉米植株表现丛生、瘦弱，雌雄花着生在一起，每株顶端只结一个不大的穗，籽粒很小，包被在坚硬的颖壳之内，由于人类长期的栽培驯化，分枝渐趋减少，穗位降低，果穗增大，籽粒增多，最后发展成为现今的栽培玉米。如果把墨西哥古代地层中发掘出的玉米穗轴按年代顺序排列起来，就能见到一部完整的玉米进化史。从果穗长度看，野生玉米只有 2.4 厘米，经 6000 多年人工栽培驯化后，至公元 1500 年左右，玉米的果穗长度已增加到 13 厘米。

## 二、玉米在世界的传播

公元 1492 年哥伦布到达美洲大陆后，才开始正式有了关于玉米的文字记载。哥伦布在航海日记中记述：“我发现了一种奇异的谷物，它的名字叫马希兹。甘美可口，焙干，可以做粉。”继哥伦布之后接踵而至的欧洲航船，每到新大陆一个地方，都曾谈到当地印第安人种植玉米的情况。由此可以相信，在哥伦布到达新大陆之前，南北美洲大部分地区都早已开始种植玉米了，那时至少已经有马齿型、硬粒型、爆裂型、粉质型和甜质型玉米；从粒色上分，则有白玉米、红玉米、蓝玉米、黄玉米、紫玉米等。玉米除供作食用外，还有专门用作制糖、酿酒、做罐头和染色的玉米品种。

公元十六世纪以来，随着世界性航线的开辟，玉米基本上是沿着三条路线先后传播到世界各地。

第一路，哥伦布到达美洲大陆后，航海家们便把玉米果穗首先带到西班牙，随后沿地中海航线传播到意大利南部及希腊和土耳其西部直到北非等地。以后玉米又经由比利牛斯山传入法国，经威尼斯进入德国。1496 年西班牙和意大利相继出版书籍，介绍了关于玉米的情况，1500 年《西班牙年鉴》详细记载了玉米；1542 年德国在《植物标本集》中首次刊印了玉米植株的木刻图案。但是玉米在欧洲较长时期只在宫廷花园里作为供观赏的珍奇植物或果蔬种植。由于十六世纪不断发生饥荒，玉米的食用价值才逐渐为人们所认识；特别是玉米具有很强的适应性和抗逆力，才在南欧很多国家作为粮食作物种植。1562 年玉米被引种到英国，其后由土耳其经巴尔干半岛又传入波兰、捷克、罗马尼亚等一些东欧国家。十七世纪末，玉米传入俄国。所以玉米在欧洲各国有很多异名，如印第安谷、希腊米、土耳其麦、亚细亚小麦、意大利玉米、威尼斯玉米等等。

第二路，十六世纪二十年代，玉米通过地中海沿岸国家的商业往来，从非洲北部的突尼斯传入埃及、苏丹、埃塞俄比亚。1550 年，葡萄牙人又把玉米带到西非的象牙海岸，以后随着殖民主义者贩卖黑人奴隶的道路，把玉米作为奴隶的食品带到南非很多国家。

第三路，玉米向亚洲传播的时间稍晚一些。大约在十六世纪三十年代，玉米通过陆路从土耳其、伊朗、阿富汗传入东亚；另一路通过葡萄牙人开辟的东方航线，经非洲好望角至马达

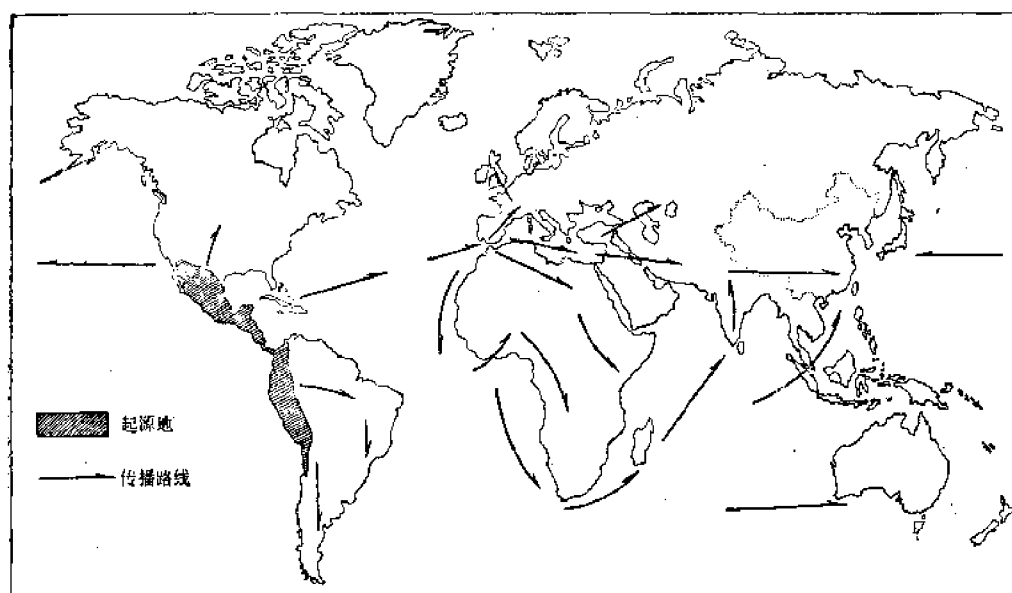


图 1-1 玉米在世界的传播示意图

加斯加岛，尔后传播至印度和东南亚各国。1579 年(天正七年)，葡萄牙人最早把玉米带到日本的长崎；公元十九世纪中期，日本又从美国引进玉米在北海道种植(图 1-1)。

现在，玉米在世界各地的种植范围，北界北纬  $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，南界南纬  $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，而饲用玉米则向北延伸到北纬  $58^{\circ} \sim 60^{\circ}$  的地区。海拔高度，从低于海拔 20 米的盆地，直至海拔 4000 米的高原，玉米都可以良好生长。从地理位置和气候条件看，世界玉米集中产区主要分布在北半球温暖地区，即 7 月份等温线在  $20 \sim 27^{\circ}\text{C}$ ，无霜期在 140~180 天范围内，以北美洲的种植面积为最大，亚洲、非洲和拉丁美洲次之，其中最适宜种植玉米的地区有拉丁美洲的美国，欧洲的多瑙河流域诸国，亚洲则是中国的华北、东北平原和西南丘陵地区。

据联合国粮农组织的统计资料，1980 年全世界玉米播种面积最多的前五个国家是美国、中国、巴西、墨西哥和南非。总产量最高的前五个国家是美国、中国、巴西、墨西哥和罗马尼亚(图 1-2)。

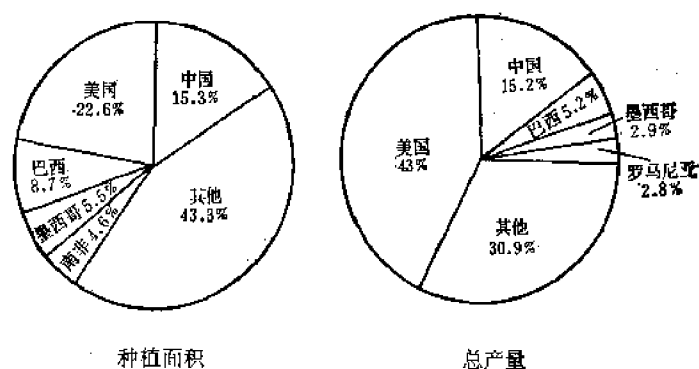


图 1-2 世界玉米种植面积和总产量(1980)

### 三、我国玉米的栽培历史

我国玉米已有四百多年的栽培历史,目前对传入时期虽然尚无确切的结论,但在方志和古籍中,亦有不少关于玉米的记载和考证。

玉米传入我国的时期,据中国农业遗产研究室万国鼎过去的考证认为,1511年安徽省《颍州志》物产中所列的珍珠秫即为我国玉米的最早记载,以后多沿用此说。但经查证:明代正德六年刻印的《颍州志》,在物产谷部中分别记载有稻、麦、黍、谷、葛秫等作物的许多品种,在葛秫条目下记有“狼尾秫、珍珠秫、黑壳秫、鸠眼秫、金苗秫”。显然,珍珠秫应属高粱的一个品种。我国现已查到最早记载玉米的古籍有1551年(明嘉靖30年)河南《襄城县志》,1555年(明嘉靖34年)河南《巩县志》和1563年《大理府志》卷二,1574年《云南通志》等,这些方志的物产中称玉米为玉麦、御麦或番麦,可惜均无形态描述。古籍中关于玉米植物学形态的记载,最早见之于1560年赵时春所撰甘肃《平凉府志》,其中华亭县物产内有番麦之称,文中提到,“番麦,一曰西天(麦)<sup>①</sup>。(苗)叶如葛秫(而)(肥)(短),末有穗如稻而非实,实如塔,如桐子大,(生)(节)(间),花垂红绒,在塔末长五、六寸。三月(种),八(月)( )( )(收)。”1573年田艺衡在《留青日札》中记载,“御麦出于西番,旧名番麦,以其曾经进御,故名御麦。干叶类稷,花类稻穗,其苞如拳而长,其须如红绒,其粒如芡实,大而莹白。花开于顶,实结于节,真异谷也。”1578年李时珍在《本草纲目》中写道,“玉蜀黍种出西土,种者亦罕。其苗叶俱似蜀黍而肥矮,亦似薏苡。苗高三四尺,六、七月开花成穗如秕麦状,苗心别出一苞如棕鱼形。苞上出白须垂垂。久则苞折子出,颗颗攒簇。子亦大如棕子,黄白色”。这些植物学形态描述,很明显地把玉米和水稻、小麦、高粱、稷子、薏苡、芡实等作物区别开来,由此可以认为玉米传入我国的时间应在十六世纪前半期。

#### (一)玉米传入我国的途径

根据《留青日札》中的“御麦出于西番,旧名番麦”和《本草纲目》中的“玉蜀黍种出西土”的记载,一般多认为可能是由阿拉伯人从西班牙带到麦加,由麦加经中亚细亚传入我国的西北部,再传到内陆各省。或从麦加传入印度和我国西南部的云南、贵州、四川等地,尔后向北传播到陕西、甘肃、河南、山西等地区,向东传播到广西、湖南、湖北、浙江等丘陵地区,由于四川等地种植较多,故有“玉蜀黍”之称。但是随着当时沿海地区商业的发展和航海事业的发达,对外往来增多,玉米经由海路传入我国南方沿海各省也是可能的。

玉米在我国的传播大致是先边疆,后内地;先丘陵,后平原,其传播和发展速度都是很快的。例如,1756年广西《镇安府志》中记载,玉米刚引入种植时仅被列为“果属,以食小儿”,经过20年后全府各地都有种植,这主要是由于玉米“其实磨粉为糊,可充一二月粮。”因此玉米得以迅速发展。1776年安徽《霍山县志》记载,在十八世纪二十年代,玉米仅在“菜圃偶种一二,以娱孩稚”;而在40年后,即已“延山曼谷,西南三百里,皆持此为终岁之粮矣”。1848年吴其濬在《植物名实图考》中写道:“玉麦,陕、蜀、湖皆曰包谷,山氓持之为命”。这表明在十九世纪中期,陕西、四川、贵州和两湖等省山区农民多以玉米为主粮,在黄河中下游地区种植玉米也很广泛。由于玉米在我国各地广为传播,其名称也很多,有的因其源而称为御麦、

<sup>①</sup> ( )内的文字系原文残缺后的补遗。

番麦、西番谷、西天麦等；有的贵其质而称为玉蜀黍、玉麦、珍珠米、珍珠果等；有的缘其形而称为苞谷、苞果、苞米、玉茭、棒子等，充分表明广大人民对玉米的珍视和喜爱。

### (二)玉米对我国农业生产的影响

玉米传入我国以后，对农业生产和社会经济发生了深刻的影响。我国十七和十八世纪人口急剧增长，为了提供生活必需的食物，西南和南方丘陵山区根据玉米具有高产的特点，逐步扩大了玉米的种植面积，从而使玉米迅速上升到主粮地位。据公元十八世纪末严如煜在《三省边防备览》中记载，四川、陕西、甘肃等省的丘陵山地，“数十年前，山内秋收以粟谷为大庄，粟利不及包谷，近日遍山漫谷皆包谷矣”。湖北《鹤峰州志》中记载，道光年间，“邑产包谷，十居其八”，“山农无它粮，惟借此糊口。”贵州《遵义府志》中记载，“包谷杂粮，则山头地角，无处无之”，“民间赖此者十之七”。均说明玉米在当地人民生活中占有重要地位。由于玉米的适应性很强，不但在肥沃灌溉的土壤上能获得高产，而且在瘠薄丘陵旱地上亦能良好生长。因此，我国古代西南丘陵山地不断扩种玉米，以代替糜、稷子等比较低产的作物；长江流域以南长期闲置不宜种稻的旱地和坡地，也都进行开垦种植玉米。例如，自1661年（顺治18年）至1766年（乾隆31年）的100多年间，当时云南省耕地面积由781,725亩增加到1,388,055亩；贵州省耕地面积从161,145亩增加到400,965亩；四川省耕地面积从178,260亩增加到691,065亩。这些省份耕地面积的增加和垦荒扩种玉米有着十分密切的关系。另外，扩大玉米种植面积不仅促进了农业生产的发展，而且也当时畜牧业和手工业的发展起了显著的作用。据严如煜在《三省边防备览》中的记载，“山中多包谷之家，取包谷煮酒，其糟喂猪，一户中喂猪十余口，卖之客贩，或赶赴市集。”许多手工业作坊皆以玉米丰歉为目标，“商人操奇赢厚货，必山内丰登，苞谷值贱，则厂开愈大，人聚益众；如值苞谷清风（歉收），价值大贵，则歇厂停工。”说明西南山区开垦后，因扩种玉米而发展起来的农村副业和手工业的繁荣景象。

## 四、我国玉米栽培的历史经验

玉米自十六世纪传入我国以后，栽培面积迅速扩大，遍及全国各地，而且劳动人民在长期生产实践中也积累了许多宝贵的栽培经验。公元1760年张宗法的《三农记》，1846年包世臣的《齐民四术》，1896年郭云陞的《救荒简易书》，1902年陈启谦的《农话》和1908年冯绣的《区田试种实验图说》，对玉米栽培技术都有较多的记载。综合起来，古代的玉米栽培经验可概括成以下几点：

### (一)土地茬口

《三农记》中写道，玉米“植宜山土。”《齐民四术》则认为“生地，瓦砾，山场皆可植。”《救荒简易书》上说“黄子苞谷宜种草地。”又说“其科高至六尺余，种于芜莽荒秽中，万卉俱为所掩矣。”还说“苞谷喜种重茬……种苞谷者，以用红花地底为上好好茬。”由此可见，早先玉米多种在山坡、荒地上，后来逐渐向平原、丘陵地区发展。

### (二)整地施肥

关于整地，《农话》中写道：“砂土杂土犁一次，胶土犁二、三次。”根据土壤性质采取不同的耕作方法，对粘性的胶土用多次犁耕，破碎土块，这是符合玉米播种和幼苗生长要求的。

施肥方法,《农话》中说“以石膏、盐、兽骨、鸟粪等和青粪<sup>①</sup> 壅之,然后下种”,“下种时用牛马粪、猪粪、鸟粪一大握,和种子并纳穴中,则结穗多而生长亦速。至叶长数寸再壅之。”说明玉米不但要用各种肥料作基肥,而且还要施用种肥,这种分期集中施肥结合中耕培土的方法是经济合理的,长期以来为我国广大农民所采用。

### (三)种子处理

《农话》写道:“先用盐水选种,清水二升,加盐一合,再以清水和煤油或青矾,浸于其中,取出拌以尘灰,俟干透,乃下种。”《区田试种实验图说》中记载了豫北地区玉米播种前进行种子处理,“用家藏雪水,浸少许时,捞出凉之,然后播于地中。雪为五谷之精,既可发苗,又能杀虫,故年年多藏雪水。”

### (四)播种

《三农记》中有“三月点种”。《齐民四术》中有“谷雨种玉黍”<sup>②</sup>。《救荒简易书》中认为播期期和种植的品种因土质而不同,砂土地“于立夏断风前五日种之,则苗不为砂所打,而能早熟”,低洼地种“快包谷伏前熟,涝水之患弗及也”。冬种玉米“九、十月间,土壤未冻时,预先将地耕熟,到冬至前一日,将包谷子种入土中,使得子半元阳之气,明年小暑即熟,旱、蝗俱不能灾,为利固甚普也。”这是古代人因地制宜,趋利避害种植玉米的经验。但在北方冬种玉米生长不如春玉米强,尤其是冬季降水多的年份,种子出苗率低,玉米虽能提早成熟,产量却不够稳定。

### (五)种植密度

《三农记》中有“三月点种,每科须三尺许,种二、三粒。”《农话》则认为“穴之疏密与畦背之宽窄,因玉米之种类而异。长出之枝,高而长者,则畦背宽而穴亦疏;低而短者,则畦背狭而穴亦密。”可见在当时条件下就已经提出了根据品种特性、植株高度,来确定种植密度的经验。并且从行距3尺左右的稀植形式,逐渐向合理密植发展。

### (六)中耕管理

《三农记》或《农话》都有去弱苗留壮苗的记载,如“苗出六七寸,薅其草,去其苗弱者,留壮苗一株”;《齐民四术》中有“玉米宜勤锄”和“谷雨种玉黍,立夏移玉黍,白露收玉黍”的经验,表明当时已经采用了争取农时和巧用地力的玉米育苗移栽技术。玉米生育期中要松土除草,在《农话》中已具体指出,“苗出后,用锄松土去草,约二次或四次,至开花乃已。初次用锄入土宜深,及根已长大,则逐渐减浅,勿将四面盘根及肥料之在土内者搅起。”即是根据玉米的生长发育进程,采用不同的锄地深度,这与农谚“头遍深,二遍三遍不伤根”的说法是一致的。

### (七)选种留种

我国古代劳动人民很早就重视玉米的选种留种工作。《救荒简易书》中记载的玉米品种已经有白子包谷、黄子包谷、六十日快包谷、冻包谷和冻快包谷等很多种。《三农记》中记载玉米籽粒颜色有黄、白、红、青色等;品质有粳、粘之分,植株有高、矮之别。《农话》中写道,玉米应当“采种于丰收之田,择完好之穗十分成熟者,去其首尾,采中部之粒藏之”。从而说明

① 青粪即人粪尿,稀粪之类,目前山西省群众叫青粪。

② 古书上记载的月份,均指农历。

我国劳动人民很早就知道选种应在丰产田里进行,这种去两头留中间的选种方法,一直为广大农民所沿用。在留种方面,《区田试种实验图说》中说:“每年留种时,拣穗之大者晒之,晒后捆把,挂在屋中。种时将籽取下,再拣大者为种,小籽丢下”。陈启谦在《农话》中对玉米引种换种也有极其精辟的论述,如“玉米种之既久,收获暂不如前,即另换新种。种之佳者,购自北方,因北方之种成熟早而性能耐寒,移植稍暖之地,更可茂盛也。若以南方之种,种于北方,不但成熟较晚,且须试种数次,方与北方之土性相宜”。从中可以看出,我国劳动人民早已知道南、北方不同气候条件对玉米生长发育是有影响的。

#### (八)间作套种

玉米传入我国后,劳动人民还创造了玉米与其他作物间作套种的栽培技术。据《区田试种实验图说》中的记载,“照古人隔一行种一行,隔一区种一区……略加变通种法,隔一畦种一畦(每畦宽一尺八寸)。秋分后一畦种麦三垄,小满前一畦种谷子四垄(须于此时种谷者,因麦将成熟,谷苗尚小,两不相害也)。刈麦后,速将麦畦种玉茭子一垄(玉茭子每株隔二尺远),带以绿豆(须速种者,谷苗未深,不害玉子,后玉子虽深,株少叶稀,亦不害谷子)。惟绿豆不得风日之精华,必须刈谷后始结角子,然亦不误种麦。今年之谷畦,下年种麦与玉子;今年之麦与玉子畦,下年种谷。如此循环种去,人工虽多,一年可获三熟”。从中可以窥见当时玉米间套多熟种植和轮作倒茬等栽培技艺之精,农时季节利用之巧,间作套种搭配之细,轮作倒茬安排之妙了。

以上农书、方志的记载表明,我国玉米栽培是由山区、薄地,逐渐向丘陵、平原发展。耕作技术由粗放、稀植逐渐发展到精耕细作。在玉米轮作、整地、施肥、中耕、选种等方面也都积累了很多宝贵经验,有的已成为我国玉米生产上普遍应用的传统方法,有的对今后玉米科学研究仍有一定的参考价值。

### 第三节 我国玉米生产的发展

表 1-5 我国玉米种植面积和产量的增长\*

(农业部统计局)

年 份	项 目	面积(万亩)	总产(亿斤)	单产(斤/亩)
1952		18,849	337	179
1957		22,415	429	191
1965		23,506	473	201
1970		21,843	613	281
1975		27,897	944	338
1980		30,131	1235	410
1982		27,763	1206	434

\* 引自《全国农业统计资料》。

我国地域辽阔,从南向北由热带、亚热带、温带至寒温带,大部分地区都适于玉米生长。解放以来,我国玉米生产取得了很大的成就,1952年全国玉米种植面积18,849万亩,总产量337亿斤,单产179斤;1980年玉米种植面积发展到30,131万亩,比1952年增加了59.9%;总产量达1235亿斤,增加2.7倍,每亩单产提高到410斤,比1952年增加1.3倍(表1-5)。

## 一、我国发展玉米生产的经验

我国玉米生产的发展,归纳起来,有三项基本经验。

第一,党的领导正确和政策顺乎民心是玉米生产发展的根本保证。

党中央在我国各个历史时期,根据国民经济发展需要制定的农业政策,有力地促进了玉米生产的发展。1949~1952年国民经济恢复时期,党领导农民在全国范围内实行了土地改革,彻底摧毁了封建剥削制度,解放了生产力,充分发挥了广大农民的劳动积极性和创造性,通过实行精耕细作,改进栽培方法,提高了玉米产量。到1952年,我国玉米种植面积和总产量均已超过了解放前的水平。

1956年1月,党中央公布了《全国农业发展纲要四十条》(草案),提出在农业生产上要兴修水利,增施肥料,改良旧式农具和推广新式农具,选用优良品种,扩大复种指数,多种高产作物等十二项增产措施。特别指出,“玉米为高产作物,增产潜力巨大,它既是许多地区的主要粮食作物之一,又是家畜的优良饲料,同时玉米的种子、穗轴和秸秆还可以作为工业上的重要原料”。因此要“根据需求和民食习惯,适当地发展玉米和薯类作物”。在兴修水利,广开肥源,选育良种以及改革耕作制度和栽培技术的基础上,各级农业领导机关根据当地玉米生产发展的具体情况,抓住典型,总结经验,因地制宜扩大玉米面积,对发展玉米生产起了很大的作用。

从六十年代到七十年代,随着我国社会生产力的发展、生产条件的改善和科学种田水平的提高,在改革玉米种植制度、普及良种、改良土壤、合理密植、防治病虫害、加强田间管理等方面,采用先进的农业科学技术,使玉米生产不断发展。特别是1978年12月党中央召开的十一届三中全会以后,调整了农村政策,实行了各种形式的生产责任制,进一步调动了广大农民的生产积极性,玉米生产有了更快的发展。

第二,加强玉米科学研究工作,重视农业科学技术的推广和普及。

新中国成立以后,党中央根据过去我国农业科学研究力量比较薄弱的实际情况,充实加强了农业科学研究机构的建设,增加了玉米专业研究人员,开展玉米栽培和育种的研究工作,促进了玉米生产的发展。

玉米栽培技术方面,建国以来,研究了玉米的生长发育进程和器官形成的规律,需肥、需水规律,以及玉米的生态适应性等工作;研究了全国各玉米产区玉米的间作、套种方式,适宜的种植密度,合理灌溉和施肥技术,以及育苗移栽、隔行去雄、人工授粉和防治病虫害的技术等,同时对旱地玉米、寒地玉米、碱地玉米的特殊栽培方法也进行了总结和研究。七十年代后,各玉米产区又相继开展了玉米综合栽培技术的研究,并取得了显著的效果。

在玉米育种方面,1950年农业部制订“全国玉米改良计划”(草案),指出改良农家品种,



利用杂种优势,培育新品种,是玉米增产的有效措施。全国各地开展了群众性的评选良种和搜集、整理农家品种工作。在此基础上,科研机关开展了玉米育种和遗传规律的研究工作。据不完全统计,到1980年我国已整理和搜集玉米品种资源10,000多份;累计培育了品种间杂交种和综合杂交种250多个。自六十年代以来,开始选育推广了一批玉米双杂交种和单杂交种、三杂交种。目前生产上推广面积在百万亩以上的玉米杂交种已有40多个。

农业科学研究为生产服务,试验、示范、推广相结合,对普及玉米科学研究成果,提高广大农民科学种田的水平,起了重要作用。

第三,不断改善生产条件,发展农用工业,是保证玉米持续增产的物质基础。

玉米生产的发展,和科学技术的发展水平、生产条件的改善以及农用工业的支持是分不开的。建国三十多年来,广大农村大搞农田基本建设,兴修水利,为玉米生产创造了良好的条件。玉米良种从培育、繁殖到应用于生产,逐步建立了一系列制度,健全了玉米良种繁育体系,种子质量逐步提高。随着农用工业的发展,为玉米生产提供的化肥、农药和农业机械,也显著增加,为玉米持续高产提供了可靠的物质基础。现代农用工业的发展,成为实现玉米生产现代化的重要支柱。

## 二、我国玉米增产的主要措施

三十年来,我国玉米增产的技术措施主要是采用了玉米杂交种,增施肥料,合理密植,科学灌溉,改革种植制度以及因地制宜发展农业机械作业等。

### (一)利用杂种优势,选用优良品种

选用良种是玉米增产的有效途径之一,特别是种植玉米杂交种,增产效果更为显著。五十年代初期,在搜集和整理农家品种的基础上,各地评选和推广了许多优良玉米品种。例如比较著名的金皇后和白马牙,产量高,适应性强,种植地区几乎遍及全国。其他还有东北地区的金顶子、长八趟、黄金塔,河北省的唐山白、小八趟、墩子黄,山东省的二马牙、小粒红,贵州省的大黄苞谷,云南省的金黄苞谷等,都对玉米增产起到一定作用。五十年代中期,我国开始推广了玉米品种间杂交种,如坊杂二号、春杂一号、百杂六号、晋杂一号、黑玉二号、万杂一号、浙杂一号等250多个,一般比优良的农家品种增产15~20%。六十年代开始推广玉米自交系间杂交种,1965年全国玉米杂交种面积不到10%,平均每亩产量达到200斤;1975年玉米杂交种面积已逾1.5亿亩,占玉米播种面积的55%,玉米杂交种比普通品种一般增产20%以上。1980年玉米杂交种植面积约2.2亿亩,占玉米播种面积的三分之二以上。

### (二)增加肥料用量,实行科学施肥

我国农民历来重视有机肥料的施用,这对改良土壤,改善玉米营养和提高玉米产量起着积极作用。随着化学肥料工业的发展,施用化学肥料的数量逐年增加。现在玉米高产地区每亩标准氮肥用量约80~100斤,中低产地区约为40~60斤,但磷肥和钾肥的用量较少,有机肥料通常作为基肥施用,而化学肥料多用作追肥。其施肥的基本原则是基肥为主,追肥为辅;有机肥为主,化肥为辅;氮肥为主,磷、钾肥为辅;攻穗肥为主,攻粒肥为辅。这对玉米稳产高产有着重要的作用。

### (三)根据种植方式,确定合理密度

合理密植是为了充分利用地力和光能,使个体和群体协调发展,以期在单位土地面积上获得较高的产量。解放初期,土壤肥力较差,玉米种植密度一般偏稀,种植密度每亩仅2000株左右。随着水、肥条件的改善和杂交种的推广应用,密植问题受到普遍重视,目前每亩种植密度已增加到3000~4000株,某些株型紧凑的矮秆杂交种达到了5000~6000株。随着密度的适当增加,增产效果也十分显著。玉米的种植密度与品种、肥水条件、气候条件、地势等密切相关,因此,各地都应因地制宜确定玉米合理的种植方式和适宜的密度范围。

### (四)发展农田水利,适时进行灌溉

我国玉米大部分分布在丘陵旱地。建国以来,党和政府十分重视发展农田基本建设,兴修水利,发展灌溉。目前农田灌溉面积约为7.5亿亩,其中一半在旱粮作物地区,为扩大玉米播种面积,增加复种指数,提高单产创造了条件。例如,北方春播玉米区和黄淮海平原夏播玉米区,由于发展灌溉事业,玉米种植面积逐年扩大,单产成倍增长。在“没有灌溉就没有农业”的西北灌溉玉米区,随着灌溉条件的改善,玉米种植面积从五十年代的800多万亩已发展到1500多万亩。

我国玉米灌溉方法主要是沟灌和畦灌。在灌溉时期上,根据玉米的生长发育和需水规律,分为播前灌溉、苗期灌溉、拔节期灌溉、抽穗期灌溉和灌浆期灌溉。灌溉次数则根据水源条件,在玉米需水时期,因地因时灵活掌握。

### (五)改革耕作制度,扩大间套复种

我国自然条件优越,但人多地少,实行精耕细作,扩大玉米间套复种面积,就成为提高产量的重要措施。玉米和其他作物间、套、复种,既能充分利用光热资源,又可扩大玉米种植面积。1980年全国耕地面积复种指数约为150%左右,华北和西南地区增加的粮田面积绝大部分是玉米与其他作物间套复种。间套复种可以改善田间通风透光条件,提高光能利用率;充分利用土壤养分,延长作物生长季节,增加复种指数;还可以减轻自然灾害,稳产保收,有效地增加玉米和其他作物的总产量。

### (六)大力改革农具,发展机械作业

五十年代,我国开展农具改良和工具改革,使玉米生产初步摆脱了繁重的体力劳动;六十年代逐步发展了玉米机械化和半机械化农具,使整地、播种、中耕、运输等实现了机械作业。七十年代以来,各地根据玉米间、套、复种并存的种植方式,从选择性机械化着手,开始发展适于单作玉米的大型农机具和适于间作套种玉米的小型农机具,一机多用,灵活方便,显著地提高了劳动生产率。

## 三、我国玉米的分布和栽培特点

我国玉米的分布地区及在农业生产中的比重,是根据农业自然资源状况、玉米生物学特性以及玉米在人民生活中的地位决定的。我国玉米的分布和栽培有以下四个明显的特点。

第一,我国是“四季玉米”之乡。我国有得天独厚的自然条件,四季都能种植玉米。如春玉米主要分布在东北地区,大致在北纬40°以北;以及西北和西南各省的高海拔丘陵山地,以东北三省的种植面积为最大。夏玉米主要分布在黄淮海平原,有间作、套种的,也有直播

的,以套种玉米所占比例最大。秋玉米主要分布在南方沿海省份以及内陆丘陵山地,如浙江、江西、广西、四川等,一般作为三熟制(水稻——水稻——玉米或油菜——水稻——玉米)的第三熟作物或双季玉米。冬玉米是近十几年逐渐发展起来的,主要分布在北纬 $24^{\circ}$ 以南的云南、广西和海南岛等地区,一般在10月中、下旬或11月上旬播种,第二年2~3月份收获。目前冬玉米的栽培主要是作为自交系原种加代和良种繁育基地,也有部分冬玉米作为多熟制栽培。这种一年四季都能种植玉米的国家,在世界上也是不多的。

第二,我国有一个狭长分布的玉米带,它是我国玉米的集中产区。玉米起源于热带和亚热带地区,喜暖湿气候,在降雨量800~1500毫米生长期每月均匀降雨100毫米的地区,最适宜玉米生长。年降雨量在350毫米以下的地区就需进行灌溉。由于我国北方平原有关灌溉条件的地区多种植小麦、水稻或经济作物;在东南丘陵地区年降雨量超过1500毫米,种玉米又不如水稻和甘薯增产;西北灌溉玉米区年降雨量比较少,如果没有灌溉条件,种玉米也就不及谷子、糜子和高粱稳产保收。所以长期以来,劳动人民根据玉米的生长发育规律和自然条件的特点,趋利避害,在适宜的地区扩大玉米的种植面积。过去玉米种植面积较小的新疆、甘肃、宁夏等省(区),随着灌溉面积的增加,七十年代玉米种植面积逐步扩大。但南方一些省份,如广东、湖北、江苏、浙江、安徽等省,由于自然条件更适宜发展水稻和其他喜温作物,故玉米种植面积大致稳定或逐渐减少。这就使我国玉米比较集中地分布在大致从黑龙江的大兴安岭,经辽南、冀北、晋东南、陕南、豫西、鄂北、四川盆地四周以及黔桂西部直至滇西南,形成一个由东北往西南走向的半山丘陵地带,这个地带包括黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、山东、河南、陕西、四川、云南、贵州、广西等十二个省(区)。据1980年的统计资料,玉米面积最大的为河北和山东省,超过3000万亩,其次为黑龙江、吉林、河南、四川、辽宁省,种植面积都在2000万亩以上,就玉米的总产而言,则以山东、河北、辽宁、四川、河南、黑龙江、吉林七省最高,总产都在100亿斤以上,是我国玉米的重要产区。玉米种植面积占全国总面积的80%,总产量亦占全国总产量的80%以上,这就是我国30年来逐步形成和发展的玉米带(图1-3和表1-6)。

第三,间、套、复种是我国玉米栽培的重要特点。我国地域辽阔,自然条件差别很大,加之各地的地形、土壤以及劳力和经济条件的差异,长期以来,因地制宜地形成了以玉米为主作物的间、套、复种种植制度。在我国3亿亩玉米中,套种玉米约2.2亿亩,占三分之二,分布在全国各地,是当前玉米的主要种植方式。春、夏玉米与豆类作物间作也有相当大的面积。此外,尚有少量的春播玉米和夏播复种玉米。间、套、复种种植制度是我国农民长期生产实践积累的宝贵经验。特别是在人均耕地面积显著减少的情况下,实行间、套、复种,增加复种指数,就成为提高单位面积产量的一项重要措施。这种种植方式和现代科学技术相结合,可以做到一地多熟,一季多收。并使用地养地相结合,粮、棉、油多种作物并举,有利发展多种经营,提高粮食作物和经济作物总产量和总收益。

第四,我国丘陵、旱地面积大,在西南、西北和华北等玉米产区,依靠自然降雨的丘陵旱地面积约占全国玉米面积的三分之二以上,只有在东北和黄淮海平原的部分地区,玉米才较多地种植在有水源灌溉的地方,所以我国玉米生产又被称为“旱地农业”。和其他谷类作物比较,玉米具有一定的耐旱性,而且我国玉米早、中、晚熟品种生育期变幅在80~150天范围

表 1-6 我国各省(市、区)玉米的播种面积和产量

省(区)	年份 项目	1952			1957			1980			1982		
		面积 (万亩)	总产 (亿斤)	亩产 (斤)	面积 (万亩)	总产 (亿斤)	亩产 (斤)	面积 (万亩)	总产 (亿斤)	亩产 (斤)	面积 (万亩)	总产 (亿斤)	亩产 (斤)
全国总计		18,848.6	337.0	178.8	22,414.8	428.8	191.3	30,131.1	1234.6	410	27,763.2	1206.9	434
北 京		50.4	0.9	184.5	67.4	1.9	285.3	296.1	17.8	601	296.2	17.7	600
天 津		34.3	0.6	183.7	13.2	0.3	212.4	253.5	11.5	456	283.3	13.6	480
河 北		2,187.9	35.8	163.4	2528.7	53.9	212.3	3511.4	132.6	378	3110.0	145.0	466
山 西		559.3	11.4	203.8	644.5	14.5	224.2	1113.3	52.6	472	891.3	44.7	502
内 蒙 古		342.8	5.7	166.0	546.7	8.2	150.0	979.2	27.8	284	757.0	21.2	280
辽 宁		1,179.5	34.6	293.4	1,045.9	34.6	330.6	2124.9	130.7	615	1733.3	111.6	644
吉 林		802.6	20.2	251.1	1,361.6	27.7	203.4	2522.8	101.4	402	2408.2	117.9	490
黑 龙 江		1,890.8	51.4	271.9	1,909.6	37.4	196.0	2826.0	104.0	368	2045.1	65.6	321
上 海		1.2	—	166.7	1.0	—	293.5	14.5	0.8	552	10.3	0.8	807
江 苏		860.4	12.2	141.3	937.5	17.5	186.4	579.3	24.5	424	725.0	38.9	537
浙 江		219.6	4.8	217.2	238.9	5.1	215.0	98.3	3.1	314	94.5	3.7	392
安 徽		321.7	3.9	123.1	419.4	6.8	162.1	245.8	7.7	313	184.0	5.5	297
福 建		2.2	—	91.0	8.7	—	57.8	2.4	—	88	2.2	—	118
台 湾		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
江 西		11.6	0.2	100.0	26.1	0.4	135.4	11.9	0.2	153	10.7	0.2	196
山 东		1,473.0	23.8	161.2	2,091.9	36.8	175.8	3214.7	165.1	514	3250.8	169.6	522
河 南		1,494.3	19.6	131.4	1,650.8	24.6	148.9	2520.2	106.6	423	2397.6	87.3	364
湖 北		712.8	10.0	140.7	691.5	11.9	172.6	610.4	17.2	283	642.1	21.7	337
湖 南		121.0	1.6	132.2	249.0	2.8	110.8	221.8	4.5	191	179.5	3.8	212
广 东		45.3	0.7	154.4	90.5	1.2	129.4	68.8	1.3	190	62.5	1.4	218
广 西		567.7	8.6	150.6	892.9	11.0	131.9	802.8	22.2	277	819.7	24.4	298
四 川		2,039.2	30.0	147.3	2,467.6	42.7	173.0	2401.0	108.2	451	2649.9	122.5	463
贵 州		886.3	11.7	131.6	1,131.0	22.3	197.3	1076.6	42.3	393	1001.2	38.7	386
云 南		1,305.0	20.3	155.3	1,388.3	26.7	192.5	1666.2	52.6	316	1572.4	55.6	354
西 藏		—	—	—	—	—	—	2.3	0.1	424	2.7	0.1	370
陕 西		965.9	12.8	132.8	1,180.0	17.1	145.2	1615.1	55.0	341	1481.6	56.5	381
甘 肃		273.3	4.7	172.3	331.0	8.9	270.5	477.3	17.8	373	400.2	12.2	306
青 海		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
宁 夏		—	—	—	—	—	—	41.8	1.7	408	30.6	1.1	374
新 疆		500.0	11.5	230.4	550.1	14.4	262.5	833.7	25.3	303	722.3	24.6	341

注: 1. 本表引自《全国农业统计资料》, 中华人民共和国农业部统计局。

2. 青海、台湾缺统计资料。

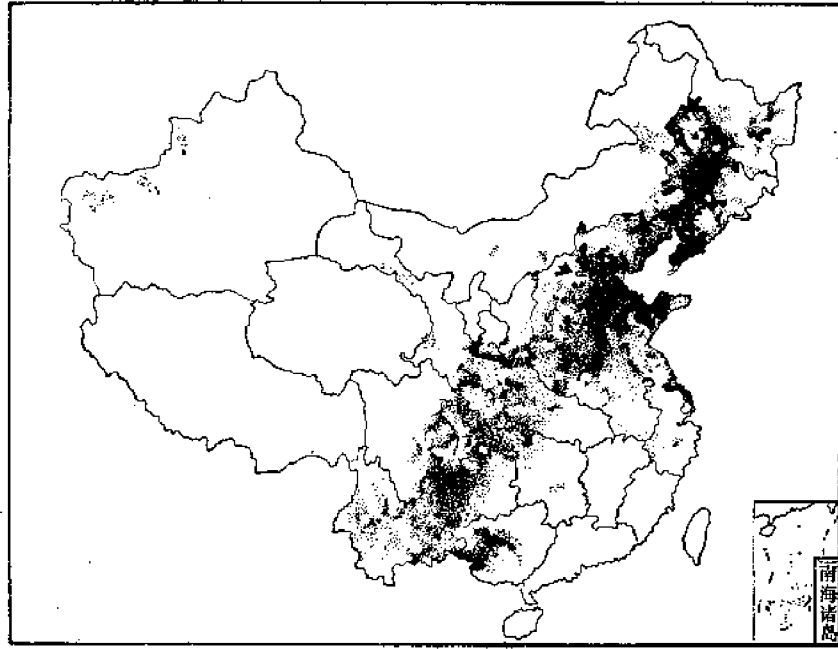


图 1-3 我国玉米的分布示意图

内,适应地区较广。因此,要特别重视和研究我国旱地玉米的栽培特点。

了解我国玉米的分布和栽培特点,有助于正确地评价我国玉米生产现状、发展水平和存在问题,可以在制订玉米区划和远景规划时,增加预见性,减少盲目性,提供比较切合实际的发展方案。而且对确定玉米育种方向,制定综合栽培措施,发展农业机械,调整作物布局以及开展科学研究工作,都有重要的参考价值。

#### 第四节 我国玉米产区的划分

我国玉米种植地区的形成和发展,和当地的农业自然资源、社会经济、生产水平等因素密切相关。玉米的分布及其在农业生产中的比重,往往受自然条件、耕作特点、种植制度、品种类型和国民经济以及人们生活需要等条件的制约,从而形成了若干玉米产区。明确各个玉米产区之间的共同性和特殊性,才能因地制宜制订生产规划,开展科学研究,选育和推广玉米良种,普及科学技术,提高玉米产量,促进玉米生产的不断发展。

我国玉米产区的划分,主要根据其所处的地理位置,及其形成和发展的历史,结合农业区划和各产区的温度、雨量、光照、土壤等农业自然资源状况,地貌上的差异,各地玉米间、套、复种等种植制度的特点,以及玉米在粮食作物中所占的地位、比重、发展前景等,大致可分为以下六个产区(图 1-4)。

图 1-4 中, I、II、III 三个产区为主产区,玉米种植面积和总产量约占全国的 80% 左右; IV、V、VI 三个产区为副产区,玉米种植面积和总产量均较少(表 1-7)。

现将我国各玉米产区的分布范围、自然条件、种植制度、生产水平和发展方向简介如下。

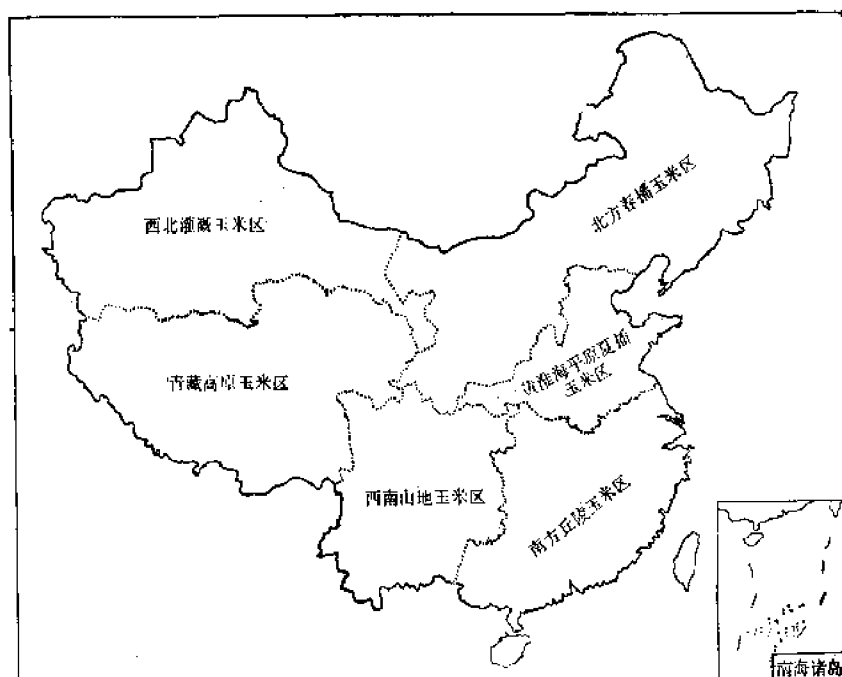


图 1-4 我国玉米产区分布图

I. 北方春播玉米区; II. 黄淮海平原夏播玉米区; III. 西南山地玉米区;  
IV. 南方丘陵玉米区; V. 西北灌溉玉米区; VI. 青藏高原玉米区。

表 1-7 我国玉米分区的自然条件和种植制度

分 区	I	II	III	IV	V	VI
区 名	北方春播玉米区	黄淮海平原夏播玉米区	西南山地玉米区	南方丘陵玉米区	西北灌溉玉米区	青藏高原玉米区
玉米面积(万亩)	8000	13,000	6000	1500	1300	300
产量水平(斤/亩)	平均 400~600 高产1600~1800	平均 350~400 高产1000~1400	平均350~400 高产800~1000	300~350	400	300
主要种植制度	玉米单作, 玉米、大豆间作, 春小麦玉米套种	小麦、玉米套种或复种, 玉米、大豆间作; 旱地多为春玉米	春玉米、马铃薯套种, 小麦、玉米、甘薯套种, 小麦、玉米、水稻套种	小麦(水稻)、水稻、玉米间套种, 双季玉米或多熟制复种玉米	春玉米单作, 冬麦或春麦、套种或复种玉米	春玉米单作
气候特征	寒温、半湿润	暖温、半干、半湿	暖温~亚热, 湿	亚热~热, 湿	温, 极干	高寒, 干
热 量	$\Sigma t \geq 0^{\circ}\text{C}$ 2500~4100 $\Sigma t \geq 10^{\circ}\text{C}$ 2000~3600	4100~5200 3600~4700	5200~6000 4700~5500	5000~9000 4500~9900	3000~4100 2500~2600	<3000 <2500
全年降雨量(毫米)	400~800	500~800	800~1200	1000~2500	200~400	300~650
无霜期(天)	130~170	170~240	240~330	250~365	130~180	110~130
水利条件	旱地为主	水浇地与旱地并重	水田与旱地交错	水田为主	水浇地为主	旱地

引自《中国种植业区划》，农业出版社，1984年。本表系根据1980年玉米生产情况编制。

## 一、北方春播玉米区

### (一)分区范围

自北纬  $40^{\circ}$  的渤海岸起,经山海关,沿长城、太行山南下,再沿太岳山和吕梁山,直至陕西省的宜川、铜川、宝鸡一线到甘肃省南部界内,与西南山地玉米区接壤的以北地区。本区是我国主要玉米产区之一,它包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、宁夏全部;河北、陕西的北部,山西的大部及甘肃的一部分,常年玉米播种面积约 8000 多万亩,占全国玉米总面积的 30%,产量占全国玉米总产量的 35% 左右。本区是冬小麦、谷子、高粱、大豆的主要产区,也是我国重要的商品粮基地之一。过去玉米多种植在旱地上,灌溉玉米不足五分之一。建国以来,随着农田基本建设的开展,玉米生产发展很快,有些省、市玉米种植面积增加了 1~2 倍。

### (二)气候特点

北方春播玉米区属寒温带、半湿润气候,冬季气温低,  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  的积温为  $2500\sim 4100^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的积温为  $2000\sim 3600^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 130~170 天,夏季最热月的平均气温为  $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ ,适于玉米生长发育的日数和  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  有效积温,北部 130 天左右,积温  $2000^{\circ}\text{C}$ ;中部 150 天左右,积温  $2700^{\circ}\text{C}$ ,南部 170 天左右,积温  $3200^{\circ}\text{C}$ 。全年降水量 400~800 毫米,从西向东递增;其中 60% 集中在 7~9 月。东北平原地势平坦,土质肥沃,土壤以黑土、淤土、棕色土为主。其他大部分地区温度适宜,光照充足,排水良好,有利玉米的生长发育(表 1-8)。

表 1-8 北方春播玉米区主要气象条件

代表点 (县、市)	纬 度 (度、分)	海拔 (米)	无霜期 (天)	日照 (小时)	辐射 ( $\frac{\text{卡}}{\text{厘米}^2}$ )	温 度( $^{\circ}\text{C}$ )					降 雨(毫米)		
						$\geq 0^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	4 月	7 月	9 月	全 年	4~6 月	7~9 月
爱 辉	$50^{\circ}15'$	165.8	124	2646.2	109.1	—	2148.6	2.6	20.5	11.0	515.5	146.3	334.2
哈 尔 滨	$45^{\circ}41'$	171.7	136	2627.9	111.8	3192.6	2745.9	6.5	22.5	14.2	553.5	136.8	356.2
长 春	$43^{\circ}54'$	236.8	135	2655.8	122.1	3332.0	2872.0	7.0	22.7	14.8	610.8	139.8	408.7
沈 阳	$41^{\circ}46'$	41.6	150	2600.8	121.6	3360.0	3420.0	9.5	24.5	17.2	755.4	178.0	484.0
呼和浩特	$40^{\circ}49'$	1063.0	117	2952.6	139.9	3236.0	2829.0	8.2	21.8	13.7	426.1	94.5	281.7
延 安	$36^{\circ}36'$	957.6	167	2439.4	123.5	3924.2	3239.8	11.1	22.8	15.4	572.3	143.7	341.0
太 原	$37^{\circ}47'$	777.9	161	2640.3	133.2	3974.2	3426.3	11.1	23.4	15.9	466.6	103.3	289.7

### (三)种植制度

本区基本上为一年一熟制,种植方式有三种。

1. 玉米单作 这种种植方式约占玉米总面积的 40%,分布在东北三省平原地区以及内蒙、陕、甘、晋、冀的北部高寒地区,由于无霜期短,气温较低,主要是玉米一熟,在轮作中占有重要地位。有代表性的轮作制度为:春小麦——玉米——谷子;在盐碱地和干旱地采取玉米——大豆——玉米(高粱)——谷子,或玉米——高粱——谷子。七十年代以来,由于玉米播种面积迅速增加,很多地区形成了玉米连作制。吉林北部和黑龙江南部发展玉米营养钵

育苗移栽,它可以争取农时,多利用 40~50 天的积温,有条件更换熟期更长一些的玉米杂交种,增加玉米产量。

2. 玉米、大豆间作 这种种植方式约占本区玉米总面积的 40%左右,其中以东北地区的吉林为最多,约占 50~60%;黑龙江、辽宁也有一定的面积。玉米、大豆间作能充分利用两种作物生态、生理上的差异,进行合理搭配,提高对光能、温度以及肥水的利用率,并能提高作物产量和品质,增加经济效益。

3. 春小麦套种玉米 这种种植方式是七十年代发展起来的,多分布在辽南、陕北、晋北以及辽宁、甘肃、内蒙古的部分地区。种植方式主要采用宽畦播种小麦,畦埂套种(或育苗移栽)春玉米,以充分利用地力和光、温、水、肥等条件。随着肥、水条件的改善,春小麦套种玉米还会有所发展。

本区地势平坦,人少地多,耕作比较粗放,但农业机械化水平较高,七十年代以来玉米发展较快,相应地减少了一部分糜黍、谷子、高粱和大豆的栽培面积。特别是在东北的松辽平原和三江平原以粮豆为主的商品粮基地,玉米生产占有重要地位。本区北部无霜期短,玉米易受冷害;西部的内蒙和长城沿线等地气候干旱冷凉,土壤瘠薄,玉米不够稳产,这些地区的玉米面积可适当压缩,扩大玉米、大豆间作套种,具有重要意义。松嫩平原是大豆主产区,可发展适于机械作业的大比例玉米、大豆间作,以增加大豆产量,做到粮、豆双丰收;其他地区可发展玉米、大豆小比例间作,以增加经济效益;南部地区可发展一部分春小麦、玉米套种,以提高粮食产量。

## 二、黄淮海平原夏播玉米区

### (一)分区范围

南起北纬 33° 的江苏省东台县,沿淮河经安徽、河南,入陕西,再沿秦岭直至甘肃省。本区包括黄河、淮河、海河流域中下游的山东、河南省全部,河北省中南部,山西省南部的晋中南地区,陕西省中部的关中地区和江苏、安徽两省北部的徐淮地区,这是我国玉米最大的集中产区,玉米播种面积达 13,000 万亩,占全国玉米总面积的 40%以上,总产量占全国玉米产量的 50%左右。本区是我国重要的粮食作物和经济作物产区,玉米在本区粮食组成中占有较大的比重。自然条件也很适于玉米的生长发育。如山东省东部、河北省中部以及河南省北部地区的玉米产量均较高,但是约有三分之二以上的玉米仍属中、低产水平。

### (二)气候特点

本区属暖温带半湿润、半干旱气候,温度较高,年平均气温 10~14℃,无霜期从北向南为 170~240 天,≥0℃的积温为 4100~5200℃,≥10℃的积温为 3600~4700℃。每平方厘米年辐射 110~140 千卡,日照 2000~2800 小时,全年降雨量 500~800 毫米,从北向南递增,自然条件对玉米生长发育十分有利。本区处在黄淮海河系下游地带,有较多的地下水和地上水补给,可灌溉的玉米面积占 50%左右,为我国灌溉玉米比较集中的地区。但本区复种指数高,由于气温较高,蒸发量大,降雨分布不均,经常发生春旱夏涝,春旱机率达 34%,伏旱机率达 31%,夏涝机率达 30%,夏季降雨量占全年的 70%以上,且有风、雹、低温等自然灾害,个别地区盐碱比较严重,这些都是玉米生长发育的不利因素(表 1-9)。



表 1-9 黄淮海平原夏播玉米区主要气象条件

代表点 (县、市)	纬 度 (度、分)	海拔 (米)	无霜期 (天)	日照 (小时)	辐射 (千卡/ 厘米 <sup>2</sup> )	温 度(°C)					降 雨(毫米)		
						≥0°C	≥10°C	4月	7月	9月	全 年	4~6月	7~9月
北 京	39°48'	31.2	179	2786.9	135.0	4578.0	4163.0	13.0	26.1	19.4	682.9	128.9	504.0
石 家 庄	40°47'	723.9	198	2742.6	128.0	4906.0	4433.0	14.1	26.8	20.0	598.9	119.2	399.0
莱 阳	36°56'	30.5	183	2646.4	125.9	4350.7	3835.3	10.8	25.1	19.6	779.1	162.4	506.4
济 南	36°41'	51.6	201	2738.8	124.4	5249.8	4764.2	14.7	27.6	21.4	672.2	146.3	422.8
安 阳	36°07'	75.5	197	2548.5	114.3	5069.0	4553.8	14.4	27.3	20.4	628.5	95.4	403.6
郑 州	34°43'	110.4	214	2374.1	116.1	5206.0	4645.0	14.6	27.8	20.5	635.9	165.5	337.2
南 阳	33°02'	129.8	230	2127.0	113.8	5413.8	4794.6	14.5	27.7	21.2	826.7	246.7	452.5
西 安	34°18'	396.9	208	2071.3	113.1	4956.0	4326.0	13.6	25.8	19.1	604.2	172.9	286.2
运 城	35°02'	367.8	194	2255.7	117.0	5085.1	4582.6	14.4	27.5	19.9	563.7	172.0	277.0
徐 州	34°17'	48.0	211	2358.4	119.8	5145.0	4569.0	14.2	27.2	21.2	869.9	219.0	497.3

### (三)种植制度

本区为一年二熟区,玉米种植方式多种多样,间、套、复种并存,其中小麦、玉米两茬套种占70%以上。

1. 小麦、玉米两茬复种 五十年代在黄淮海平原地区占有一定面积。由于本区常有春旱夏涝,热量资源不足,七十年代后北部地区逐步改为套种玉米,但是近年来随着肥水条件的改善和农业机械化水平的提高,又略有发展。两茬复种适宜大型机械作业,易于保证全苗,田间植株分布均匀,群体营养面积合理;但易遭受旱涝低温灾害,稳产性较差。特别是在缺乏早熟、高产、抗逆性强的玉米良种时,将会限制其面积的发展。根据黄淮海平原地区的热量资源分析,从小麦收获后种植玉米,再到适时种麦时为止,由北向南一般只有90~110天的时间。如果再扣除农耗,种植夏玉米所需积温则明显减少。为了确保小麦和玉米两作高产稳收,目前复播玉米多在机械化水平较高、热量资源较丰富、水肥条件较好的地区作为一种搭配形式,因地制宜种植,才能获得较高的产量。

2. 小麦、玉米两茬套种 本区套种玉米占有很大的比重,套种形式主要有以下几种。

第一种,平播套种。或称三密一稀或四密一稀种植方式,目前在黄淮海平原南部地区分布最广,面积最大。例如在山东省南部,河北省石家庄地区以南,河南省北部以及陕西关中平原地区,都采用这种方式。其特点是小麦密播,不留套种行或仅留很窄的套种行(0.8~1.0尺)。麦收前7~10天用点播器按要求行、株距套种玉米。小麦和玉米的密度都与平播相同,而玉米则选用生育期较长的中晚熟种。从生物学角度看,采用这种方式玉米植株分布均匀,营养面积合理,季节和土地利用比较经济,不但可以争取农时,而且能缓和“三夏”(夏收、夏种、夏管)农活矛盾,有利于夺取小麦、玉米双高产。但是平播套种玉米操作费工费时,利用机械作业比较困难,保证全苗也是栽培管理中的一个棘手问题。

第二种,窄带套种。一般为4.5~5.0尺畦,畦内播种小麦6~8行,占地2.5~3.0尺;留埂1.5~2.0尺,麦收前一个月左右套种两行中熟或晚熟种玉米;麦收后玉米形成大小行。

与两茬复播相比,小麦占地少,玉米可以更换生育期长的晚熟品种。这种方式在无霜期较短的中等肥力地区,可以争取季节,充分利用热能,争取小麦、玉米双高产。目前在河北保定以北的廊坊、唐山和京津等地区,有较大的面积。

第三种,中带套种。也叫“二四畦”或小畦大背套种,畦宽6尺,在4尺畦内机播8~9行小麦,留下2尺套种行。麦收前30~40天在行间套种两行中晚熟种玉米,形成宽窄行,大行距5尺,小行距1尺,便于机械施肥、中耕和田间管理。大行间还可因地制宜种植豆类、绿肥等作物,使小麦、玉米均衡增产,并且也能适时播种小麦。这种种植方式主要分布在山东省烟台市东部、潍坊市及鲁南地区。

第四种,宽带套种。一般畦宽8~10尺,机播14~16行小麦;埂宽1.8~2.4尺,麦收前25~35天套种两行中熟种玉米;麦收后在大行间因地制宜地种植玉米、高粱、豆类、薯类和绿肥等作物。这种方式小麦比平播一般减产6~8%,高产麦田因有边行优势,可以平产或略有增产。宽带套种玉米可采用中晚熟杂交种,多争取600~800°C积温,也能适时收获种麦。第三茬可以种植豆类作物和绿肥作物,但玉米分布集中,保苗比较困难。这种方式主要分布在河北省的中部、山东省的中南部和京津地区。

3. 玉米、豆类间作 多以玉米、大豆间作为主,少部分与小豆、绿豆间作混种。一般应以玉米不减产,适当增收豆类为原则,在以玉米为主的产区,可采用6:2或4:2的方式间作;在以收豆为主的产区,可采用2:2或4:4间作,争取粮、豆双丰收。

本区土壤瘠薄,肥力较差,且易遭受旱、涝、风、雹等自然灾害。搞好农田水利建设,综合治理旱涝盐碱,开展旱地农业的研究,改善生产条件,扩种绿肥作物,不断培肥地力,实行科学种田,才能大幅度地持续提高玉米产量。

### 三、西南山地玉米区

#### (一)分区范围

本区包括四川、云南、贵州全部和广西西部、湖南、陕西南部丘陵地区。玉米播种面积在6000万亩左右,约占全国玉米总面积的20%,亦为我国主要玉米产区之一。

本区约90%以上为丘陵山地和高原,而河谷平原和山间平地只占5%,海拔为200~2500米。农业的立体性很强,垂直种植带十分明显,“一山分四季,十里不同天”。由于土壤瘠薄,耕作粗放,玉米产量水平较低。

#### (二)气候特点

本区属温带和亚热带湿润、半湿润气候,雨量丰沛,水热资源较好,但光照条件较差。各地由于海拔高度不同,气候差异较大。除部分高山地区以外,无霜期多为240~330天,玉米有效生长期为150~180天。从4月到10月,年平均气温均在15°C以上。全年降水量800~1200毫米,而且多集中在4~10月份,对多季玉米栽培极为有利。但本区全年云雾阴天在200天以上,日照时间少;春旱和伏旱常在不同地区发生。云、贵地区地势垂直差异很大,土壤贫瘠,玉米产量较低(表1-10)。

#### (三)种植制度

本区地形复杂,从海拔200米直至2500米的高山、丘陵、平坝都种植玉米,间作、套种是

表 1-10 西南山地玉米区主要气象条件

代表点 (县、市)	纬 度 (度、分)	海拔 (米)	无霜期 (天)	日照 (小时)	辐 射 (千卡/ 厘米 <sup>2</sup> )	温 度(°C)				降 雨(毫米)			
						≥0°C	≥10°C	4月	7月	9月	全 年	4~6月	7~9月
汉 中	33°04′	508.3	248	1771.7	102.9	5225.0	4475.3	14.5	25.9	19.8	889.7	265.3	446.6
重 庆	29°35′	260.6	335	1256.3	83.8	6715.6	5946.5	18.9	28.6	23.9	1075.2	593.1	424.0
恩 施	30°16′	487.2	287	1300.0	90.0	5943.5	5160.4	16.3	27.3	22.6	1424.8	488.8	509.5
南 充	30°48′	297.7	323	1358.5	91.1	6419.3	5736.6	18.1	27.9	22.7	1054.3	332.4	493.1
贵 阳	26°35′	1071.2	274	1401.0	92.0	5511.0	4549.3	16.3	23.9	20.9	1162.5	613.3	403.7
昆 明	25°01′	1891.4	245	2470.0	124.7	5350.1	4476.7	16.0	19.3	17.4	991.7	279.2	534.5
景 洪	21°52′	532.7	335	2169.3	131.2	7943.9	7948.9	23.9	25.2	24.3	1221.4	382.3	620.4

本区玉米种植的特点。农作物以水稻、玉米、小麦、薯类为主,种植制度从一年一熟至一年多熟兼而有之。如高寒山区为一年一熟春玉米,或春玉米、马铃薯带状间作;丘陵山区间套复种玉米,主要是马铃薯、蚕豆、豌豆、油菜等小春作物或春小麦套种、复种早熟玉米;平原地区以玉米为主作物的三熟制,如小麦、玉米、甘薯,小麦、玉米、水稻,绿肥、玉米、水稻等,有间套种也有复种;其中以小麦、玉米、甘薯早三熟制面积最大,在玉米增产中起着重要作用。有代表性的种植方式有三种:

1. 小麦、玉米、甘薯间套种 一般简称为麦、玉、苕(甘薯)早三熟制。西南丘陵山地海拔 600 米以下的地区采用这种种植方式,可以减轻夏旱和伏旱的严重威胁,过去实行小麦复播夏玉米(或甘薯)一年两熟,7 月下旬常因高温伏旱,夏玉米易遭卡脖旱致抽丝、受精不良,甘薯藤叶生长慢,产量低。推广早三熟后,在冬小麦播种时预留空行,麦收前 35~40 天穿行套种春玉米,麦收后在玉米行间作埂栽插甘薯,以躲过夏旱和伏旱,集中利用降雨,争取农时季节,提高光能利用率。早三熟间、套种,全年亩产可达 1300~1400 斤,高产田可以超过双千斤;一般比两茬复种每亩增产 300~400 斤。目前在四川省海拔 800 米以下的丘陵旱地有较大面积,云南、贵州和陕南等地区也有一定面积。

2. 小麦或马铃薯套种玉米 在西南海拔 800 米以上的高寒地区,种一季有余,种两季不足。为了增加积温,两熟稳产和均衡利用光热资源,七十年代推广小麦(马铃薯)玉米两茬套种,在云南省中北部的种植面积即有 200~300 万亩。

3. 小麦、玉米、水稻间套种,并与双季稻轮作倒茬 西南双季稻区早春气温不稳定,早稻播种后容易烂秧,秋末降温快,阴雨多,光照少,一般地区仅 1200~1600 小时,不但影响晚稻安全抽穗扬花,而且产量不高。采用小麦、玉米、水稻种植方式,可把玉米提前套在麦垄里,早种早收,比早稻稳产,一季晚稻又比双季稻早栽 10 多天,更为安全。这种方式还兼有两早一水、水旱轮作,以及三粮两肥、用地和养地相结合的优点,目前在海拔 400 米以下的川西平原有一定面积。

本区玉米旱薄地种植比重大,由于土壤贫瘠,部分地区常发生夏旱和伏旱而限制玉米增产。因此,应大力发展灌溉,兴修水利,扩种绿肥,以培肥地力。在光热资源比较丰富的地区,要趋利避害,因地制宜发展麦、玉、苕或麦、玉、稻种植方式,以进一步提高玉米的单产和

全年总产量。

#### 四、南方丘陵玉米区

##### (一)分区范围

本区北界与黄淮海平原夏播玉米区相连,西接西南山地玉米区,东部和南部濒临东海和南海,包括广东、福建、浙江、上海、江西、台湾等省(市)全部,江苏、安徽两省的南部,广西、湖南、湖北等省(区)的东部。该区是我国主要的水稻产区,玉米种植面积较小,约1500万亩,占全国玉米总面积的5%左右。

##### (二)气候特点

本区属亚热带和热带湿润气候,气温较高,雨量充沛,霜雪很少。适宜农作物生长的日数有220~360天,适于玉米生长发育的有效积温时间在250天以上。年降雨量为1000~1800毫米,而且分布比较均匀,全年日照为1600~2500小时,每平方厘米年辐射为103~136千卡(表1-11),一年四季都可以种植玉米。由于本区降水多,气候湿润,种植水稻产量较高,玉米种植面积不但变幅较大,而且产量很不稳定,仅在丘陵旱地上种植春玉米和夏玉米,有些地区也是我国秋玉米和冬玉米的主要种植地区。

表 1-11 南方丘陵玉米区主要气象条件

代表点 (县、市)	纬 度 (度、分)	海拔 (米)	无霜期 (天)	日照 (小时)	辐射 (千卡/ 厘米 <sup>2</sup> )	温 度(°C)					降 雨(毫米)		
						≥0°C	≥10°C	10月	12月	2月	全 年	10~12月	1~2月
南 京	32°00′	8.9	223	2171.3	116.6	5562.0	4911.0	16.8	15.4	3.7	1026.1	127.4	84.7
金 华	29°07′	64.1	270	2062.4	114.1	6297.3	5537.1	19.0	7.4	6.1	1404.8	152.7	153.2
衡 阳	26°56′	100.6	294	1666.5	104.1	6485.0	5657.5	19.3	7.9	7.0	1346.2	227.0	153.4
吉 安	27°05′	78.0	282	1820.0	108.3	6637.0	5779.0	19.9	8.5	7.5	1480.5	180.6	143.9
桂 林	25°20′	166.7	307	1689.3	103.4	6550.0	5889.6	20.7	10.0	8.3	1873.6	236.8	131.6
南 宁	22°29′	72.2	340	1832.8	111.7	7860.0	7421.3	23.3	18.6	14.7	1280.9	135.0	81.6
崖 县	18°14′	3.9	365	2523.6	136.1	9287.6	9287.6	26.0	22.1	21.8	1123.1	193.6	17.5
厦 门	24°27′	63.2	358	2242.5	124.1	7615.0	7205.1	23.3	15.1	12.3	1093.7	138.3	118.8

##### (三)种植制度

本区玉米四季都有种植,而且多熟栽培极为盛行,从一年两熟制直至一年三熟和四熟制,但主要作为秋作或冬作。有代表性的种植方式为:小麦、油菜——水稻——秋玉米(浙江、湖北),小麦——玉米——棉花套种(江苏),春玉米——晚稻(江西),早稻——中稻——玉米(湖南),春玉米套绿肥——晚稻(广西),双季稻——冬玉米(海南岛)。

本区秋玉米主要分布在浙江、江西以及湖南、广西等省(区)部分地区,一般作为三熟制中的第三熟作物,兼有水旱轮作的效果。冬玉米主要分布在广东、广西、福建等省(区)的南部地区,六十年代发展成为玉米冬播育种和良种繁育基地,七十年代在部分地区多熟制中发展成为固定作物,并在轮作中占有一定地位。为了争取农时季节,浙江、江西、湖南等省的秋

玉米,常采用塘泥育苗或营养钵育苗,中稻收获后立即移栽,能争取3~5天的农时和积温,对提高玉米和全年产量有重要作用。

本区人多地少,水热资源丰富,是我国重要的粮食作物和经济作物的商品基地。但土壤多属红壤和黄壤,肥力较低,水土流失较重,农业生产发展也很不平衡,特别是在土地利用上有重水田轻旱田的倾向。随着农田水利建设的发展,种植绿肥,培肥地力,在丘陵旱地扩种玉米,提高产量还有很大的潜力。

## 五、西北灌溉玉米区

本区包括新疆全部和甘肃的河西走廊(祁连山以北、大沙河以南)。本区属大陆性干燥气候,降水很少,已往基本上不种植玉米。随着农田灌溉面积的增加,七十年代以来玉米种植面积逐渐扩大,目前种植面积在1300万亩左右,占全国玉米总面积的2~3%。

本区无霜期130~180天,个别地区在200天左右。日照为2600~3200小时,年平均温度4~8℃,≥0℃的积温为3000~4100℃,≥10℃的积温为2500~2600℃,但南疆地区积温可达4000℃。本区昼夜温差较大,对玉米生长发育极为有利,但气候干燥,全年降水仅200~400毫米,个别地区降水不足100毫米,这是限制玉米生产的主要因子(表1-12)。没有灌溉,就没有农业。有些地区依靠溶化雪水灌溉。七十年代随着农田灌溉事业的发展,在新疆绿洲冲积扇边缘发展了一部分玉米,主要是一年一熟的春玉米,少部分地区实行小麦、玉米套种或复种。

本区光照和热量资源十分丰富,玉米增产潜力很大,但降雨量很少。因此要加强农田水利建设,节约用水,增施化肥,发展绿肥,提高科学种田水平,因地制宜扩大小麦、玉米套种和玉米、豆类间作的面积。

表 1-12 西北灌溉玉米区主要气象条件

代表点 (县、市)	纬度 (度、分)	海拔 (米)	无霜期 (天)	日照 (小时)	辐射 (千卡/厘米 <sup>2</sup> )	温度(℃)					降雨(毫米)		
						≥0℃	≥10℃	4月	7月	9月	全年	4~6月	7~9月
伊 宁	43°57'	662.5	150	2781.5	135.1	3851.3	3828.2	12.2	22.3	15.5	263.7	81.2	55.9
和 田	37°08'	1374.6	208	2626.5	144.3	—	4397.0	16.0	25.3	19.6	35.0	18.4	10.9
喀 什	39°28'	1238.7	177	2306.5	140.4	4670.9	4257.3	15.0	25.7	19.6	61.3	27.6	18.9
安 西	40°30'	1170.8	142	3263.8	151.6	3999.0	3554.0	11.5	24.5	16.9	40.4	13.4	18.1

## 六、青藏高原玉米区

本区主要包括青海省和西藏自治区的全部,该区虽然高地寒冷,甚至常年积雪,不适于作物生长,但低谷温和,仍是我国重要的牧区和林区,由于玉米的栽培历史很短,至今种植面积不大。

本区海拔较高,地形复杂,高寒是本区气候的主要特点(表1-13)。不少地区最热月平均温度低于10℃,甚至低于6℃,农作物难于成熟。东部及南部海拔4000米以下地区,

表 1-13 青藏高原玉米区主要气象条件

代表点 (县、市)	纬 度 (度、分)	海拔 (米)	无霜期 (天)	日照 (小时)	辐 射 (千卡/厘米 <sup>2</sup> )	温 度(°C)					降 雨(毫米)		
						≥0°C	≥10°C	4月	7月	9月	全 年	4~6月	7~9月
西 宁	36°35'	2261.2	128	2771.9	147.3	2759.0	2058.0	7.7	17.2	11.9	371.7	120.0	213.9
玉 树	33°06'	3702.6	44	2479.4	154.4	1801.5	677.9	3.8	12.6	8.6	477.7	159.8	275.1
拉 萨	29°42'	3653.0	135	3019.3	188.9	2353.0	2035.0	7.8	15.0	13.6	453.9	98.1	343.1
日 喀 则	29°13'	3836.0	112	3240.2	186.5	2570.4	1849.3	7.2	14.0	11.7	439.2	77.5	355.8

≥10°C积温可达1000~1200°C,一般多种植耐寒喜凉作物。西藏南部河谷地区,降雨量比较多,可种植水稻、玉米等喜温作物。本区光热资源丰富,是全国太阳辐射量最多的地区,一般为每平方厘米150~190千卡;日照时间长,一般为2400~3200小时,平均气温日较差在14~16°C,特别是中午和夏季极少出现抑制光合作用的高温,因而植物光合作用强度大,净光合效率高,有利于干物质的积累。随着农业生产条件的改善和水利灌溉事业的发展,实行精耕细作,少部分地区也可种植一定面积的玉米,以调剂人民生活,促进畜牧事业的发展。

### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编:中国玉米栽培,上海科学技术出版社,1962。
- [2] 中央气象局编印:全国农业气象资料集,1981。
- [3] 《中国农业年鉴》编辑委员会编:中国农业年鉴(1983),农业出版社。
- [4] 中国农业科学院《中国种植业区划》研究编写组:中国种植业区划,农业出版社,1984。
- [5] 中国农业科学院农业遗产研究室胡锡文主编:中国农学遗产选集。粮食作物(上编),农业出版社,1959。
- [6] 中国医学科学院卫生研究所编:食物成分表,人民卫生出版社,1976。
- [7] 卢英权著:食用作物,台湾中华书局,1953。
- [8] 达尔文著:动物和植物在家养下的变异(方宗熙、叶晓译),科学出版社,1963。
- [9] 李文治编著:中国近代农业史资料(一),三联书店,1957。
- [10] 何炳棣:美洲作物的引进、传播及其对中国粮食生产的影响,大公报在港复刊三十周年纪念文集。
- [11] 佟屏亚:现代玉米工业,世界农业,第5期,1981。
- [12] 赵时春修纂:平凉府志,明嘉靖三十九年刻本。
- [13] 星川清亲著:栽培植物的起源与传播(段传德、丁法元译),河南科学技术出版社,1981。
- [14] 摩尔根著:古代社会(杨东莼、张泉原、冯汉骥译),三联书店,1957。
- [15] Beadle, G. W., The Ancestor of Maize, Scientific American, vol. 242 No. 1, 1930.
- [16] Inglett, G. E., Corn Culture, Processing, Products, New York, 1970.
- [17] Mangelsdorf, P. C., Corn: Its Origin, Evolution and Improvement, Cambridge, 1974.
- [18] Wallace, H. A. and Bressman, E. N., Corn and Corn Growing, New York, 1949.
- [19] Walden, H. F., Native Inheritance, Harper and Row, New York, 1966.
- [20] Weatherwax, P., Indian Corn in Old America, The Macmillan Co., 1954.
- [21] Устинова, М. И., Монографии о кукурузе (译自捷文), Москва, 1955.
- [22] Жуковский, П. М., Культурные растения и их сородичи, Москва, 1965.

## 第二章 玉米的器官

玉米属一年生禾本科作物，是玉米属中仅有的一个种。玉米与其他禾谷类作物的形态特征虽然都是由根、茎、叶、花和种子组成，但它却具有雌、雄同株异花、异位，植株高，籽粒大，根系比较发达的特点。玉米各器官的生长虽有一定先后次序，但各器官间却有相互制约、相互协调生长的同伸性及连续性。各器官在生长发育过程中，如能满足其对环境条件的要求，就可以形成健壮的植株。

种植玉米要想获得高产，除了选用优良的品种外，还应了解玉米植株各器官的外部形态，内部解剖特征及其生理功能，生长发育规律和对环境的要求，以便采用相应的栽培技术，为各器官的协调生长创造条件。

### 第一节 营养器官的形态与生长

玉米的器官分根、茎、叶、花(雌、雄花)和种子(籽粒)五部分(图 2-1)。其主要形态、生长特点如下：

#### 一、根

玉米的根为分枝旺盛的须根系，一般能深入土层 140~150 厘米，最深可达 200 厘米以上，但 80% 以上的根系，多集中在 0~30 厘米的表土层内。根系分布的范围，一般在 1 米左右，最大直径可达 2 米以上。通常一株玉米有 50~120 条次生根，其上着生大量的分枝和根毛，故总根数达 4000 余条，将它们连接起来，总长度可达 1~2 公里，其总表面积为地上绿色面积的 200 倍左右；根系的总干重约相当于全株干重的 12~15%。

#### (一) 根的种类及其发生

玉米的根一般按其发生时期、部位、形态及功能，分为胚根和节根(图 2-2)。

1. 胚根 胚根也叫初生根或种子根，它在种子胚胎发育时形成，大约从受精 10 天后即由胚柄

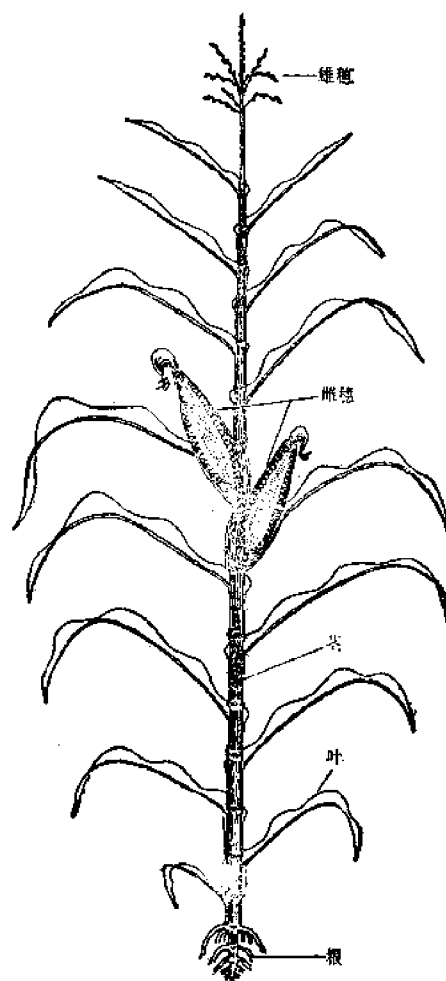


图 2-1 玉米植株形态示意图

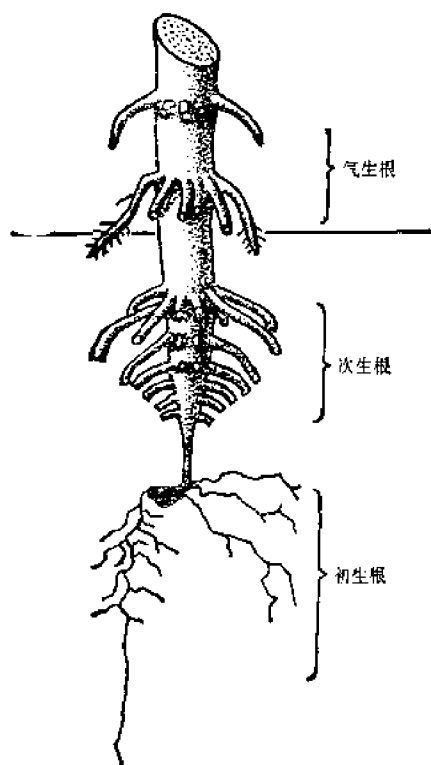


图 2-2 玉米的根系

分化而成。种子萌发时,首先突破胚根鞘,从种胚伸出一条幼根,称为主胚根或初生胚根。主胚根是主轴下端延伸形成的,也是胚根原分生组织发育而来的第一条根,直径较粗,约0.3厘米。主胚根露出种皮后,即垂直向下生长,一般入土深达20~40厘米。在主胚根伸出1~3天后,向下延伸达5厘米左右时,在中胚轴基部、盾片(内子叶)节的上面又陆续长出3~7条幼根,称为次生胚根。最先长出的2条根,是由胚轴左右两侧根原基发育而成,位于轴与盾片之间。第三条根发生于盾片着生处以上的部位。这层次生胚根实际为第一层节根,但其生理功能主要是起胚根的作用,故在栽培上将这层根与主胚根一起合称为胚根,而不把它计算为第一层地下节根。次生胚根一般在授粉后30天开始形成,所以在成熟种子的胚内已分化形成突起状态。次生胚根较细,直径约0.1厘米。

主胚根和次生胚根组成了初生根系,它是玉米幼苗初期的主要根系,以后随着地下节根不断

发生与增加,其重要性逐渐被地下节根所代替。据山东省昌潍农业学校1981年对鲁三9号的观察,4~5片叶时,剪去初生根,植株随即萎蔫,生长迟缓,叶色变淡,呈紫红色,植株基部叶片很快枯死;但在7~8片叶时,剪去初生根,对植株生长的影响却较小。说明这时地下节根已起主要作用。

2. 节根 节根着生在茎的节间居间分生组织基部,生长在地下茎节上的为地下节根,一般通称次生根;生长在地上茎节上的为地上节根,一般通称气生根或支持根。节根在植物学上称为不定根。

当幼苗出土约一周左右,长出2~3片叶时,在着生第一片完全叶的地下茎节基部开始发生第一层(实际为第二层)地下节根,一般为4条,有的为5~6条。此时胚根已有很多根毛。第一层地下节根伸出后,在10~12厘米土层内先横向伸展,然后再垂直向下伸入土层之中。这一层根由于发生在着生胚芽鞘的节上,故也称为胚芽鞘根。当幼苗出土2周后,第二层地下节根已长出并伸长,这时第一层根已有根毛和分枝。以后随着茎节的形成和加粗,在地下缩短的每一个茎节基部由下而上继续轮生一层层地下节根,它们都是由节间分生组织分化出的根原基继续生长形成的。其根层数,因品种和肥水条件而不同,一般4~7层,而1~4层节根因节间短而较密集。

地下节根及其分枝组成了地下节根系,一般在抽雄穗前已完全形成。地下节根是玉米最主要的根系,对玉米中后期的营养生长及生殖生长起重要作用。据山东省农业科学院原子能农业应用研究所1978年研究,7片叶展开时地下节根吸收 $^{32}\text{P}$ 占根系吸收总量的



72.6%，11片叶展开时为92.7%，抽丝期下降到52.2%。

胚芽鞘节与盾片之间的节间为中胚轴，伸长以后称为地中茎或根颈。在种子发芽时中胚轴伸长，而推动幼芽出土，当它伸到地表下3厘米左右时便停止生长。因此播种浅时，地中茎较短；播种深时，地中茎细而长，消耗的养分较多，致使幼苗生长细弱（图2-3）。

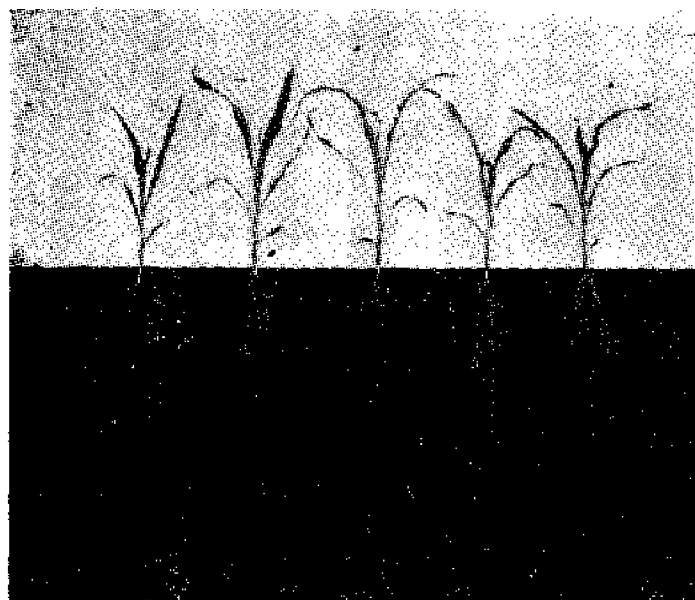


图 2-3 玉米种子覆土深度对幼苗地中茎的影响

玉米地中茎伸长的这种自动调节作用，可以使着生地下节根的节位处于较适宜的土层中，有利于根系和地上部分的生长。所以在土壤水分充足，能满足根系生长和出苗时，应适当浅播，不宜过深，这样才能正常生根出苗。据沈阳农学院1982年对丹玉6号的播种深度试验，播种后20天观察结果表明：播种愈深，地中茎愈长，播种深度对胚根、不定根以及地上部等性状都有一定影响（表2-1）。

表 2-1 不同播种深度对玉米幼苗地中茎和其他性状的影响

（沈阳农学院，1982，品种：丹玉6号）

覆土深度 (厘米)	自然株高 (厘米)	叶面积 (厘米 <sup>2</sup> /株)	胚根数 (条/株)	胚根长 (厘米)	不定根数 (条/株)	不定根长 (厘米)	地中茎长 (厘米)	地上部干重 (克/株)	地下部干重 (克/株)
2	12	46.2	3	9	8	12.5	0.5	0.182	0.143
4	10	34.6	4	13	4	9.0	1.5	0.112	0.110
6	14	63.8	4	7	6	14.0	2.0	0.200	0.160
8	11	30.6	3	3	4	9.0	2.5	0.100	0.093
10	7.5	20.98	2	11.5	4	5.0	4.0	0.085	0.120

玉米约从大喇叭口至抽雄期,在靠近地表以上的茎节上环生1~3层气生根,多者可达4~5层,当湿度大时,倒伏植株近地面一侧也常产生气生根。气生根比地下节根粗壮坚韧,直径约为0.5厘米,细胞中含有色素,表皮角质化,有胶质,厚壁组织特别发达,阳光照射后呈紫绿色,发生初期在空气中生长,而后伸入土中,但入土较浅,角度也较陡,形如支柱,故有气生根和支持根之称。气生根入土前能分泌粘液,一般露于空气中的根,表面较光滑,入土后,便产生大量粗壮分枝和根毛。空气湿度较高、营养条件较好时,上部的根有时也能产生根毛。但有相当一部分气生根在达到5~8厘米以后就停止生长,而后衰老。气生根粗壮,数量大,分枝多,因而吸收力强。据山东省农业科学院原子能农业应用研究所1978年研究:抽丝期气生根吸收 $^{32}\text{P}$ 量可占根系吸收总量的48.5%,这对维持玉米后期器官的生长与功能,以及籽粒的形成和灌浆,起着重要作用。

当一个节上的根开始突出时,其下节位便丧失形成新根的能力。各层节根的数目,一般每层有3~5条,由下向上逐层增多。据郑丕尧等1962年对4个玉米品种的观察,下位根层以第1~4层的根较少,5层以上增多,至7、8层达最高峰,而7、8层已接近或超出地表,再向上则只有根原基尚未伸长。一般各层节根的数目,地面以下的,自下而上逐层增多,地面以上各层根又有自下而上逐层减少的趋势。根的长度是自下而上逐层减短,粗度却逐层增加,但最上层又有变细的趋势。上层根比下层根间距较大,入土较浅(图2-4)。

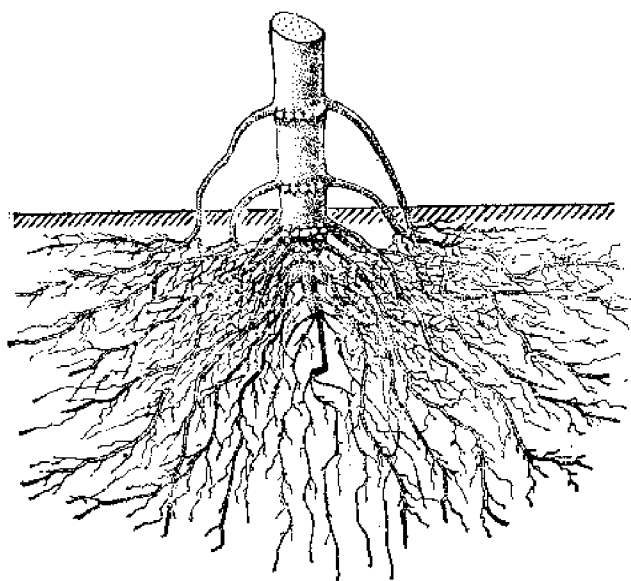


图 2-4 玉米各层根在土壤中的分布

节根是玉米的主体根系,由于节根的大量发生,各层根相继向前延伸并产生大量侧根,从节根上直接产生的侧根为一级侧根,其上再产生的侧根为二级侧根。侧根的形成,起源于中柱鞘的薄壁细胞,其维管束组织与节根的维管束相连接,开始形成时,几个相邻的中柱鞘细胞,合成代谢活动旺盛,原生质变浓,液泡缩小,先进行平周分裂(切线分裂),以后同时进行平周和垂周分裂。这群细胞便形成了根原基,其外层细胞形成根冠,里面的细胞形成侧根的生长点。根原基继续生长,穿过皮层薄壁组织和表皮,伸入土中,成为侧根(图2-5)。

胚根、地下节根、地上节根及其侧根等尖端的根毛区,都密生根毛,平均每平方毫米有420条,它是由表皮细胞向外突起形成的,呈细筒状,尖端封闭,开始是与根轴成垂直方向生长,遇阻时也能弯曲生长。表皮细胞与根毛之间,原生质体互相连通,壁极薄,无角质层,有发达的液泡。根毛与土壤紧密接触,能分泌酸类,以溶解难溶物质,因此根毛区是根部最主要的吸收部位。由于节根、侧根及根毛的大量产生,在耕作层中构成了一个强大而密集的

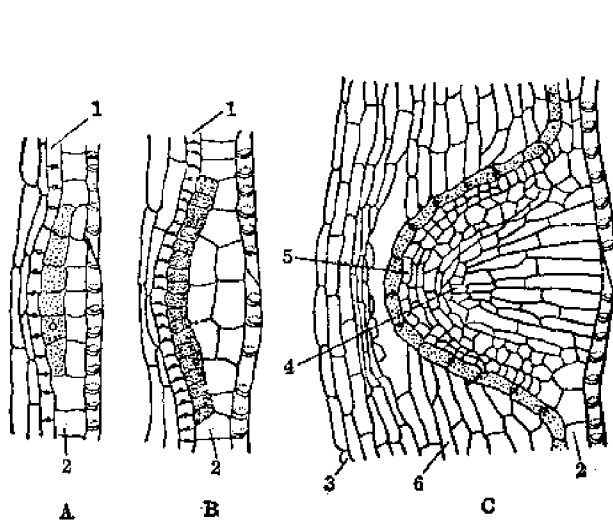


图 2-5 侧根的发生过程  
(A、B、C示发生过程的顺序)

1. 内皮层; 2. 中柱髓; 3. 表皮; 4. 生长点; 5. 根尖; 6. 皮层薄壁组织。

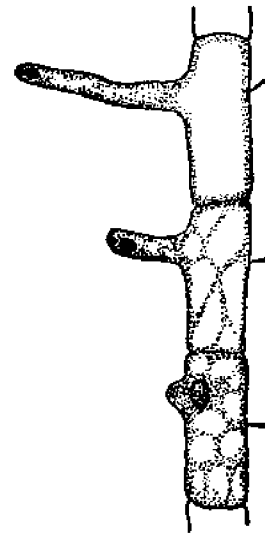


图 2-6 根毛的发生  
(示根毛离根尖最近的地方发生)

节根系, 这对植株吸收土壤中的肥水与根内氨基酸的合成等方面, 均有重要作用(图 2-6)。

## (二) 根的形态结构及功能

1. 根的形态结构 根尖是根中生命活动最旺盛、最重要的部位, 一般只有几个厘米长, 根的生长、分化、吸收、合成等都在尖端部分进行。由于根尖不同部位的生命活动强度、细胞形态、结构及功能的差异, 可依次分为根冠、分生区(生长点)、伸长区(延长区)、根毛区(成熟区)四个部分。

**根冠** 位于根的最先端, 形如帽状, 覆盖于生长点之外, 以保护生长点免受损伤。根冠是由生长点细胞产生的根冠原基形成的, 它由薄壁细胞所组成, 当根向前生长时, 根冠外围细胞常因碰擦而脱落, 同时生长点的外部细胞也不断分裂产生新细胞而使根冠经常保持一定的厚度。另外, 根冠外层的细胞具有粘滑的胶质, 可使根冠比较容易地进入土中。

**分生区** 是细胞最幼嫩、生命活动最旺盛的部位, 长度只有 1 毫米左右, 其细胞体积很小, 排列紧密, 无细胞间隙, 壁薄, 原生质浓厚, 细胞核较大, 没有液泡。其生理特点是呼吸旺盛, 同化能力特别强, 能合成蛋白质、核酸等物质, 使原生质大量增加。细胞体积增大到一定程度后, 即开始分裂。新分裂的细胞, 一部分补充为根冠细胞, 一部分成为伸长区的细胞, 有的细胞仍保持原分生组织的能力, 继续分裂, 所以玉米根的细胞数目, 取决于分生区细胞分裂时间的长短和能力。

**伸长区** 细胞沿着根纵轴方向伸长, 体积逐渐变大。细胞扩大伸长主要是由于细胞吸水, 出现液泡, 原生质受到挤压紧贴胞壁内侧, 成一薄层, 同时细胞合成的纤维素增多, 不断填充或附加到细胞壁上, 而使细胞壁不致变薄。细胞扩大之后, 体积可比原来大几十倍, 甚至成百倍。因此, 根系长度的增长, 主要是伸长区细胞伸长扩大的结果。细胞体积扩大需要大量的水分合成细胞壁、原生质等的组成物质, 所以, 干旱、植株营养不良, 根系生长便受到抑制。

根毛区 细胞基本停止伸长,根毛区已分化为表皮、皮层、中柱三大部分。

在玉米幼根的根毛区作横切面观察,可以看到最外层为表皮,其细胞未角质化,具有透水性,一部分细胞的外壁向外凸起形成根毛,根尖以上的根毛非常弯曲,根毛壁略带黄色,这是无生活力的死细胞。根毛的数目视不同情况而异,一般土壤湿度低,根毛数多;生长在水中的根,根毛数少。根毛长短不一,一般7~8毫米,其寿命很短,老根毛在向前生长或遇耕作时,易受伤害而死亡,但附近表皮细胞仍能向外突出,而又不断地形成新根毛。因此,根毛区能经常保持一定量的根毛,以维持植株体内水分平衡。表皮里面是皮层,由多层大型细胞组成,细胞排列疏松,间隙较大,靠近最里面的一层为内皮层,排列紧密,无细胞间隙。内皮层侧壁和底壁呈马蹄形增厚,并木栓化,形成一条固着原生质的凯氏带。凯氏带具有加强控制根内物质运输的作用,但靠近原生木质部的内皮层,细胞壁并不增厚,它是内层到中柱物质运输的通道。因此,这种细胞称为通道细胞(转输细胞)。紧接内皮层的细胞为中柱鞘,是中柱最外层组织,具有分生能力,可形成新的侧根。增加根的数量,有利于根的吸收作用与固持作用;中柱鞘的内部包括初生韧皮部、初生木质部和髓,此即为中柱。木质部与韧皮部交互排列,两者间充满薄壁细胞,这些细胞停留在基本组织状态,无分生能力,也无形成层,只有初生结构,不能形成次生结构,所以根生长到一定程度后即不再继续加粗。薄壁细胞以后木质化,进而成为厚壁组织,以加强中柱的机械支持力量。根中央的髓部由大而薄的细胞组成,有暂时贮存养分的作用(图2-7)。

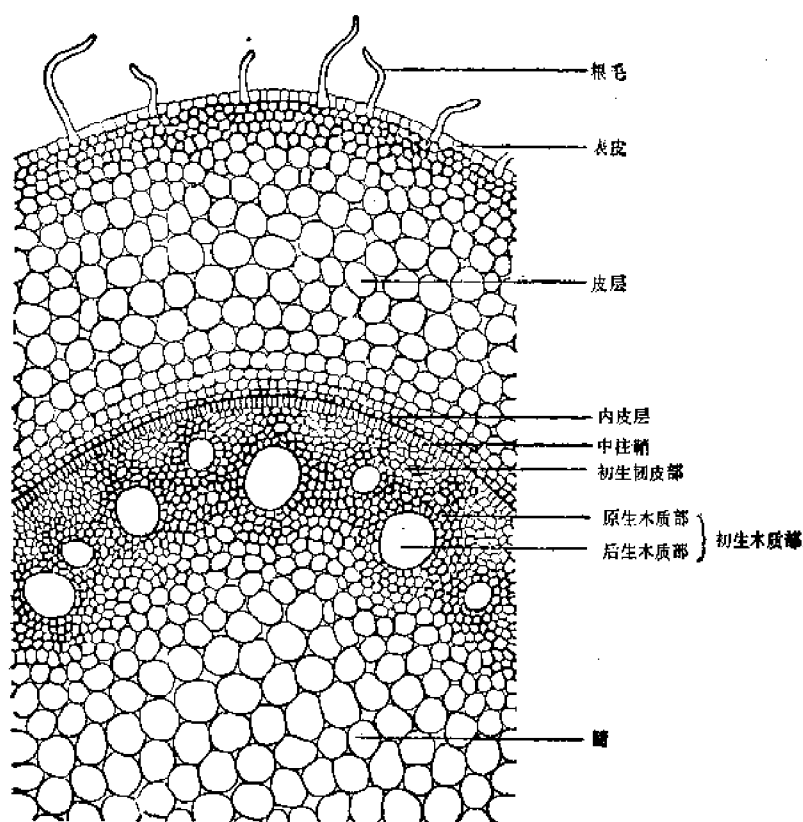


图 2-7 玉米根横切面

玉米的地上节根有支持功能,机械组织比较发达,特别是气生部分,细胞壁均匀增厚,其细胞为纤维状,入土部分则不存在这种细胞。地上节根里还有气腔,能适应缺氧条件。

玉米早熟品种和晚熟品种的主胚根和次生胚根,在解剖结构方面是一致的。但节根的解剖结构,在机械组织细胞壁的加厚程度和木质化程度上稍有不同;早熟品种初生皮层外部薄壁组织的加厚和木质化,比晚熟品种差一些,然而所有的品种类型,只有胚根和胚芽鞘根的髓部已木质化,其他次生根的髓部还是由薄壁细胞组成的。

2. 玉米根的功能 吸收是根的主要生理作用之一。玉米植株生长发育所需要的水分和养分,是通过根毛和根尖幼嫩的表皮细胞从土壤中吸收。根尖除具有吸收水分、养分的重要作用外,根部生长组织的分化亦在其中进行,根尖部分密生的大量根毛能直接伸入土粒之间,与土壤紧密接触,从土壤中吸收水分和养分,并分泌酸类,分解有机质。玉米的地下节根上都生有根毛,且保留时间较长,但只有在根尖附近的根毛才具有生活力,故根的吸收作用最活跃的部分是在根的尖端约5~10厘米处。由于侧根和根毛的形成,吸收面积大为增加,仅根毛部分的吸收面积即扩大了5.5倍,根毛寿命虽然只有几天,但根尖的生长速度却很快,一般在良好条件下,一天内可伸长几厘米到几十厘米。玉米根系的表面积通常大于地上部器官的表面积,在旱地上湿度适宜时,生长35天的根系表面积约为地上部的1.2倍,在有效水分为9%的土壤上则为2.1倍,这说明根系的适应性较强,可以补充地上部蒸腾而散失的水分;玉米的根尖非常发达,一般比小麦大56倍,因此吸收力强。伸长区的细胞壁薄,水分容易进入,根毛区已明显分化出输导系统,所以根尖吸收的水分和营养物质以及合成的生理活性物质,能及时运往其他各个器官,而地上部合成的有机物质也能及时运送到根尖,供根系生长。玉米根系的吸收作用主要由节根进行,胚根则仅在最初14~20天内起作用。但在干旱情况下,上层土壤干燥、节根发育不良时,胚根也有吸收水分和养分的作用。

根在土壤中的分布状态,有利于增强植株的支持固定作用。从根的结构看,根的原生木质部含有螺旋及环纹增厚的细长细胞,后生木质导管成熟时,侧壁次生增厚,成为狭长的网纹或孔纹导管,介于木质部放射角和包围韧皮部之间的薄壁细胞,细胞壁也能增厚并木质化,从而形成一个连续的厚壁连接带,以增强中柱的支持力。在空气中生长的支持根,细胞壁均匀增厚,增强了植株的支持能力和抗倒伏能力。玉米的各层次生根和支持根,轮生在茎节周围,从不同角度伸向四周土壤中,各条根的一、二级侧根,交织分布于土层中,增强植株在土壤中的固着能力。

玉米根系是参与新陈代谢、合成氨基酸及生理活性物质的重要器官。当叶片进行光合作用时,形成的糖分转移到根部,与土壤中进入根部的磷酸和二氧化碳合成氨基酸,用于植株体的蛋白质合成。玉米抽雄期,地下节根和地上节根中氨基酸的含量可超过同时期茎叶中含量的10~15倍,尤其是支持根中有些氨基酸的含量,比普通根中多20~25倍,而且氨基酸的种类也多。这对玉米的代谢和干物质的增长都有重要作用。因此,抽雄前促使根系生长,是玉米丰产的重要手段。而地上节根合成的氨基酸,可起到一种补充作用。

玉米根系的另一特点是能产生较高的渗透压。玉米根系细胞的渗透压,一般比小麦、水稻为高,它和其他作物一样,水分及溶于水的物质,仅在根系细胞液渗透压超过土壤溶液的渗透压时,才能进入根系。根据沈阳农学院1980年测定:不同玉米类型间根系的渗透压差

异很大,其中以有稃型玉米的根系渗透压最高,爆裂型玉米次之,粉质型玉米又次之,马齿、硬粒、甜质型玉米相差不多(表 2-2)。

表 2-2 不同类型玉米根系渗透压的比较

(沈阳农学院,1980)

玉米类型	有稃型	爆裂型(紫色)	粉质型	硬粒型	马齿型	甜质型
根系渗透压(大气压)	4.03	3.05	2.81	1.83	1.54	1.83

在各个生育时期,玉米根系的渗透压也不同,一般生育前期,根系的渗透压较大,以后逐渐降低(表 2-3)。

表 2-3 玉米杂交种一生中根系渗透压的变化

(沈阳农学院,1980)

测定日期(月/日)	根系细胞渗透压(大气压)	
	丹玉 6 号	沈 171×335
6/21	4.95	3.50
7/7	2.70	2.60
8/14	1.83	1.59

注:测定时温度为 25.5°C。

根据根的建成时期、根量及形态特征和功能的不同,可将玉米根系分成几个组。而不同根层对各器官生长发育和经济产量的影响亦不同。据郑丕尧等 1962 年对农大 4 号和八趟白等四个玉米品种的研究:玉米根系可分成三组。1~4 层根为第一组,5~7 层根为第二组,8~9 层根为第三组。第一组根与壮苗关系密切,第二组根的发生,始于拔节期,终于大喇叭口期前后,所以拔节期间进行深中耕,可以促使根系的生长,对大喇叭口期和抽雄前后植株的生长和水分、养分供应十分重要。第三组的两层根,均是地上节根,其出现的早晚和根数,与植株上部节间的伸长有一定关系。在水分条件好的情况下,第 9 层根数较多,顶节长;在干旱条件下,则第 9 层根往往较少而顶节短缩。因此,顶节的长度和第 9 层根数的多少可用来判断玉米抽雄期的水分状况。

3. 玉米根系对不同土层养分的吸收能力 玉米根系在不同土层深度对养分的吸收能力,随玉米生育进程而变化。据山东省农业科学院原子能农业应用研究所 1978 年用  $^{32}\text{P}$  对鲁原单 4 号的研究表明,当第 10~11 叶展开时,0~20 厘米深的土层中根系吸收  $^{32}\text{P}$  的活力最强,尤其是 20 厘米处最为活跃,吸收  $^{32}\text{P}$  占标记土层的 60% 以上;乳熟期活跃吸收层下移到 30~40 厘米,其中以 30 厘米处吸收活力最高,吸收  $^{32}\text{P}$  占标记土层的 40% 以上,0~10 厘米土层吸收  $^{32}\text{P}$  的比例减少(表 2-4)。

表 2-4 说明,深施肥有利于根系的吸收,能提高肥料利用率。磷肥在土壤中的移动距离很小,如撒施于土壤表面,则会减少根系吸收部位与磷肥接触的机会。根系水平分布在 10~

表 2-4 玉米根系活力在土层中的垂直分布\*

(山东省农业科学院原子能农业应用研究所, 1978)

土层深度(厘米)	第 10~11 叶展开时测定**		乳 熟 期 测 定***	
	脉冲/株·分	占土层和总%	脉冲/株·分	占土层和总%
5	19, 100	5.88	745, 324	6.04
10	90, 683	27.90	523, 765	4.25
20	204, 685	62.98	3, 313, 988	26.86
30	—	—	4, 986, 481	40.42
40	10, 524	3.24	2, 768, 009	22.43
合 计	324, 992	100.00	12, 337, 562	100.00

\* 测定前于土层测定范围标记  $^{32}\text{P}$ ;

\*\* 15 株平均数;

\*\*\* 12 株平均数。

11 叶展开时和乳熟期的测定结果, 均以距离植株 20 厘米范围内的吸收活力最旺盛, 吸收  $^{32}\text{P}$  量在 90% 以上(表 2-5), 说明追施化肥以距离植株 20 厘米范围内较为合适。

表 2-5 玉米根系活力在土层中的水平分布\*

(山东省农业科学院原子能农业应用研究所, 1978)

距植株水平距离(厘米)	第 10~11 叶展开时测定		乳 熟 期 测 定	
	脉冲/株·分	占水平距离%	脉冲/株·分	占水平距离%
10	150, 114	46.19	7, 125, 147	57.75
20	166, 283	51.17	4, 202, 599	34.06
30	—	—	809, 470	6.56
40	5595	2.64	290, 346	1.63
合 计	324, 992	100.00	12, 337, 562	100.00

\* 测定前于土层测定范围标记  $^{32}\text{P}$ 。

根系吸收活力在土壤中的分布状况, 同根量(重量或长度)在土壤中的分布基本一致。

### (三) 根的生长

根的生长表现为重量和长度的增加。李止正 1979 年研究表明: 根重对维持地上部的生长和功能比根条数显得更重要。根重因品种、土壤条件、栽培措施而有很大变化。一般在玉米抽雄散粉期, 根系干物重达最大值, 单株根重为 20~50 克, 多者达 100 余克, 这时根重约占全株重量的 7~14% 收获时为 3~8%。

玉米植株进入生殖生长阶段以后, 功能叶叶位上移, 有机物质主要供给生殖器官, 根系分配到的有机物质减少, 这是后期根系生长停滞或减慢的主要原因。

表 2-6 玉米各生育期节根的长度

(陕西省渭惠渠灌溉试验站, 西北农业科学研究所, 1956)

项 目 \ 生 育 期	三 叶 期	拔 节 期	抽 雄 期	乳 熟 期
最长根长度(厘米)	43.5	69.5	75.0	218.0
平均长度(厘米)	22.5	36.4	52.8	77.4

玉米各生育期根系的生长, 随着植株的生长发育, 节根长度不断增加(表 2-6)。

玉米在苗期增加的节根层占总根层的 44.83%, 穗期占 43.68%; 而根重在出苗时为 0.07 克, 占一生中根最大重量的 0.33%; 拔节时根重 2.13 克; 抽雄时根重最大, 为 21.15 克; 成熟时根重降低 14.23%。根系干物质积累过程的基本特点是: 苗期较少, 约占总根重的 10%; 穗期最多, 占 89.93%; 后期根系干重又趋减少(表 2-7)。

表 2-7 根在不同生育时期的生长

(张瑞岐, 1980)

观 测 时 期 (月/日)	层 数		条 数		长 度		重 量	
	层 数	累进%	条	累进%	厘 米	增加数	克	累进%
出苗(5/20)	1.0	11.49	3.70	7.37	18.00		0.07	0.33
拔节(6/17)	4.9	56.32	20.27	40.38	92.27	79.27	2.13	10.07
抽雄(7/15)	8.7	100.00	49.17	97.95	116.50	24.23	21.15	100.00
成熟(8/20)	8.7	100.00	50.20	100.00			18.14	85.77

据河北农业大学 1960 年试验, 玉米不同生育期根、茎、叶干重增长速度是不同的。5 月 8 日拔节前茎叶重为 0.39 克, 根重为 0.16 克。5 月 14 日拔节前茎叶重为 0.66 克, 增长约 1.7 倍, 而根重却增长 2.2 倍; 至拔节期茎叶重增加 4.6 倍, 而根重增加 5.3 倍。由此可见, 幼苗的生长是以根系的形成为主。自拔节以后, 尤其是孕穗期, 根系干物质增加速度逐渐低于茎叶的干物质增加, 孕穗期茎叶干重增长达 24.9 倍, 而根干重增长仅 10.6 倍, 因此, 拔节期是地上部分和地下部分生长的转折点。这是由于拔节前已经形成了较多的根系, 可从土壤中吸收大量的水分和养分, 促进地上部茎叶的迅速生长, 因而由拔节前以根系生长为主, 向拔节后以茎叶生长为主过渡。植株生长到抽雄期, 茎叶及根干物质积累都急剧增长, 两者增加的比值又有所减少, 这是由于地上节根大量伸入土层, 从而增加了根的重量。抽雄后根系生长逐渐停止, 以致部分根系衰老, 根干重由抽雄期的 34.6 克下降到散粉期的 28.5 克, 但根系的生长可一直持续到抽丝期(表 2-8)。

综上所述, 玉米不同生育阶段根系的组建: 苗期主要是胚根及 1~6 层节根的形成与伸长; 穗期产生 6 层以上节根, 构成了根系主体; 花粒期根系逐渐衰老死亡, 重量降低。

玉米根系发育和地上部生长相适应, 地上部生长良好, 根系发育也相应地比较发达、健



表 2-8 玉米不同生育期茎叶与根系干重的增长\*

(河北农业大学, 1960)

生 育 期	观 察 期 (月/日)	茎叶干重 (克)	根系干重 (克)	各期根干重占 最大干重%	根系每日增 长量(克)	茎叶与根系 比值
四叶期至拔节前	4/29	0.07	0.03	0.1	—	2.33
拔 节 前	5/8	0.39	0.16	0.5	0.014	2.44
拔 节 前	5/14	0.66	0.35	1.0	0.032	1.89
拔 节 期	5/26	3.02	1.85	5.3	0.125	1.63
孕 穗 期	6/13	75.07	19.32	56.4	0.982	3.85
抽 穗 期	6/29	100.60	34.60	100.0	0.943	2.91
散 粉 期	7/4	91.10	28.50	82.4	-3.520	3.20

\* 品种: 金皇后。

壮, 进而保证了地上部良好生长所需要的水分和养分, 产量也会有所增加。据统计, 玉米根干重与产量成正相关, 相关系数  $r=0.993$ 。因此, 地上部和地下部生长的相互关系, 是玉米整个有机体平衡协调的结果(表 2-9)。

表 2-9 玉米地上部、地下部生长发育与产量的关系\*

(西北农学院, 1959)

次生根条数	气生根		植 株		双穗率(%)	穗粒重(克)	千粒重(克)	产量(斤/亩)
	条 数	层 数	高度(厘米)	根度(厘米)				
68.8	21.8	2.3	241	2.19	45.7	203.13	391	797.3
68.3	18.75	2.5	225	2.01	35.1	171.91	382	694.8

\* 品种: 红心白马牙。

#### (四)影响玉米根系生长和功能因素

1. 品种特性对根系生长的影响 不同品种的根层数、根条数差别明显。一般生长期长的晚熟品种, 较早熟品种根系发达。同一品种由于栽培条件和种子大小不同, 根数也不相同(表 2-10, 表 2-11)。从播种后 1 个月左右调查, 大粒种每株次生根条数比小粒种多 3~5 条, 而且种胚及胚乳较大, 营养物质丰富, 形成的幼苗比较粗壮。

表 2-10 沈单 3 号玉米种子大小与根系发育的关系\*

(沈阳农学院, 1982)

处 理	株高(厘米)	叶面积指数	胚 根		次 生 根			根 体 积 (厘米 <sup>3</sup> )	根总吸收面积 (厘米 <sup>2</sup> )
			条 数	长度(厘米)	条 数	轮 数	最长(厘米)		
大粒种	23.8	0.093	6	19.1	10.7	3	18.2	7	18.4
小粒种	17.8	0.038	3.4	15.7	7.2	2	15.9	5	11.3

\* 播种期为 4 月 21 日, 5 月 29 日测定;

大粒种百粒重 32 克, 5 月 8 日出苗;

小粒种百粒重 15 克, 5 月 10 日出苗。

表 2-11 种子大小及次生胚根数对苗期生长的影响\*

(江苏农学院, 1978)

种子大小	次生胚根数	芽鞘节根数	株高(厘米)	茎粗(厘米)	可见叶数	展开叶数	单株干重(克)
大粒(千粒重337克)	5.4	5.4	15.1	0.32	3.4	1.7	0.352
小粒(千粒重189克)	3.8	3.8	11.8	0.27	2.1	1.1	0.174

\* 品种: 郑单1号。出苗后9天各考苗20株的平均数。

从上表看出, 大粒种子的次生胚根数和芽鞘节根数都多于小粒种子, 而幼苗的株高、叶片数、茎粗以及单株干重也是大粒种子优于小粒种子。因此, 选用籽粒饱满的大粒种子播种, 有利于根系的生长和培育壮苗。

杂种优势也表现在玉米根系上,  $F_1$  代种子发芽后 21 天, 根系优势可明显地表现出来, 根长度显著增加(表 2-12)。试验表明, 优势强的  $F_1$  代杂交种的根条数、长度、干物质、分布范围等, 在整个生育期均优于亲本自交系。

表 2-12 玉米杂种优势在根系方面的表现

(沈阳农学院, 1975)

杂交种与亲本自交系	长 度 (厘米)	水平扩展距离 (厘米)	初生根数 (条/株)	次生根数 (条/株)	鲜 重 (克/株)	干 重 (克/株)
辽单 14 号	28.5	23.0	8	40	72.3	10.50
625	25.5	12.5	5	20	13.9	1.67
$T_4R_3$	27.5	15.5	7	30	24.1	2.90
丹玉 6 号	27.5	18.0	8	27	50.2	6.00
旅 28	26.5	12.8	8	25	39.9	3.50
320	18.5	10.5	6	24	16.7	3.40

注: 4月25日播种, 6月24日调查。

2. 土壤物理性状对根系生长的影响 玉米对土壤的要求虽然并不十分严格, 但是, 玉米生长在土层深厚、疏松、通气性良好、养分充足的土壤中, 更有利于根系的深扎与分布。坚实的土壤不利于根系的生长。生产实践证明: 深翻土壤, 结合增施有机肥料, 能改善土壤的物理性状。一般在 1 米深的土层内, 土壤容重随耕翻深度而降低, 孔隙度则相应增加, 为根系的生长创造了良好条件。玉米植株生长在深翻土壤中, 根系扎得深, 侧根多, 下层根比重增加, 能更好地吸收利用较深土层中的水分和养分。但根系深扎后, 分布宽度有所减少。如辽宁省凤城农业科学研究所 1960 年试验证明, 耕深从 0.6 尺增加到 2 尺, 根系分布宽度减少 24.5 厘米。另外, 根系的下移并不是无限的, 如深翻 3 尺, 75~94% 的根仍集中在 0~40 或 50 厘米的土层中。因此, 深翻并不是愈深愈好。

3. 土壤水分对根系生长的影响 土壤含水量对玉米根系生长和功能都会发生强烈影

响。玉米根系有向水性,当土壤表层干燥,下层湿润时,可促使根下扎,向深度发展,下层根比重增加。一般田间持水量在 60~70% 时,有利于根系生长。土壤严重干旱或受涝时,根系易老化甚至会停止生长,从而减少吸收表面积,降低吸收速度。据山东省农业科学院 1979 年试验表明:玉米苗期发生涝害时,根系干物质积累速度缓慢,受涝 3 天,根部干物重只有对照的 76.9%,受涝 9 天为 40%;幼苗期受涝 3 天,根系吸收能力降低一半以上,受涝 12 天,吸收能力降低近 70%,光合强度降低 17~37%,植株生长停滞,叶色变紫。

4. 土壤通气性对根系生长的影响 玉米对土壤的通气性要求很高。据测定,1.5 克玉米根(干重)在 1 小时内平均耗氧 8~9 毫克。根际通气良好时,玉米单株干物重为 29.44 克;通气不良时只有 20.66 克。土壤中氧气不足,根部呼吸作用降低,生长、吸收、合成所需要的能量和活跃的中间产物减少,不能满足正常生育的需要。所以,生产上玉米播前的耕、翻、耙、压,播后的中耕除草,均有利于根系生长。

5. 施肥对根系生长的影响 根是最先受肥料影响的器官。土壤缺肥,根系生长较差,生理机能降低。玉米根系具有向肥性,会追逐肥料,以满足植株生长发育的需要。所以,耕层以下的养分状况,能影响扎根深度。据山东省昌潍农业学校 1977 年试验,拔节期追肥、浇水,能促进地上节根的生长,根层数、条数可增加 3~4 倍,每条根的粗度和干物重,也均显著增高。另外,施肥方式不同,根系在土壤中的分布范围亦有不同。如撒施基肥有利于根系朝各个方向均衡发展,带状施肥可使根在带内或带附近强烈地生长,种肥则可增加次生根的层数和根量。

6. 温、光条件对根系生长的影响 土壤温度是影响玉米根系生长和功能的重要因素之一。一般根系生长最适宜的温度比地上部略低,即地温应为 20~24℃,当地温降低到 4.5℃ 时,根系即停止生长;超过 35℃ 时,根系生长、吸收速度也会降低。

据山东省农业科学院植物生理研究室 1979 年研究表明,玉米植株根系的生长和吸收活力在强光下比在弱光下高,强光下植株光合强度高,输送给根部的有机养分多,因此光对根系生长和生理功能的影响是间接的(表 2-13)。

表 2-13 光照强度对玉米根系生长和吸收活力的影响

(山东省农业科学院植物生理研究室, 1979)

处 理	根吸收 $^{32}\text{P}$ 活力		新生根条数		根 干 物 重	
	脉冲/株·分	为强光%	(条/株)	(厘米)	毫克/株	为强光%
强光(自然光强)	54,234.5	100.0	10.8	154.2	174.9	100.0
弱光(自然光的 1/3~1/4)	34,112.6	62.9	6.2	83.9	75.0	42.9
暗光(自然光的 1/10)	8853.7	16.3	1.4	8.2	55.7	31.3

注: 自然光强为 4~9 万米烛光。

## 二、茎

### (一)茎的发生

茎由胚轴分化发育而成。一般胚内有5~6 片胚生叶,故胚内已有 5~6 个节间未伸长

的茎。种子萌发成幼苗,顶端分生组织继续分裂,增添新叶,扩大茎轴,从而分化出明显的节和节间。究竟哪一个是茎的第一节和第一节间,有人认为,盾片是第一叶,其着生处便是茎的第一节,胚芽鞘是第二叶,其着生处是第二节。根茎转位主要发生在第一节和第一节间并延续到第二节间,所以,下胚轴便是第一节间,中胚轴便是第二节间。但生产上习惯将出苗后中胚轴伸长的部位叫“根颈”(地中茎),胚芽鞘着生处叫胚芽鞘节,第一片真叶着生位置叫茎的第一节,胚芽鞘节与主茎第一节之间,叫第一节间。

## (二)茎的形态结构及功能

1. 茎的形态结构 玉米的茎秆粗壮、高大,直径约为(2~4厘米)株高因品种以及栽培条件不同而有显著差异。一般矮秆类型株高只有0.5~0.8米,高秆类型株高为3~4米,有的甚至可达7米以上。一般矮秆的生育期较短,单株产量较低,高秆的生育期较长,单株产量较高。当前生产上通常称株高2米以下的为矮秆型,2~2.7米的为中秆型,2.7米以上的为高秆型。植株高度是决定密植范围的重要因素之一。<2~2.7>

茎由节与节间组成。(节间数与叶片数一致)一般玉米有15~24个节,最少只有8个,最多可达48个。其中4~6个节密集在地下部,而第1~4节较紧密,节间也很短,仅0.1~0.5厘米,从第5节开始伸长。地上部节数因品种有所不同,通常植株矮小的早熟品种节数较少,而高秆晚熟品种的节数较多。同一品种晚播比正常播种的节数少。节间粗度自茎基部向顶端逐渐减小。过度密植或栽培管理措施不当,基部节间则较细。

靠近地面上2~3个节间的粗细、长短和生长状态,与根系发育、植株抗倒能力的大小有很大关系。如果植株生长细长,组织松软,机械组织不发达,维管束数目少,则根系发育较差,抗倒能力减弱;基部节间粗短、扁平,则根系较发达,抗倒能力也强。玉米节间长度,从基部到顶端呈现有规律的变化,一般上部节间比下部节间长,而以最上面的一个节间最长,也有一些是中部比上部和下部节间长。

玉米茎秆多汁,髓部充实而疏松,富含水分和营养物质。玉米茎部节间的横切面,最外一层为表皮,由体积较小、排列紧密、略呈方形的表皮细胞组成,其细胞外壁增厚,有角质层,表皮上还有为数较少的气孔。玉米茎秆细胞壁里含有大量的硅盐,可增加细胞壁的硬度。

表皮内有2~3层小型厚壁组织,细胞壁往往角化,排列紧密,形成机械组织;茎中其余部分均为大型薄壁细胞,排列疏松,有细胞间隙,属基本组织,外层薄壁细胞含有叶绿体,所以茎呈绿色。

茎的基本组织中,分散着很多椭圆形的维管束,愈靠近表皮,其数目愈多,相反,愈靠近茎的中心,维管束数目愈少,着生果穗节和以下相邻节的维管束数目、节间粗细,与果穗大小有关。由于维管束分散,因此皮层、内皮层、中柱鞘、髓射线和髓均无明显的界限(图2-8)。

玉米茎的维管束主要由木质部和韧皮部组成,属有限(或闭合)维管束,没有形成层,只有初生结构,不能再形成次生结构(图2-9)。所以,茎部除了依靠在初生结构形成过程中的细胞体积的增长来加粗外,还借助初生增粗分生组织来增粗。在玉米茎尖的正中纵切面上,可以看到在叶原基的下面,有许多扁平的细胞,有规律地排列为垂周行列,称初生增粗分生组织。它们进行平周分裂时,可产生许多薄壁细胞,增大茎尖的直径。这些薄壁细胞再增大、分裂,可使茎的节间伸长并进一步增粗。通常这种初生增粗生长,可以在几个节间同时

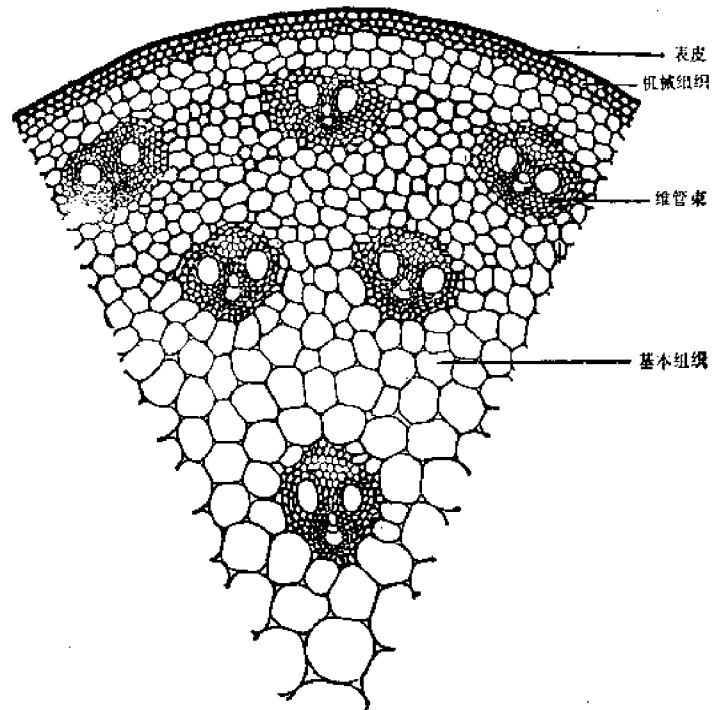


图 2-8 玉米茎的横切面

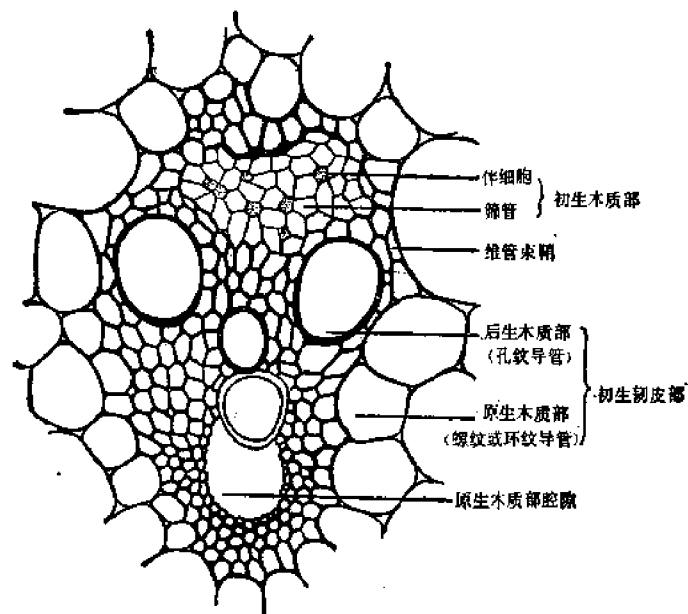


图 2-9 玉米茎的维管束横切面

进行(图 2-10)。

玉米茎中每一维管束均为维管束鞘所包围, 维管束鞘由 1~2 层纤维细胞组成, 老茎中维管束的两端, 纤维细胞较多, 维管束向心部分为内始式, 呈“V”形的初生木质部, 其中有两

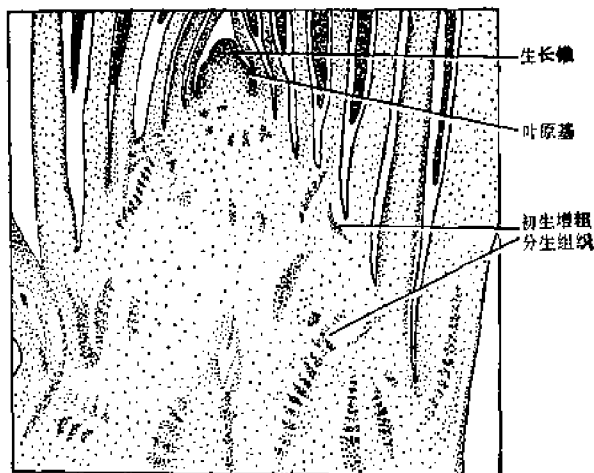


图 2-10 玉米茎的初生增粗分生组织

个大型的孔纹导管,其间还有小型的孔纹导管,这些导管的周围有一个空腔,它们共同组成原生木质部,因此空腔又称原生木质部腔。由于原生木质部的导管壁部未加厚的部分抵抗力弱,当茎迅速生长时,往往破裂而形成空腔,因此在成熟茎的维管束里,原生木质部腔内可以见到环纹或螺旋加厚的痕迹。维管束离心的部分,也就是孔纹导管的上方,为外始式的初生韧皮部,其外侧有帽状的机械组织,原生韧皮部被挤压成一狭条。后生韧皮部结构明显,其中形状较大、略呈多角形的细胞为筛管,紧贴筛管有略呈方形的小型细胞,即为伴胞。

2. 茎的功能 玉米茎有输导、支持、贮藏等功能,茎中维管束是植株根与叶、花、果穗之间的运输管道,它起着水分和养分的运送以及支持茎秆的作用,并能支撑叶片,使之均匀分布于空中,以便吸收阳光和  $\text{CO}_2$ , 更好地进行光合作用。茎秆是贮藏养料的器官,在玉米生长的后期,可将部分养料转运到籽粒中去。据山东省昌潍地区农业科学研究所 1978 年对昌单 3 号的观察,单株茎秆的最大干重出现在乳熟期,为 63.0 克,成熟期为 43.8 克,下降 19.2 克。这表明茎秆内贮藏的养分,有 30.5% 的数量除了茎秆本身呼吸消耗外,有相当一部分运向果穗。各节间贮藏的养分,尤以果穗节为多,显然这对果穗发育是有利的。又据江苏农学院 1978 年对春播郑单 1 号在结实期的测定结果,各节间的含糖量以穗位节较高(表 2-14)。另外,空秆的玉米茎秆特别甜,是其内部贮藏糖分较多的缘故。茎是果穗发生、形成的器官,所以茎秆生长的好坏与产量高低有密切关系。

表 2-14 玉米不同节位的含糖量

(江苏农学院, 1978)

节 位	7	8	9	10	11	穗位节	15	16	17
含糖量(%)	8.4	9.7	9.9	11.1	11.1	12.3	11.8	11.2	10.9

品种: 郑单 1 号

### (三) 茎的生长

玉米的茎节早在拔节以前的幼苗期即已形成, 茎的伸长及茎中各种组织的形成, 在后期主要由节间基部居间分生组织的细胞分裂、生长与分化的结果。每一个节间是一个生长单位, 依靠节间基部居间分生组织的活动使茎略有增粗, 节间则向上伸长。居间分生组织生长到一定时期后即老熟, 节间不再生长。居间生长, 能使倒伏的植株弯曲向上生长, 对植株的重新直立, 起着重要作用。

各节间伸长的顺序, 自下而上依次进行。每一个节间都经历一个慢——快——慢的伸长过程。

玉米茎秆的增长速度, 随生育期而变化。据河北农业大学 1960 年和山东农学院、江苏农学院 1978 年对春、夏播玉米观察表明: 从拔节期(雄穗生长锥伸长)至小喇叭口期(雌穗生长锥伸长), 茎秆增长速度较慢, 每昼夜增长量约 1~2 厘米以下; 小喇叭口期至大喇叭口期(雄穗四分体), 增长速度明显加快, 每昼夜增长量约 4~6 厘米; 大喇叭口期至抽雄期, 增长速度最快, 每昼夜增长量一般为 7~8 厘米, 最高可达 14~15 厘米; 抽雄至开花期, 增长速度减慢, 每昼夜增长量一般在 5~6 厘米以下; 雄穗开花以后, 茎停止增长, 但有的在雌穗开花以后, 茎才停止生长。这是由于着生果穗节的居间分生组织继续延长生长的缘故。因此, 茎的生长和结实器官的形成, 具有一定的依存关系。在茎节伸长的同时, 茎粗也不断增加, 茎粗增长速度的高峰在茎节增长速度高峰之前, 停止增粗也较停止伸长为早。

玉米同一节位节间增长速度高峰的出现, 落后于叶片生长速度的高峰。从全株茎叶干物重增长情况来看, 玉米不同生育期茎秆与叶片的生长速度不同, 其干物重差异也很大, 拔节以前幼苗期全叶干重明显大于全茎干重。据河北农业大学 1960 年的测定结果: 拔节期以前全叶干重比全茎干重大 13.09~24.13 倍, 说明苗期地上部是以叶子生长为主的, 拔节以后茎叶干重相差则逐渐减少, 表明这一时期生长的主要器官由叶子逐渐转向茎秆, 抽雄以后, 茎的干重反比叶的干重增加。

### (四) 环境条件对茎生长的影响

1. 温度对茎生长的影响 玉米茎秆增长速度与温度有关。温度高, 茎秆则伸长迅速。春玉米生长前期气温较低, 茎秆伸长较慢, 温度上升至 20℃以上时, 茎秆开始迅速伸长; 夏玉米生长初期, 即处在高温条件下, 茎秆伸长早而快。又如广西壮族自治区的春、夏、秋玉米在茎秆伸长时, 都同样处在较适宜的高温条件下, 因此在正常情况下三者株高相差不大。茎生长的最适温度一般为 24~28℃, 比根部高 5℃左右, 若低于 10~12℃时, 茎秆基本停止生长。在 12℃以上, 茎秆生长速度随温度的升高而加快, 温度达到 30℃时, 茎秆生长速度最快, 温度继续升高, 生长速度则逐渐降低。温度高时, 生长速度虽然快, 但植株节间细长, 机械组织不发达, 生长不健壮, 容易倒伏。玉米生长早期茎尖一直处在土壤表层, 受土壤温度影响很大, 在我国北方春玉米区, 玉米苗期温度低, 植株生长缓慢, 勤中耕松土, 可提高土壤温度, 促进玉米生长。

2. 施肥对茎生长的影响 在玉米栽培中, 增施厩肥等有机肥料, 并适当施用氮肥, 植株高度及其重量都有所增加。在植株营养生长结束时测定: 对照株高 120 厘米, 重 675 克; 在增施厩肥和适施氮素条件下, 株高为 160 厘米, 重 1350 克; 增施其他矿质养分的玉米株高

达 166 厘米, 而且茎秆较粗硬, 节间数多。但是, 施用过多氮素的植株, 重量反而减为 850 克。这是因为增施氮素, 能引起维管束结构的变化, 这类维管束含有比较大而多的输导组织, 维管束周围的机械组织数量减少, 被非常弱的厚壁维管束鞘所包围, 木质化程度差, 因此组织柔软。另外, 在氮素过多的情况下, 茎的伸长, 不是单纯依靠节间数目的增加, 而是依靠节间的延长, 因而茎变得细嫩, 容易弯曲。相反, 在施用有机肥料的情况下, 茎秆维管束内输导部分减少, 维管束周围的机械组织数量增加, 它的细胞具有较厚的壁, 导管和机械组织细胞都木质化, 而使植株组织粗糙, 重量增加。如肥水过多, 密度较大, 通风条件较差时, 更易引起节间过度伸长, 使植株生长细弱。

玉米施用氮、磷、钾肥料, 在数量充足、比例适当时, 茎秆生长健壮。如果土壤氮、磷丰富而严重缺钾时, 玉米茎秆基部节间易碎裂, 导致倒伏。当土壤严重缺磷时, 植株往往表现矮缩。

3. 光照和密度对茎生长的影响 玉米为短日照作物, 对光比较敏感。增加每日光照时数会延长营养生长期, 推迟雄穗分化进程, 茎节增多, 节间延长, 植株高大。因此, 光周期和光照强度对茎秆的生长影响甚大, 特别是光照强度对光合产物的数量影响更为明显。<sup>14</sup>C 示踪表明: 玉米拔节期与大喇叭口期分别有 20% 和 50% 左右的光合产物分配给茎秆, 光照强度大, 光合产物多, 能完全满足茎秆生长的要求。另外光强不同时, 光质也有变化, 在强光下蓝紫光成分比在弱光下多。蓝紫光能影响植株代谢, 抑制细胞伸长。所以在强光下生长的玉米植株, 茎秆粗壮。光照弱, 不仅光合产物减少, 而且植株相互争光, 茎秆细胞迅速伸长, 使节间变细, 容易倒伏。

在肥水充足的土壤上, 于一定范围内增加密度, 茎生长速度和最后株高都超过适宜密度。密度过高, 拔节后茎生长速度虽快, 但由于群体内光照严重减弱, 光合产物减少, 植株节间细长, 使茎秆的硬度和韧性降低, 倒伏率增加。

4. 水分对茎生长的影响 水分对玉米茎秆的生长有间接和直接作用两个方面。天气干旱, 植株含水量减少, 光合能力降低, 供给茎秆生长的有机物质减少, 间接影响生长速度, 使植株矮小。水分多少, 直接影响茎尖和居间分生组织的生长活动, 如水分充足, 细胞体积大, 节间生长速度快, 所以玉米拔节至抽雄穗期间灌溉, 对茎秆生长有明显的促进作用。此时遇旱, 则茎秆生长缓慢, 甚至抽不出雄穗, 因此土壤水分应保持最大持水量的 60~70% 为宜。

### 三、叶

叶是玉米重要的营养器官之一, 其主要功能是进行光合作用和蒸腾作用。叶片通过光合作用制造的光合产物, 是植株各器官生长所需要的物质的来源。所以叶片对于维持植株的生命活动和产量的形成, 具有重要意义。了解玉米叶片的生长规律及其功能, 对于制定合理的栽培措施以夺取高产, 是极为重要的。

#### (一) 叶的发生

玉米最初的几片叶子(早熟种约 5 片, 晚熟种约 6~7 片), 在种胚发育时即已形成, 故称胚叶(图 2-11)。以后的叶片则在玉米植株生长期间不断分化形成(图 2-12)。



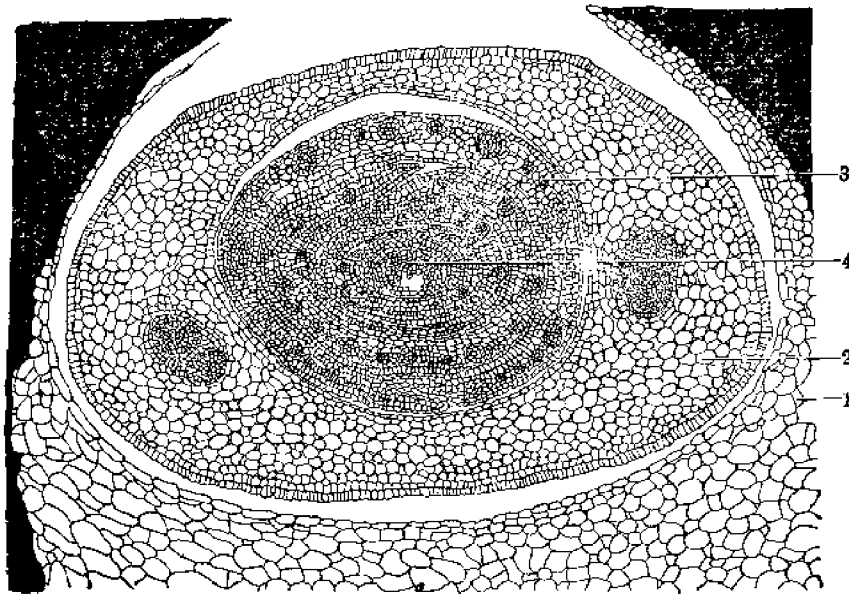


图 2-11 玉米种仁胚横切面

1. 盾片; 2. 胚芽鞘; 3. 第一幼叶; 4. 生长点

玉米茎尖顶端分生组织的旁侧, 有一小群细胞, 在一定阶段进行平周分裂, 即形成向外突起的叶原基(图 2-13)。叶原基的发生是外起源的, 与侧根发生(内起源)不同。叶原基形成后, 以平周分裂的细胞为中心, 邻近突起的细胞也进行分裂, 直到突起将茎包围, 叶原基顶端增长, 呈帽状, 覆盖在茎尖之上。

茎尖顶端各个叶原基相继分裂, 即可成为叶片, 通常植株下部, 早先形成的叶片年龄最老, 在植株上部, 愈晚形成的叶片, 其年龄亦愈轻。茎尖两个相邻的叶原基相继发生的时期称为间隔期。因此每一个间隔期即表示新叶原基的形成、节间生长的开始。第一间隔期时, 叶原基中便开始分化出叶脉原基形成层; 第二间隔期时, 出现侧脉形成层。随着叶原基的发

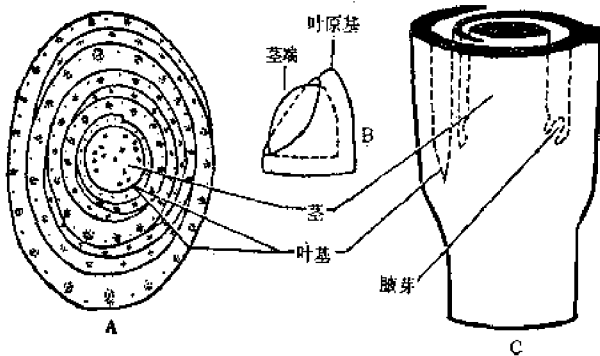


图 2-12 玉米叶的发育

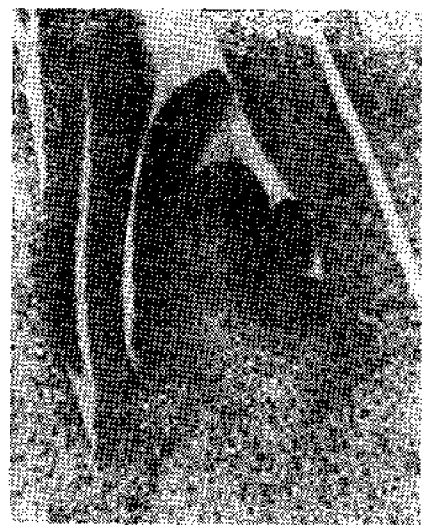


图 2-13 玉米茎尖纵切面(示叶原基的发生)

生,叶脉逐渐形成。至第五个间隔期时,即在第一片幼叶上形成叶舌。叶舌是由近轴面的表皮原基产生的。叶舌形成后,才出现叶身(叶片)与叶鞘的明显分界。这时第一片幼叶的顶端生长已经停止,基部组织逐渐成熟。叶片以居间生长方式继续伸长。这种伸长位于叶片基部叶舌之上,居间生长持续时间的长短和伸长数量,因叶位而不同。一般中部叶的居间生长时间长,伸长量大,所以中部叶面积大。当叶片从包围它的叶鞘中完全伸出来以后,其全部伸长过程就完成了。

间隔期的长短,受品种的遗传性和环境条件的影响。胚内形成的5~6个叶原基的连续间隔期,从3.5天逐渐增加到13.5天。其他十几个叶原基是在苗期生长锥分化为雄穗之前形成的。

## (二)叶的形态结构及功能

1. 叶的形态结构 玉米茎秆上每节着生一片叶,叶互生并呈二行排列,它是由叶鞘、叶片、叶舌组成的。叶鞘紧包节间,其长度在植株的中、下部比节间长,而上部的比节间短,叶鞘质地坚硬,有保护茎秆的作用,能增强茎的抗倒和抗折能力。叶片基部与叶鞘交界处有环状而加厚的叶环。叶片中央纵贯一条主脉(中脉、中肋),主脉两侧平行分布着许多侧脉。叶片边缘常有波状皱褶,这是由于在叶子边缘上的薄壁组织生长较快造成的。这种波状皱褶,可增加对光的吸收面,有避免风折断叶片的作用。玉米多数叶片正面有茸毛,只有基部的几片胚叶是光滑无毛的,光叶数的多少与胚芽内形成的胚生叶数有关,一般早熟品种的胚生叶数少于中晚熟品种,因此,早熟品种的光叶数也少于中晚熟品种。叶片与叶鞘交接处有一无色薄膜状的叶舌(有的品种无叶舌),紧贴茎秆,长约0.8~1.0厘米,有防止雨水、病菌、害虫进入叶鞘的作用。

玉米叶片由表皮、叶肉和维管束组成。叶片上下表皮布满许多极为细小而呈半圆形的气孔。气孔是由两个保卫细胞和两个副卫细胞组成。叶内维管束有特别发达的维管束鞘(图2-14)。

玉米叶片上,每平方厘米约有气孔17,000个,下表皮气孔数多于上表皮,叶尖多于叶基,而中肋部分又多于叶缘。从整株来看,一般下部叶片气孔数多于上部叶片。通常一株中等大小的玉米约有气孔1亿个以上。玉米属于C<sub>4</sub>植物,因此叶子维管束鞘细胞发达,其中含有大量的叶绿体(图2-15)。

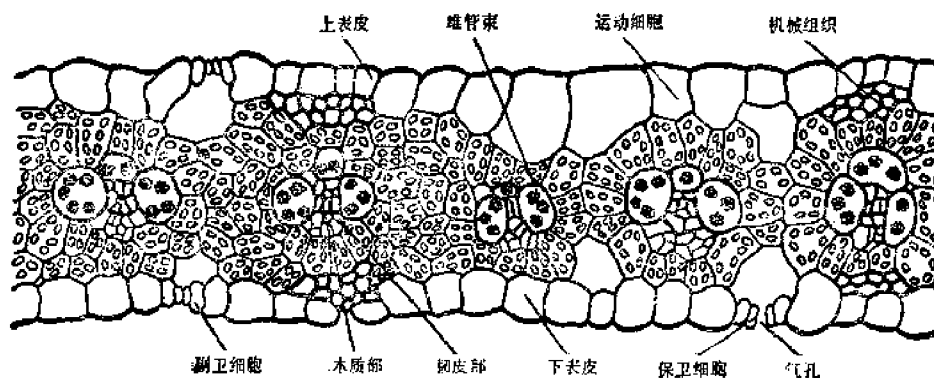


图 2-14 玉米叶横切面

玉米主茎上出现的叶数，因品种而不同。一般为 15~24 片，最少为 8 片，最多可达 48 片。山东、江苏等地早熟种通常为 14~16 片叶，中熟种 17~19 片，晚熟种在 20 片以上。北京地区早熟种为 18 片叶，中熟种 21 片，晚熟种达 25 片以上。玉米的叶数是比较稳定的，在同一地区，同一品种，除因土壤过分干旱或推迟播种期，而使叶数稍有减少外，一般很少发生变化。

单株叶面积的大小与品种和栽培条件关系最为密切。早熟品种叶数少，单株叶面积约为 0.5~0.75 平方米，晚熟品种叶数多，单株叶面积可达 1 平方米左右。水、肥条件充足可促进叶面积的增长。种植密度对叶面积的影响也较大，单株叶面积往往随密度增加而减小。

玉米单株叶面积的发展过程，为一单峰曲线形状。从出苗到孕穗为上升期，孕穗到灌浆为稳定期，也是单株叶面积最大期，所以单株最大叶面积的出现大致是在开花期前后。稳定期的特点是单株叶面积变化幅度小。从灌浆到成熟，下层叶片逐渐死亡，叶面积开始逐渐下降。所以生产上需要通过合理的肥水措施，延长稳定期，减缓下降速度，以使植株保持较大的光合面积，制造更多的有机物质。

2. 叶的功能 叶是光合作用的主要器官。玉米成年叶最大光合能力为 60~80 毫克  $\text{CO}_2/\text{分米}^2 \cdot \text{小时}$ 。群体最高光合生产率可达 54.7 克/米<sup>2</sup>·日。当然，玉米光合作用强度，也受内在和外界各种复杂因素的影响。例如：单位面积上叶绿体的数目，叶绿素的含量，以及气孔的大小和数目，外界环境条件中的光照、水分、温度以及大气中  $\text{CO}_2$  的浓度等因素，均影响叶的光合强度，而且这些因素又是相互联系、相互制约的。

玉米的蒸腾作用，是植株利用蒸腾压力，把根部吸收的水分和无机养分运送到地上部分的主要原动力，同时又能降低植株叶面的温度，防止高温伤害叶部组织。

玉米主要依靠叶片表皮气孔与外界进行气体交换，同时蒸腾散发植株体内的水分。气孔具有自动关闭的能力，天气干旱时气孔闭合，可减少水分蒸腾；另外，叶片上表皮还有一些特殊的大型运动细胞，其细胞壁很薄，液泡较大，也有控制叶面水分蒸腾的作用，水分充足时运动细胞吸水膨大，可使叶面保持平展状态；天气干旱，运动细胞内水分减少，使体积缩小，叶片即向上卷曲而成筒状，以减少叶的蒸腾面积，降低蒸腾强度。所以玉米有较强的忍耐大气干旱的能力。玉米苗期植株较小，蒸腾与蒸发的比率为 0.38；至蜡熟初期为 1.2；成熟

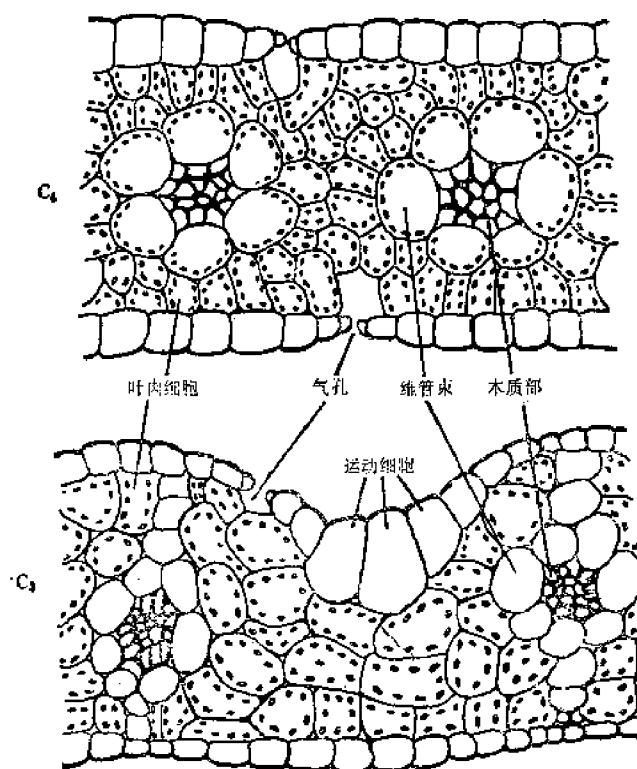


图 2-15  $\text{C}_3$ (水稻)、 $\text{C}_4$ (玉米)的叶组织比较

时为 0.95。玉米叶面蒸腾也有明显的日变化,一般以下午 1 时蒸腾率最高。叶面蒸腾的强弱与气孔的大小、数目和角质层的厚度有关,也与光照、温度、湿度、风速等密切相关,在一定范围内,光照愈强,温度愈高,空气愈干燥,叶面蒸腾也愈大。因此在生产上,必须因地因时制宜进行灌溉,才能满足玉米植株对水分的要求。

玉米叶片还可通过气孔和表皮细胞把呈溶液状态的矿质养料吸入叶片内部。叶面吸收矿质元素的多少,取决于矿质元素向叶内渗透的速度,溶液在叶面上干燥的快慢,以及叶面上矿质沉淀物重新溶解的情况。渗透的速度又取决于盐类的成分,溶液的浓度和酸度,以及叶片年龄等因素,因此,渗透速度的变化范围很大。

玉米叶片能进行正常的光合作用和呼吸作用。它不仅是释放能量的异化过程,也是同化作用的一部分。玉米是非光呼吸植物,固定  $\text{CO}_2$  主要通过磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶进行。玉米对  $\text{CO}_2$  亲和力一般要比小麦高几十倍,可充分利用空气中的  $\text{CO}_2$ 。在叶片的叶肉结构上,有一层含叶绿素的维管束鞘,外围有排列紧密的叶肉细胞,这样能把光呼吸放出的  $\text{CO}_2$  在体内重新利用。因此玉米光呼吸极小,占不到光合强度的 6%。

玉米不同节位叶片,对器官建成的作用不同,根据其光合产物在各个器官中分配的数量和规律,按主要供长叶和供长器官的生理功能,可将玉米整株叶片分为四组:

第一,根叶组:玉米从出苗到拔节(雄穗生长锥伸长期)的苗期阶段,主要生长器官是根系,主要供长叶是叶龄指数<sup>①</sup> 30 以下的展开叶片。

第二,茎叶组:从拔节到大喇叭口期(雄穗四分体和雌穗小花分化期),主要生长器官是茎秆,其次为雄穗,主要供长叶为叶龄指数 30~60 的展开叶片。

第三,穗叶组:从大喇叭口到孕穗(雄穗花粉粒内容物充实期),主要生长器官是雌穗,主要供长叶为叶龄指数 60~80 的展开叶片。

第四,粒叶组:孕穗期以后,雌穗即进入以粒数、粒重形成为中心的时期,主要供长叶则为叶龄指数 80~100 的展开叶片。

玉米整株叶片按其功能,也可粗略地划分为根叶组、茎叶组和穗(粒)叶组三组,每组叶片数各占全株总叶片数的三分之一左右。据沈阳农学院 1981~1982 年对春播沈单 3 号和丹玉 6 号的观察:从不同节位叶片的功能期来看,玉米早期长出的 1~6 片叶主要由于田间操作而损坏,寿命较短,一般为 26~37 天,第 7~12 片叶寿命较长,可以维持 55~77 天,第 13~18 片叶寿命最长,达 90 天以上,自第 18 片叶以后,寿命又开始缩短,最上一片叶即旗叶,通常为 60 天左右。1982 年由于后期温度较高,有高温逼熟现象,叶片寿命最长者未超过 85 天,但各节位叶片的消长规律是一致的。同年 6 月 30 日在田间以土壤喂入的方式进行  $^{32}\text{P}$  标记后,按 9 个时间采样分别测定各节位叶片的脉冲数(脉冲数/毫克干重·分钟)。测定结果表明:不同节位叶片对  $^{32}\text{P}$  的吸收,以穗位叶最多,其次是果穗上位各叶片,最少的是下部三片叶。如 8 月 10 日测定,棒三叶脉冲数为 86.34~114.93,上位叶为 55.21~91.79,下部三片叶仅为 16.71~33.90。可见穗位叶对  $^{32}\text{P}$  的吸收和贮纳能力最强;下部叶由于生育较早,组织老化,吸收能力不及果穗以上的后生叶片,越早发生的下位叶吸收能力越差,旗

① 叶龄指数 =  $\frac{\text{主茎展开叶数}}{\text{本品种主茎总叶数}} \times 100$

叶的吸收能力居于中等。

玉米不同节位叶片的光合能力是不同的。据山东省农业科学院 1963 年的研究结果表明,已经开始衰老的叶片和幼嫩叶片的光合能力较低,而中年叶片光合能力较强。当进入生殖生长时期,以植株中部靠近果穗的叶片光合强度最大,基部叶片逐渐衰亡,光合强度变弱,下部叶片的光合强度较上部和中部叶片降低了 2~3 倍(表 2-15)。

表 2-15 不同节位叶片的相对光合强度(脉冲/13 毫克/分)

(山东省农业科学院, 1963)

叶序 时期(月/日)	5	7	9	11	13*	15	17
7/26	219	994	665	201	—	—	—
8/22	—	845	1105	1812	2834	1811	1788

\* 穗位叶

玉米在叶片形成过程中,植株上部叶片的形成,是依靠下部已建成的叶片促进。山东省农业科学院 1978 年用  $^{14}\text{C}$  测定,拔节期植株每一叶片的光合产物,除本身积累和消耗外,主要是供较上部正在形成的幼嫩叶片利用,相邻两叶的  $^{14}\text{C}$  光合产物流通极少。大喇叭口期的结果也基本相同。但是,待全体叶建成后,叶片则各自独立,同化产物就很少再相互流通。

### (三)叶的生长

玉米叶片的生长与叶原基分化的间隔时期有关,同时也与玉米各器官自身生长规律以及气温、营养等条件有一定的关系。张瑞岐 1979 年在山东省潍坊市观察:夏播鲁三 9 号(21 片叶)从第一片真叶露出胚节鞘到最上部叶片展开共 45 天,平均每 2.1 天增加一片叶,但不同部位出叶速度不同。基部 1~6 片叶,平均为 1.8 天;7~12 片叶为 3 天;13~16 片叶为 2 天;17~21 片叶为 1.5 天。在春播条件下,前期由于温度低,植株生长缓慢,叶片增加速度也慢,但后期却较快。据山东省农业科学院植物生理研究室 1963 年对晚熟种双跃 3 号的观察,一般每增加一片叶,在四叶期前后需要 3~4 天,拔节期约需 2 天,而在抽雄前只需 1.5 天。

玉米叶片根据对根、茎、穗、粒的贡献,可分为四个叶组,各叶组叶片的生长和功能时期各有所异,综合国内研究资料,大致规律如下:

根叶组的叶片,日增面积速度慢,约为 2~16 平方厘米,为缓慢生长叶组;叶面积小,约为 6~79 平方厘米;功能期短,约为 18~32 天左右;光合势低,约为 0.0104~0.201 平方米·日。

茎叶组的叶片,日增面积迅速上升,最高达 73 平方厘米左右,为迅速生长叶组;叶面积约为 142~687 平方厘米;功能期长达 33~60 天左右;光合势剧增,约达 0.407~3.840 平方米·日。

穗叶组的叶片,日增面积速度高而稳,约为 86~91 平方厘米;叶面积最大,约为 783~

801 平方厘米; 功能期最长, 约为 63~60 天左右; 光合势高而稳, 约为 4.6~4.5 平方米·日。

粒叶组的叶片, 日增面积速度逐渐下降, 约为 67 平方厘米, 为生长速度下降叶组; 叶面积逐渐减小, 至顶叶仅有 187 平方厘米左右; 功能期缩短, 约为 45 天; 光合势下降, 约为 0.96 平方米·日。

#### (四) 环境条件对玉米叶片生长的影响

1. 光照对叶片生长的影响 玉米是短日照作物, 光周期和光照强度对植株叶片数量和大小都有影响。据 Hesketh 等 1969 年研究: 光照时数由 16 小时缩短到 10 小时, 平均单株叶数则减少 2.2 片, 而且温度越高, 影响越大。例如在缩短光照期间, 白天温度为 21°C、夜间为 16°C 的条件下, 平均单株叶数减少 1.8 片; 当白天温度上升到 30°C、夜间温度为 25°C 时, 叶数则减少 2.6 片。叶数越多的品种, 受光周期和温度的影响越大, 这是因为玉米在短日照条件下, 营养生长期缩短、雄穗分化相应提前的结果。这也说明光周期对叶数发生作用的时间是播种到雄穗开始分化期。

我国北种南引, 因日照变短, 植株相应变矮, 叶数减少; 南种北移, 因日照时数增加, 雄穗分化晚, 植株较高大。如北京地区种植的英粒子玉米品种, 平均 18 片叶, 引种到云南元江地区种植, 仅有 15.7 片叶。

2. 温度对叶片生长的影响 温度是影响玉米叶数、出生和生长速度以及叶片大小的另一重要因素。玉米苗期的生长点处于土壤表层, 叶子出现速度主要受地温的影响, 当茎秆伸出地面以上时, 则主要受气温影响。苗期一般随着温度的升高, 细胞分裂速度加快, 叶原基形成的间隔期缩短, 叶出生的速度加快, 叶数增多。但超过了 32°C, 叶子生长速度反而变慢。

3. 施肥对叶片生长的影响 施肥是生产上用来促控叶片生长的重要手段之一。在一般情况下, 施肥主要影响叶面积的大小和功能期的长短, 而对叶数影响不大。对于一个具有 20 片叶的品种来说, 到 12 片叶展开时, 几乎所有叶片的大小已基本定局。因此, 只有早期施肥才对叶面积产生影响。据山东省农业科学院植物生理研究室 1977 年试验, 增施基肥,

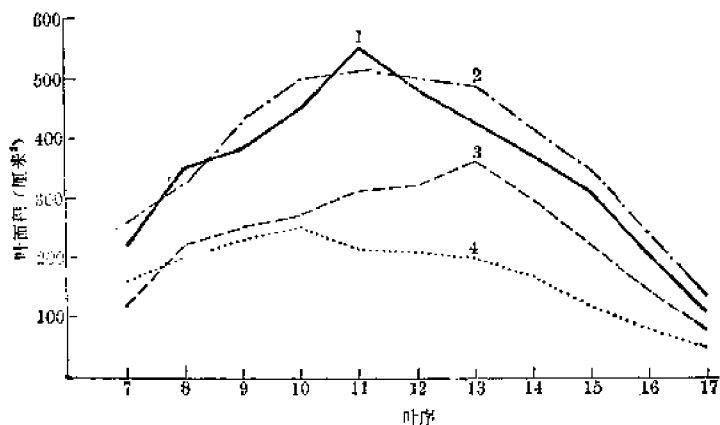


图 2-16 种肥和追肥期对叶面积的影响

(山东省农业科学院植物生理研究室, 1977)

1. 种肥+8片展开叶追肥; 2. 种肥+11.5片展开叶追肥; 3. 6.3片展开叶追肥; 4. 9片展开叶追肥。

适施种肥能显著增加叶片的长度和宽度,从而扩大叶面积。施用种肥,各叶面积都会受到明显的促进;特别是对中部叶片的促进作用更大。同时在肥力较低的土壤上,早追肥(处理3和4相比)也能显著扩大植株中、上部叶面积。在肥力较高的土壤上适当晚追肥,似乎更有利于中上部叶片的生长。所以,肥料对维持叶片寿命有重要意义(图2-16)。

4. 水分对叶片生长的影响 水分的多少对叶片的生长、寿命和功能都有显著的影响。特别是肥水适当配合,对叶的影响更为明显。所以,生产上常用控制水分来调节植株和叶片的生长。我国华北地区的“蹲苗”措施就是一例。水是细胞分裂和扩大的必需条件,细胞体积的扩大对含水量的反应更为敏感。在氮素营养适宜、水分充足时,细胞分裂繁殖较快,体积增加,叶面积扩大。当叶片水势在 $-1.5 \sim -2.5$  巴时,细胞体积扩大速度最快,低于此值时,叶片生长速度显著降低。水分对叶片寿命也有明显影响,水分充足,不仅叶片光合强度高,寿命长,光合势也高。干旱时,叶片水势降低,气孔关闭,光合能力降低,严重干旱时,叶片内物质分解代谢旺盛,会使叶片早衰枯黄;特别是抽雄后,单株叶面积大,蒸腾量增多,有时土壤虽然不十分干旱,也往往由于植株失水过多,使叶片早衰,籽粒产量降低。

## 第二节 生殖器官的形态与发育

### 一、花 序

玉米是雌雄同株异花作物。雌雄两种单性花序异位着生,为异花授粉,天然杂交率因环境和玉米的类型、品种而不同,一般为95%左右,亦有的少至30%。

#### (一)雄花序

雄花序又称雄穗,属圆锥花序,着生于茎秆顶部。雄穗主轴与茎秆相连并向四周分出若干分枝,分枝数目因品种而不同,一般约15~25个,多者40个左右。雄穗主轴较粗,周围着生4~11行成对排列的小穗,分枝较细,通常仅着生两行成对排列的小穗,每个小穗有两朵小花,分枝愈多,小花愈多,散出的花粉也愈多,因而有利于授粉;但是分枝过多,雄穗过大,在形成过程中要消耗过多的养分,因此,在育种上多选用雄穗分枝较少的材料作为杂交亲本。

每对雄小穗中,一为有柄小穗,位于上方,一为无柄小穗,位于下方,每个雄小穗基部两侧各着生一个颖片(护颖),两颖片间生长两朵雄性花,成对排列的两个小穗花内侧的两朵花为内侧花(第二朵小花),外侧的两朵花为外侧花(第一朵小花)。同一小穗中两朵小花结构相似,但上部的第一朵小花先成熟。每一朵雄性花,由一片内稃(内颖)、一片外稃(外颖)及三个雄蕊组成(图2-17)。雄蕊的花丝顶端着生黄绿色的花药。雄蕊未成熟时花丝甚短,成熟后内、外颖张开,花丝伸长,使花药露出颖片外面,散出花粉,即为开花。

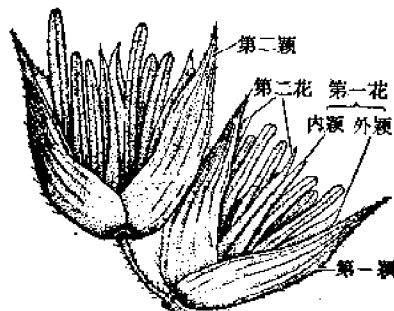


图 2-17 玉米雄小穗花

发育正常的雄穗可产生大量的花粉粒。据观察,每一个雄穗有 2000~4000 朵小花,每朵小花有三个花药,每一花药产生约 2500 个花粉粒,一个小穗约有 15,000 个花粉粒,一个雄穗花序能产生 1500~3000 万个花粉粒。玉米能产生如此多的花粉粒,完全符合异花授粉的生物学特性。

玉米雄穗抽出 2~5 天后开始开花,也有的抽出 7 天后才开花。开花顺序是从主轴中上部开始,然后向上向下同时进行。各分枝的小花开放顺序与主轴相同,按分枝顺序说,上中部的分枝先开花,然后上部和下部的分枝再开花。

雄穗开始开花后,一般 2~5 天为盛花期,但也有的 3~6 天为盛花期。据陕西省农业综合试验站和山东农学院观察,开花后第 2~5 天的开花数占开花总数的 76.7~84.5%,且集中在第 3~4 天,约占开花总数的 47.4~52.1%。单个雄穗开花一般约需 7~10 天,长者达 11~13 天(表 2-16)。

表 2-16 玉米雄花序每日开花百分率(%)

日 次 材 料	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
金81(自交系)	9.9	14.1	25.3	23.3	16.4	10.4	0.5	0.1					
泰单 75	5.4	25.1	25.5	20.5	13.2	6.0	3.0	1.2	0.1				
郑单 2 号	3.7	15.3	26.2	30.4	15.8	6.6	2.2						
泰单 72	1.7	5.7	16.8	21.6	11.6	12.0	8.6	6.0	6.8	6.2	2.3	0.7	0.2
红心白马牙	4.1	18.5	24.6	27.5	13.9	6.5	3.8	0.7	0.3	0.1			

\* 红心白马牙为陕西省农业综合试验站 1957 年于武功夏播观察。

其余资料为山东农学院 1976 年于泰安夏播观察。

玉米在适宜条件下,每一雄穗昼夜之间均有花朵开放,一般以上午 7~11 时开花较盛,尤以上午 7~9 时开花最多,午后开花显著减少,夜间更少。据山东农学院 1976 年观察,上午 7~11 时开花数占开花总数的 37.2~59.0%。如遇阴雨则一日内开花最盛时间向后推迟,雨后不久仍能很快开花,在阴天无露水的晚上,如果温度适宜,不但当夜开花数量较多,而且能使次日的开花高峰由上午 7~11 时提前到 6~8 时。所以,玉米实行人工辅助授粉,一般应在上午露水干后开花最盛时间进行(表 2-17)。

每对雄小穗的四朵花,开花时间是不同的。据内蒙古农牧学院 1961 年对品种白马牙的观察:其开花顺序是,无柄小穗的内侧花在早晨先开,有柄小穗的内侧花后开;无柄小穗外侧花下午开放,而有柄小穗的外侧花到第二天上午才开放。由于不同部位的小穗花和小花的开花散粉时间不同,因而延长了整个雄穗的散粉时间。这一特性,对人工辅助授粉和采粉杂交有重要意义。

玉米雄穗开花始期至末期,温度以 20~28℃时开花最多,约占开花总数的 46~68%,低于 18℃或高于 38℃时雄花不开放。开花最适宜的相对湿度为 65~90%,饱和湿度并不妨碍开花,但湿度过大,散出的花粉易吸水膨胀,丧失生活力。温度在 25~28℃和相对湿度为 70~90%时,开花最多,温度超过 30℃和相对湿度在 60%以下时,开花甚少(图 2-18)。



表 2-17 玉米雄花序在一日内不同时间开花数占开花总数百分率(%)

(山东农学院, 1976, 夏播)

材 料 \ 时 次 (小时)	5	7	9	11	15	17	19	21
泰单 75	2.7	9.1	28.1	18.4	22.7	9.6	5.5	4.0
泰单 72	0.2	3.0	42.9	30.0	18.9	2.9	1.9	1.0
郑单 2 号	11.4	34.9	24.1	13.3	7.6	2.9	3.6	2.2
金 31 (自交系)	16.8	14.8	29.9	19.3	7.3	2.5	3.8	5.8
平 均	7.8	15.5	31.1	20.8	14.1	4.5	3.7	3.8

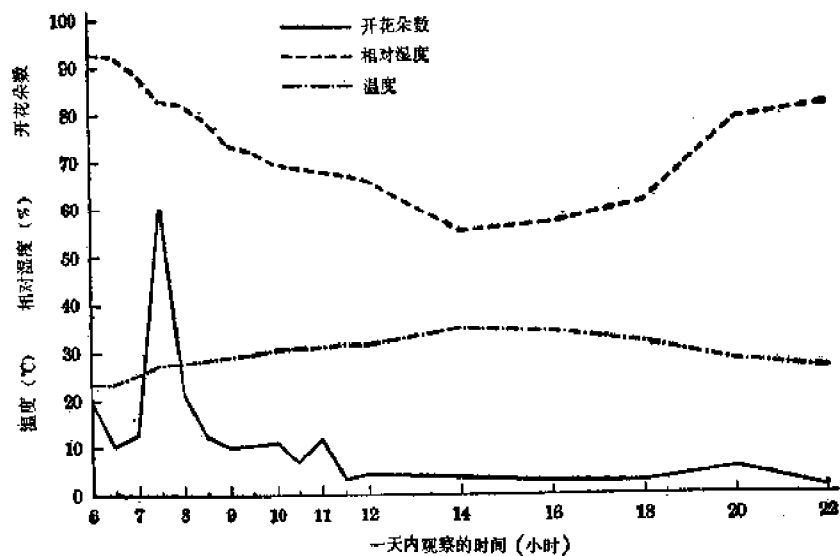


图 2-18 温、湿度与玉米雄穗开花的关系(品种为单交 495, 夏播, 1957, 郑州)

## (二) 雌花序

雌花序又称雌穗, 为肉穗花序。雌穗由茎上叶腋中的腋芽发育而成, 着生在穗柄的顶端, 一般第一个果穗以下数节的叶腋中都能形成腋芽。玉米腋芽原基的发生晚于同节位的叶原基。若从茎基部算起, 大约在茎顶生长锥上形成第 5 个叶原基时, 第一叶腋中的芽才开始形成。叶、芽同伸节位约相差 4 个叶原基。当茎顶生长锥分化为雄穗原始体时, 叶与叶芽均停止发生。在一般推广品种中, 茎基部(地下节)的腋芽往往不发育或形成侧枝。位置较高的腋芽停留在分化的早期阶段, 只有最上部的 1~2 个腋芽正常发育并形成果穗, 多穗品种则有 3~4 个, 甚至更多。据黑龙江省嫩江地区农业科学研究所 1973 年对春播嫩单 1 号的观察, 该杂交种具有 17~18 个节, 由下往上第 1~4 节腋芽不发育, 很少形成侧枝, 第 5、6、7 节腋芽在雌穗小穗分化期停止发育, 第 8 节腋芽在雌穗小花分化期停止发育, 第 9、10 节腋芽在雌穗花丝伸长期停止发育, 第 11、12 节腋芽为最上部的 1~2 个芽, 能发育成结实的果穗。玉米腋芽在茎秆上的分化规律表明, 玉米形成果穗的潜力是很大的, 创造良好的

营养、水分、光照等条件,是促进腋芽发育成穗,保证穗多粒大的重要因素。

玉米果穗为变态的侧枝,果穗柄为缩短的茎秆,各节着生一片仅具叶鞘的变态叶,即苞叶。它包着果穗,起保护作用。一般苞叶数目与穗柄节间数目相等,苞叶的长短因品种而不同,有些品种在苞叶上仍长有小的叶片,称为剑叶,对光合、防虫有一定作用,但对授粉有影响。在苞叶的叶腋中,有的品种也和主茎叶腋一样能形成腋芽,当条件有利时,腋芽能形成第二级果穗,而使果穗分枝。

果穗在茎秆上着生的位置,因品种和栽培条件而不同。一般晚熟品种果穗着生高度以80~90厘米为宜,以便于机械化收获,过高容易倒伏,过低容易引起霉烂,也易遭兽害。

果穗的穗轴由侧枝顶芽形成。穗轴粗大,呈白色或红色,穗轴的粗细因品种而异,以较细的为好。一般其重量约占果穗总重量的15~25%。穗轴中部充满髓质,有很多维管束分布在边缘的厚壁组织中。穗轴节很密,每节着生两个无柄小穗,成对排列成行,每小穗内有两朵小花,上位花结实,下位花退化,故果穗上的籽粒行数常呈偶数(亦有两朵小花均能结实的,如甜玉米 Country Gentleman 品种)。但有时成对的小穗,由于发育不良而缺少一个,或一个小穗内两朵小花都能发育结实,因而粒行不成偶数或粒行不整齐。另外,有的籽粒是成对合生的,两颖果有孪生并列的胚,萌发时出现孪生幼苗;亦有的在同一小穗内,两朵小花联合发育成双籽粒,包含在同一果皮之内。果穗籽粒行数8~30行不等,一般品种粒行数为12~20行,粒行数多的具有丰产的特性。粒行数的多少,虽因品种而不同,但也与栽培条件有关。通常每个果穗有200~800粒或更多些,一个中等大小的果穗,约有300~500粒。一般晚熟种每行的粒数较早熟种多,穗粒数的多少,除因品种不同外,栽培条件亦有很大的影响。

每一雌小穗的基部两侧各着生一个颖片(护颖);其中一个为退化的小花,仅留有膜质的内外稃(颖)和退化的雌、雄蕊痕迹;另一个为结实小花,其中包括内、外稃(颖)和一个雌蕊及退化的雄蕊。雌蕊是由两个心皮(亦有人认为是三个心皮)组成的,它包括子房、花柱和柱头三部分。花柱和柱头通称为花丝,它是两个心皮强烈延长的顶端,因此具有两条维管束和中央结构。两条维管束穿经子房壁直达其基部,在基部与其他小穗的维管束相连接。花丝实心,略呈扁状,其上有两条陷沟,表面密布茸毛,分泌粘液,有粘着外来花粉的作用,所以花丝任何部位都能接受花粉。花丝颜色分绿、红、棕、紫等。柱头是花丝顶端分叉的部分。多数人

认为花柱极短,花丝不是花柱,而是柱头的延长(图2-19)。

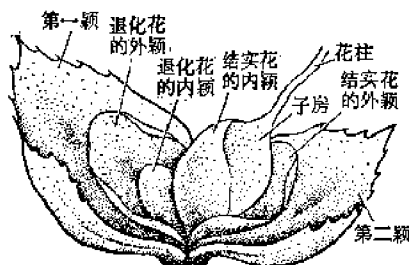


图 2-19 玉米雌小穗花

同一株玉米,雌穗苞叶露出叶鞘的时间一般比抽雄稍晚,多者晚5~6天。雌穗花丝开始抽出苞叶,即为雌穗开花(抽丝),一般比同株雄穗开始开花晚2~5天,亦有雌雄穗同时开花的,这决定于品种特性和密植、肥水等条件。一般穗柄短的品种,比穗柄长的品种抽丝性好,苞叶短、苞尖松的品种,比苞叶长、苞尖紧的品种抽丝性好;双果穗、多果穗的品种和自交系,往往雌花早熟、抽丝早。在干旱、缺肥或过密、光照不良的

情况下,雌穗发育减慢,而雄穗的发育则很少受影响,因此容易出现雌雄开花不协调的现象。在一个果穗上,由于各个小穗花着生部位和花丝伸长的速度不同,花丝从苞叶中抽出的时间也就有先有后,一般果穗基部以上三分之一处的小花先抽丝,然后向上、向下伸展,顶部小花的花丝从苞叶中抽出的时间最晚。所以,有些品种的果穗顶部花丝从苞叶中抽出时,已处于大田群体植株的散粉末期,由于粉源不足,容易造成秃顶现象;有些长果穗、长苞叶的品种如群单 105 等,虽然基部的小花成熟较早,但花丝需要很长时间才能从苞叶中抽出,实际上抽丝往往最晚,而且花丝因在苞叶内长期伸长而削弱生活力,所以也常常由于授粉不良而造成果穗基部缺粒。因此,玉米开花后期,加强人工辅助授粉是减少秃顶缺粒、增加粒数的有效措施。一个果穗从第一条花丝从苞叶中抽出到全部花丝抽出,一般约需 5~7 天。花丝长度一般为 15~30 厘米,如果长期得不到受精,可伸长到 50 厘米左右,直到受精以后才停止伸长,2~3 天后颜色变褐,并逐渐枯萎。

## 二、雌、雄穗的分化

玉米雌、雄穗的分化、形成,与玉米的生育时期和根、茎、叶的生长以及营养物质的运转分配规律等密切相关。因此,研究玉米雌雄穗的分化过程,不仅要了解雌、雄花序分化在各时期的形态发育特征,更重要的是要了解雌、雄花序内在的生长发育与外部器官表现的相关性,然后将这些相关规律作为玉米栽培的理论基础,及时采取正确的农业技术措施,促进穗多、穗大、粒多、粒重,从而获得高产。

玉米雌、雄穗分化有一定的规律性,如花序各器官形成具有一定的顺序,外部形态与内部器官形成也密切相关,但因不同品种间对外界条件的反应不同,因而雌、雄花序开始分化的日期及其分化进度亦有不同程度的差别。

玉米雌、雄穗的分化与形成,是一个连续变化的过程,根据变化过程中的形态发育特征,可分为生长锥突起期、生长锥伸长期、小穗分化期、小花分化期和性器官形成期等五个主要时期。

### (一)雄穗分化

1. 生长锥突起期 玉米主茎顶端分生组织在完成茎节及幼叶分化后,生长锥突起,表面呈光滑的半球状圆锥体,长约 0.16 毫米,宽约 0.18 毫米,其基部有叶原基包围。此时外部形态是茎尚未开始拔节,叶龄指数为 25 左右。这是雄穗分化的原始阶段,该期约延续 3~4 天。

茎顶生长锥在胚胎发育时已经形成,播种发芽后重新开始新的生命活动,分化出茎节、节间和叶原始体,决定植株的节数和叶数。它在叶原基未形成以前为半球状圆锥体,随着细胞数目的增加,半球体的直径逐渐加宽,达最宽时,在其旁侧才开始形成新叶原基,当新叶原基往上生长时,生长锥逐渐变长变尖。以后周而复始,直至转化为雄穗原始体。茎顶生长锥这种圆、尖形态的周期性变化,使其自身不断形成新的器官。这一时期正处于玉米的苗期阶段。生长锥突起期长的品种,节数和叶数则多,反之则较少。对一定品种来说,其节数和叶数一般是相对稳定的。但是,环境条件变化较大时,亦能影响玉米的节数和叶数,故苗期的天数亦会受到影响。

2. 生长锥伸长期 茎顶生长锥开始显著伸长, 长度大于宽度, 长约 0.94 毫米, 宽约 0.49 毫米, 生长锥仍是表面光滑的圆锥体〔图版 2-(1)①〕, 随着生长锥的伸长, 其下部形成叶原基突起, 以后在其叶腋处发生分枝原基; 生长锥中部开始分节, 以后形成穗轴节片, 其节上着生小穗原基。分节时间很短, 一般不易观察到。从外部形态判断, 茎基部节间开始伸长, 茎秆总高度约 2~3 厘米, 即进入拔节期, 其叶龄指数在 30 左右, 此期延续时间约 3~5 天。雄穗生长锥伸长时, 雌穗尚未开始分化, 故雌穗分化较雄穗为迟。

3. 小穗分化期 生长锥进一步伸长, 基部出现分枝原基, 中部出现小穗原基(裂片)〔图版 2-(1)②〕。每个小穗原基又迅速分裂为成对的两个小穗突起, 其中大的一个在上, 将来发育为有柄小穗, 小的一个在下, 成为无柄小穗, 尔后在小穗的基部可以看到颖片原基的形成。与此同时, 生长锥基部的分枝原基又迅速发育为雄穗的分枝, 然后再按上述方式分化出成对排列的小穗〔图版 2-(1)③〕。在雄穗的主轴上, 四周均能形成小穗, 而分枝上仅在远轴的一面形成两列小穗。雄穗上小穗数目的多少, 取决于品种的特性, 也与这一时期的生育条件有一定的关系。水分和养分充足, 尤其是磷肥可使小穗数增多。反之, 则一部分雄穗分枝和小穗不能发育或发育不良。这个时期植株开始迅速生长, 进入小穗原基分化期, 其叶龄指数在 37 左右, 延续时间约 5~7 天。

4. 小花分化期 每一个小穗在颖片原基上进一步分化出两个大小不等的小花原基。小花原基进一步分化, 在其外围形成三个雄蕊原始体, 中央形成一个雌蕊原始体。大的在上分化较快, 小的在下分化较慢。雄穗分化到这一时期即表现为两性花〔图版 2-(1)④〕。小花继续分化, 雄蕊出现药隔后开始伸长, 雌蕊原始体逐渐退化〔图版 2-(1)⑤〕; 两朵小花的雄蕊发育不均衡, 位于上部的第一朵小花的雄蕊, 比位于下部的第二朵小花的雄蕊发育旺盛, 体积较大, 雌蕊最后完全退化。每朵小花均形成内、外稃和两个浆片。玉米进入小花分化初期, 植株外部形态约为小喇叭口期, 叶龄指数为 47 左右, 此期延续时间约 6~8 天。

5. 性器官形成期 雄蕊迅速生长, 花药进一步增大, 花粉囊中的花粉母细胞形成“四分体”〔图版 2-(1)⑥〕。首先在雄穗主轴中上部小花内形成, 尔后向上向下逐渐进行。这时整个雄穗显著伸长, 雄穗主轴中上部小穗颖片长度在 0.8 厘米左右, 外形呈大喇叭口状, 叶龄指数为 60 左右。“四分体”进一步发育形成花粉粒, 先形成外壳, 出现萌发孔; 继而进入内容物充实和细胞核分裂时期。这时穗轴节片迅速伸长, 整个雄穗体积约可比小花分化期增大 30 倍, 主轴开始变硬, 颖片和稃强烈生长, 颖尖呈黄绿色, 尔后整个颖片呈淡绿色, 主轴与分枝均变硬, 外形似“孕穗”, 不久即进入抽雄期。花粉粒形成初期, 叶龄指数为 67 左右, 全期约延续 9~12 天。

雄穗进入“四分体”, 对肥、水、温、光要求迫切, 反应灵敏, 这是决定花粉粒形成多少、生活力高低的关键时期, 同时又是雌穗小花分化时期。此时及时追肥、浇水, 并保证有充足的光照, 则能促进花粉粒发育, 提高结实率。

## (二)雌穗分化

1. 生长锥突起期 雌穗分化是指主茎最上位腋芽生长锥的发育过程。这个腋芽在生长锥未伸长以前, 圆锥体基部宽广, 表面光滑, 宽度大于长度, 但体积很小, 与雄穗生长锥突起期近似。在生长锥的下面已分化出节和缩短的节间。将来即成为穗柄。每节上有叶原始

体,以后发育为雌穗的苞叶。这一时期约在雄穗小穗分化期以前,叶龄指数在 42 以下。

2. 生长锥伸长期 生长锥开始显著伸长,长度大于宽度,长约 0.66 毫米,宽约 0.48 毫米。随后在继续伸长的生长锥基部出现分节和叶原基突起〔图版 2-(2)①〕。在这些叶原基突起的叶腋处,于下一期便形成小穗原基,以后叶原基突起退化消失。此期大约相当于雄穗小花分化期,叶龄指数为 47 左右。一般延续时间约 3~4 天。

3. 小穗分化期 生长锥进一步伸长,出现小穗原基(裂片),每个小穗原基迅速分裂为两个成对小穗突起〔图版 2-(2)②〕。继而形成两个并列的小穗,并在其基部出现褶皱状的突起,即将来的颖片〔图版 2-(2)③〕。小穗原基的分化从雌穗中下部开始渐次向上向下进行。当生长锥中下部出现成对并列的小穗突起时,其顶部还是光滑的圆锥体,在条件适宜时,可继续分化出小穗原基,并延续到以后几个分化期。因此,在小穗分化期间给予充足的养分、水分和光照等条件,可以分化出更多的小穗,从而可能获得长而大的果穗。这一时期约相当于雄穗小花分化后期的雄蕊生长、雌蕊退化时期。叶龄指数为 55 左右。此期延续时间约 4~6 天。

4. 小花分化期 每个小穗又进一步分化为大小不等的两个小花原基。在小花原基外围形成三角形排列的三个雄蕊原始体,在中央则隆起形成一个雌蕊原始体〔图版 2-(2)④〕。雌蕊原始体由于子房壁不均衡地围绕胚珠生长,顶端出现凹陷,四周为少许伸长的柱头,中央为胚珠,这时雄蕊停止生长〔图版 2-(2)⑤〕。由此可见,玉米的雌花序和雄花序一样,在其分化过程中都是两性花,但到后来雄穗中的雌蕊和雌穗中的雄蕊分别退化而成为单性花。短日照处理或平时在田间偶尔能见到雄穗上长有雌花,或雌穗上出现雄花,并发育成雌、雄穗的现象,特称为“返祖现象”。

果穗粒数的多少及其整齐度决定于这个时期的环境条件,在良好的条件下形成的粒数较多,行粒整齐;反之,则部分小花不能继续发育,行粒数较少,且长成畸形或行粒不整齐的果穗。雌穗进入小花分化初期,正值雄穗“四分体”,叶龄指数为 60 左右。此期延续时间约为 6~8 天。

5. 性器官形成期 小花雌蕊的柱头逐渐伸长,基部遮盖着胚珠并形成花丝通道〔图版 2-(2)⑥〕,顶端出现分权,尔后出现茸毛。同时子房体积增大,子房中胚珠分化,胚囊卵器发育成熟,整个果穗急剧增长,不久花丝即抽出苞叶。此时肥水充足,有利于花丝迅速伸长和性细胞的良好发育;能提高雌穗的受精和结实能力。在这一时期的初期,正处于雄穗花粉粒的内容物充实时期(即孕穗期),叶龄指数在 80 左右,全期延续时间约 6~9 天。

总之,不同品种、不同地区以及不同播期,玉米穗分化的起止日期和延续时间不尽相同。但是,穗分化的各个时期与其相对应的叶龄指数及用叶龄指数换算出相应的展开叶片数则又是相对稳定的。

据山东农学院 1972 年对 10 个品种(14~21 片叶)夏播研究表明:玉米雌、雄穗各个分化时期开始和结束的日期,不同品种之间差异很大。早熟品种开始得早,结束得也早,晚熟品种开始得晚,结束得也晚。若从播种或出苗日期向后推算,进入各个穗分化时期的日数,品种之间有明显的不同,早熟品种天数少,晚熟品种天数多,早、晚品种之间约相差 10 天左右。但是,如从雄穗生长锥伸长期算起至雄穗开花期结束,早、中、晚熟品种约需 30~33 天。

如从雌穗生长锥伸长期算起至抽丝期结束,雌穗分化的全过程,早、中、晚熟品种均为 21 天。由此看来品种之间差异甚小。但据北京市农业科学院 1979 年的观察,用同一品种京早 7 号分期播种,雌穗分化进程所需时间夏播比春播约缩短 6 天,同时开始穗分化的日期也提前。据分析,夏季高温和短日照、短光波是加速穗分化进程的重要因素。吉林省农业科学院 1978 年的报道,高肥力比低肥力条件下的玉米,雌穗生长锥开始伸长得早,到小穗分化结束时间较短,所以栽培条件对玉米穗分化进程也有一定的影响。

### (三)影响穗分化的环境因素

1. 温度和水分 春玉米出苗后,幼苗随着温度的上升而逐渐生长,当日平均温度达到  $18^{\circ}\text{C}$  以上时,植株开始拔节,即雌穗开始分化,并以较快的速度生长。在一定范围内,温度愈高,生长愈快,但以  $20\sim 23^{\circ}\text{C}$  较为适宜。在穗分化期间需要有充足的水分,尤其是在抽雄前后需水最多,缺水将降低雌穗小花原基出现的速度,减少小穗、小花数目,最后容易形成秃顶、秕粒。所以此期田间持水量应保持在土壤最大持水量的 70%,吸收养分应占总吸收量的 50% 左右,才能促进穗分化顺利进行,促使穗大粒多。水分不足又会使雌穗抽出的间隔时间拉长,造成花期不遇,影响正常授粉。

2. 肥料 氮、磷、钾三要素配合施用,有利于促进果穗生长。但在氮素充足而缺乏磷素时,穗分化速度迟缓,开花延迟,籽粒数目少,空穗增多(表 2-18)。

表 2-18 矿物营养对雌穗生长锥生长速度的影响\*

(沈阳农学院, 1958)

处 理	雌穗生长锥突起期 (6/20)	小穗突起出现 (6/28)	小穗分化期 (7/3)	小花分化期 (7/6)	雌蕊形成期 (7/9)	花形成期 (7/13)
	最高一节生长锥 长×宽 (毫米)	第 8 节生长锥 长×宽 (毫米)		第 9 节生长锥 长×宽 (毫米)		
氮、磷	$0.34\times 0.20$	$0.90\times 0.60$	$1.0\times 0.9$	$5\times 3.0$	$10\times 5.0$	$17\times 5$
氮	$0.38\times 0.20$	$0.74\times 0.40$	$0.9\times 0.4$	$5\times 2.0$	$9\times 6.0$	$15\times 4$
磷	$0.20\times 0.12$	$0.60\times 0.40$	$0.7\times 0.4$	$4\times 0.8$	$5\times 2.0$	$11\times 3$
对照	$0.16\times 0.12$	$0.60\times 0.40$	$0.6\times 0.4$	$3\times 1.0$	$4\times 1.8$	$7\times 3$

\* 品种: 金皇后。每亩施硫酸铵 40 斤,过磷酸钙 30 斤,草木灰 100 斤。

3. 光照 玉米无论在短日照或长日照条件下都能抽穗开花,但在短日照条件下,其抽穗开花期则可提前。据沈阳农学院以 28 个品种的试验研究结果,长日照(15 小时)处理的从播种到抽穗平均需 80.7 天,而短日照(9 小时)处理的仅 64.3 天,比长日照提早 16.4 天。玉米生殖器官的发育与光质有密切的关系。在长波光较少而短波光较多的光照条件下,玉米雌穗生长锥小穗小花的发育较快,而在长波光中,小花的发育则会受到很大限制。

## 三、授粉与受精

### (一)花粉、花丝的生活力

玉米花粉的生活力,与温度、湿度和保存方法有很大关系。在田间自然条件下,玉米开

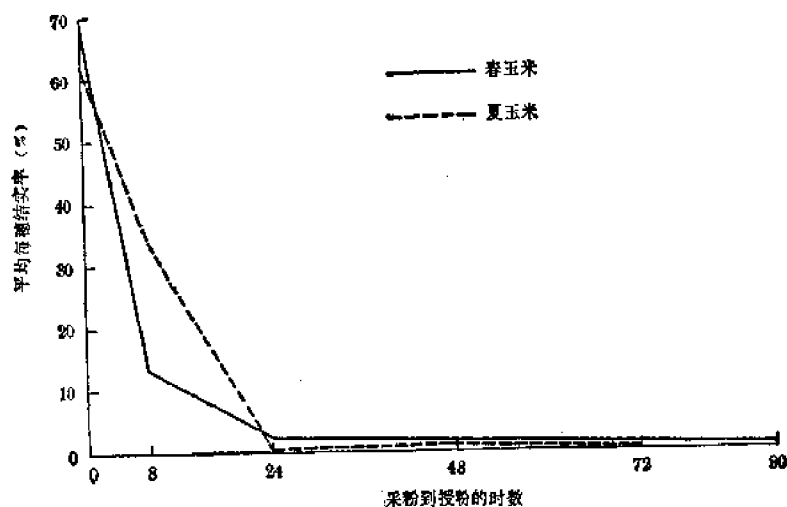


图 2-20 春、夏玉米花粉的生活力

花散粉期间,在温度  $28.6\sim 30^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度  $65\sim 81\%$ 时,花粉生活力可维持  $5\sim 6$  小时,8 小时以后显著下降,24 小时以后则完全丧失其生活力(图 2-20)。如果将花粉曝晒在中午的强光下( $38^{\circ}\text{C}$ 以上),2 小时左右即全部丧失其生活力。据山东农学院 1976 年观察,花粉装在一层硫酸纸袋内,置室内贮存,可维持 24 小时的生活力;若置冰箱内,保持温度  $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ ,8 天后取出授粉,能正常结实,12 天后取出授粉,结实率仍可达  $70\%$ 左右。因此,在人工辅助授粉或杂交育种工作中,如无条件保存花粉,则必须错期播种,调节花期,采取新鲜花粉进行授粉,才能提高结实率。

在玉米雄穗小花开放前  $5\sim 10$  天内,利用没有裂开的绿色花药中的花粉授在成熟的柱头上,结实率一般可达  $2.8\sim 3.3\%$ ;利用没有开裂的黄色花药中的花粉授粉,结实率达  $10.2\sim 14\%$ ,其种子发育正常而饱满。这一方法虽然结实率低,但在育种技术上是可以采用的。

玉米雌穗花丝生活力,因品种和气候条件而异,一般地,植株健壮、生长势强的品种,其花丝生活力比植株矮小、生长势弱的品种强,杂交种的花丝生活力比自交系的强,高温、干燥的气候条件比阴凉、湿润的气候条件容易使花丝枯萎而提早丧失生活力。所以,在玉米开花散粉期间及时浇水,能提高结实率。据山东农学院 1976 年观察,夏播泰单 72 杂交种的花丝,在平均温度  $20.1\sim 21.5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $79\sim 92\%$ 的情况下,以花丝抽出苞叶后 10 天之内的生活力最高,11~12 天显著降低,13~14 天的结实极少(只有果穗顶部结少量种子),15 天以后才完全失去生活力。

从上可以看出,玉米柱头受精的能力能保持相当长久。如果将柱头由苞叶伸出之前,花序中部和下部的柱头就已经具有受精能力的天数计算在内,那么玉米柱头生活力的延续时间总计约有 20 天。延长授粉受精时间,对育种和栽培实践皆有重要意义。

## (二)花粉粒及胚囊的发育

1. 花粉粒的发育 当玉米植株生长到大喇叭口期时,雄穗就进入性细胞形成阶段;当

花药长1~2微米时,花粉囊中便形成花粉母细胞(小孢子母细胞)。花粉母细胞经过减数分裂,产生四个小孢子(四分体),每个小孢子发育为一个花粉粒。小孢子经过有丝分裂产生大小不同的两个细胞(两个核,称二细胞花粉粒),大的叫营养细胞(营养核),小的叫生殖细胞(生殖核),其后生殖细胞经过有丝分裂,产生两个精子。因此,由每个小孢子所形成的一个成熟花粉粒中,都含有一个营养细胞和两个精子,特称为三细胞花粉粒,此时玉米即开始授粉。在精子形成过程中,营养细胞逐渐退化消失,花粉粒成熟时就难以察见,成熟的花粉粒近乎球形,具有较为粗糙的外壳及小而明显的萌发孔,在显微镜下观察,可育花粉粒呈饱满的球形,失去生活力的不育花粉粒,呈干瘪而透明的不规则形状。玉米在花粉母细胞进行减数分裂时,如果遇到严重干旱,会产生大量的不育花粉粒,这在生产上必须引起足够的重视。

2. 胚囊的发育 当玉米植株生长到雄穗孕穗期时,果穗中、下部花丝开始伸长,果穗上部发育较迟,约在开始抽丝时雌穗即进入性细胞形成阶段,子房内的胚珠开始弯曲,在胚珠的珠心部位分化出一个胚囊母细胞(大孢子母细胞),大孢子母细胞经过减数分裂,产生纵裂的四个大孢子(四分体),其中靠近珠孔的三个大孢子退化消失,只有靠近合点的一个大孢子发育,经过三次有丝分裂,形成一个成熟的胚囊,大孢子在第一次有丝分裂后产生两个核,一个移向珠孔的一端,一个移向合点的一端。每个核再经过第二次和第三次有丝分裂,使胚囊的两端分别产生四个核,靠近珠孔一端的四个核中,有两个发育成较小的助细胞,一个发育

成较大的卵细胞,还剩下一个发育成极核。合点一端的四个核中,有三个发育成反足细胞,剩下的一个也发育成极核。在胚珠发育的后期,两个极核逐渐移向胚囊的中央。于是形成了由一个大孢子发育的含有一个卵细胞、两个极核、两个助细胞和三个反足细胞的八核成熟胚囊(图2-21),此时极核即可受精。

在对各种玉米品种的大量胚囊进行观察时,有时会发现在一个胚囊中有三个发育的胚,这三个胚是由卵器的全部细胞发育而成的,这一结果可以帮助我们判明玉米的多胚现象。

### (三)授粉与受精

玉米花粉借助风力或其他媒介传送到花丝上的过程,称为授粉。微风只能将花粉送落在植株周围1米多的范围内,风力较大时,能将花粉传送到500~1000米以外。花粉在柱头上发

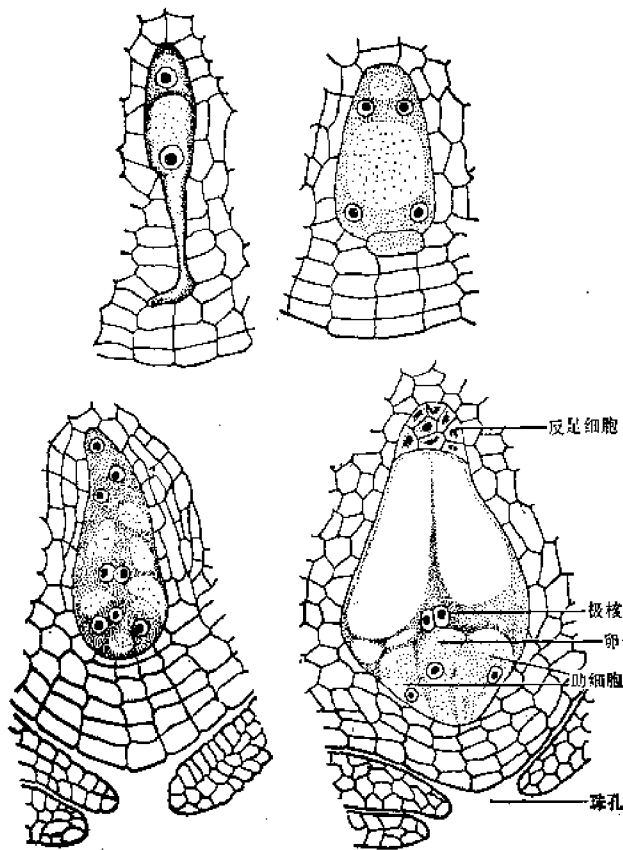


图 2-21 胚囊发育与形成



芽和完成受精过程需用时间的长短，随条件而异。据山东农学院 1976 年观察，在温度为 25~30℃，相对湿度为 85% 以上的情况下，花粉授在柱头上 10 分钟后就开始发芽，30 分钟后大量发芽，1~2 小时左右，花粉管就进入花丝中。但是，有的认为花粉落到柱头上立即开始发芽，5 分钟后花粉管进入柱头。也有的认为，花粉落到柱头上几小时才发芽，24 小时后花粉管进入子房腔中。

花粉萌发时，它的内壁通过外壁上的萌发孔向外突出、伸长，形成一个细长的花粉管，花粉管通过花丝进入子房，经珠孔、珠心，最后到达胚囊。花粉粒发芽时，两个精子顺着管道不断向前移动。花粉管到达胚囊内，管端破裂，放出两个精子，一个精子与卵细胞结合形成合子，将来发育成种子的胚；另一个精子与两个极核（中央细胞）结合，形成“初生胚乳核”，将来发育成胚乳。这一过程称为双受精。反足细胞，在授粉时细胞分裂增多，形成复合体，在受精后还存在一段时间，供作胚乳和胚发育时的养料，最后完全消失。从授粉到受精结束，约需经过 24 小时，多者达 36 小时。

受精后整个雌蕊的代谢强度显著提高，而且落在花丝上的花粉数量越多，代谢强度提高的幅度越大。同时，大量的花粉授于柱头，还能促进花粉粒的萌发和花粉管的伸长。所以，实行人工辅助授粉和多量花粉授粉，是提高玉米结实率的有效措施之一。

### 第三节 种 子

#### 一、种子的形态构造

玉米的种子实质上是果实，植物学上称为颖果，通常叫种子或籽粒。

玉米种子的形状、大小和色泽不尽相同。有的种子近乎圆形，顶部平滑，如硬粒型玉米；有的籽粒长而扁平，顶部凹陷，如马齿型玉米等。种子色泽有黄、白、紫、红、花斑等色。栽培上最常见的为黄色与白色两种。种子大小因品种和栽培水平而异，一般千粒重约 200~350 克，最小的只有 50 多克，最大的可达 400 克以上。通常马齿型比硬粒型千粒重高。每升种子的容重约 650~750 克，硬粒型比马齿型的容重大。籽粒出产率，即每个果穗的种子干重占果穗干重的百分比，其比例往往因品种而不同，一般为 75~85%。刚收获的鲜果穗，其风干种子重占鲜果穗重的百分比，因成熟度而异，一般为 50~60%。

玉米种子纵切观察，主要由果皮、种皮、胚乳和胚四部分组成（图 2-22）。

种子的外皮，系由子房壁发育而成的果皮和内珠被发育而成的种皮所构成，两者紧密相连，不易区分，习惯上均称为种皮（籽实皮）。生产上用的玉米品种，种皮大多数是透明无色的，极少数呈红、褐色。种皮有保护内含物的作用，约占种子总重量的 6~8%。

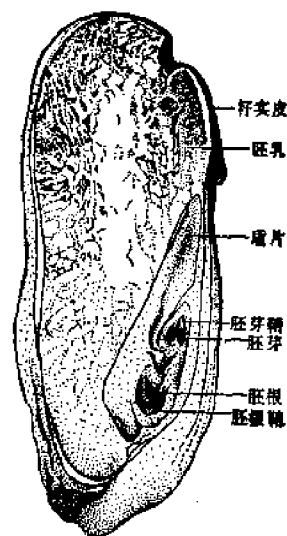


图 2-22 玉米种子构造

胚乳位于果皮的下面,占种子全重的80~85%。胚乳的最外层为单层细胞所构成,其细胞是含有多量蛋白质的糊粉粒,所以称为糊粉层。糊粉层下面的胚乳,分粉质胚乳和角质胚乳;粉质胚乳结构疏松,不透明,含淀粉量多而蛋白质少。角质胚乳的淀粉粒之间充满蛋白质和胶体状态的碳水化合物,使胚乳组织紧密,呈半透明状,并且蛋白质含量较多。胚乳的结构、蛋白质的含量与分布,是玉米分类的依据之一。

胚位于种子一侧的基部,占种子总量的10~15%。胚实质上就是尚未成长的幼小植株。胚由胚芽、胚轴、胚根、子叶(盾片)所组成。胚的上端为胚芽,胚芽的外面有一胚芽鞘,胚芽鞘为顶端有一小孔的空锥体,有保护幼芽出土的作用。胚芽鞘内包着几个普通的叶原基和以后发育成茎叶的顶端分生组织(生长锥)。胚的下端为胚根,胚根外包着胚根鞘,胚根鞘在幼胚中连接着胚柄。胚芽与胚根之间由胚轴相连。在胚轴上,面向胚乳的一面有一片大的内子叶(外子叶退化),紧贴胚乳,在种子萌发时,有吸收胚乳养料的作用。这一片特殊的内子叶称为盾片。胚轴在盾片节与胚芽鞘节之间的节间部分,常称为中胚轴。

另外,在种子的下端有一尖形的果柄,它可使种子附着在穗轴上,并且保护胚。果柄与种皮连接,在植物学上是穗轴的一部分。脱粒时,果柄常常留在种子上,如果将它去掉,则可看到胚的黑色覆盖物(黑层),即标志着种子已达到生理成熟的最高干物质重量,此时即可开始收获。当然,干旱也可能形成黑层,故应多加注意。

## 二、种子的发育与形成

### (一)种子的发育

玉米种子的还是由受精卵经过分化发育而成的,胚发育时间的长短,因品种和条件而异。一般在授粉后30~34小时(受精后10~12小时),受精卵(合子)进行横向分裂,成为两个大小不等的细胞,下面较大的一个细胞发育为胚柄,是胚获得营养的暂时结构,上面较小的一个细胞继续分裂发育为胚。授粉后4~8天,胚胎变成大头棍状,上面增大的部分形成胚的本体,下面部分是胚柄,而后停止生长。授粉后10~12天胚胎伸长,形成盾片,胚芽鞘开始出现,尔后胚根和胚轴显现出来。胚的第一片真叶约在授粉后第13~14天开始形成,而与第一片真叶相对应的第二片真叶,在授粉后15~16天分化出来,将近授粉后20天时,第三和第四片真叶开始分化,第五片真叶在授粉后30天才出现。从授粉后30天到40天之间,真叶已经完成分化过程。中胚轴在授粉后17~20天形成。授粉后15~20天胚根分化明显,出现根冠和生长点。根的输导系统在授粉后12~15天开始分化,22天即清晰可见。另在盾片节的上面发生不定根,第一对根分别发生在中胚轴的左右侧,第三条根发生在胚的外表,相当于小麦产生外胚叶的地方。这些根属于初生根系中的次生胚根,亦称种子根,约在授粉30~50天内形成。

胚乳的发育,在极核受精后,紧接着开始分裂。受精后10~12小时,胚乳具有20~30个游离核。因此,胚乳的发育要比胚的发育开始得早些。胚乳所形成的核是沿着胚囊的周边排列,授粉后3天,游离核充满了整个胚囊,这时开始转向胚乳细胞形成阶段;授粉后5~7天,胚乳细胞充满整个胚囊;授粉后7~8天,胚乳细胞周边层转变为糊粉层,它大致和胚开始分化是同时进行的;授粉后8~10天,在糊粉层的细胞里充满了小球状蛋白质的糊粉

粒;授粉后 10~15 天左右,胚乳细胞质中先形成多糖,尔后形成淀粉质体(造粉体);授粉后 15~20 天,胚乳细胞内形成淀粉粒;授粉后 20 天,胚乳细胞体积达到最大限度,逐渐为淀粉粒所充满。淀粉粒的大量出现是乳熟期的开始。玉米种子中造粉体和淀粉的积累,是从种子顶端开始的,逐渐向下并沿着四周边缘扩展:授粉后大约 25 天,在整个种子中,胚乳细胞为淀粉粒所充满。但是淀粉粒还不十分紧密,细胞核变形弯曲,这可作为乳熟期和转向蜡熟期的特征,授粉 30~35 天以后,淀粉粒增大,充满了每一个细胞,胚乳细胞核仁几乎变得没有结构,且往往观察不到,但是并没有完全丧失活细胞的特性,这时大约处于蜡熟期。蜡熟后期贮藏物质的积累已经结束,随后种子脱水变硬,并向完熟期过渡。

## (二)种子的形成

种子在胚和胚乳发育的同时,其形态、干重和含水量等均发生一系列的变化。按其特点,可将种子形成过程大致分为四个时期:即形成期、乳熟期、蜡熟期和完熟期。各期所需时间的长短,因品种和栽培条件而异。现就山东农学院、河北农业大学等单位对春、夏玉米观察的资料(表 2-19)综合简述如下。

表 2-19 玉米籽粒的体积、干重及水分变化情况(%)

授粉后天数	籽 粒											胚乳干重		胚					
	鲜 粒 体 积				干 重									鲜胚体积				干 重	
	增 长		日 增		增 长			日 增				含水量		增 长		日 增		增 长	
	②	④	②	④	①	②	③	①	②	③	①	③	①	①	①	②	①	②	①
5	43.1	30.5			1.0	1.7	1.1	0.2			89	90							
10	59.3	60.0	3.2	5.9	2.6	2.8	4.4	0.3	0.2	0.7	86	89					1.1		
15	75.1	75.0	3.2	3.0	7.6	7.3	11.3	1.0	0.9	1.4	85	88	8.3		27.4	31.4	6.1	1.8	
20	83.8	85.9	1.7	2.2	28.6	15.1	32.9	4.2	1.6	4.3	72	70	31.7	4.7	52.5	47.8	5.0	3.3	8.2
25	92.4	91.0	1.7	1.0	48.8	36.0	54.1	3.0	4.2	4.2	61	66	45.7	2.8	67.9	65.1	3.1	3.8	30.4
30	94.1	96.4	0.3	1.1	63.8	51.5	73.8	4.0	3.1	3.9	57	62	67.2	4.3	77.5	82.7	1.9	3.5	41.2
35	96.9	95.7	0.6	-0.1	81.9	66.0	98.4	3.6	2.9	4.9	45	68	86.4	3.8	86.9	91.7	1.9	1.8	51.8
40	100.0	92.9	0.6	-0.6	83.6	77.7	100.0	0.3	2.3	0.3	46	44	85.3	-0.2	92.7	95.7	1.2	0.8	71.6
45	97.4	100.0	-0.5	1.4	82.2	87.8	99.9	-0.3	2.0	0.0	36	39	84.5	-0.2	93.3	94.7	1.1	0.2	66.0
50	96.4		-0.2		84.2	100.0		0.4	2.4		37		85.3	0.2	100.0	100.0	0.3	1.1	77.6
55					85.6			0.3			37		84.5	-0.2	97.9		-0.4		94.8
60					100.0			2.9			23		100.0	3.1	91.4		-1.3	100.0	1.0

注: ① 耿庆汉 1958 年春玉米观察资料;

② 山东农学院 1972 年新单 1 号夏玉米(生育期 100 天)观察资料;

③ 莱阳农学院 1977 年莱农 2 号夏玉米(生育期 93 天)观察资料;

④ 河北农业大学 1960 年北京农大 4 号春玉米观察资料。

1. 形成期 自受精到乳熟初期止。一般早、中熟品种约在授粉后 15 天左右,晚熟品种约在授粉后 20 天左右。此期胚的分化基本结束,胚乳细胞已经形成,籽粒体积迅速增长。鲜胚体积日增达 5~6%,其体积约占最大体积的三分之一至二分之一,而干重积累很少,但

已初具发芽能力。日平均粒积增长,约为3~5%,进入种子形成末期,粒积约达最大体积的75%左右。干物质积累速度慢而数量少,日增干重仅1%,粒重约占籽粒最大干物重的10%左右。这一时期籽粒中水分含量高,约在90~80%,籽粒外形似珠状,呈乳白色,胚乳清浆状,后期稍带白浆,这时果穗轴基本定长、定粗,苞叶呈浓绿色,如果温度等外界条件不良,水分、养分供应不足,易形成“膜片状”秕粒,造成果穗秃顶。

2. 乳熟期 自乳熟初期至蜡熟初期止,约15~20天。一般早、中熟品种自授粉后15天起,至30或35天止,晚熟品种约自授粉后20天起,至40天左右结束。此期胚乳细胞内各种营养物质迅速积累,籽粒和胚的体积均接近最大值,整个籽粒干物质增长较快,日增干重最多,约3~4%,粒重累积干物质总量约占最大干物重的70~80%,阶段绝对累积量约占60~70%,胚的干物质积累亦到盛期,日增干重约达2~4%,累积总量占成熟期的70%左右,阶段累积量约占60%左右,胚已具有正常的发芽能力,籽粒中的水分含量约在80~50%,胚乳逐渐由乳状变为浆糊状,由于在较长时间内籽粒胚乳呈乳白色,故称乳熟期。此期苞叶呈绿色,果穗不断加长增粗,并逐渐向外甩出,与主茎保持一定角度,此即群众所称的“离怀圆棒期”。这一时期如水肥充足,温度适宜,光照良好,保持有较大而稳定的绿叶面积,将有利于籽粒增重,而不良条件容易造成秕粒,影响粒重。

3. 蜡熟期 自蜡熟初期至完熟以前,为期10~15天。一般早、中熟品种自授粉后30或35天起,至40或50天止,晚熟品种约自授粉后40天起,至55天止。此期籽粒干物质积累速度慢、数量少,其干重累积总量和胚的体积均已达到或接近最大值,故为粒重缓慢增长和定局的时期。日增干重约在2%左右,阶段累积量约占籽粒最大干物重的20~30%,籽粒水分含量逐渐下降为50~40%,籽粒内的胚乳因失水而由糊状变为蜡状,故称蜡熟期。此期苞叶呈浅黄色,籽粒也呈现该品种固有的形状和颜色,但硬度不大,用指甲仍可掐破。

4. 完熟期 在蜡熟后期,干物质积累已停止,主要是籽粒脱水过程,含水量由40%下降到20%。籽粒变硬,表面呈现鲜明光泽,用指甲已不能掐破,靠近胚的基部出现黑层,苞叶开始枯黄,即称完熟期。完熟期结束时,茎秆往往因其中一部分纤维素、果胶和木质素的分解而倒伏,此期时间较短,故需及时收获。

### 三、种子的发芽

玉米授粉后种子具有发芽能力的时间,取决于品种特性和种子的含水量。一般早熟品种所需时间较短,晚熟品种所需时间较长;如种子成熟度相同,则含水量高的发芽率低,反之则高。据山东农学院1976年的观察,中晚熟品种,授粉后10天内的种子,很少具有发芽能力,授粉后14天,种子鲜胚的发芽率可达30~40%,第15~16天为50~95%,授粉17天以后,鲜胚都能正常发芽,均达90%以上。但在授粉后14~17天,鲜种子几乎均不能发芽,20天个别种子开始能够发芽,25天以后发芽率虽然不高,却已有所增加。但是,如果将鲜种子进行干燥和后熟处理,则种子发芽时间可提前,发芽率也显著提高。如授粉后17天的干种子发芽率为14~17%,20天为48~97%,30天为60~98%(表2-20)。

因此,除在育种上为了加速育种进程,可以采收嫩种子做种外,在生产上必须尽量采用成熟度高的大粒种子,这是获得苗全、苗壮的重要条件之一。

表 2-20 玉米种子在不同发育时期胚及全籽粒的发芽百分率(%)<sup>\*</sup>

(山东农学院, 1976, 夏播)

材 料	处 理	授 粉 后 天 数									
		14	15	16	17	20	25	30	33	38	43
泰单 75	鲜 胚	—	—	95	95	95	100	100	100	100	100
	鲜 种 子	—	—	0	0	3	46	82	85	—	74
	干 种 子	—	—	0	14	48	62	60	80	88	—
	后熟种子	—	—	58.3	60	90	—	97.3	100	89.4	100
泰单 72	鲜 胚	90	60	50	90	94.7	100	100	100	100	100
	鲜 种 子	0	0	0	0	6	14	22	19.6	—	—
	干 种 子	0	6.7	7.1	50	67	83	90	95	95	100
关岭花山 (自交系)	鲜 胚	40	82.5	90	95	100	100	100	100	100	—
	鲜 种 子	6.7	0	8	7	0	24	—	—	—	21
	干 种 子	37.5	—	—	70	97	98	98	—	90	—

<sup>\*</sup> 鲜 胚——鲜种子取下立即将胚剥离胚乳发芽;

鲜 种 子——鲜种子取下立即发芽;

干 种 子——鲜种子取下立即晒干后发芽;

后熟种子——果穗取下, 不去苞叶、不脱粒, 自然风干一个月后, 取下种子发芽。

玉米发芽, 与种子本身生活力的高低, 种子的成熟度, 种子贮藏期间的外界条件, 以及种子寿命等有密切关系。一般在蜡熟末期到完熟期, 种子充分成熟, 如果收获后贮藏保管得当, 2~3 年内仍可保持较高的发芽能力。种子贮藏年限愈短, 养分消耗愈少, 能充分保证供应发芽时所需的养料, 所以生产上仍以采用上一年新收获的优质种子播种为宜。

种子萌动发芽的内部生理变化比较复杂, 发芽的第一步是吸水膨胀, 在适宜的温度和氧气配合下, 种子的呼吸作用和各种酶的活动加强, 贮存的有机物水解为简单的化合物, 并输送到胚芽、胚根等部位, 这些生理变化过程, 都在适宜的水分、温度、氧气等条件的相互作用下, 不间断地同时进行。

休眠的种子内, 无论是水解酶或呼吸酶的活性, 都比较低。当种子吸水膨胀后, 随着温度的增加, 呼吸酶和水解酶的活性增强。呼吸作用给细胞生命活动以能量来源; 水解酶的活动则能把复杂的有机物转化为简单的化合物。例如淀粉在淀粉酶的作用下, 先转化为糊精, 再变成麦芽糖, 然后经过麦芽糖酶的作用转变为葡萄糖; 同时也可通过磷酸化酶的作用转变为 1-磷酸葡萄糖。蛋白质则在蛋白酶的参与下分解为氨基酸。玉米种子 95% 的含氮物质是以蛋白质状态存在的, 发芽 2 天后, 蛋白质含量降为 78%, 4 天后降为 61%, 8 天后降为 57%, 其含量随种子发芽时大量贮存性蛋白质迅速分解而变化。脂肪在脂肪酶的作用下水解为脂肪酸和甘油, 并进一步分解为葡萄糖。在水分、温度和氧气等适宜的条件下, 通过呼吸和各种水解酶的作用, 转化为胚生长时所需的能量和有效养分后, 即可迅速萌动发芽。所

以生产上应选用大粒种子作种, 适期播种, 进行中耕保墒等措施, 以提高地温, 保持土壤水分, 为玉米发芽出苗创造良好条件。

#### 第四节 玉米器官的同伸关系

玉米根、茎、叶、花和种子等器官各有其自身的生长发育特点和生理功能, 各个器官的生长发育都有一定的相关性和顺序性, 彼此之间是一个既相互促进, 又相互制约的统一整体。各地观察资料证明, 玉米主茎上的叶数比较稳定, 一般不因种植年份、季节及栽培条件不同而发生明显变化; 其展叶过程, 与根层、节间、叶片、叶鞘的伸展及雌雄穗分化形成有密切的对应关系。玉米叶片的伸展, 层次分明, 同时展叶比根、茎、穗等器官更便于观察, 因而在研究玉米器官建成的对应关系上, 通常以展叶作为外部形态的标准。掌握玉米生长发育进程中叶片与其他器官的同伸关系, 以及植株各器官的生长进程, 可以提高预见性, 以便采取相应的农业技术措施, 对不同器官的生长发育, 进行促进或控制, 从而达到高产稳产的目的。

玉米各个器官的生长发育, 都是按一定的顺序有规律地交错进行。通常将着生在同一节位上的叶片、叶鞘和节间称为同位异名器官, 着生在不同节位上的叶片、叶鞘及节间称为同名异位器官。在同名异位器官与同位异名器官之间, 将处在同一器官形成期和同一伸长阶段的异位异名器官称为同伸器官。玉米从形态上每展现一片叶, 它和植株其他器官的生长均有其明显的相关性。

##### 一、叶片与根层的同伸关系

夏玉米叶片展开与节根层增生的对应关系, 大致是展开 1.7~2.3 片叶增添一层节根。山东省昌潍农业学校张瑞岐 1976~1977 年观察, 夏播中晚熟玉米品种展开叶与根层增加的对应关系是: 第 16 叶展开和第 9 层节根出现相对应, 平均展开 1.8 片叶增加一层节根。在叶、根展生过程中, 除第 5、6 叶外, 均为每展开二叶增加一层节根, 但其同伸关系也略有波动 (表 2-21)。

表 2-21 叶与根层间的展伸关系\*

(张瑞岐, 1976~1977)

展开叶序	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	14	16
节根层数	1	2	(2)**	3	4	5	6	6	7	(7)**	8	9
出苗后天数	9		17		19	25	31		35	39		43

\* 品种: 鲁三 9 号, 主茎 21 片叶;

\*\* 1977 年与 1976 年存异根层。

另据李济生等以京早 7 号为材料, 观察玉米叶与根的同伸关系, 亦获得相同结果; 山东农学院 1972 年用 10 个早、中、晚熟类型夏播玉米品种的试验结果表明, 平均每增加 2.25 片可见叶和 1.7 片展开叶, 即可增加一层节根。中国农业科学院作物研究所佟屏亚 1979~

1980 年观察:玉米一般在 1、3、5 片叶全展时,出现 1、2、3 层节根,总根数亦随着根层出现而逐渐增多,以后根层出现加快,在第 6、7、8 片叶全展时,出现第 4、5、6 层节根,总根数亦急剧增多。在第 10 片叶全展时,除中晚熟和晚熟种出现第 7 层次生根外,一般早熟和中熟种的根层不再增多,但总根量仍然继续增加。由此表明,玉米植株在第 8~10 片叶展开前,地下节根已基本形成,以后地上节根则随品种和栽培条件的不同而变化。例如,北京地区中晚熟种京杂 6 号,全株 22~24 片叶,地下节根 7 层,在第 12 片叶展现后,又出现第 8 和第 9 层节根;而中早熟种京早 7 号、京白 107 等,则在第 11 片叶展开后,出现第 7~8 层节根(表 2-22)。

表 2-22 玉米展开叶与根层出现的关系

(佟屏亚,1979~1980)

展 叶	品 种	京杂 6 号(中晚熟)		京早 7 号(中早熟)		京白 107(早熟)	
		根 层	根 数	根 层	根 数	根 层	根 数
1		1	2.7	1	1.4	1	3.1
2		1	4.3	1	3.6	1	4.0
3		2	9.2	2	5.6	2	6.6
4		2	12.4	2	7.4	2	9.6
5		3	16.0	3	11.4	3	11.2
6		4	18.0	4	13.2	4	11.6
7		5	24.8	5	23.2	5	23.7
8		6	27.0	6	25.6	6	32.2
10		7	40.8	6	30.4	6	43.6
11		7	45.0	7	41.6	7	47.6
12		8	50.4	7	49.2	7	54.2
13		8	54.2	8	66.8	8	62.8
16		9	70.6				

## 二、叶片与节间的同伸关系

玉米茎秆基部通常有 5~6 个极短的节间(<2 厘米)处于地下,其余位于地上的节间均较长。

在苗期,节间虽然已经全部分化完成,但并未显著伸长,在拔节到抽穗阶段,展开叶和始伸节间(即开始伸长的节间,长度>1 厘米)存在密切的同伸关系(表 2-23)。

表 2-23 叶片与节间的同伸关系\*

(张瑞岐,1975~1977)

展开叶序(n)	7~9	10~12	13~15	16~17
始伸节间叶序(N)	n+1	n+2	n+3	n+5

\* 1~6 叶节间未明显伸长; 品种: 鲁三 9 号。

从上表看,总的趋势是下部茎生叶展开与其上一个节间开始伸长相对应。由于茎中、上部始伸节间的增加比展叶的增多更快一些,因而当中、上部茎生叶展开时,与之相对应的始伸节间为其上第 2、3 或第 5 个节间;同时还说明,夏播 20 叶左右的中晚熟品种鲁三 9 号,在叶序 7~9 范围内,始伸节间的叶序为展开叶序加 1,可用下列公式表示:

$$N=n+1$$

即展开叶与其上一叶节间同伸;在叶序 10~12、13~15 和 16~17 范围内,节间与叶片展伸的对应关系分别为:

$$N=n+2$$

$$N=n+3$$

$$N=n+5$$

始伸节间下 1~2 节间的伸长速度最快。山东农学院 1972 年对三种类型杂交种 76 个节间(每个节间为 3 株平均数)的调查结果证明:第 7 节以上各节间中,迅速伸长节间(即每日增长 2 厘米以上的最新展开叶节间)占调查总数的 65.8%,其下一节间占 19.7%,下二节间占 6.6%,新展开叶的上一、二节间共占 7.6%。各节间迅速伸长的持续时间多数为 2 天,占调查总数的 56.6%,少数为 4 天,占 36.1%,极少数为 6 天,占 11.8%。节间迅速伸长到基本固定的长度,持续时间为 6~10 天,或者说,最新一片展开叶向下第 3 或第 4 节间长度已经固定。例如,调查植株有 12 片展开叶,长度刚固定的为第 9 节间,即:  $12-3=9$ , 或第 8 节间,即  $12-4=8$ 。

### 三、先生叶片与后生叶片、叶鞘的同伸关系

先生叶片展开和后生叶片、叶鞘始伸(即开始伸长,叶片长度 > 1 厘米,叶鞘 > 0.5 厘米,下同)亦存在明显的对应关系(表 2-24)。

表 2-24 玉米叶片与叶片、叶鞘间的同伸关系\*

(张瑞岐, 1979)

展开叶序( $n$ )	1	3	4	5	6	7	8	9	14
始伸叶片( $N$ )	$2n+1$		$2n$				$2n+3$		
始伸叶鞘( $NS$ )	$n+1$			$n+3$			$n+6$		

\* 品种:鲁三 9 号

观察看出:在叶序 1~3 范围内,展开叶序和始伸叶片间的关系为:

$$N(\text{片})=2n+1$$

例如,第 3 叶展开时,与之对应的始伸叶片为第 7 叶(即  $2 \times 3 + 1$  叶),同样在叶序 4~7、8~9 范围内,这关系则分别为:

$$N(\text{片})=2n$$

$$N(\text{片})=2n+3$$

玉米根叶组最上一片叶与茎叶组第一片叶展开之间,有多个幼叶竞相伸长。例如夏播鲁三 9 号、丹玉 6 号玉米,第 7、8 展开叶之间,有第 15~19 五个幼叶急促生长,第 7 叶展开,在时间上与茎基部近地面 1、2 个节间伸长、雄穗生长锥开始分化相对应。故这一现象可认



为是玉米地上器官从以长叶为主,向以节间生长为主过渡,和从营养生长阶段向营养生长与生殖生长并进阶段过渡。另外,还可看出,20片叶左右的中晚熟品种夏播,其展开叶为1~5、6~8和9~14叶时,伸长的叶鞘分别是:

$$N(\text{鞘}) = n + 1 \quad N(\text{鞘}) = n + 3 \quad N(\text{鞘}) = n + 6$$

即第5叶展开时,第6叶的叶鞘开始伸长,第8、10叶展开时,相应地大约第11、16叶的叶鞘正在伸长。

但由于玉米生育后期叶片迅速重叠出现,并集中生长,目测展叶与叶片、叶鞘和茎节间的同伸关系很不容易区分。

#### 四、雌穗与雄穗分化期的对应关系

玉米雌穗和雄穗分化过程基本相同,雄穗分化先于雌穗8~12天,两者在各个主要穗分化期之间存在着比较稳定的对应关系。即雄穗生长锥伸长时,着生果穗叶腋尚未分化出雌穗,当进入小穗分化期时,雌穗生长锥尚未伸长,雄穗小花分化期与雌穗生长锥伸长期对应,在雄穗进入雄蕊生长、雌蕊退化期和四分体期时,雌穗则分别进入小穗和小花分化期(表2-25)。

表 2-25 雌雄穗分化与展开叶的关系

(山东农学院,1972)

穗分化期	雄	生长锥伸长	小穗分化	小花分化	雄蕊生长 雌蕊退化	四分体	花粉粒形成	抽雄	开花
	雌			生长锥伸长	小穗分化	小花分化	雌蕊生长 雄蕊退化	花丝伸长	抽丝
展* 开 叶 数	晚	6.5~6.8	7.5~7.8	9.8~9.9	11.6~11.9	12.7~12.9	13.9	19.9~21.0	20~21
	中	5.5	6.5~6.8	8.8	9.9	10.9	11.8~11.9	15.9~17.0	18
	早	—	5.6~5.7	6.7~6.8	7.8~7.9	8.8~8.9	9.8~9.9	13.9~14.0	14

\* 展开叶数:指主茎上叶片充分展开的叶片数,加上展开叶上面第一片未展开叶的展开部分(用目测估计出小数)

#### 五、展开叶与穗分化期的对应关系

玉米穗的各分化期与展开叶数,存在着较为稳定的对应关系。

据河北农业大学1959年观察,春播玉米金皇后展开叶5~6片为雄穗生长锥开始伸长的标志,展开叶6.0、7.7和9.8片,分别和雄穗小穗分化期、小花分化期及性器官形成期相对应。

山东农学院1972年对夏播早、中、晚类型玉米穗分化期和展开叶关系的研究看出:不同类型的玉米,其雌雄穗分化期均与一定展开叶数相对应,但在同一个穗分化期的展开叶数又明显不同。例如,早、晚熟品种主茎叶数相差7片,其同一个穗分化期的展开叶数一般相差3~4片,少则相差1~2片。因此,同一个品种或总叶数相同的品种,在相似的栽培条件下,采用展开叶数判断穗分化期虽然比较可靠,但在品种繁多、总叶数相差较大的情况下,则

不宜采用。而采用叶龄指数判断穗分化期,可以减少品种叶数不同的限制,比较通用(表 2-26)。

表 2-26 穗分化期与叶龄指数的关系\*

(胡昌浩,1972)

穗 分 化 期 (Y)			叶 龄 指 数 (X)			
分 期	雄 穗	雌 穗	10个品种叶龄指数范围	平均(X)	标准差(±s)	变异系数c.v.(%)
1	伸 长		29.6~32.7	31.6	1.33	4.20
2	分 节					
3	小穗原基		36.4~39.9	37.8	1.06	3.80
4	小穗分化		40.3~43.6	42.6	1.05	3.46
5	小花分化	伸 长	46.5~48.9	47.6	0.92	1.93
6	雌雄蕊分化	分 节	48.5~49.2	48.9	0.32	0.65
7	雄蕊生长 雌蕊退化	小穗分化	54.4~58.3	55.9	1.34	2.40
8	四分体	小花分化	60.6~63.2	61.7	0.95	1.54
9	花粉粒形成	雌蕊生长 雄蕊退化	64.8~69.2	67.2	1.31	1.95
10	花粉粒成熟	花丝始伸	76.4~83.7	80.0	3.45	4.31
11	抽 雄 穗	果穗增长	87.7~96.5	92.1	3.54	3.84
12	开 花	抽 丝	100	100	0	0

\* 叶龄指数 =  $\frac{\text{主茎展开叶片数}}{\text{主茎总叶片数}} \times 100$

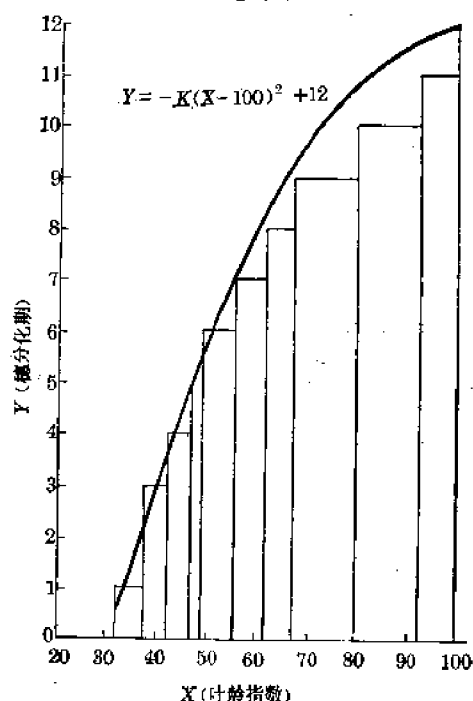


图 2-23 玉米穗分化期与叶龄指数的关系  
(胡昌浩,1972)

上表看出,三种成熟类型的10个品种,雄穗小穗分化期的展开叶序范围为5.6~7.8;展开叶数差3.2片,变动较大;但其叶龄指数为 $37.8 \pm 1.06$ ,相差很小,其他各穗分化期的情况亦与此相同。由此可见,不同品种处于同一穗分化期的叶龄指数为 $\bar{X} \pm S$ 。这里各穗分化期的叶龄指数标准差变异系数均小于5%,因此,可用叶龄指数判断不同品种的穗分化期。

叶龄指数和穗分化期的关系,基本上符合二次函数关系(图 2-23)。

$$\hat{Y} = -K(X-100)^2 + 12$$

式中:  $K=0.00249$ (系数);

$X$ 为实际观测的叶龄指数;

$\hat{Y}$ 为预测的穗分化期。

实践证明,图 2-30 中二次函数曲线比实际观察数值更具有普遍意义。

应用上述关系,可根据田间观察计算出的叶

龄指数, 从表 2-26 和图 2-23 直接查出或用上述函数式计算出相应的穗分化期, 也可推算出某穗分化期的展开叶序。

例 1: 田间实际观察的叶龄指数为 60, 求其相应的穗分化期。

将  $X = 60$  代入上式得

$$\begin{aligned}\hat{Y} &= -K(X-100)^2 + 12 \\ &= -0.00249(60-100)^2 + 12 \\ &= 8.016\end{aligned}$$

即和玉米叶龄指数 60 相对应的穗分化为第 8 期。由表 2-26 查知, 这时为雄穗四分体形成期和雌穗小花分化期。

例 2: 已知一个品种的主茎总叶数为 19 片, 求雌穗生长锥伸长期及四分体形成期各有几片展开叶。

查表 2-26 得知, 雌穗生长锥伸长期叶龄指数为 31.6, 四分体形成期为 61.7, 代入:

$$\text{主茎展开叶数} = \frac{\text{主茎总叶数} \times \text{叶龄指数}}{100}$$

即可求得:

$$\text{主茎展开叶数(雌穗生长锥伸长期)} = \frac{19 \times 31.6}{100} = 5.9$$

$$\text{主茎展开叶数(雌穗四分体形成期)} = \frac{19 \times 61.7}{100} = 11.7$$

采用叶龄指数推断穗分化期要注意以下几个问题:

1. 了解品种的主茎总叶片数。

2. 准确确定展开叶序。可用标记叶序法推算展开叶数, 即标记 20 株, 用平均数表示; 或拔出植株, 数其节根层数, 用节根层序  $(n) - 1 =$  同节位叶序  $(a)$  的关系, 如节根层序以上展开叶数  $(b)$ , 即得主茎展开叶数  $(c)$ , 公式为:

$$c = a + b = (n - 1) + b$$

3. 按照展开叶标准计数展开叶数(表 2-25)。

玉米在生长发育过程中, 可见叶数与展开叶数之差, 称为“见展叶差”, 它与穗分化时期存在着一定的相关性。因此, 用见展叶差也可判断穗分化的进程。如用叶龄指数和展开叶的形态指标来判断穗分化期, 必须知道某品种的总叶片数, 并在大田中标记植株叶片, 否则叶片不易定序, 在生产中应用不便。而使用见展叶差则不必进行叶龄标记, 也不需掌握品种的总叶数。

据江苏农学院李淑秀等 1977~1980 连续四年对 8 个玉米品种的观察结果看出, 玉米一生中的见展叶差有五大差数期, 分别为 2、3、4、5 和退差期。一般在可见叶 6 或 7 片之前, 其见展叶差为 2; 可见叶 7~10 片时见展叶差为 3。全株叶有 20 片左右的中晚熟品种, 在可见叶 11~15 片时, 见展叶差为 4; 可见叶 15 片以上时为 5。全株叶有 18 片以内的早熟品种, 在可见叶 10~13 片时, 见展叶差为 4; 可见叶 13 片以上时为 5。当植株顶叶出现后, 由于内部再无新叶出现, 而各叶相继展开, 则见展叶差依次下降为 4、3、2、1, 至顶叶全展时, 见展叶差为 0, 这时总称为退差期(表 2-27)。

表 2-27 玉米“见展叶差”的变化

(江苏农学院, 1977~1980)

品 种	观察时间	栽培类型	一生总叶数	可 见 叶 范 围				
				见展叶差 2	见展叶差 3	见展叶差 4	见展叶差 5	退 差 期
宁单 2 号	1977	夏玉米	18	7 以下	8~10	11~14	15~18	18~全展
	1977	秋玉米	17	6 以下	7~10	11~13	14~17	17~全展
	1978	春玉米	18	7 以下	8~10	10~13	14~18	18~全展
鲁原单 4 号	1979	春玉米	17	5 以下	6~8	9~11	12~17	17~全展
	1980	春玉米	18	6 以下	7~9	10~12	13~18	17~全展
扬三 2 号	1977	秋玉米	16	6 以下	7~10	11~13	13~16	16~全展
烟三 10 号	1978	春玉米	20	7 以下	8~10	11~14	15~20	19~全展
		夏玉米	18	6 以下	7~9	10~14	14~18	18~全展
虎单 5 号	1980	春玉米	21	8 以下	9~12	12~15	15~21	20~全展
郑单一号	1978	春玉米	20	6 以下	7~9	10~13	14~20	19~全展
	1978	夏玉米	19	7 以下	8~10	11~15	15~19	19~全展
	1979	春玉米	20	5 以下	6~9	10~13	14~20	19~全展
	1980	春玉米	20	6 以下	6~10	11~14	15~20	19~全展
白马牙	1977	夏玉米	19~22	8 以下	9~10	11~16	17以上	20~全展
丹玉 6 号	1980	春玉米	21	7 以下	8~11	12~15	15~21	20~全展

玉米品种由于纯度以及单株生长条件等方面的差异,群体中往往有少数(5%左右)单株的见展叶差上下相差一叶,但绝大部分植株见展叶差的变化规律是一致的。见展叶的五大差数期与植株生长和雌、雄穗发育进程的关系大致是:见展叶差为 2 时,植株处于幼苗期,雌、雄穗尚未分化;见展叶差为 3 时,正值雄穗生长锥伸长至小穗分化期;见展叶差为 4 时,雌穗进入生长锥伸长期和小穗分化期;见展叶差为 5 时,雌穗进入小花分化期,继而向性器官形成期过渡;见展叶差进入退差期,雌穗进入性器官形成期,同时雌穗的生长点停止伸长。当见展叶差退到 1 或 0 时,雄穗已抽出,雌穗进入抽丝始期。值得注意的是,当见展叶差由 3 向 4 过渡时,正是玉米拔节始期,当见展叶差开始达到 5 时则为雌穗小花分化初期,生产上可依此作为穗肥施用时期的形态指标。

## 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编: 中国玉米栽培, 上海科学技术出版社, 1962。
- [2] 山东省农业科学院玉米研究所主编: 玉米栽培技术, 农业出版社, 1981。
- [3] 江苏农学院李淑秀: 玉米的一生, 上海科学技术出版社, 1982。
- [4] 江苏农学院李淑秀: 玉米栽培基本原理, 江苏科学技术出版社, 1981。
- [5] 张瑞岐: 玉米根系研究综报, 山东省潍坊地区农学会(论文汇编), 1981。
- [6] 张瑞岐: 玉米叶的研究, 山东农业科学, 第4期, 1979。
- [7] 张瑞岐: 玉米器官间生长发育的相互关系, 山东昌潍农业学校(油印本), 1979。
- [8] 李淑秀: 玉米施穗肥与穗分化和植株叶部性状的研究, 江苏农学院学报, 1981。
- [9] 李济生等: 玉米根系的初步研究, 北京农业科学, 第6期, 1981。
- [10] 吴绍骥、韩锦峰等编: 玉米栽培生理, 上海科学技术出版社, 1980。
- [11] 佟屏亚: 玉米种植管理手册, 农林读物出版社, 1982。
- [12] 沈阳农学院戴俊英: 辽宁农垦局科教处科技讲座汇编, 内部资料, 1982。
- [13] 河南省新乡地区农业科学研究所: 玉米育种和良种繁育, 农业出版社, 1978。
- [14] 郑丕尧: 夏玉米“京黄118”某些生物学性状的观察, 北京农业大学学报, 第1期, 1980。
- [15] 郑丕尧: 夏玉米“农大54”的生育进程及其某些生物学性状与栽培技术措施间相关效应的初步观察, 北京农业大学学报, 第2期, 1980。
- [16] 郑丕尧: 关于玉米叶片分组的初步观察, 北京农业大学学报, 第1期, 1981。
- [17] 郑丕尧等: 玉米的生育规律及营养器官与穗粒形成相关效应的研究(摘要), 中国作物学会第二届年会论文, 1963。
- [18] 南京农学院、江苏农学院等: 作物栽培学(南方本), 上海科学技术出版社, 1979。
- [19] 胡昌浩: 夏玉米穗分化时期与营养器官及追肥关系的研究, 中国农业科学, 第1期, 1978。
- [20] 顾慰连等: 叶片功能及叶面积指数动态、群体空间结构、群体整齐度与籽粒产量, 沈阳农学院内部材料, 1982。
- [21] 彭贵元、李济生: 玉米主茎叶片光毛叶分布的初步探讨, 北京农业科学, 第3期, 1982。
- [22] 村田吉男著:  $C_3$ 、 $C_4$ 、CAM 植物的分类与生产性(上)(段维生译), 国外农业科技, 1981。
- [23] 库别尔曼: 玉米形态学(蔡可译), 上海科学技术出版社, 1966。
- [24] H. И. 沃罗达斯基: 小麦、玉米、苜蓿栽培的生物学基础(北京农业大学译), 高等教育出版社, 1969。



### 第三章 玉米生长发育与环境条件

玉米生长发育与外界环境条件有着密切关系。不同生育时期器官发育和营养物质分配,均有其不同的特点和要求,掌握玉米生长发育的基本规律,运用农业栽培措施,对土、肥、水、温、光、气等进行适当地调节,以创造玉米生长发育的良好生活条件,才能获得玉米高产。

#### 第一节 玉米的生育时期与生长动态

玉米在整个生育周期中,随同植株生长过程的进展,根、茎、叶、穗、粒诸器官陆续分化建成,不仅在形态上,而且在生理上亦发生重大变化。依据植株的生育特点及其生理要求,及时采取有效的农业措施,才能促进或控制玉米的生长发育进程。

##### 一、玉米的生活史

玉米和所有的被子植物一样,其生活周期都要经历有性世代和无性世代的交替。在这一交替过程中,玉米染色体的数目有一定规律性的变化,而且这种变化的规律是被子植物所共有的(图 3-1)。玉米新生命的起点并不是种子,而是从  $2n(=20)$  的合子开始,经过多次有丝分裂而形成种胚,胚本身就是一个具有完整器官分化的、有生活能力的植株体。在光、温、水等外界环境条件适宜时,胚便开始萌动,经过自养到异养的变化过程,可逐渐形成一株具有根、茎、叶等器官的玉米植株,待生长到一定阶段后,便分别在其植株顶端和中上部叶腋处形成雄花序和雌花序。在雄花序的花药中,孢原细胞长大形成小孢子(雄性孢子)母细胞,而雌花序的胚珠心层下表皮细胞即分化形成大孢子(雌性孢子)母细胞。大孢子母细胞和小孢子母细胞和整株玉米一样,都是  $2n$  体,因此,在大、小孢子母细胞未进行减数分裂以前的时期,均可称为玉米的无性世代或孢子世代。当大、小孢子母细胞进行减数分裂后,染色体由  $2n$  变成  $n(=10)$ ,形成大、小孢子体,进而经过有丝分裂发育形成了具有  $1n$  的成熟花粉粒(雄配子体)和胚囊(雌配子体)。由于花粉粒和胚囊都是  $1n$  体,所以,在雌雄配子未结合以前,即为玉米的有性世代或称配子世代。随着玉米雄、雌配子的成熟,两者经过精、卵结合( $n+n$ ),又形成了新的合子,这就标志着玉米一个完整世代的结束,同时,也标志着新世代的开始。

当然,在栽培生产中,人们习惯把从播种到收获称为玉米的一生,这对于栽培来讲是有一定的便利之处。但是严格地讲,玉米的一个生活史从开始到结束,是从合子到合子的过程。这一过程的完成,是一个连续不断的发展过程,是玉米不同器官共同生长发育的结果。虽然发展的速度有快有慢,有急有缓,甚至在人为或自然条件的强烈干预下,可能会发生

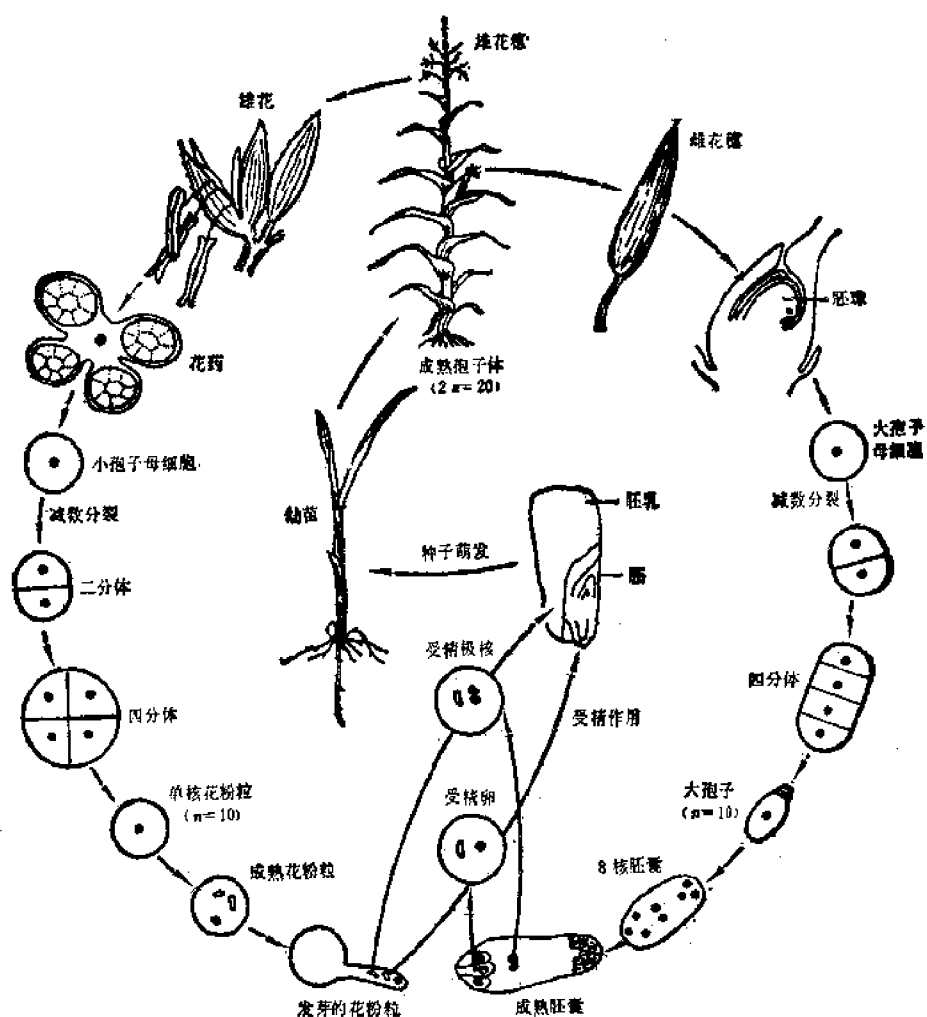


图 3-1 玉米的生活史

停滞,但是其发展的方向和顺序是不能逆转的,即所谓玉米生长发育的不可逆性。

## 二、玉米的生育时期与阶段

### (一) 生育时期

玉米从播种到新种子成熟所经历的天数,称为生育期。生育期的长短因品种、播种期及光照、温度等环境条件而异。品种叶片数多,播种期早,日照较长或温度较低时,其生育期均较长;反之,则较短。而生育时期通常是指某一新器官的出现,使植株形态发生特征性变化的时期。在玉米生产及科学研究中,常用的主要生育时期如下:

**出苗期** 幼苗的第一片叶出土,苗高 2~3 厘米的日期。此期虽然较短,但外界环境条件对种子的生根、发芽,幼苗出土以及保证全苗有重要作用。

**拔节期** 以玉米雄穗生长锥进入伸长期为拔节期的主要标志,此期茎基部已有 2~3 个节间开始伸长,植株开始旺盛生长,叶龄指数为 30 左右。



**大喇叭口期** 这是我国农民的俗称。此时玉米植株外形大致是棒三叶（即果穗叶及其上、下两片叶）大部伸出，但未全部展开，心叶丛生，形似大喇叭口。该生育时期的主要标志是雄穗分化进入四分体期，雌穗正处于小花分化期，叶龄指数约为 60，距抽雄穗一般 10 天左右。

**抽雄期** 节根层数、基部节间长度基本固定，雄穗分化已经完成，雄穗主轴露出顶叶 3~5 厘米。

**开花期** 即雄穗主轴小穗花散粉的日期。此时雌穗的分化发育接近完成。

**抽丝期** 雌穗花丝从苞叶伸出 2 厘米左右的时期。在正常情况下，抽丝期与雄穗开花散粉期同时或迟 1~2 天。大喇叭口期如逢干旱（俗称“卡脖旱”）时，这两期的间隔天数增加，严重时则会造成花期不遇。

**成熟期** 籽粒变硬，呈现品种固有的形状和颜色，胚位下方尖冠处出现黑色层。

此外，农民群众还常用小喇叭口期作为玉米田间管理的依据。小喇叭口期通常和雌穗生长锥伸长期、雄穗小花分化期相吻合，约在拔节后 10 天左右。

## （二）生育阶段

玉米在一定的生长发育期间，根、茎、叶、穗、粒各器官的生长建成表现有明显的主次关系。按其形态特征和生长性质，可将玉米的生长发育划分为不同的阶段。

1. 按形态特征分 在农业生产中，一般多把玉米生育的周期划分为苗期、穗期、花粒期三个生育阶段。

（1）苗期：玉米从播种到拔节所经历的时期为苗期阶段。这个阶段包括种子萌发、出苗及幼苗生长等过程。

种子经吸水膨胀开始萌发，首先胚根生出并下扎，随后幼芽顶土出苗。种子在发芽、出苗过程中，由于根、叶生长所需的养分及能量均由胚乳供给，故为异养过程。通常，温度较低、土壤水分不足是影响发芽、出苗的主要因素。播种期间的农业技术措施，就是要保证苗全，并为苗齐、苗壮奠定基础。

玉米苗期生长，主要是分化根、茎及叶等营养器官，这期间生长的节根层数约占总节根层数的 50%，展开叶占总叶数的 30% 以上，叶及茎节已经分化完成。因此，从生长性质来说，苗期属营养生长阶段；从玉米器官建成的主次关系分析，苗期是以根系建成为主。

壮苗是丰产的基础。玉米苗期根系发达，叶片肥厚，叶鞘扁宽，苗色深绿，心叶重叠，才是壮苗长相。保证群体苗全、苗齐、苗匀、苗壮，才能为玉米丰产打下基础。

（2）穗期：玉米从植株拔节到雄穗开花所经历的时期为穗期阶段。植株在这期间经历了小喇叭口、大喇叭口、抽雄穗等生育时期。

在穗期，玉米的根、茎、叶等营养器官旺盛生长，同时雌、雄穗生殖器官也在强烈地分化发育。玉米拔节至抽雄期是根量增长的主要阶段，一般增生节根 3~5 层，占节根总层数的 50% 以上；茎的节间伸长、长粗已基本定型，70% 的叶片伸出并展开。同时，这期间还自始至终地进行雄穗和雌穗的分化发育，即从雄穗、雌穗生长锥伸长到雄穗开花、雌穗抽丝的全过程。植株生长发育在大喇叭口期以前是以营养生长为主，其后则以生殖生长为主。因此，玉米穗期是营养生长与生殖生长并进阶段。

拔节到开花期间,玉米营养生长和生殖生长间的矛盾,主要是器官建成的数量、大小及有机养分制造量、分配比例的矛盾,即营养供求矛盾。这期间的栽培措施,主要是调节植株生育状况,使根系发达,中下部节间短粗坚实,叶色浓绿,植株健壮,为穗大、粒多、粒重、高产奠定基础。

(3) 花粒期:玉米雄穗开花到籽粒成熟的时期为花粒期阶段。此期经过开花散粉、抽丝受精及籽粒形成、成熟等生育过程。

雄穗开花时,根、茎、叶生长已基本结束,植株进入以开花散粉、受精结实和籽粒生长建成为主的生殖生长阶段。玉米在花粒期,果穗是积累干物质的主要器官。如籽粒干物质中85~90%是绿叶在此期间的合成产物,其余部分是茎叶中原贮存的有机养分经过转化后运到籽粒的。可见,植株在花粒期合成有机养分的数量与籽粒的容纳量,是玉米经济产量高低的决定性因素。因此,花粒期的田间管理,就是要保证玉米充分受精,增大粒积,扩大库容,并最大限度地保持绿叶面积,增强光合作用强度,延长灌浆时间,实现粒多、粒大、粒重,达到高产目的。

2. 按生长性质分 根据玉米不同器官生长发育的外部形态和内部分化以及生理变化的特点和要求,一般把玉米的生长发育过程分为营养生长阶段、营养生长与生殖生长并进阶段和生殖生长阶段。各阶段之间集中表现在器官形成和营养物质的积累与分配上的差异。

(1) 营养生长阶段:玉米出苗至拔节以前,主要是根、叶的建成,内部生殖器官尚未分化,营养物质的积累和分配也集中在根、叶器官中进行。因此,称为营养生长阶段。玉米在不同的生长阶段中,由于存在着形态和生理上的差异,而有不同的表现和要求,所以又可将一个阶段分为若干个不同的生长发育时期。每个阶段中都要进行主要器官的建成,但每一器官建成的主要内容不一,物质积累和分配量的多少随器官建成而发生变化。一般认为,生长量大、生长势强的器官必然需要营养物质的生产与输入。玉米营养物质的生产与输入,在量上也有所不同,随着玉米生长发育阶段的变化,器官建成的主要方面也有所不同,由于生长中心发生变化,因而会相应改变其原有的供求关系。

在玉米的营养生长阶段,根、叶是主要的生长器官。苗期根系物质积累速度比茎叶要快,其增长速度约为茎叶的1.1~1.5倍,到抽雄期前后,茎叶干物重的增长速度约为根系的4~25倍。由此看来,在玉米苗期,主要是以根系生长为主。

(2) 营养生长和生殖生长并进阶段:当玉米进入拔节期后,雄、雌穗相继开始分化,茎叶迅速生长,但生殖器官体积很小,占玉米全株的比重也低,而茎叶的生长速度最快,干物重增长最为迅速。随着茎秆的伸长,茎、叶间重量差距逐步减少,到了抽雄期,两者几乎平衡。从拔节至孕穗期,茎干物重的增长速度及强度一般约比叶大9~11倍,这说明在此期间地上部的生长由叶转到了茎秆(表3-1)。

山东省农业科学院1961年利用 $^{14}\text{C}$ 对夏玉米营养物质运转与分配的研究表明,在玉米拔节始期,叶片制造的光合产物 $^{14}\text{C}$ 分配的比例是:全叶占91.86%,茎秆占8.13%,这说明在此期间,营养物质的运转与输入主要是叶片,生长以叶为主。当玉米进入小喇叭口期,全叶 $^{14}\text{C}$ 的分配比例为92.80%,茎秆为7.24%。这一时期,营养物质的运转与输入仍然以叶为主。但是到了大喇叭口期, $^{14}\text{C}$ 的运转分配比例是茎秆大于叶子,茎秆为49.91%,全叶

表 3-1 玉米茎、叶的生长速度

(根据李伯航等 1962 年资料整理)

生育时期	出苗后天数	相间天数	全 茎			全 叶			茎叶增长 速率比值
			干物质重 (克)	增 长 数 (克)	增长速率 (克/克·日)	干物质重 (克)	增 长 数 (克)	增长速率 (克/克·日)	
幼苗期	18		0.04			0.72			
拔节期	33	15	0.35	0.31	0.52	9.55	8.83	0.82	0.63
孕穗期	45	12	11.90	11.55	2.75	43.50	33.95	0.30	9.17
抽雄期	58	13	117.80	105.90	0.68	78.20	34.70	0.06	11.33
散粉期	65	7	148.20	30.40	0.04	131.00	52.80	0.10	0.40

为 48.76%。由此看来,玉米生长开始由叶子转向茎秆。

(3) 生殖生长阶段:玉米抽雄后,供给茎叶的养分总量开始下降,干物重虽然有短期的增加,但生殖器官的生长和干物质积累的速度已明显占优势,这说明玉米生长已转向生殖器官(表 3-2)。

表 3-2 夏玉米不同生育时期各器官干物质积累动态\*

(山东农学院, 1975)

生育时期	器官重量	全 叶	茎 秆	雄 穗	雌 穗	全 株
		克	克	克	克	克
拔 节 期	克	5.29	0.36	0	0	5.65
	%	23.63	6.37	0	0	100.00
大喇叭口期	克	46.84	19.61	2.97	0.04	68.96
	%	67.20	28.44	4.31	0.06	100.00
抽雄开花期	克	61.25	48.41	9.89	1.06	120.61
	%	50.78	40.14	8.20	0.88	100.00
乳 熟 期	克	61.82	57.36	4.85	79.17	203.20
	%	30.42	28.23	2.39	38.96	100.00

\* 供试杂交种: 泰单 71, 泰单 75, 群单 105, 烟三 6 号。

由上表看出:雄、雌穗分化的关键时期,正与营养体的急剧生长和干物质的迅速积累相对应。例如在雄穗小花分化以前,茎秆分化较慢,干物质积累也少,到雌穗小花分化期,茎秆生长量和干物质积累量达到高峰,单株干物重也急剧增加。此后,茎秆生长速度虽然降低,但其干物重仍平稳地增加。

综上所述,在玉米生长的不同阶段中,营养物质输入和主要生长器官表现有一定的顺序,即根——茎、叶——穗、粒。首先是根系生长,为玉米植株吸收肥水打下基础,而茎、叶的迅速建成,又为穗、粒的形成创造条件。所以,根据玉米不同阶段的生长状况制定栽培技术措施,对于器官的建成将会起到一定的作用。

玉米各个生育阶段的内、外形态特征,器官分化建成以及田间管理的主攻目标,可概括如下表:

表 3-3 玉米生长发育简表

生育时期		播种期	出苗期	拔节期	大喇叭口期	抽雄穗期	开花抽丝期	成熟期
主要标准		播 种 (月/日)	苗 高 2~3 厘米	雄穗生长钝伸 长,叶龄指数 30, 茎节间伸长 2~3 厘米	雄穗四分 体期,雌穗 小花分化期	雄穗主轴 抽出2~3厘 米	花丝抽出 3 厘米左右	籽粒变硬, 尖冠出现黑 层,粒型、粒 色固定
叶龄指数		30左右          60左右          90左右						
生育阶段	形态	苗 期		穗 期		花 粒 期		
	性质	营 养 生 长		营养生长/生殖生长		生 殖 生 长		
生长内容		生长胚根和节根,节根层数已形成 50%左右;全部茎节及叶数已经分化完成,展开叶数占总叶数1/3左右		节根层数基本固定,基部各节间已经固定,雄穗和雌穗分化发育接近完成		雄穗开花散粉,雌穗抽丝受精,果穗长大增重,籽粒形成,生长,直至成熟		
主要生长器官		根系、叶片		大喇叭口期以前是茎、叶。大喇叭口期以后是雄、雌穗		籽粒		
田间管理目标		苗全、苗齐、苗壮		株壮、穗多、穗大		保叶、粒多、粒重		

### 三、玉米生长动态

玉米的生长速度通常是以重量和长度的增加来衡量。在不同的生长阶段里,玉米生长的速度有所不同,用来说明玉米生长速度变化情况的即为生长动态。玉米生长的整个动态过程,基本上是前期慢,中期快,后期慢,以至最后停滞。这种动态曲线的形成,是以细胞生长为基础的。在器官形成初期,细胞以分裂为主,其数量增加较快,但是体积和重量增加不多;在器官形成中期,细胞以扩大体积为主,形态变化很大,反映出器官的生长速度很快;但到了后期,细胞体积、数量和重量基本定型,以分化为主,因此生长速度渐慢。细胞的这种变化规律,决定了玉米各个不同器官的生长节奏,故其动态为典型的生物 S 形曲线。

玉米单株的生长动态曲线,和各器官是同一趋势。玉米苗期,虽然生命活动旺盛,但由于光合面积小,光合能力弱,同化产物少,根的生长还未健全,故生长速度比较缓慢。拔节至抽雄前,玉米已形成强大的地下根系,光合面积迅速增大,节间伸长,叶片大量展开,营养物质的来源充足,故单株生长很快。抽雄穗以后,营养体基本建成,株高和体积的变化较小,生长速度减慢,这样一直延续到最后。

玉米生长的这种动态,给栽培管理提供了依据。鉴于前一生长期是后一生长期的基础,因此,加强苗期和穗期的管理,对于促进营养体的建成和后期籽粒的形成,将发生深远的影响。

玉米不同节位叶片的干物重,在叶序间差异很大,不同叶片干物质重量的分布状态,与叶片面积在全株的分布基本上是一致的。下部叶片面积最小,干物重最低;“棒三叶”面积最大,干物重最高;上部叶片面积依次减小,干物重也逐渐降低。正象叶面积的增长情况那样,叶片干物重的增长与叶片的生长速度关系极为密切。在玉米苗期,由于叶片生长速度较慢,叶面积较小,干物重的增长速度也较慢。但在此期间,茎秆尚未伸长,单株干物重的主要构成是叶片。据李伯航 1961 年测定,玉米在拔节以前,叶片干物重占全株干物重的 92~97%,可见作为同化器官的叶片,是该期玉米干物质增长的主要器官。玉米拔节前到抽雄期,叶片生长速度加快,叶面积迅速增长,叶片干物质的重量也急剧增加,逐渐达到最高值。但是,由于其他器官(尤其是茎秆)也同时生长,所以叶片干物重只占全株干重的 40% 左右。到籽粒形成至灌浆期,叶片的生长基本停滞,叶面积逐步缩小,叶片内的有机物质(蛋白质、糖类)向籽粒转移,穗重的比例剧增。据山东省农业科学院同位素研究室测定结果,夏玉米双跃 4 号在灌浆期间,叶片干物重平均每天减少 0.191~0.216 克。玉米后期干物质的转移是一种正常的现象,但是转移的速度和时间与栽培条件有着密切的关系,如果肥水缺乏,干物质的转移时间就会相应提前,叶片易提早干枯,不利于籽粒干物重的增加。所以,玉米后期适量灌水,既可以延长叶片的功能期,又能保持根系的活力,还可使玉米叶片所制造的干物质源源不断地向籽粒输送。

## 第二节 玉米干物质的积累与分配

玉米植株的生长过程,实际上就是干物质不断积累的过程。干物质的来源有两个,一个是来自植株光合作用制造的有机物质,另一个是来自植株吸收的矿物质。玉米的干物质,绝大部分是通过光合作用形成的。

玉米栽培的目的,主要是获得高额的籽粒产量(经济产量)。要形成籽粒,必须通过叶片进行光合作用,产生光合产物还要有籽粒器官来贮存光合产物。所以,干物质生产是形成玉米经济产量的物质基础。提高干物质生产能力和籽粒的生产效率,是增加玉米籽粒产量的根本途径。

### 一、玉米单株干物质的积累

在玉米的整个生育期间,单株干物质积累呈现出一定的规律性变化。应用这种规律来指导玉米栽培,具有重要意义。

玉米植株地上部干物质重量的增长趋势,从播种出苗至雄穗生长锥伸长,增长较慢;拔节以后,单株干物重迅速增加;抽雄后,干物重增加更快;到了籽粒形成阶段,干物重达到高峰。整个干物重增长过程为一 S 形曲线,其速度在全生育期间可分为三个阶段,即前期呈指数增长(指数增长期),中期呈直线增长(直线增长期),后期缓慢增长(缓慢增长期)(图 3-2)。

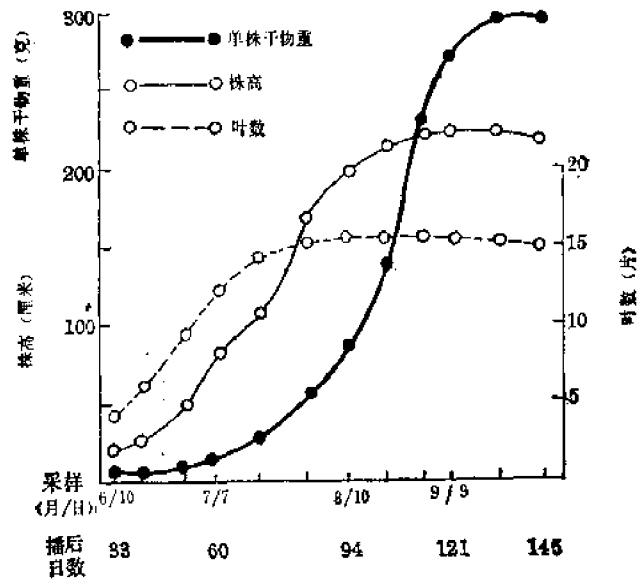


图 3-2 玉米植株的生长进程  
(石稼喜明等, 1969)

玉米单株干物质就是在这种慢、快、慢的状态下不断积累的。据山东省农业科学院 1977 年的研究, 玉米各期干物质重量增长, 变化如下:

**第一, 指数增长期。**从出苗到拔节期间, 植株干物重的增加量与初始重量成正比, 而时间与指数关系, 故称为指数增长期。如以对数表示, 则干物重对数的增长与时间成正比。在指数增长期内, 单株重量由三叶期的 0.23~0.28 克增加到 38.6~48.6 克, 相对增长量增加了 170 倍左右, 相对生长速度为 5.32~7.08 克/克·日。双跃 3 号玉米的指数增长期约在出苗后 40 天结束, 此期结束时, 株高约 1 米左右, 正值拔节期, 主要增重器官是叶, 其次是根。玉米拔节后, 雄穗开始分化, 进入生殖生长和营养生长并进阶段, 干物质增长速度与时间的指数关系发生变化, 而进入下一个新的时期。

**第二, 直线增长期。**玉米从拔节开始到抽丝为止, 干物质重量的增加与时间成正比。在整个直线增长期内, 干物质增长速度很快, 达到 6.215 克/克·日。虽然相对生长量较前期低, 但由于初始重量大, 故绝对量增加很多。此期是玉米生长发育旺盛的时期, 也是吸收无机养分最活跃的阶段, 主要增重器官是茎、叶, 其次是根。玉米干物质重量呈直线增长。

**第三, 缓慢增长期。**玉米抽丝后, 干物质积累速度日趋缓慢, 从抽丝至成熟, 相对生长速度降低到 3.045 克/克·日。在这个时期, 单株干物质的增重器官主要是籽粒和穗轴, 玉米单株干物质重量到乳熟期进入高峰, 以后随着叶片等器官干物质向生殖器官运转, 叶片干重相应下降, 而雌穗干物重则明显增加。因此, 这一时期是玉米经济产量形成的关键阶段, 也是玉米一生中干物质积累的另一重要时期。

指数增长期在时间上虽然占全生育期的 1/3 左右, 但是所积累的干物质却只占整株总干重的 10% 左右; 直线增长期、缓慢增长期在时间上亦各占 1/3, 而积累的干物质却分别达到 50% 和 40%。由此可见, 玉米单株干物质的积累, 主要在中、后期, 即从拔节至成熟, 是玉

米干物质积累的主要时期。

不同品种的干物质积累过程,往往由于种子体积、生育期、叶面积和光合强度的不同,其干物质积累速度及最终干重亦不相同。早熟品种苗期干物质积累速度一般比中、晚熟品种快,但中熟品种中、后期的生长速度却比早熟品种快。从干物质生产上看,应把粒重、出苗速度和叶片相对生长率列入选种指标,栽培时应选用大粒种子并施用种肥,以提高幼苗的初始重量及相对生长速度。

## 二、玉米各器官干物质的积累

玉米各器官干物质积累动态,基本上也是一条由慢渐快再转慢的S形曲线。

玉米每个生育阶段都有主要积累干物质的器官。例如,大喇叭口期以前,植株积累干物质的主要器官是叶。大喇叭口到籽粒形成期,积累干物质的主要器官是茎秆。以后,籽粒成为干物质积累的主要器官。这种干物质变化情况,反映出不同生育阶段各个器官的生长状况,一般是干物质积累速度快,器官生长相应也快。

### (一) 叶子

玉米各节位叶片间的干物质重量,存在着相当大的差异。虽然由于品种、播种期以及栽培管理不同,同序叶片间有一定的差别,但总的趋势是随着时间的延长,各节位叶片重量,从下位叶开始向上呈连续性的变化;当干物质积累到一定量时,或者说叶片生长到一定时期时,干物重达到最高值,以后随着其他器官的生长发育,积累的养分不断输出,而重量逐渐下降,乃至枯黄。

同株叶片间的干物重差异很大,叶片间的重量差可达200倍以上。玉米各节位叶片最大干重,随叶序数增加呈一单峰曲线,其峰一般在穗位叶或其下一叶。总的是下部叶片轻,中部最重,上部又逐渐变轻。胡昌浩等1980年对夏播鲁原单4号玉米不同节位叶片干重变化的研究指出,从第1叶起,向上各叶逐渐增大,到第12叶(果穗叶为11~12叶)干重达到最高峰,尔后又逐渐下降,呈一单峰曲线。据此可将单株叶分为四组,第1~5叶(基部叶组),叶片干重小,增长慢,为缓慢递增组;第6~9叶(下部叶组),干重较大,增重较快,为迅速增长组;第10~13叶(中部叶组)干重较大,各节位叶间差别甚小,为高稳增长组。第14~16叶(上部叶组),干重逐叶下降,为递减组。玉米各叶片干物质积累的起始时期,积累强度和高峰期,随叶片分化形成的时期和叶序而不同。分化愈晚,叶序愈高的叶片,干物质积累开始时间迟,强度大,高峰出现较晚(表3-4)。

全生育期单株叶片干重变化的总趋势是:从出苗到灌浆期,叶片干重逐渐增加,灌浆前后达到高峰,以后稍有下降。到盛花期,叶片干重比前后相邻两期均略低,可能与开花期消耗养分较多有关。各叶最大干重出现时期,基部和下部叶组均在抽雄前,中部和上部叶组均在灌浆以后至蜡熟期。叶片干重最高的时期,也是叶片功能最强盛的时期。

叶鞘本身是叶的一个组成部分,其干物质积累情况与叶片大致相同。一般在散粉期达到最高峰,比叶片在灌浆期达到干重最高峰的时间有所提前;籽粒灌浆以后,干物重开始下降。据李济生等1981年研究,叶鞘干物质在拔节以前积累较慢,日增重不足0.1克。随着生育期的推进,到抽雄时,增长速度最快,日增重可达0.5~0.7克。籽粒进入乳熟期以后,

表 3-4 玉米叶片干物质的积累

(胡昌浩, 1980)

节 位	三叶期 (7/2)	拔节期 (7/13)	小喇叭口期 (7/21)	大喇叭口期 (7/30)	抽雄期 (8/8)	盛花期 (8/11)	灌浆期 (8/21)	乳熟期 (9/4)	蜡熟期 (9/15)	完熟期 (9/24)	最大干重 (克)
16					0.45	0.55	0.90	0.90	0.80	0.80	0.90
15					1.25	1.55	1.95	1.90	1.95	1.85	1.95
14				1.50	2.15	2.30	2.55	2.80	2.85	2.55	2.85
13				2.37	2.90	2.85	3.05	3.25	3.30	3.00	3.30
12			0.14	2.90	3.20	3.15	3.90	3.50	3.60	3.38	3.90
11			0.25	3.13	3.45	3.25	3.60	3.70	3.60	3.27	3.70
10			0.60	3.38	3.20	3.15	3.30	3.50	3.35	3.25	3.50
9			1.05	2.84	2.70	2.55	2.60	2.80	2.85	2.60	2.85
8		0.04	1.15	1.85	2.00	1.60	1.55	1.80	1.85	1.47	2.00
7		0.13	0.78	1.05	0.98	0.85	0.85				1.05
6		0.21	0.41	0.44	0.50						0.50
5		0.12	0.20	0.23							0.23
4		0.09	0.10								0.10
3	0.02	0.05	0.06								0.06
2	0.02	0.02									0.02
1	0.01										0.01
合 计	0.05	0.66	4.74	19.69	22.78	21.80	24.25	24.15	24.15	22.07	

叶鞘干物重的增长速度明显下降, 平均每日减少 0.1~0.3 克左右。由于叶鞘干重在整個植株中所占的比率较低, 故与叶片相比, 对于物质总积累的作用并不很大。随着玉米各个主要器官干物质的不断积累, 叶鞘干物重占单株干物重的百分率一直下降, 但以灌浆前较为稳定, 约占总干物重的 15~18%, 乳熟期降至 10% 左右, 进入成熟后, 叶鞘干物重约占 5%。

## (二) 茎秆

玉米茎秆干物质的积累具有一定的阶段性。一般在拔节前, 干物重增长比较缓慢。玉米节间最大干重, 随节间序数增加亦呈一单峰曲线。据胡昌浩等 1980 年研究, 鲁原单 4 号玉米第 1~6 节间干重合计为 2.30 克, 第 9 节间最重, 为 4.70 克, 再往上各节间干重递减, 第 16 节间减少为 0.70 克。节间最大干物重的变化为: 第 1~5 节间增长缓慢, 第 6~9 节间增长迅速, 第 10~13 节间缓慢下降, 第 14~16 节间迅速递减(表 3-5)。

据山东省农业科学院 1963 年的研究, 玉米不同生育时期, 茎秆干物质的积累, 在拔节前积累量少, 其增长速度亦较慢; 拔节至灌浆期间, 干物质积累量大, 增长速度亦较快, 以后茎干重则缓慢下降(表 3-6)。

根据 1981 年胡昌浩等的研究, 茎秆干物重的增长动态可分成三个时期: 第一, 拔节至抽雄, 为干重迅速增长期; 第二, 抽雄至灌浆, 为干重高稳增长期; 第三, 灌浆至完熟, 为干重缓



表 3-5 玉米茎秆干物质的积累

(胡昌浩等, 1980)

节间 序	月/日	7/13	7/21	7/30	8/8	8/11	8/21	9/4	9/15	9/24	最大干重 (克)
16					0.25	0.55	0.70	0.60	0.55	0.55	0.70
15					0.40	0.85	1.10	0.90	0.80	0.80	1.10
14					0.70	1.12	1.50	1.10	1.05	1.05	1.50
13					1.30	1.57	2.05	1.60	1.35	1.50	2.05
12					2.00	2.30	3.15	2.20	2.00	2.05	3.15
11				0.50	3.00	3.15	3.70	3.15	2.80	2.75	3.70
10				1.33	3.55	3.85	4.35	3.75	3.30	3.15	4.35
9			0.02	2.44	3.85	4.30	4.70	4.15	3.65	3.35	4.70
8			0.05	2.58	3.96	3.85	4.35	3.85	3.40	3.00	4.35
7			0.16	2.16	2.80	3.65	2.85	2.80	2.62	2.30	3.65
1~6		0.03	0.46	2.03	2.30	1.90	1.90	1.70	2.00	1.55	2.30
合 计		0.03	0.69	11.04	24.10	27.09	30.35	25.80	23.52	22.05	

表 3-6 玉米茎秆干物重的增长

(山东省农业科学院同位素研究室, 1963)

播 后 天 数	茎 干 重(克)	占全株干重%	增长速度(克/日)
16	0.013	4.91	—
28	0.213	6.27	0.017
33(拔节)	0.535	8.06	0.064
41	5.493	21.26	0.620
51(抽雄)	26.732	35.34	2.124
65	44.52	40.10	1.623
78	52.825	28.68	0.639
89	41.558	19.79	-1.024

品种: 双跃4号, 6月21日播种, 10株平均。

慢下降期(图 3-3)。

玉米茎秆干物重在灌浆期达到最高峰, 茎秆干物重约占全株干物重的 40%, 单株茎秆干物重日增值为 2 克左右。灌浆后, 随着茎秆中有机物质的转移, 其干物重逐渐下降。至于下降的速度和幅度, 因条件而异。在条件较好的情况下, 下降速度较慢, 幅度较小, 甚至在相当时间内没有明显的重量变化。

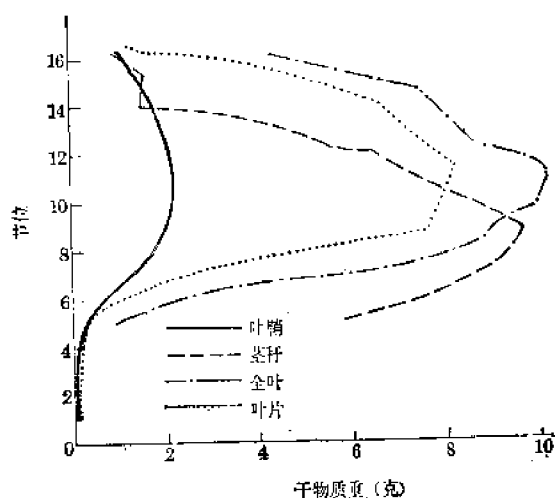


图 3-3 玉米不同节位茎、鞘、叶干物重的变化  
(胡昌浩, 1981)

### (三) 雄穗

雄穗干物质的变化, 自雄穗分化形成开始, 干重一直缓慢增加, 开花前达到最大值, 散粉后下降。干重下降除因花粉粒散落外, 还与雄穗自身呼吸消耗和向雌穗等器官输入有机物质有关。

### (四) 雌穗

雌穗干物重, 随着生育期的推移而逐渐增加。抽丝前增长速度比较缓慢, 授粉后干物重急剧增加, 直至成熟。一般在授粉前, 雌穗干物重仅占成熟时的 4~7%, 绝大部分的干物质是在授粉以后积累的, 平均日增重为 4~5 克, 高者达 8 克左右。在籽粒形成至乳熟前 30 天内, 穗轴和籽粒同时增重, 其中穗轴在 25 天内达到最大重量, 以后雌穗干物重的增加主要是籽粒增重引起的。据胡昌浩等 1980 年研究: 盛花期雌穗干物重占成熟期最大干物重的 10.8%, 灌浆期、乳熟期和蜡熟期分别达到 33.2%, 71.7% 和 93.0%, 灌浆期到乳熟期半个月左右是雌穗增长最多、速度最快的时期(表 3-7)。

表 3-7 雌穗干物重变化(克/株)

(胡昌浩等, 1980)

部 位		大喇叭口期	抽雄期	盛花期	灌浆期	乳熟期	蜡熟期	完熟期
		7/30	8/8	8/11	8/21	9/4	9/15	9/24
雌 穗	穗 轴	0.09	1.00	4.67	28.4	25.10	14.90	21.00
	穗 柄	—	0.75	1.75	3.25	4.20	2.40	2.65
	苞 叶	—	3.55	9.00	19.50	17.00	16.50	13.30
	籽 粒	—	—	—	—	66.00	112.00	119.50
花 丝	花 丝	—	—	1.50	1.10	—	—	—
	合 计	0.09	5.30	16.92	52.25	112.30	145.80	156.45

不同节位雌穗的发育趋势是下位雌穗发育早,开始干重大于上位雌穗,以后上位第一雌穗发育速度快,干重迅速超过下位雌穗。据胡昌浩等 1980 年调查,大喇叭口期第一雌穗重 0.085 克,第 2、第 3 雌穗分别重 0.12 和 0.11 克;抽雄期第 1、第 2、第 3 雌穗干物重分别为 5.3, 4.2 和 0.94 克,上位雌穗干重明显超过下位雌穗。

### (五)籽粒

玉米受精后,植株的生长以籽粒形成和有机物质输入为主。总之,籽粒干物重增长比较迅速,但在籽粒形成期,干物重增长较缓慢,主要是籽粒体积和鲜重增长,以后,籽粒含水量迅速下降,干物质增长加快(图 3-4)。

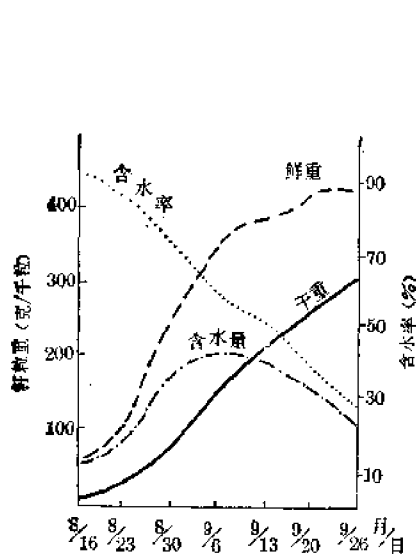


图 3-4 玉米籽粒重量和含水量的变化  
(北京市农业科学院作物研究所, 1975)

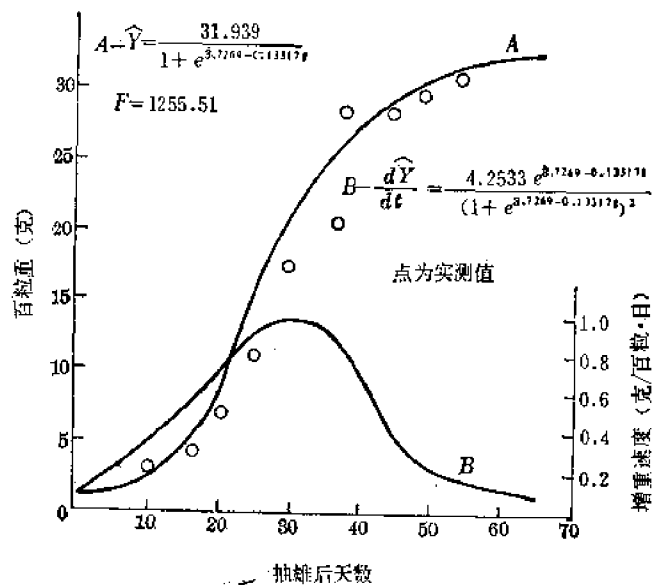


图 3-5 玉米粒重增长规律  
(丁希泉等, 1980)

籽粒干物重增长是一条较为典型的 S 形曲线(图 3-5)。抽丝 15 天左右,干物质增加的幅度较小,占最后粒重的 5% 左右,千粒重日增量只有 1~2 克。

胡昌浩等 1981 年的研究表明,从开花至灌浆的 10 天内,千粒重增加到 34 克,占完熟期的 13.7%,千粒重日增 3.4 克。抽丝后 15~35 天,粒重几乎呈直线增长,千粒重日增 6 克以上,最高达 10 克左右。蜡熟期千粒重 237.0 克,占成熟期粒重的 95.5%,千粒重日增 7.18 克,其中灌浆至乳熟期,千粒重已达到 127.5 克,约占最大粒重的 51.4%,日增重 6.68 克。乳熟至蜡熟期,日增重 9.95 克,日积累达到最高峰。故玉米从灌浆到乳熟末期,是籽粒重量增加的关键时期,称为有效灌浆期。自蜡熟后,籽粒干物重的增长速度逐渐变慢,从蜡熟至完熟的 9 天内,千粒重仅增加 11.2 克。

综上所述,玉米单株干物质积累大致分为三个时期,即出苗至拔节期,叶片是玉米的主要生长器官,也是干物质积累的主要器官。这期间各器官干物质重量为叶片>叶鞘>茎秆。抽雄前,各器官干物质重量的增加发生了变化,茎秆干物质积累最快,为主要生长器官,干重

为茎秆>叶片>叶鞘>雄、雌穗。抽雄至完熟期,叶片制造的其他器官贮存的营养物质主要流向雌穗,故雌穗是主要增重器官,尤以籽粒干物重增加最为迅速。这期间的干物重为雌穗>叶片>茎秆>叶鞘>雄穗。

### 三、光合产物在器官间的运转与分配

玉米植株体内干物质的积累,与有机物在体内的运转和分配有密切关系。玉米植株本身是一个统一的有机体,某一器官所制造的有机物质,通过运输系统提供给新生器官或组织,供其生长发育的需要,或者作为贮存物质,暂时或永久地贮存在各个器官中,以维持其生命活动。

#### (一)光合产物在地上器官间的分配

玉米在整个生育过程中,各个器官并不是同时产生的,而是相继分化建成的。每当一个新器官建成时,新生器官就成为新生器官的物质提供者。植株体内的营养物质,总是优先流向新陈代谢最旺盛的新生器官。营养物质这一总的运动特点表现得十分明显。

山东省农业科学院 1961 年的  $^{14}\text{C}$  示踪研究结果表明:玉米拔节初期(7月15日),同化  $^{14}\text{C}$  的 8.13% 分配到茎秆中, 91.86% 分配到全叶中,其中叶片为 81.03%, 叶鞘为 10.83%。其顺序为全叶>茎秆,说明这个时期养分分配是以叶为主。当玉米进入小喇叭口期(7月25日),有机物质的分配仍然以叶为主。以后叶内  $^{14}\text{C}$  的分配比例开始下降。玉米进入大喇叭口期(7月30日),茎秆中  $^{14}\text{C}$  的分配比例为 49.91%,雄、雌穗中分别为 1.22%、0.08%,而分配到叶片、叶鞘中的  $^{14}\text{C}$  分别降为 42.76% 和 6.00%,顺序为茎秆>叶片>叶鞘>雄穗>雌穗。有机物质的分配中心开始由叶片转向茎秆,再由茎秆向生殖器官过渡。玉米进入抽雄期(8月7日), $^{14}\text{C}$  的分配,全叶为 52.05%,其中叶片为 45.06%,叶鞘为 6.99%,茎秆下降为 35.79%,而雄穗、雌穗分别增加到 11.85% 和 0.31%。说明营养器官(茎、叶)的干物质分配比重下降,生殖器官的干物质分配比重明显上升,并逐渐成为玉米生长发育的主要器官,至乳熟期(9月6日),分配到雌穗中的  $^{14}\text{C}$  高达 64.58%(表 3-8)。

表 3-8  $^{14}\text{C}$  光合产物在夏玉米植株体内的分配

(山东省农业科学院, 1961)

测定日期 (月/日)期	茎 秆		叶 片		叶 鞘		雌 穗		雄 穗	
	脉冲/ 株/分	占总脉冲 (%)	脉冲/ 株/分	占总脉冲 (%)	脉冲/ 株/分	占总脉冲 (%)	脉冲/ 株/分	占总脉冲 (%)	脉冲/ 株/分	占总脉冲 (%)
7/15	308	8.13	3068	81.03	410	10.83	—	—	—	—
7/25	2008	7.24	21733	78.28	4020	14.52	—	—	—	—
7/30	4488	49.91	38456	42.76	5398	6.00	76	0.08	1103	1.22
8/7	11093	35.79	13965	45.06	2167	6.99	56	0.31	3673	11.85
9/6	3088	5.05	16094	26.29	2494	4.0	39529	64.58		

品种: 双跃4号。7/15: 雄穗生长锥伸长期(拔节期); 7/20: 雄穗小花分化期; 7/25: 雌穗生长锥伸长期; 7/30: 雌穗小穗分化期; 8/7: 抽雄初期; 8/16: 开花抽丝期; 9/6: 乳熟期。

## (二)不同叶片光合产物在各器官间的运转与分配

提高生物总产量,是提高经济产量的物质基础。玉米籽粒干物质的积累与各器官干物质向籽粒的运输有着密切的关系,其中叶片最为重要。

1. 根 根是玉米苗期生长的主要器官,因而叶片光合产物较大一部分输送到根系中去。山东省农业科学院同位素研究室 1963 年用  $^{14}\text{C}$  标记示踪夏玉米华农 2 号不同叶片的结果表明,拔节前对根系生长起主导作用的,主要是植株基部第 3~5 叶,进入开花末期,基部

表 3-9 不同节位叶片同化  $^{14}\text{C}$  往根系中的输送量

(山东省农业科学院同位素研究室, 1963)

生育时期	测定日期(月/日)	标记叶序	根系脉冲/分	总脉冲/分	根脉冲占总脉冲(%)
拔节期	7/20	3	685	2399	28.72
		5	1356	6354	21.31
		7	913	16,162	5.65
灌浆期	8/19	9	1394	49,703	23.92
		11	12,673	69,851	17.99
		13	1965	42,012	4.68
		15	0	0	0
		17	0	0	0

叶片死亡,根系的生长则由第 9~11 叶来供给养分(表 3-9)。

由于养分就近运输,不同生育时期根系耗用的光合产物,主要是由下节位绿叶输入,而中、上节位叶片的供应量很少。由此可见,下部叶片生长的好坏,直接影响到根系的发育,而根系发育的好坏,又直接影响到植株对水分和无机养分的吸收。因此,在生产上促进下部叶片的良好生长,延长它的寿命,不但可以促进根系发达,而且还可减轻较上节位叶片对根系的负担。如果下部叶片早衰,则不能获得高产,这一点已为生产实践所证实。

2. 茎 玉米光合产物输送到茎秆中的数量,因生育期不同而有显著变化;同一叶片在

表 3-10 不同节位叶片同化  $^{14}\text{C}$  往茎秆中的输送量(占各叶片总脉冲%)

(山东省农业科学院, 1963)

测定日期* 标记叶位	3	5	7	9	11	13**	15	17
7/20	7.89	15.13	4.9					
8/4			57.47	85.81	30.78	13.54		
8/19				51.40	54.98	29.19	37.54	46.95
9/3					19.69	10.92	31.48	54.45

\* 7/20 为雄穗小穗分化期; 8/4 为雌穗小花分化期; 8/19 为开花末期; 9/3 为乳熟期。

\*\* 13 叶为穗位叶。

不同时期或同一时期的不同叶片,其光合产物在茎秆中分配的数量各异。因而,不同节位叶片通过有机养分的供应而影响茎秆生长的程度有很大差异。据山东省农业科学院 1963 年测定,基部叶片在拔节期供给茎秆的光合产物,只占全部叶片同化产物的 4.90~15.13%,即基部叶片不是茎秆所需营养物质的主要负担者。但到了大喇叭口期,各节位叶片同化的  $^{14}\text{C}$  光合产物有 13.54~57.47% 积累于茎秆,这时第 7~11 叶是茎秆的主要供长叶。到生育后期,茎秆所需养分主要由 9~11 叶和 15 叶以上各叶负担,而穗位叶为茎秆所提供的养分始终较少(表 3-10)。

3. 叶 叶片的光合产物用于自身建设的比例很大,在苗期约占同化产物总量的 90~92%,穗期占 49~52%,到后期仍有 30% 左右消耗于叶的各种生理过程。

山东省农业科学院 1963 年的示踪结果证明,各叶片的光合产物有很大一部分用于自身积累与消耗。当某一标记叶片有了输出能力时,它向外输出部分主要运往正在生长的幼叶,一般不往其下各叶片输送。叶片接纳光合产物的强度与叶片年龄呈负相关,幼叶的接纳强度大,老叶的接纳强度小。在全株叶片建成以后,各叶相对独立,同化产物在叶间很少再相互流通(表 3-11)。

表 3-11 不同节位叶的  $^{14}\text{C}$  同化产物在叶间的分配量

(山东省农业科学院, 1963)

测定日期		7/20						8/4							
标记叶序		3		5		7		7		9		11		13	
叶序	测定部位	叶片	叶鞘	叶片	叶鞘	叶片	叶鞘	叶片	叶鞘	叶片	叶鞘	叶片	叶鞘	叶片	叶鞘
17												465		121	
16								45		288		240		92	
15								19		116		100		42	
14								16		36	118	13	61	20	
13*								20		15	43	0	24	1074	371
12								11		0	0	0	21	0	12
11								19	18	0	0	209	1035	0	0
10		76		249		930		12	12	0	0	0	0	0	0
9		37		147		559		0	0	965	119	0	0	0	0
8		48		48	48	91		0	0	0	0	0	0	0	0
7		14	54	16	39	604	953	256	97	0	0	0	0	0	0
6		12	23	0	25	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
5		0	17	980	204	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0
4		11	12	0	17	0	12							0	0
3		1018	267	0	13	0	14								

\* 13 叶为穗位叶。

4. 雌、雄穗 光合产物在不同生育时期往雌、雄穗中的输送量与其生长动态呈平行关系。据山东省农业科学院 1963 年测定,在大喇叭口期,植株第 7~11 叶的  $^{14}\text{C}$  光合产物流向雄穗的占 2.74~10.93%,其中第 9~11 叶是主要供长叶,说明中部和中下部叶片对雄穗干重的增长起重要作用;植株下部的叶片,在大喇叭口期对雌穗的分化虽起一定作用,但等到雌穗干重迅速增长后,基部叶片光合产物运向雌穗的就很少,而以靠近雌穗的第 11 叶较多。到开花末期,穗位以上的叶片向雌穗运转的光合产物依次减少。因此,雌穗营养物质主要由第 11~15 片供长叶,即穗位叶及其上、下各 2 片叶所提供(表 3-12)。

表 3-12 不同节位叶片同化  $^{14}\text{C}$  往生殖器官中的输送量

(占各叶片总脉冲%) (山东省农业科学院, 1963)

时 期 (月/日)	标 记 叶 位 器 官	7	9	11	13	15	17
8/4	雄 穗	2.74	9.36	10.93	4.75	—	—
	雌 穗	0.49	0.54	2.08	0.72	—	—
8/19	雌 穗	—	1.30	23.57	32.71	27.04	12.45
9/3	雌 穗	—	—	46.20	69.35	37.95	31.97
	籽 粒	—	—	13.25	23.05	33.31	26.42
	苞叶穗轴	—	—	32.95	46.30	4.14	5.55

从表 3-12 还可看出,第 13~17 叶是籽粒干物质积累的主要负担者,尤以 15~17 叶为主要供长叶。这就不难看出,上部叶片对籽粒的充实作用是不可忽视的。上部叶片运向果穗的营养,其比例虽然较低,但运向籽粒的比例却很高,果穗以下节位叶片则相反。可见,果穗以上节位叶片对籽粒的充实作用更大。因而在生产上应促进上部叶片的发展,保护上部叶片,才有利于高产。

表 3-13 不同时期不同叶层对籽粒产量的影响

(陕西省农林科学院, 鲍巨松, 1980)

时间	品 种	剪叶时期	剪 上 层 叶		剪 中 层 叶		剪 下 层 叶		剪 全 部 叶		未剪叶 (对照)
			产 量	相当于对照 (%)	产 量	相当于对照 (%)	产 量	相当于对照 (%)	产 量	相当于对照 (%)	产 量
第一年	辽东白	抽雄期	115.31	76.82	105.33	70.21	133.30	88.81	0.00	0.00	150.10
		抽丝期	120.05	79.98	115.40	76.88	147.70	98.40	11.70	7.79	150.10
第二年	L389	抽雄期	85.33	56.14	105.50	69.41	112.50	74.01	0.00	0.00	152.0
	×	抽丝期	119.49	78.61	109.67	72.15	130.83	86.07	17.80	11.71	152.0
	ВИР64	乳熟期	138.67	91.23	131.17	86.30	156.20	102.76	92.52	60.87	152.0

注: 产量为克/株; 第一年为 10 株平均值, 第二年为 12 株平均值。

据山东省昌潍地区农业科学研究所 1978 年于玉米开花期剪叶的试验结果表明:剪去棒三叶,果穗干重(出籽率 82.1%)最小,比对照减产 24.7%;剪去上三叶的减产 23.9%,剪去下三叶的减产 21.1%。由此看出,果穗叶及其上、下各一叶的一组叶片,对增加穗粒重作用最大,其次为果穗以上第 2~4 片叶,作用最小的为果穗以下第 2~4 片叶。陕西省农林科学院粮食作物研究所的试验,也得出类似的结果(表 3-13)。

### (三)影响有机物质分配的株内因素

由器官建成、物质运输和叶片功能看出,有机物质在器官间的分配状况,决定于器官间的竞争能力、有机物质的供应能力及输导系统的运输能力。

1. 器官间的竞争能力 各种器官包括叶在内都贮存了一定数量的有机物质,它们之间尤其是互相靠近、同期生长的器官间,存在着互相竞争的关系。例如:在苗期阶段,根与茎生长点竞争;拔节以后,茎与幼叶、根及分化发育的幼穗竞争等。竞争能力的相对强度,是决定有机物质分配的基础。一器官的竞争能力愈强,分配到的有机物质则愈多,生长发育亦愈旺盛。例如,茎秆数个节上都有一个发育的腋芽,由于上部一、二个腋芽的竞争力强而发育成果穗,其余的因营养物质供应不足而逐渐败育。

2. 光合器官的供应能力 光合产物在各器官中的分配率,主要决定于光合器官的供应能力。当供应能力低时,光合产物首先满足光合器官本身的需要,分配到其他器官的比率则很小,甚至不往外输送;当光合产物数量超过光合器官本身需要时,便可往外输送。有机物质不足时,分配到地上部的比例增大,地下部减小。灌浆期间,如有机物质供应充足,除满足籽粒生长需要以外,还能增加向茎、根的分配量;反之,则明显减少往茎、根中分配的比例。

3. 输导系统的运输能力 有机物质的分配方向和对某一器官的分配量,决定于输导系统的运输能力,即输导系统的畅通程度、距离远近及其动力的大小。一般在输导系统畅通时,距离光合旺盛器官越近,越能优先得到光合产物,此即为就近供应原则。如果距离相同时,则优先供应那些需要有机物质较多,竞争能力较强的器官。

总之,有机物质的分配是器官间的竞争能力、供应能力和运输能力共同作用的结果,三者既相互联系,又相互影响,但是其中竞争能力所起的作用更大些。

## 第三节 影响玉米生长发育的环境因素

土壤、温度、光照、水分和养分是保证玉米正常生长发育的重要因素。水分、养分在玉米植株中是不可缺少的组成成分,而光照、温度、土壤等则是通过其他因素而起作用,这些环境因素相互联系、相互制约,彼此不可分割。只有在水分条件适宜时,玉米才能有效地利用养分,促进生长发育。土壤中缺乏某种养分时,玉米则会表现出不同的缺素症状。因此,生产上必须通过改良土壤,增施肥料,改善温度、水分状况,采用合理的种植方式,提高群体光能利用率,才能获得高额而稳定的产量。

### 一、温 度

玉米原产于中南美洲,在系统发育过程中形成了喜温的特性,因此是喜温作物。通常都



以  $10^{\circ}\text{C}$  作为生物学上的零度,  $10^{\circ}\text{C}$  以上的温度才是玉米生物学的有效温度。玉米生长发育期间对温度的要求, 主要表现在以下两方面:

### (一) 玉米全生育期对温度的要求

玉米在整个生育期间都要求有较高的温度和一定的有效积温, 只有满足其一生所需要的积温, 才能正常成熟, 获得高产, 否则就会影响玉米的正常生长发育而导致减产。沈阳农学院 1977 年对辽宁省法库县 16 年 (1961~1976 年) 玉米产量与温度的关系进行分析, 从春季日平均气温稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  起, 到秋季日最低气温  $\leq 2^{\circ}\text{C}$  的初日间, 玉米生长季节的活动积温, 5~9 月各月平均气温总和, 逐月与旬平均气温进行方差分析, 并对玉米整个生育期间各旬平均气温与产量的关系进行回归分析, 都表明玉米生长季节的总热量与玉米产量密切相关。如该县在 16 年中有 4 年气候失调, 玉米歉收, 其中有 3 年生长季积温均不足  $3000^{\circ}\text{C}$ , 或 5~9 月各月平均气温总和小于  $96.5^{\circ}\text{C}$ , 因低温冷害而减产, 而 4 个丰收年的生长季积温都达到了  $3110^{\circ}\text{C}$  以上。6 个平产年生长季积温为  $3000\sim 3110^{\circ}\text{C}$ , 另 2 个平产年达  $3110^{\circ}\text{C}$  以上(图 3-6)。

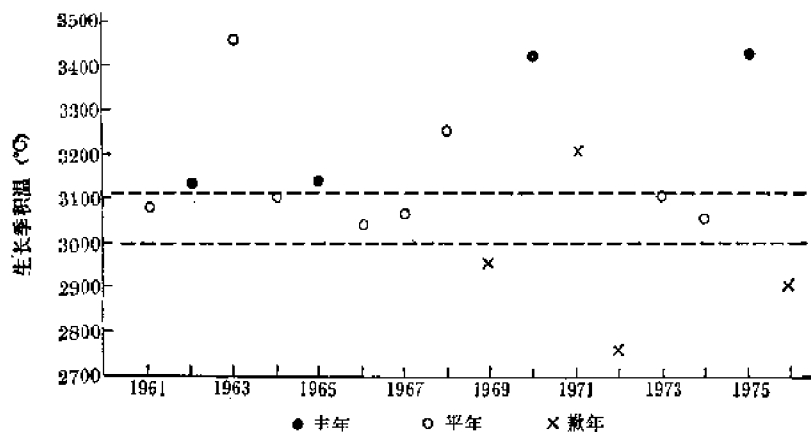


图 3-6 玉米丰、平、歉年与生长季活动积温的关系

由此可见, 玉米生育期间的积温与产量的丰、歉关系很大。各地在选择品种时, 一定要考虑到当地玉米生育期间的热量指标和品种对温度的要求, 以保证玉米安全成熟, 达到丰产的目的。

玉米品种间对温度的反应存在一定的差异。辽宁省丹东市农业科学研究所 1972~1973 年对丹玉 6 号、白头霜等 8 个杂交种和农家品种采取分期播种处理, 从其出苗期间所需积温的试验结果看出, 农家品种白头霜耐低温能力强, 从播种到出苗所需要的积温和天数最少; 丹玉 4 号、丹玉 7 号比较耐低温; 白鹤、凤双 6428、丹玉 3 号比较喜温; 丹玉 2 号、丹玉 6 号最喜温, 从播种到出苗的天数比白头霜多 6~5 天, 积温多  $72.6\sim 60.5^{\circ}\text{C}$ 。从籽粒类型看, 白鹤、凤双 6428、丹玉 2 号、丹玉 6 号等马齿型玉米, 比白头霜、丹玉 7 号等硬粒型和丹玉 4 号等半马齿型玉米更喜温, 生育期间要求有较高的积温。籽粒类型相同的玉米杂交种与农家品种相比, 杂交种更喜温。如在马齿型玉米中, 丹玉 2 号、丹玉 6 号杂交种比白鹤品种对温度的反应更敏感(表 3-14)。

一个品种一生所需的有效积温数一般比较稳定, 而其生育期的长短则受温度影响较大。一般温度较高时, 生育期相应缩短; 温度较低时, 生育期则延长。因此, 同一品种春播比夏播

表 3-14 不同玉米品种播种至出苗的天数和积温\*

(辽宁省丹东市农业科学研究所, 1972~1973)

项 目 品 种	籽 粒 类 型	天 数	积 温(°C)
丹玉 6 号	马 齿	23	338.8
丹玉 2 号	马 齿	29	350.9
丹玉 3 号	马 齿	26	314.6
凤发6428	马 齿	26	314.6
白 鹤	马 齿	25.5	308.7
丹玉 4 号	半 马 齿	24	290.4
丹玉 7 号	硬 粒	24	290.4
白头霜	硬 粒	23	278.3

- \* 1. 播种期: 4 月 12 日;  
 2. 播种至出苗平均地温为 12.1°C;  
 3. 表中数字为 1972~1973 年的平均值;  
 4. 种子发芽率均在 85% 以上。

的生育期更长。同为春播, 则早播比晚播的生育期长。

## (二) 玉米各生育阶段对温度的要求

玉米各个生长发育阶段对温度的要求有所不同。在其他环境条件适宜时, 只有满足玉米各阶段对温度的不同要求, 才能协调并促进其生长发育良好, 最终获得理想的产量。

1. 播种至拔节 玉米籽粒播入土中后, 在水分适宜的条件下, 温度达到 6~7°C 时即可开始发芽, 但发芽极为缓慢, 容易受有害微生物的感染而发生霉烂。所以在田间低温条件下, 微生物对种子的发芽比低温直接对种子发芽的有害性更大。玉米种子发芽的最适温度为 28~35°C。但在生产上晚播往往要耽误农时, 而过早播种又易引起烂种缺苗, 通常把土壤表层 5~10 厘米温度稳定在 10°C 以上的时期, 作为春播玉米的适宜播种期。

我国北方春季温度上升缓慢, 在正常播期范围内, 播种到出苗所需的时间较长, 一般约 15~20 天; 华北地区 4 月中旬左右播种的约 10 天出苗; 南方气温较高, 夏、秋播玉米仅 5 天左右即可出苗。在土壤水分适宜的条件下, 土壤温度对播种到出苗所需时间的长短有显著影响。沈阳农学院 1977 年对丹玉 6 号玉米进行分期播种试验, 结果表明: 4 月 5 日播种, 5 厘米土层平均地温为 9°C, 播后 23 天出苗; 4 月 30 日播种, 地温 15.6°C, 播后 13 天出苗; 6 月 5 日播种, 地温 20°C, 播后 7 天出苗。平均气温为 18°C 时, 出苗后 26 天开始拔节, 而在 23.2°C 时仅需 14 天。由此证明随着播种时土壤温度的升高, 玉米出苗、拔节的速度加快, 所需的天数减少(表 3-15)。

玉米苗期温度过高或过低, 对其生长发育都是不利的。由于玉米苗期是以根系生长为主, 因此土壤温度状况对根系的生长发育有很大影响。土壤温度在 20~24°C 时, 对玉米根系的发育较为有利。若玉米苗期根系发育健壮, 则地下部的生长速度会显著超过地上部, 为丰产创造条件。而当土壤温度较低时, 即使气温适宜, 也会影响玉米根系的代谢活动, 抑

表 3-15 温度对各生育期间隔日数的影响\*

(沈阳农学院, 1977)

播种~出苗				出苗~拔节			拔节~抽雄			抽丝~成熟			
播种期	出苗期	间隔 日数	平均地温 (°C)	拔节期	间隔 日数	日平均气温 (°C)	抽雄期	间隔 日数	日平均气温 (°C)	抽丝期	成熟期	间隔 日数	日平均气温 (°C)
4/5	5/3	28	9.0	5/29	26	18.0	7/14	46	22.6	7/19	9/7	50	23.1
4/10	5/4	24	10.1	5/29	25	17.9	7/14	46	22.6	7/19	9/5	48	23.2
4/15	5/8	23	10.6	5/30	22	18.5	7/14	45	22.6	7/18	9/9	53	23.1
4/20	5/8	18	11.6	5/31	23	18.6	7/14	44	22.7	7/19	9/6	49	23.1
4/25	5/11	16	12.9	5/31	20	18.1	7/14	44	22.7	7/18	9/6	50	23.2
4/30	5/13	13	15.6	6/2	20	19.7	7/15	43	22.8	7/20	9/9	51	22.9
5/5	5/16	11	14.9	6/3	18	19.1	7/17	44	23.7	7/21	9/12	53	22.3
5/10	5/20	10	16.3	6/7	18	19.8	7/18	41	23.1	7/22	9/19	59	21.6
5/15	5/24	9	17.9	6/11	18	20.5	7/20	39	23.5	7/26	9/20	56	21.0
5/20	5/29	9	18.4	6/15	17	20.8	7/23	38	24.4				
5/25	6/2	8	18.6	6/19	17	21.3	7/25	36	24.5				
5/30	6/7	8	20.4	6/22	15	20.8	7/28	36	25.9				
6/5	6/12	7	20.0	6/27	15	21.4	8/2	36	25.1				
6/15	6/21	6	21.6	7/5	14	23.2	8/8	34	24.9				
有效积温(°C)		104.8		181.9			315.6			50.1			
生物学下限温度(°C)		5.9		12.7			14.8			14.9			

\* 1. 供试品种为丹玉 6 号。

2. 平均地温系 5 厘米土层温度平均值。

3. 拔节期系指七叶期。

制磷向地上器官的转移和各种含磷有机物的合成。磷素营养不足又影响植株体内的氮素代谢,致使玉米苗色变黄、变红,同化作用减弱,生长迟缓。当地温下降到 4.5°C 时,玉米根系即完全停止生长。我国东北及华北地区,春季地温上升慢,春播玉米早期根系发育迟缓;尤其在地势低洼,土壤水分较多的情况下,更为明显。因此东北地区玉米采用起垄栽培,使地面充分接受阳光,并于苗期早中耕、勤中耕,这对提高土壤温度,促进根系的发育均有一定意义。

玉米苗期对低温有一定的抵抗能力。幼苗在 -2~-3°C 时虽然会受到伤害,如及时加强管理,或低温持续时间短,气温回升快,植株还可恢复生长,对产量不致有显著的影响。但在生长后期遇到上述温度的秋霜冻害,则会导致玉米在成熟之前死亡,对产量的影响甚大。因此在生长季节短的春播玉米区,早播虽然会使幼苗遭受短期春霜为害,但其对玉米产量的影响要比因晚播而受后期秋霜为害的影响轻得多。

2. 拔节至抽雄 春玉米在日平均温度达到 18°C 时开始拔节。这一时期玉米的生长速

度在一定范围内与温度成正相关,即温度愈高,生长愈快。所以穗期在光照充足,水分、养分适宜的条件下,日平均温度在  $22\sim 24^{\circ}\text{C}$  时,既有利于植株生长,也有利于幼穗发育。

3. 抽雄至成熟 玉米花期要求日平均温度为  $26\sim 27^{\circ}\text{C}$ ,此时空气湿度适宜,可使雄、雌花序开花协调,授粉良好。当温度高于  $32\sim 35^{\circ}\text{C}$ ,空气湿度接近 30%,土壤田间持水量低于 70% 时,雄穗开花持续时间减少,雌穗抽丝期延迟,而使雌、雄花序开花间隔拖长,造成花期不能很好相遇。同时由于高温干旱,花粉粒在散粉后 1~2 小时内即迅速失水(花粉含 60% 水分),甚至干枯,丧失发芽能力;花丝也会过早枯萎,寿命缩短,严重影响授粉,而造成秃顶、缺粒。因此,及时灌水,提高土壤湿度,改善田间小气候,可以减轻高温干旱的影响。

玉米籽粒形成和灌浆成熟期间,仍然要求有较高的温度,以促进同化作用。成熟后期,温度逐渐降低,有利于干物质的积累。在这一时期内,最适宜于玉米生长的日平均温度为  $22\sim 24^{\circ}\text{C}$ 。在此范围内,温度愈高,干物质积累速度愈快,千粒重愈大。反之,灌浆速度减慢,经历的时间也相应延长,因此千粒重降低。当温度低于  $16^{\circ}\text{C}$  时,玉米的光合作用降低,

表 3-16 玉米不同播种时期的生育天数与有效积温\*

(广西农学院,1974~1975)

年 份	播种期 (月/日)	出 苗 至 抽 雄		抽 雄 至 成 熟		全 生 育 期	
		天 数	有效积温( $^{\circ}\text{C}$ )	天 数	有效积温( $^{\circ}\text{C}$ )	天 数	有效积温( $^{\circ}\text{C}$ )
1974	1/15	72	578.5	43	792.8	120	1371.3
	1/30	69	594.1	47	792.9	116	1386.9
	2/14	67	571.2	46	775.1	113	1346.3
	2/28	58	632.0	40	684.0	98	1316.0
	3/14	48	596.0	40	693.5	88	1289.5
平 均 值		$62.8\pm 9.78$	$594.4\pm 23.49$	$44.2\pm 3.90$	$747.7\pm 54.97$	$107.0\pm 13.49$	$1342.0\pm 39.77$
变异系数(%)		15.57	3.95	8.82	7.27	12.61	2.96
1975	1/6	77	564.9	46	675.8	123	1240.7
	1/21	58	541.9	46	693.1	114	1235.0
	2/4	63	586.5	46	718.5	109	1305.0
	2/19	58	625.4	40	625.6	98	1251.0
	3/6	48	593.8	45	720.3	93	1314.1
	3/21	44	600.2	45	748.1	89	1348.3
平 均 值		$59.7\pm 12.39$	$585.5\pm 28.99$	$44.7\pm 2.34$	$696.9\pm 42.85$	$104.3\pm 13.17$	$1282.4\pm 46.54$
变异系数(%)		20.75	4.95	5.23	6.15	12.63	3.63

\* 供试品种为桂单 12 号。

淀粉酶的活性受到抑制,从而影响淀粉的合成、运输和积累。由于低温使灌浆速度减慢,延迟成熟,故易受秋霜为害。当温度高于 $25^{\circ}\text{C}$ 以上时,又同时遇到干旱影响,将使籽粒迅速脱水,出现高温逼熟现象。因此在温度低于 $16^{\circ}\text{C}$ 或高于 $25^{\circ}\text{C}$ 时,都会使籽粒秕瘦,粒重减轻,产量降低。

套种和夏播玉米适时早播和抢种,可使籽粒灌浆期处于较适宜的温度条件下,避开后期低温和秋霜为害,保证籽粒灌浆良好,增加粒重。

### (三)玉米生育期间对有效积温的要求

玉米播期不同,各生育阶段所经历的天数亦不同,但其有效积温却是相对稳定的。尽管不同播期之间各相同生育阶段有效积温有所差异,但远不及天数的差异显著。据广西农学院1974~1975年春玉米播期试验结果看出:不同播期对玉米各生育阶段所经历的天数影响是不同的,尤其对出苗到抽雄所需要的时间影响更大。如1974年1月15日播种的,从出苗到抽雄历时72天,有效积温达 $578.5^{\circ}\text{C}$ ,而3月14日播种的仅用了48天,有效积温即达到 $596.0^{\circ}\text{C}$ ;1975年1月6日播种的,从出苗到抽雄需经77天,有效积温才达到 $564.9^{\circ}\text{C}$ ,而3月21日播种的仅需44天,有效积温即达到 $600.2^{\circ}\text{C}$ (表3-16)。

从上表看出,早播玉米生育期的延长,主要是由于出苗到抽雄这段时间所处的日平均气温差异较大,要达到所需要的有效积温,即需延长天数,故玉米播期不同,出苗到抽雄所需天数相差也较大。抽雄到成熟时由于处在较高的日平均温度下,因此达到一定积温所需的天数差异较小。由此说明在光照等其他条件相似的情况下,温度是影响玉米生育期长短的主要因素。

在生产上,春玉米适时早播,并配合其他措施,有利于延长生育期,增加干物质生产;而夏玉米和秋玉米抢时早播,则是为了避开后期低温,保证灌浆、成熟的重要措施。

## 二、光 照

玉米属短日照作物,短日照条件会加速植株的生长发育进程。沈阳农学院1958年以28个玉米品种在温室内进行不同光照处理,研究光照对玉米生长发育的影响,从播种到抽穗,长光照(15小时)处理的在一般温度下为80.7天,而短光照(9小时)处理的仅为64.3天,比长光照提前16.4天。证明在温度及其他条件相同的情况下,短光照能促进玉米生长发育,长光照则起抑制作用,使生育期延长。在低温条件下,长光照的抑制作用尤为明显。例如在高温条件下,长光照使玉米由播种到抽穗的天数比短光照延迟12.9天,而在低温条件下,延迟19.8天。光照对玉米生长发育的影响也与温度条件有关。即玉米的生长发育对温度的反应,在长光照条件下比在短光照条件下更为敏感。如在长光照条件下, $18.9^{\circ}\text{C}$ 的低温与 $23.5^{\circ}\text{C}$ 的高温相比,玉米由播种到抽穗的天数延迟了12.3天,而在短光照条件下仅延迟了5.4天。所以,高温与短光照能促进玉米的生长发育;相反,低温与长光照则抑制其生长发育。另外,在高温与短光照条件下,玉米从播种到抽穗只需61.6天,而在低温长日照条件下则需86.8天,两者相差25.2天。由此说明玉米是喜温的短日照作物(表3-17)。

苏联库班农学院的研究结果表明:玉米雌花和雄花对短光照的反应敏感程度不同。8小时短光照比不断光照的玉米植株提前抽雄12天,雌穗则提前19天,说明雌穗对短光照的反

表 3-17 光照和温度对玉米发育的影响

(沈阳农学院, 1958)

光 照 条 件	温 度 条 件			相同光照, 不同温度下 播种到抽穗相差的天数
	由播种到抽穗的天数			
	高温 23.5°C	低温 13.9°C	平均 21.2°C	
长光照(15 小时)	74.5	86.8	80.7	12.3
短光照(9 小时)	61.6	67.0	64.3	5.4
相同温度, 不同光照下播种到抽 穗相差天数	12.9	19.8	16.4	

应比雄穗更为敏感。

玉米的光照反应特性对各地互相引种具有一定的指导意义。我国玉米栽培地域广阔, 同一品种在不同地区栽培, 由于日照时数和温度条件的差异, 会引起生育日数的明显变化。一般是随着纬度的升高, 发育逐渐延迟, 生育日数逐渐增多; 反之, 生育期缩短。例如玉米品种金皇后在北纬  $40^{\circ}$  左右的北京地区春播, 从出苗到抽雄约需要 65~70 天, 在北纬  $24^{\circ}18'$  的广西壮族自治区柳州地区春播时, 从出苗到抽雄仅需 56 天。纬度相差约  $16^{\circ}$ , 而抽雄期却提早了 9~14 天。一般北方地区生育期 120 天以上的春播晚熟品种, 引到南方各地夏播时, 从出苗到成熟的时间可缩短到 100 天以下。而南方品种引到北方种植时, 往往由于生育期延长而不能正常成熟。从 1957~1958 年全国玉米良种区域试验的材料, 也可以看出这种变化趋势。引起这种变化的原因, 主要是由于随着纬度的增加, 夏季日照时数逐渐延长, 日平均温度逐渐降低的缘故(表 3-18)。

表 3-18 同来源的玉米品种在不同地区的生育天数

品 种	地 区	纬 度	出苗~抽雄	抽雄~成熟	出苗~成熟
春杂二号(春播)	辽宁省锦州	$41^{\circ}07'$	70	52	122
	河北省唐山	$39^{\circ}40'$	67	53	120
	山东省莒县	$35^{\circ}36'$	63	41	104
	四川省南充	$30^{\circ}48'$	60	42	102
	贵州省贵阳	$26^{\circ}34'$	55	49	104
夏杂一号(夏播)	北 京 市	$39^{\circ}57'$	42	51	93
	山东省菏泽	$35^{\circ}16'$	39	38	77
	安徽省合肥	$31^{\circ}53'$	36	43	79
	浙江省杭州	$30^{\circ}20'$	31	48	79

注: 根据 1958 年全国玉米良种区域试验材料整理。

在同一纬度上,同一品种由海拔较低的地区移到海拔较高的地区栽培,尽管日照长度相同,但也会随着海拔增高,气温逐渐降低,从而延长其生育期。

不同地区间互相引种,引起生育期的变化,究竟是由于日照长短还是由于温度高低的影响,应当根据相互引种地区玉米生育期间日照和温度条件的差异进行具体分析。一般在日照时数基本相同的两地间引种,主要应考虑温度条件,因为在这种情况下,温度是影响生育期变化的主要因素。例如,在北纬 $42^{\circ}$ 左右的沈阳地区栽培的金皇后玉米品种,引到北纬 $47^{\circ}$ 左右的佳木斯地区种植时,生育期约延长10天以上,而佳木斯栽培的黄金塔玉米品种移到沈阳种植时,生育期缩短10天以上。两地4月份光照都在14小时以上,5月份则都在15小时以上,玉米均在长光照条件下生长,日照时数相差半小时,温差却达 $2^{\circ}\text{C}$ 左右。因此,两地间同一品种互相引种所引起的生育期变化,光照影响较小,主要是温度影响。

在温度条件基本相同的两地间互相引种,引起生育期的变化。主要是由于日照长短的不同造成的。我国南北纬度相差较大,各地自然条件复杂,温度和光照差异比较明显,如南方夏季日照比北方短,温度也比北方高,因此南北方引种时引起生育期的变化,并不是温度或光照单一因素的影响,而是温度和光照综合影响的结果。

此外,玉米不同品种之间,对短光照的反应亦不同。据中国科学院遗传研究所的研究,早熟品种华农2号,以经过6天短光照处理的,发育最快。而晚熟品种金皇后,则需经过10天的短光照处理,发育才最快,因此,早熟品种对光照的反应不如晚熟品种敏感。所以,在不同地区内互相引种晚熟品种时,更应注意两地间光照和温度条件的差异,以免在生产上造成损失。

光质,即光谱成分,其对玉米的发育也有很大影响。玉米雌穗在蓝、紫光等短波光和白光中发育较快,在红、橙光等长波光中发育则相当迟缓,而雄穗在红光中发育并不慢。另外,在绿光中,玉米整个生育过程都极度缓慢。

玉米雌穗的小穗、小花在不同光质光照条件下的发育速度明显不同。在含蓝、紫光等短波光较多的12小时光照中,玉米雌穗的小穗、小花的发育速度,比在含长波光较多的12小时光照中快得多。在长波光中,小花的发育受到的抑制作用较大。胚珠和胚囊的发育对光质的反应也有同样趋势,获得短波光较多的植株,其胚珠和胚囊的发育,远远超过获得短波光较少的植株。而在长波光较多的光中,其发育速度反而不如16小时正常自然光中的植株快。可见,减少光谱中的短光波,对玉米胚珠和胚囊发育有显著的不良影响。光质对胚和胚乳发育的影响,在长波光中的植株,同在正常光、短波光中的植株比较,胚和胚乳的发育受到了很大的抑制;而在短波光中的植株,胚和胚乳的发育最快。苏联莫斯科大学1953年在温尼格勒的试验证明:每天从4~13时或从13~22时给予9小时光照的玉米植株,其雌穗发育远比每天从8~17时给予9小时光照的迟缓,甚至比在自然光照下的对照植株还要慢。而每天自18时到次日10时(经过黑夜)只给傍晚和早晨阳光的,其发育速度最为缓慢。这是因为早晨和傍晚的阳光,其光谱成分含长波光较多,而且光照强度也较低;中午的阳光所含短波光较多,光照强度也较高。所以,促进玉米结实器官的发育,不单是缩短光照时间就能实现,而是和光谱成分密切相关。

此外,光谱成分还影响玉米的营养体生长,如蓝色光不仅能提高玉米植株的干物质重

量,而且还能提高叶绿素和叶内碳水化合物等的含量。

### 三、水 分

水是玉米活体细胞原生质胶体的重要组成成分,也是生理活动的重要因素之一。活的原生质,含水量都在80%以上。如果含水量减少,原生质将由溶胶状态变成凝胶状态,代谢强度减弱,生理活动减缓;如果缺水程度加重,时间延长,就会引起植株的萎蔫或死亡。水不仅是玉米代谢过程中各种生化反应的重要媒介,而且还作为重要的成分直接参与有机物质的合成、分解、氧化和还原等代谢过程。例如,玉米生长发育所需要的各种矿质营养和有机养分,都必须先溶解于水中,才能被吸收利用,而具体到营养物质的运输,也都以水作为溶媒,以水溶态运送到各个器官中去。

玉米的生长是建立在细胞增长的基础上的,有了充足的水分才能使细胞正常分裂、扩大。细胞中保持大量水分,可以增加细胞膨胀压,使植株茎秆挺立,叶片伸展,以利生理活动的正常进行。玉米在高温生长季节,土壤水分充足,植株才能吸收大量水分,并通过叶面蒸腾作用散发热量,以避免高温灼伤,减少体内有机养料的消耗。

玉米生长发育所需要的水分,主要是根系从土壤中吸收的。根据中国科学院沈阳林业土壤研究所的测定,玉米主要吸收利用1米土层以内的水分,特别是0~50厘米土层的水分占很大比例。因此,0~50厘米土层的水分状况,对玉米的生长发育起着决定性作用。玉米根系的生长,不仅要求适量的水分,同时也要求有充足的氧气,以供根系呼吸利用。土壤水分适宜,才能使玉米形成强大而深广的根群,这对加强根的吸收能力,防止根倒伏,保证地上部生长健壮有重要作用。适宜的土壤水分和空气条件,能促进土壤好气性微生物的活动,把有机质分解为有效态的养分,满足玉米生长的需要。因此,在玉米主要根系活动层中,土壤相对含水量保持在60~80%比较适宜,土壤过于干旱,会引起植株萎蔫。据山西农学院1973年测定,玉米不同生育时期的萎蔫系数是不同的,苗期的萎蔫系数比其他生育时期要低。所以,玉米苗期需水较少,比较耐旱(表3-19)。

表 3-19 玉米不同生育期的萎蔫系数

(山西农学院,1973)

生 育 期	土层(厘米)	质 地	萎 蔫 系 数
苗 期	0~20	轻壤—中壤	4~7
拔 节 期	0~50	轻壤—中壤	5~10
抽 雄 期	0~50	轻壤—中壤	5~9

玉米的蒸腾系数比稻、麦小。一般在240~320之间,水稻约为710。因此,玉米对水分的利用率比稻、麦等高。但是由于玉米植株较高,根系发达,叶片宽长,制造的有机物质较多,而且生育期间多处处高温季节,所以玉米的绝对耗水量很大。一般每株玉米在抽雄、开花的旺盛生长期,每昼夜平均耗水约为3~7斤,每生产1斤籽粒约消耗水1000斤左右。



玉米一生耗水总量,春玉米每亩约为 170~400 立方米,夏玉米约为 124~296 立方米。

#### 四、矿质养分

玉米在生长发育过程中,需要不断地从外界吸收多种矿质养分,如氮、磷、钾、硫、钙、镁、铁、锰、铜、硼、锌、钼等,以进行正常的生理活动。矿质元素都存在于土壤中,但其含量以及对玉米的有效性则不尽相同。它们在玉米的生长发育中各有其不同的生理作用。缺乏任何一种元素,都会引起玉米的代谢失调,而影响整个生长发育过程。了解矿质养分对玉米生长发育的影响和运动规律,可为合理施肥提供科学依据。

##### (一)氮

蛋白质是生物体的主要组成物质之一。它由氨基酸所组成,而氮又是氨基酸的重要成分。蛋白质参与每一个细胞的生命过程,所以氮素通过蛋白质的代谢而影响玉米整个生命活动。玉米生理活动中的许多维生素如硫胺素、核黄素、吡醇素、肌酸和烟碱酸等,都含有氮,没有氮素它们就不能合成。氮素还是核酸、磷脂、生物碱、酶和叶绿素的重要成分。因此,氮素在玉米生长发育的整个生理过程中具有非常重要的意义。氮素充足可以促进各种有机物质的合成,加强代谢过程,使玉米茎叶生长繁茂、叶绿素形成较多,以增强光合作用,积累较多的干物质。

玉米氮素供应不足,最明显的症状是由叶尖开始变黄,再沿叶脉呈楔形向基部扩展,最后整个叶片枯黄衰亡。土壤中缺乏氮素时,玉米植株下部老叶中的氮素就开始运往新生幼叶,供其生长。因此,缺氮症状首先表现在老叶上。如果长期缺氮,就会造成营养不良,导致植株矮小,生长缓慢,抽雄延迟,雌穗发育不良,而且易产生空秆或瘦小的果穗而减产[图版 3-(1)]。

##### (二)磷

磷素是核蛋白的重要成分。磷素充足能促进细胞不断分生增殖;特别是对根尖细胞的分裂生长和幼嫩细胞的增殖,作用更为显著。因此,磷素有助于苗期根系的生长发育。同时磷还可提高细胞原生质的粘滞性、耐热性和保水能力,降低玉米在高温下的蒸腾强度,从而可以增强玉米的抗旱能力。

磷素在玉米的营养代谢中更为重要。如磷酸甘油酸即为光合作用的最初产物,没有磷的参加,糖代谢会受到抑制,从而影响光合作用的进行。在碳水化合物的代谢过程中,维生素 B<sub>1</sub> (硫胺素)、维生素 B<sub>2</sub> (核黄素)和维生素 B<sub>6</sub> (吡醇素)与磷化合可形成辅羧酶、黄酶和磷酸吡醛素。这些物质都在碳水化合物的代谢过程中起着生物催化剂的作用,直接影响氮素的代谢。所以磷素营养与氮素营养有着密切的关系。如果缺磷,蛋白质的代谢也会遭到破坏。

玉米缺磷最主要的症状是根系发育不良,生长缓慢,尤其是五叶期以后缺磷,还会阻碍糖代谢,使植株积累过多糖分,转化成花青素,叶片便呈紫红色,这一现象多先从下部老叶开始,沿叶缘向基部蔓延,以后逐渐向幼嫩叶片发展[图版 3-(1)]。极度缺磷时,也会影响植株对氮素的吸收而呈现缺氮症状。玉米穗期缺磷,幼穗分化发育不良,抽丝期延迟,易产生秃顶、缺粒、果穗粒行不整齐,甚至出现空秆。玉米后期缺磷会影响体内营养物质的再分配

与再利用,使成熟期延迟,品质和产量降低。因此,适宜的磷素营养,可以缩短营养生长到生殖生长的时间,促进玉米早熟。

### (三)钾

钾在植株体内几乎完全呈离子状态,而且主要集中在幼嫩的器官中,在植株体内它是许多酶的活化剂,并以离子状态附着于原生质上。钾能促进正常的呼吸作用,促进碳水化合物和氮的代谢,有利于淀粉和核酸的合成,增强光合作用。同时钾还能调节细胞内的渗透压,促使胶体膨胀,使细胞质和细胞壁维持正常状态,保证新陈代谢和其他功能的顺利进行。钾素营养丰富,有利于维管束的发育,使厚角组织发达,提高植株的抗倒、抗病能力。

玉米缺钾时,植株下部老叶中的钾向新生组织中转移,因此缺钾症状首先在老叶上表现出来。玉米缺钾多出现在生育后期,主要表现是叶片尖端与叶缘先变成褐色,随后呈干枯灼烧状,同时茎秆机械组织发育不良,抗倒、抗病力减弱[图版 3-(2)]。严重缺钾时,玉米根系生长受阻,植株矮小,节间缩短,有未老先衰现象,而且果穗发育不良,籽粒淀粉含量减少,千粒重下降。

### (四)钙

钙以果胶酸钙的形态存在于细胞壁的胶层中,对细胞壁的形成起着重要作用。钙离子能降低细胞原生质胶体的分散度,增强其粘滞性,从而维持玉米正常的代谢功能。另外,钙离子还是硝酸还原酶、琥珀酸脱氢酶的活化剂,对玉米植株体内的氮代谢也有一定影响。

玉米缺钙时,植株矮小,根系短而少,茎及根尖分生组织的细胞逐渐腐烂死亡,新生叶因分泌透明胶汁而相互粘连,使心叶生长受阻,不能伸展。另一症状是叶缘变白,往往出现不规则的锯齿状破裂,老叶尖端则呈棕色焦枯状[图版 3-(2)]。

### (五)铁

铁是玉米进行光合作用不可缺少的元素,叶绿素的形成需要铁参与,但它不是叶绿素的组成成分。植物有氧呼吸不可缺少的细胞色素氧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶中均含有铁元素,因此,铁能通过影响植物的呼吸作用而影响其对养分的吸收。另外,在光合作用和硝酸、亚硝酸还原过程中,起电子传递作用的铁氧还蛋白也是含铁酶。

玉米缺铁症状,首先表现在幼叶上,叶肉失绿黄化,叶脉仍保持绿色,中、下部叶片呈现黄、绿相间的条纹。严重缺铁时,叶脉变黄,叶片失绿变白,叶片两侧中部或叶尖往往会出现褐色斑点,久之则焦枯坏死,甚至整个叶片脱落[图版 3-(3)]。

### (六)硼

硼对玉米的光合作用以及光合产物在体内的运转速度影响较大。玉米早期缺硼时,幼叶展开困难,叶组织遭到破坏,叶脉间呈现白色宽条纹,根部变粗、变脆,根尖细胞木质化;开花期缺硼,雄穗不易抽出,雄花退化,雌穗也不能正常发育,一些花丝过早枯萎,靠近茎秆一面的果穗易皱缩缺粒,甚至会形成空秆,严重影响玉米产量[图版 3-(3)]。但是,施用硼肥过多,也会引起玉米中毒,叶缘呈褐色灼烧状,出现与缺钾相似的症状。

碱性土壤中有效硼含量往往较少,酸性土壤上施用石灰过多时,也可引起硼的“诱发性缺乏”。我国广东、江西和福建等省由花岗岩和片麻岩发育而成的砖红壤、红壤,含硼量较低;西北地区的塿土、黄绵土虽然含硼总量较高,但水溶性硼却较少,因此,这些地区的玉米

施用硼肥,有较好的增产效果。

#### (七) 锌

玉米是对锌较敏感的一种作物。植株体内某些脱氢酶、脲酶和肽酶等均含有锌。生长素如吲哚乙酸是由色氨酸经过脱氨,氧化,脱羧等一系列过程形成的。玉米缺锌,会降低色氨酸含量,从而影响生长素的合成,细胞壁因缺乏生长素而不能伸长,植株节间缩短。出苗后 10 天左右,新生叶脉间失绿,呈淡黄色或白色,叶基部三分之二处尤为明显,故也叫“白苗病”。另外,叶子中、上部的脉间组织变薄,呈半透明黄色条纹状,叶片易沿条纹撕裂。生长中后期主要是叶脉间失绿,形成淡黄色和淡绿色相间的条纹,严重时呈棕褐色坏死。植株抽雄、抽丝期延迟,果穗秃顶或缺粒[图版 3-(4)]。

玉米施用锌肥,可促进早期发育,使开花期以后的呼吸作用减弱,有利于干物质积累,增加单株穗重、每穗粒数和千粒重。

#### (八) 锰

锰是叶绿体的结构成分,能促进碳水化合物的同化。同时,锰还是亚硝酸还原酶和羧胺还原酶的组成成分,由于锰本身化合价的改变,在植株进行硝态氮营养时,它起着还原剂的作用,而在植株进行铵态氮营养时,又起着氧化剂的作用。因此,锰对植株体内的氧化还原过程和含氮物质的合成十分重要。锰素的缺乏,除因其在土壤中的含量不足外,多是因土壤呈碱性反应或氧化还原电位偏高,使可利用态的二价锰被氧化成为高价的、稳定的二氧化锰,从而降低了锰的有效性。所以,一般在酸碱度大于 6.5 的轻质石灰性土壤和碱性土壤上,多表现缺锰症状。

玉米缺锰时,幼叶的脉间组织逐渐变黄,但叶脉及其附近部分仍保持绿色,因而形成黄、绿相间的条纹,叶片也弯曲下披。根系细长,呈白色。严重缺锰时,叶片会出现黑褐色斑点,并逐渐扩展到整个叶片[图版 3-(4)]。但是,如果玉米吸收锰素过多,就会在老叶边缘和尖端出现褐色斑点,甚至焦枯,但叶片不失绿。此外,锰过剩还会诱发玉米缺铁症。

华北平原一带的石灰性土壤,锰的可给性较低。江苏北部由黄河冲积物发育成的黄潮土中,代换态锰和易还原态锰的含量常低于缺锰临界指标。据中国科学院南京土壤研究所 1973~1975 年在徐、淮地区 10 处玉米施锰试验结果看出,施用锰肥的玉米,一般可增产 5.4~15.7%。

除上述几种矿质养分外,对缺钼、铜、镁等元素的土壤适时适量施用所缺的营养元素,不仅对玉米生理过程中的酶有刺激作用,同时还可以改善和提高玉米的品质和产量。

### 五、土 壤

玉米对土壤的要求并不十分严格,我国的黑土、草甸土、黄壤及红壤等,都可以种植玉米。但是由于玉米根系庞大,需要的养分、水分很多,为了保证稳产高产,仍需要有土层深厚、疏松,保水、保肥能力强,有机质含量丰富的土壤。土壤性质可以影响到土壤的水分、温度和空气状况。一般地,质地粘重的土壤,结构紧密,通气不良,春季地温上升缓慢,但保水、保肥能力较强;质地疏松的砂质土壤虽然通气性较好,春季地温上升快,有利于幼苗生长,但保水、保肥能力较差。

玉米对土壤中空气含量反应十分敏感,它和棉花一样,都是要求土壤通气性好、空气容量大的喜氧作物。一般最适于玉米生长的土壤含氧量为10~15%。根系进行呼吸作用所需要的氧气,主要依靠土壤空气提供。玉米根系的呼吸强度比小麦高10倍左右,因此,当土壤中空气不足时,即会影响玉米根系的呼吸代谢活动及其对各种营养元素的吸收能力,特别是对钾和氮的吸收影响最大。在土壤通气不良的条件下,玉米吸收各种营养元素的能力降低,其顺序是:钾>钙>镁>氮>磷,而在土壤通气良好的条件下,对各种营养元素的吸收能力增强,其顺序则是:钾>氮>钙>镁>磷,因此,通气良好的土壤可以提高玉米对氮素的吸收能力,发挥氮肥肥效。相反,在通气不良的土壤上,即使氮素充足,也往往会表现出缺氮症状,并会使根系的无氧呼吸增强,消耗大量有机质,影响玉米的生长发育。

玉米一生所需要的各种养分,主要是从土壤中吸收的。一般高产稳产玉米田,土壤耕层有机质含量都在1.0~1.5%,速效氮约70ppm,速效磷约20ppm,速效钾含量为150ppm。亩产玉米千斤以上的土壤,有机质和速效性氮、磷、钾的含量更高。土壤有机质含量高,水稳性团粒结构多,潜在肥力大,各种养分比例适当,速效养分丰富,不仅能提高土壤的供肥能力,而且能持续均衡地供应养分,保证玉米生长期中不脱肥,不早衰,正常成熟,获得高产。

当前,我国土壤有机质含量比较低,除东北地区某些黑土有机质含量较高外,一般都不到1%,南方的土壤有机质含量则更少。因此必须增施有机肥料,种植绿肥作物,以培肥土壤,才能进一步提高玉米产量。

土壤的酸碱度和含盐量对玉米生长也有很大影响。适宜于玉米生长的土壤酸碱度为5~8。强酸性、强碱性土壤都不适宜玉米生长。土壤溶液的酸碱度为6.5~7.0,接近中性反应时,对玉米生长最为有利。酸碱度在5.5以下的酸性土壤,应当施用适量石灰中和酸性,才能使玉米生长发育良好。同时酸性土壤一般都缺乏有机质、可溶性的磷、钾和有效氮、镁,应注意施用有机肥和氮、镁肥料。

玉米对盐碱浓度的反应,随玉米生育期的不同而异。发芽时耐盐能力最强,苗期最差,拔节、抽穗期较强。据华北农业科学研究所1957年的研究表明,土壤中氯化钠含量从0.2%增至0.5%时,玉米种子发芽率与不含氯盐的对照处理并无差异;含盐量增加到0.6%时,发芽率仍为对照的64%。苗期土壤中含盐量为0.3%时,对幼苗即有不同程度的影响,尤以7~8叶期株高40~50厘米时,受盐为害最为明显。因此,在盐碱较重的土壤上栽培玉米,必须进行土壤改良。

#### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编:中国玉米栽培,上海科学技术出版社,1962。
- [2] 山东省农业科学院主编:玉米栽培技术,农业出版社,1981。
- [3] 山东农学院:玉米栽培,1977。
- [4] 山东省农业科学院玉米研究所主编:玉米生理(油印本),1981。
- [5] 《中国科学院微量元素学术交流会汇刊》编辑小组:中国科学院微量元素学术交流会汇刊,科学出版社,1980。
- [6] 朱献成等:应用<sup>14</sup>C研究夏玉米不同节位叶片的生理功能(油印本),1963。

- [7] 任其云: 玉米不同生长阶段“生长中心”和“供长中心叶”的探讨, 植物学报, 第 2 期, 1975。
- [8] 刘芷宇等: 主要作物营养失调症状图谱, 农业出版社, 1982。
- [9] 孙羲主编: 土壤养分、植物营养与合理施肥, 中国土壤学会农业化学专业会议论文选集, 农业出版社, 1983。
- [10] 李伯航: 玉米, 人民教育出版社, 1960。
- [11] 李伯航等: 玉米器官建成的主次关系的研究, 作物学报, 第 1 卷, 第 4 期, 1962。
- [12] 李济生等: 玉米叶片的研究(油印本), 1980。
- [13] 沈阳农学院: 1977 年玉米分期播种试验初报, 农业气象资料, 第 2 辑, 1978。
- [14] 沈阳农学院: 作物栽培学, 第一分册, 沈阳农学院, 1965。
- [15] 吴荣凯等: 稻株体内干物质增长与分布的研究, 作物学报, 第 4 卷, 第 3 期, 1965。
- [16] 张瑞波: 夏玉米栽培中几个生物学问题的初步研究(油印本), 1976。
- [17] 张瑞波: 玉米叶的研究(油印本), 1977。
- [18] 沈阳农学院科技情报室编: 玉米生理, 沈阳农学院, 1978。
- [19] 吴绍骥等: 玉米栽培生理, 上海科学技术出版社, 1980。
- [20] 郑丕尧等: 夏玉米农大 54 的生育进程及其某些生物学性状与栽培技术措施间相关效应的初步观察, 北京农业大学学报, 第 2 期, 1980。
- [21] 郑丕尧等: 夏播京早 7 号玉米器官干物质积累和输出动态的研究(初稿)(油印本), 1981。
- [22] 莱阳农学院: 谈谈夏玉米合理用肥的问题, 农业科技资料, 第一期, 莱阳农学院, 1976。
- [23] 胡昌浩等: 夏玉米同化产物积累与养分吸收分配规律的研究(油印本), 1981。
- [24] 黑龙江省金沙农场科研站: 玉米贪青晚熟原因的初步分析, 科技通讯, 第三期, 黑龙江省牡丹江国营农场管理局科学技术委员会, 1977。
- [25] 黑龙江省宝泉岭农管局中心气象站: 抗低温、促早熟、夺高产的措施, 宝泉岭科技, 第 1 期, 黑龙江省宝泉岭国营农场管理局科学技术委员会, 1977。
- [26] 黑龙江省牡丹江管理局科研所栽培组: 嫩单 1 号玉米生长发育规律的初步观察, 科技通讯, 第三期, 黑龙江省牡丹江国营农场管理局科学技术委员会, 1977。
- [27] 黄超武等: 水稻品种在生长发育过程中干物质积累与运转的研究, 作物学报, 第 2 卷, 第 1 期, 1963。
- [28] 彭克明、裴保义主编: 农业化学(总论), 全国高等农业院校试用教材, 农业出版社, 1980。
- [29] 鲍文奎等: 肥料对作物生长和发育的影响, II. 水稻生长中心的转移与养料的运转, 农业学报, 第 7 卷, 第 2 期, 1956。
- [30] 《玉米遗传育种学》编写组编: 玉米遗传育种学, 科学出版社, 1979。
- [31] 全国高等农林院校试用教材, 作物栽培(北方本), 农业出版社, 1980。
- [32] 全国高等农林院校试用教材: 作物栽培(南方本)玉米, (送审稿), 1978。
- [33] P. N. 埃格夫巴等著: 玉米的干物质积累对去叶的反应(高学曾译), Agronomy Journal, vol. 68, No. 1, 1976 年。
- [34] Ф. М. 库别尔曼等著: 玉米形态学(蔡可译), 1966 年, 上海科学技术出版社。
- [35] 田中明等: 玉米生育期间呼吸能力的变化与干物质生产的关系(陈维新译), 玉米营养生理研究(第六报), (日)土壤肥科学, 第 42 卷, 第 2 号, 1971 年。
- [36] 田中明等: 玉米生育期间光合作用的变化(陈维新译), 玉米营养生理(第五报), (日)土壤肥科学, 第 42 卷, 第 1 号, 1971 年。
- [37] 田中明等: 在干物质生育中源和库相对意义的分析(张宪汉译), 玉米营养生理(第七报), (日)土壤肥科学, 第 42 卷, 第 4 号, 1971 年。
- [38] 石塚喜明等: 玉米生育期间同化产物与养分吸收的研究(陈维新译), 玉米营养生理研究(第一报), (日)土壤肥科学第 38 卷, 第 11 号, 1969 年。



## 第四章 玉米产量形成的生理基础

玉米植株的总干物质产量，称为生物产量。这些干物质中，除5%左右为矿质元素外，其余95%左右是来源于光合作用产物。在进行光合作用形成光合产物的同时，太阳光能可转化为化学能，贮存于光合产物中，这些能量是植物生命活动的基本动力。玉米光合作用的主要器官是叶子，在玉米生长发育过程中，可以不断进行光合作用，积累干物质，直至最后籽粒成熟。由于玉米光合器官结构的特殊性，致使其光合生理特性与稻、麦不同。

### 第一节 玉米光合器官的结构及其光合特性

玉米是C<sub>4</sub>植物，其光合器官中维管束鞘的发育程度，叶肉细胞的排列方式，叶绿体的分布状况以及酶系统的种类等，均与水稻、小麦等C<sub>3</sub>植物有所不同，而且其光合特性也不一样，主要表现是玉米的光呼吸低，光饱和点高，光补偿点低，光能利用率高，因此有利于产量的进一步提高。

#### 一、玉米光合器官的结构

玉米叶子是进行光合作用的主要器官，其叶片的解剖结构与水稻、小麦等作物有明显的不同；玉米叶片的同化组织以维管束为中心，呈放射状层状排列，最内层为薄壁维管束鞘细胞，维管束鞘细胞中含有很多叶绿体，维管束鞘细胞周围又包围着叶肉细胞，它比维管束鞘细胞小，也含有叶绿体，两者都可进行光合作用。维管束鞘细胞与叶肉细胞之间有胞间连丝相连，为两种细胞间物质交流的通道。水稻的维管束鞘细胞较小，不含叶绿体，不能进行光合作用，只有周围排列松散的叶肉细胞中含叶绿体，能进行光合作用；而玉米的光合作用则是由维管束鞘细胞和叶肉细胞共同进行的。玉米叶片的解剖结构如下(图4-1)。

玉米叶肉细胞中叶绿体的结构，与维管束鞘中的叶绿体结构不同，叶肉细胞中的叶绿体，具有一些深绿色的区域，称为基粒。此外还有一些均匀的基础物质，称为间质。维管束鞘细胞中的叶绿体，除含有淀粉粒外，其余全是比较均匀的间质，没有基粒。

玉米叶子的叶绿体，主要含有两类色素，一类是叶绿素，呈绿色，它又分为呈蓝绿色的叶绿素a和呈黄绿色的叶绿素b两种，玉米叶绿素a/b的比率较稻、麦为高；另一类是类胡萝卜素，它包括两种色素，即胡萝卜素和叶黄素，胡萝卜素呈橙黄色，叶黄素呈黄色。以上四种色素都能吸收光能，其中以叶绿素a在光合作用中最为重要，称为反应中心色素，具有光化学活性；其他三种色素称为聚光色素，它们吸收的光能，要传给叶绿素a才能引起光化学反应。

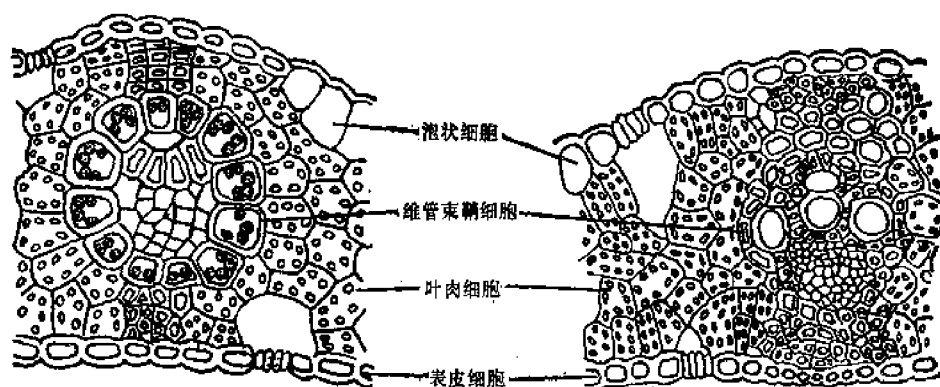


图 4-1 玉米叶片的解剖结构

叶肉细胞与维管束鞘中的酶系统也有差别。叶肉细胞含有大量磷酸丙酮酸双激酶和磷酸烯醇式丙酮酸(PEP)羧化酶, 而含 1,5-二磷酸核酮糖(RuDP)羧化酶和乙醇酸氧化酶则较少; 维管束鞘细胞所含的酶则与此相反。磷酸丙酮酸双激酶可以催化丙酮酸和三磷酸腺苷(ATP)形成磷酸烯醇式丙酮酸, 磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶能催化磷酸烯醇式丙酮酸固定二氧化碳, 形成草酰乙酸。1,5-二磷酸核酮糖羧化酶是卡尔文循环中最关键的酶, 也是产生磷酸乙醇酸的酶, 乙醇酸氧化酶是光呼吸中的一种关键酶。

## 二、玉米的光合特性

### (一)光呼吸低

植物在光下利用二氧化碳和水合成有机物质, 并放出氧气, 同时把光能转化成化学能贮存在有机物中, 这种作用即为光合作用。光合作用大致分为三个步骤, 即光能吸收, 光能转化为电能和化学能, 以及二氧化碳被固定和还原。不同植物对二氧化碳固定的方式是不同的, 在四十年代到五十年代中期, 发现二氧化碳被某些植物吸收后, 与 1,5-二磷酸核酮糖发生作用, 生成 3-磷酸甘油酸(PGA); 1,5-二磷酸核酮糖即为二氧化碳的受体。二氧化碳与 1,5-二磷酸核酮糖结合后生成不稳定的中间产物, 这个中间产物又很快分解成二个分子的 3-磷酸甘油酸; 因此二氧化碳就被固定成 3-磷酸甘油酸。3-磷酸甘油酸是一种含三个碳的化合物, 按这一途径进行光合作用的植物称为  $C_3$  植物, 如小麦、水稻等。

到六十年代中期, 又发现某些植物在进行光合作用中, 二氧化碳的受体不是 1,5-二磷酸核酮糖, 而是磷酸烯醇式丙酮酸, 它和二氧化碳作用生成草酰乙酸。从草酰乙酸羧基脱出的二氧化碳, 又与 1,5-二磷酸核酮糖结合, 再被固定成 3-磷酸甘油酸。因为草酰乙酸含有四个碳原子, 所以这个反应途径称为  $C_4$  途径, 按这一途径进行光合作用的植物称为  $C_4$  植物, 如玉米、甘蔗等。

$C_4$  植物的光合特性与  $C_3$  植物不同。作为  $C_4$  植物的玉米, 其光合特性是光呼吸低, 光饱和点高, 光补偿点低。玉米的光呼吸之所以低, 与其光合器官的解剖结构及其生物化学进程有关。

光呼吸发生在过氧化物体(亦称微粒体)中, 所有高等植物的光合细胞中都有过氧化物



体,但  $C_3$  植物叶肉细胞含过氧化物体较多,  $C_4$  植物叶肉细胞含过氧化物体则较少。过氧化物体位于叶绿体附近,它含有乙醇酸氧化酶和过氧化氢酶,能把由叶绿体运来的乙醇酸分解;乙醇酸氧化酶的活性与光呼吸强弱有密切关系。

$C_3$  植物只有叶肉细胞含叶绿体,能进行光合作用。叶肉细胞排列疏松,与外界空气接触较充分。叶肉细胞中的羧化酶,主要是 1,5-二磷酸核酮糖羧化酶,含乙醇酸氧化酶也较多。1,5-二磷酸核酮糖羧化酶具有双重的催化活性,在二氧化碳浓度较高的情况下,可催化 1,5-二磷酸核酮糖与二氧化碳结合,发生羧化作用,产生二个分子的 3-磷酸甘油酸;在二氧化碳浓度低、氧浓度高的情况下,又可催化 1,5-二磷酸核酮糖与氧结合,发生加氧作用,生成一个分子的 3-磷酸甘油酸和一个分子的磷酸乙醇酸;磷酸乙醇酸在磷酸酯酶催化下转化为乙醇酸。乙醇酸是光呼吸的底物。乙醇酸在乙醇酸氧化酶的作用下,被氧化为乙醛酸和过氧化氢;过氧化氢分解放出氧,乙醛酸在转氨酶的作用下从谷氨酸得到氨基,形成甘氨酸;甘氨酸进一步转化为丝氨酸并放出二氧化碳。因为  $C_3$  植物叶肉细胞中乙醇酸氧化酶活性较高,所以光呼吸较强。

$C_4$  植物的叶肉细胞和维管束鞘细胞都含有叶绿体,它的光合作用是由两种叶绿体合作完成的,因此净光合强度大。叶肉细胞主要含磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶,含 1,5-二磷酸核酮糖羧化酶则较少,含乙醇酸氧化酶也很少,因此玉米叶肉细胞基本不进行光呼吸。玉米维管束鞘细胞中虽然含有较多的 1,5-二磷酸核酮糖羧化酶和乙醇酸氧化酶,但由于一方面维管束鞘细胞外包围有紧密的叶肉细胞,叶肉细胞含有较多的磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶,可促进磷酸烯醇式丙酮酸和二氧化碳结合,另一方面维管束鞘细胞中由于光呼吸产生的二氧化碳,又可被叶肉细胞再次吸收利用,而不易逸散。因此损失碳源少,光合效率高,有利于有机物质的积累(表 4-1)。

表 4-1 不同植物单叶的净光合生产率

(毫克  $CO_2$ /分米<sup>2</sup>·小时)

植 物 种 类	玉 米	小 麦	水 稻
净光合生产率	46~63	17~31	12~30

### (二)光饱和点高,光补偿点低

植物的光合作用,在一定的光照强度范围内,随着光照强度的增大,光合作用强度也增大,吸收的二氧化碳多于放出的二氧化碳,光合产物增加;当光照强度增加到一定程度,光合作用强度即不再增加,这时的光照强度称为光饱和点。在光饱和点以下,随着光照强度的减弱,光合作用强度下降,吸收的二氧化碳也减少;当光照强度减弱到一定程度时,植物吸收的二氧化碳量等于呼吸放出的二氧化碳量,这时的光照强度称为光补偿点。各种作物的光饱和点和光补偿点是不同的。小麦、水稻、大麦、大豆等  $C_3$  植物,在光照强度为 3~5 万米烛光时,即达到光饱和点,因此,这些植物称为光饱和型;玉米等  $C_4$  植物,当温度适宜时,即使在 10 万米烛光下,也未曾测得光饱和点。光补偿点在各种植物中也不一样,玉米的光补偿点很低,一般为 300~1800 米烛光,但往往因玉米品种而异。

玉米由于光饱和点高,光补偿点低,因此光能利用率高,有利于干物质积累,故其生长速度亦快。

## 第二节 玉米产量的形成

玉米产量的形成,与干物质的积累和分配有密切关系,而产量的高低,则取决于产量容“库”的大小以及产量内容“源”的供应状况,同时还受光合产物运转速度“流”的制约。因此,改革种植制度,加强肥水管理,协调营养物质的供需矛盾,培育壮苗,促进繁茂营养体的形成,以提高光合产物制造量,才能充分发挥玉米的增产潜力。

### 一、玉米干物质积累与栽培技术的关系

玉米从出苗到成熟,植株干物质积累速度有规律地变化着。据黑龙江省嫩江地区农业科学研究所的分析,在嫩江地区,玉米从出苗到拔节所需时间,约占全生育期的  $1/4$  或  $1/3$ 。这一阶段群体叶面积很小,干物质增长较少,每亩干物质仅为 26.5 斤,占总干物重的 1% 略多,平均日增长量为 0.8 斤;从拔节到蜡熟期,时间约为 2 个月,占全生育期的  $1/2$ ,干物质重量由 26.5 斤增加到 1723.8 斤,纯增 1697.3 斤,占总干物重的 80% 以上,平均日增 27

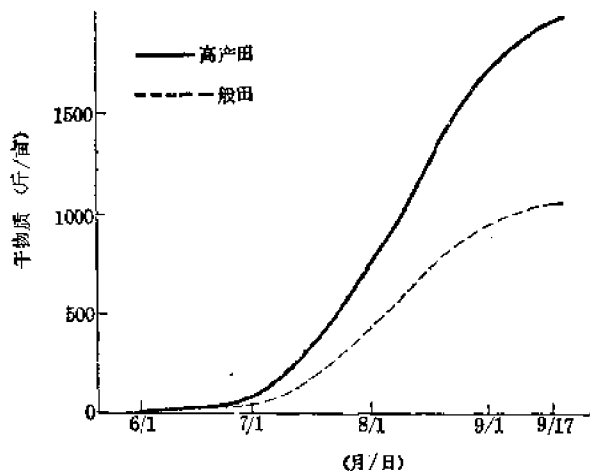


图 4-2 春播玉米干物质积累动态  
(刘百韬等,1981)

斤。本阶段干物质积累速度近于直线增长(图 4-2);此后为缓慢增长阶段,所经历的时间为 20 天左右,约占全生育期的  $1/6$ ,干物质纯增 269.7 斤,占总干物重的 13.5%。这一阶段积累的干物质,主要供籽粒生长。

不同产量水平的玉米群体,虽然在干物质积累过程中都具有相似的趋势,但最终干物质总量则有明显差异。例如在干物质直线增长阶段,日增量为 27 斤时,最终干物质为 1993.5 斤;日增量为 41.3 斤时,最终干物质为 2940.7 斤;日增量只有 14.8 斤时,最终干物质仅

1049.8 斤。总之,嫩江地区亩产千斤左右的春播玉米群体,比较理想的干物质积累过程是:出苗到拔节,干物质积累量为 23~30 斤;抽丝期干物质积累量在 1000 斤左右,成熟时达到 2000 斤以上。从玉米单株看,当密度为 4113 株/亩、亩产 1142 斤时,在开花授粉期,全株干重为 132.6 克,成熟时为 283.3 克。

据八十年代初期山东省烟台地区对玉米鲁玉 2 号试验看出,当每亩种植密度为 4000~4500 株/亩、亩产 1200 斤以上时,不同生育期每亩所积累的干物质是:出苗到拔节期为 17 斤,拔节到小喇叭口期为 280 斤,小喇叭口到大喇叭口期为 240 斤,大喇叭口到开花期为 600 斤,开花到乳熟期为 1200 斤,乳熟到蜡熟期为 300 斤;全生育期总干物重为 2600 斤左右。

玉米大量干物质积累是在穗期和花粉期,这种趋势与光合势的发展动态是一致的。

玉米干物质积累过程与环境条件和栽培技术都有密切的关系。在生产水平不同的条件下,玉米单株干物质的积累情况也显著不同。据 1983 年陕西省农业科学院鲍巨松的试验调查,在亩产 500 斤左右和亩产 800 斤以上的生产水平下,不仅单株干物重的积累过程不同,而且经济系数也有显著差异(表 4-2)。

表 4-2 不同生产水平与玉米干物质积累的关系(克/株)

(鲍巨松, 1983)

品 种	测定 时 间		拔节期	抽雄期	成熟期	亩产量(斤)	经济系数(%)
	生产 水平						
陕单1号	高 产 田		14.41	110.2	340.9	821.1	40.14
	低 产 田		13.21	88.3	266.5	483.7	30.25
陕单7号	高 产 田		14.61	118.4	342.1	838.4	40.85
	低 产 田		13.14	83.1	271.4	569.3	34.95

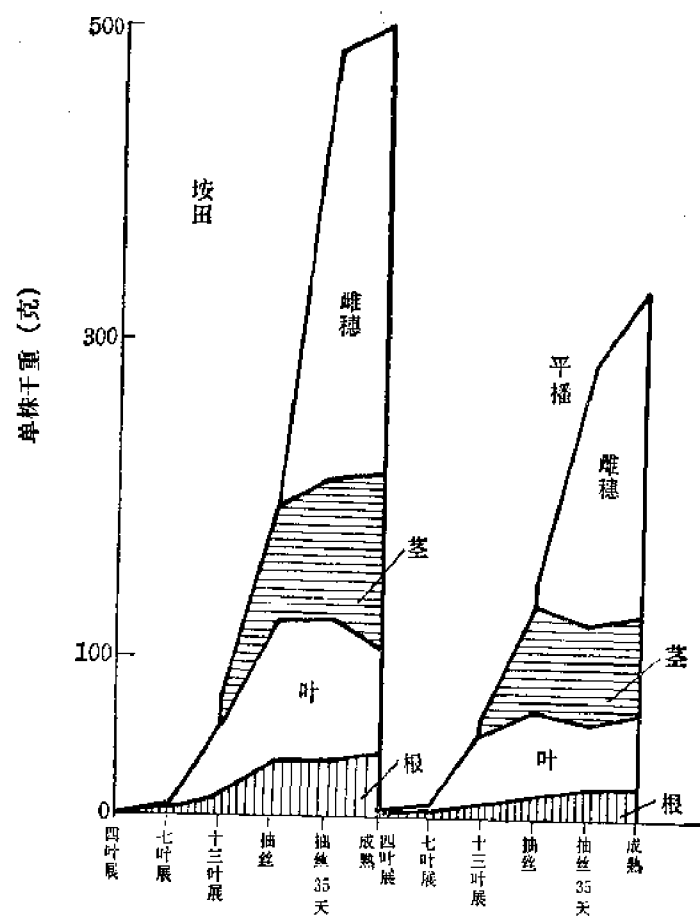


图 4-3 不同耕作方式对玉米各器官干物质积累的影响  
(北京市密云县农业科学研究所, 1981)

由上表可以看出,要获得玉米高产,前期培育壮苗,后期植株生长粗壮,才能有较高的产量。在合理留苗的田块里,陕单1号及陕单7号玉米,在拔节期时如果单株不足14克,即为弱苗,应增施肥料,加强管理;抽雄期单株不足110克,则标志着植株生长不够健旺,应加强肥水管理以提高光合强度,才有可能获得高产。

耕作方式对玉米干物质积累过程的影响也很显著。例如,玉米按田种植的干物质积累过程,明显地高于平播玉米(表4-3)。

表 4-3 不同耕作方式玉米地上部干物质的增量(克/株)

(北京市密云县农业科学研究所,1981,新城子)

日期(月/日)	5/12~5/28	5/28~6/15	6/15~7/8	7/8~7/20	7/20~9/6	9/6~9/15
按 田	0.04	0.14	2.75	9.19	5.74	1.22
平 播	0.06	0.18	2.31	6.23	2.71	5.97

从整株玉米看,不论地上部或根系,按田种植都比平播玉米积累的干物质多,雌穗干物重也是按田高于平播(图4-3)。

## 二、产量容积与产量内容的“库”、“源”关系

玉米籽粒的形成必须具备两个条件。一方面要有经过授粉并能进一步发育的种子,也就是“库”,或者叫产量容积;另一方面要使这些授粉以后的种子,在整个发育过程中能不断地得到光合产物的供应,这就是“源”,或者叫产量内容。关于“库”与“源”的研究,实质上是产量形成研究的具体化。籽粒产量一方面取决于授粉时所形成的籽粒生长潜力,同时还取决于从授粉到成熟这一阶段所提供的光合产物数量。“库”的大小,可以每株的籽粒数和每个籽粒的潜在重量的乘积来估算。而供充实籽粒所需要的光合产物数量“源”,可由灌浆期间净光合积累,加上植株在开花授粉前积存于茎秆、叶鞘、叶片中的光合产物的数量来估算。

### (一)产量容积的建成

玉米产量容积由以下四个因素构成:

$$A(\text{每平方米雌穗数}) \times B(\text{每个雌穗上分化发育成的粒数}) \times C(\text{受精率}) \times D(\text{根据籽粒大小上限计算的潜在重量})。$$

其中:  $A$  是由播种保苗到授粉灌浆期决定的;  $B$  是在雌穗分化阶段由水分、矿质营养以及有机营养供应状况决定的,它和  $A$  具有相当高的负相关性;  $C$  是由授粉受精期间的条件决定的,  $D$  是由遗传特性决定的。

1. 影响有效穗数的主要因素 种植密度、营养物质和水分供应状况、通风条件以及病虫害等,都是影响有效穗数的重要因素。

除个别遗传型造成的空秆外,外界条件不正常而使雌穗不能完成其全部发育过程,或产生不正常的雌穗,如丝黑穗病植株等,也都可能形成空秆。黑龙江省嫩江地区农业科学研究所1973~1975年在龙江县基点进行的玉米空秆调查结果,因丝黑穗病而造成的空秆占空秆总数的41.03~62.50%。河北农业大学的调查也有类似结果,玉米因黑粉病而造成的空

秆,竟占空秆总数的55%。玉米螟为害严重时,玉米器官遭到损伤,养分运输受阻,也会影响果穗的正常发育而造成空秆。

光照不足会影响玉米的光合作用,从而影响雌穗分化和发育所需要的有机养分的供应。所以,在过度密植时,玉米的空秆率成倍增加。据河北省唐山地区农业科学研究所试验,在密度每亩3000株,净同化率为 $6.93 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{日}$ 的条件下,空秆率为10%;而密度每亩6000株,净同化率为 $3.81 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{日}$ 时,空秆率上升到34.2%。

晚苗和三类苗也是产生空秆的主要原因之一。据黑龙江省嫩江地区农业科学研究所1973~1975年调查,因晚苗和三类苗造成的空秆,占空秆,总数的35.50~46.68%。

双穗对穗数的影响也很大。目前大多数试验都证明,在密植条件下,具有双穗性的品种,空秆率比单穗品种低,其稳产性也较好。产生双穗首先要求上、下两个雌穗自始至终基本上处于同一分化阶段或相邻阶段,否则,即使下面的雌穗能抽丝开花,也可能授不上粉。其次要求植株生长健壮,同化产物多,否则即使上、下两雌穗同时开花授粉,位于下面的雌穗也可能因得不到有机营养的供应而逐渐停止发育。

2. 影响穗粒数的主要因素 玉米茎的顶端分生组织在叶片形成时呈半球形,分生组织开始伸长以及雄穗小花开始分化,就标志着营养生长阶段的结束。当雄穗进入小花分化期时,上部茎节上的腋芽即进入生长锥伸长期,此时正是拔节期。直到雄穗抽出时雌穗花丝才开始伸长。在雌穗分化过程中,决定粒行数的关键时期是雌穗小穗分化期和小花分化期。因为到了性器官形成期,顶部生长锥即不再伸长,且粒行数已经固定。但是,在小穗、小花分化期分化的粒行数,不一定都能得到发育。开花授粉期和灌浆初期的条件对实际发育的粒行数有很大的影响。因此,决定穗粒数的时期一般应该包括从小穗分化开始到灌浆初期45天左右的时间,这一时期的营养状况,包括有机营养和水分条件,是影响玉米粒行数的主要因素。据陕西省农业科学院粮食作物研究所1980年的施肥试验结果,氮、磷肥以适当比例配合施用(每亩施 $\text{N}$ 12斤, $\text{P}_2\text{O}_5$ 18.8斤),比不施肥或单纯施用氮、磷肥以及氮磷配合不当的,穗粒数平均多105粒,产量增加9.8~24.9%(表4-4)。

表 4-4 增施氮、磷肥对夏玉米穗粒数和产量的影响

(陕西省农业科学院粮食作物研究所,1980)

处 理	行 粒 数	穗 粒 数	千粒重(克)	产量(斤/亩)	增产(%)
$\text{N}_0 + \text{P}_0$	27.3	374	245.6	492.1	—
$\text{N}_0 + \text{P}_{18.8}$	30.3	424	264.4	550.3	11.8
$\text{N}_{12} + \text{P}_0$	30.8	431	253.8	551.6	12.1
$\text{N}_{12} + \text{P}_{18.8}$	37.6	545	275.6	614.8	24.9
$\text{N}_{24} + \text{P}_0$	31.2	540	266.2	640.1	9.8
$\text{N}_{24} + \text{P}_{18.8}$	30.7	430	266.6	560.1	13.8

\* 品种为陕单7号

水分对玉米穗粒数也有显著影响。据黑龙江省嫩江地区农业科学研究所1971年试验,玉米拔节期遇旱灌溉,每穗粒数比对照增加97.6粒,千粒重增加11.2克,产量提高25.49%

(表 4-5)。

表 4-5 拔节期灌水对玉米穗粒数、千粒重及产量的影响

(黑龙江省嫩江地区农业科学研究所, 1971)

处 理	穗 粒 数	千粒重(克)	产量(斤/亩)	增产(%)
拔节期灌水	530.3	250.1	876.00	26.49
对 照	432.7	238.9	698.08	--

## (二)产量内容的形成

玉米产量内容由三个因素构成, 即

$$\frac{\text{每平方米产量内容}}{(\text{收获时实际籽粒产量})} = \frac{\text{收获时每平方米}}{\text{实际有效穗数}} \times \text{每穗实际粒数} \times \text{实际粒重}$$

穗粒内容的充实主要依赖于玉米开花授粉以后到灌浆成熟期间的同化产物, 同时也部分地依靠前期储存于茎秆、叶鞘和叶片中的光合产物, 可能还有根部的同化产物。

1. 前期储存的有机养分的再分配与再利用 在营养生长期, 茎秆中一般不积累碳水化合物, 可能由于光合产物全部用于植株生长所致。营养生长结束后、籽粒开始迅速生长前, 植株生长活动明显减弱。在此期间, 光合作用并未相应降低, 所制造的碳水化合物积累在植株的储藏组织中。Hume 和 Campbell 1972 年指出, 在当地的气候条件下, 从茎秆中输出的可溶性物质相当于籽粒最终产量的 20%。说明玉米暂时储藏的贡献还是小的, 而水稻在抽穗前储藏的碳水化合物对产量的贡献约为 30%。因此, 玉米产量内容的生产绝大部分是在开花后进行的。

2. 开花授粉到成熟期间的灌浆过程 从开花授粉到成熟, 是果穗发育、籽粒灌浆的过程。而且籽粒的形成, 绝大部分依赖于开花授粉后的光合产物。

(1) 灌浆期间果穗及籽粒的形态变化: 玉米雌穗的发育首先从穗轴开始, 以后才是籽粒的灌浆。所以, 前期籽粒占果穗的比重较小, 后期逐渐增大。据莱阳农学院的观察结果, 果穗长度在受精前增长最快, 受精后 7 天内继续伸长, 10 天后即停止伸长; 果穗粗度随籽粒长度的增加而增加, 至受精后 20~27 天接近最大值, 而穗轴粗度至受精后 14 天即很少增加。由此可以看出, 在果穗形成过程中, 受精前有机物的输送似乎是以穗轴为主, 受精后不久即转向籽粒输送为主。籽粒体积以受精后 25 天内的增长速度最快, 千粒体积日增 10 立方厘米, 至受精后 43 天接近种子正常大小, 此时籽粒含水量在 30% 以上, 有机物仍缓慢地向籽粒输送。籽粒长、宽、厚度的具体变化, 受精后 12 天内主要是增加厚度, 20 天内宽度增长最快, 而长度的增长时间较长, 直到收获前才逐渐停止。至于胚的长、宽、厚度的变化趋势, 基本与籽粒一致。

(2) 籽粒重量及含水量的变化: 玉米籽粒鲜重在受精后迅速增加, 一般至受精后 35 天接近最大值, 平均千粒重日增 11 克左右, 此时籽粒含水量约为 36%。故受精后的 35 天内是有机物质和水分向籽粒输送的关键时期。籽粒干重的增长过程, 基本上和鲜重的增长一致, 但在受精后的 35 天内, 鲜重的增长速度大于干重的增长速度。

籽粒含水量在受精后 15 天内增长最快, 平均千粒日增量约为 8 克, 受精后 15~35 天的

20 天内,含水量处于平稳阶段,也是干重迅速增长的时期。可以认为,延长籽粒含水量的平稳阶段,有利于籽粒重量的增加。脱水过早,对籽粒积累干物质是不利的。

玉米籽粒的灌浆过程大体可分为三个时期(图4-4),第一个时期是从抽丝至籽粒形成并开始进入最大生产率的时期。在良好的条件下,接着有一个几乎呈线性增长的时期,此为第二时期。以后进入增长逐渐减慢的第三时期,直至成熟。籽粒增长绝大部分是在线性增长阶段进行的,因此要提高籽粒产量,就必须延长线性增长的时期。

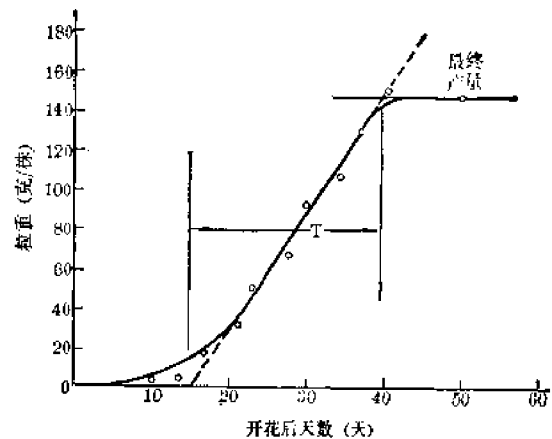


图 4-4 玉米籽粒灌浆的三个时期

“库”的容积大小与灌浆期长短并无明显的关系,而灌浆期间的光合强度以及同化产物的运输,却对灌浆期长短有一定影响。高纬度春玉米区如果在玉米灌浆期间遇到低温、干旱等不利的气候条件,玉米的光合强度或光合产物的运转速度就会降低。在这种情况下,即使灌浆经历的天数较长,但灌浆过程却未完成,籽粒仍不饱满。如果此时早霜降临,玉米就会遭受延迟型冷害而减产。

3. 后熟 近年来,由于品种及气候条件的影响,夏玉米在种麦前不能充分成熟,影响适时腾茬种麦。为了减少玉米提前收获所造成的减产损失,群众多将玉米收后不掰果穗堆藏一段时间,以提高粒重。据莱阳农学院 1976 年测定,玉米收获后的后熟对籽粒增重有一定的作用(表 4-6)。

表 4-6 各种后熟处理的粒重增长情况\*

(莱阳农学院, 1976)

处 理	项 目	收获时干重 (克/千粒)	堆藏 6 天后干重 (克/千粒)	堆藏 6 天后增重 (克/千粒)	增 长(%)
留地株		246	269	23	9.3
收时带根株		247	254	7	2.8
收时不带根株		249	253	4	1.6
收时掰果穗		230	231	1	0.4

\* 品种为丹玉 6 号。

### (三)影响玉米产量潜力发挥的限制因素

产量容积和产量内容的生产量究竟是由哪一方面来制约玉米产量的问题,目前看法尚不一致。山东省农业科学院玉米研究所生理室通过 1983 年的试验认为,在济南地区的自然条件下,限制玉米籽粒产量的因素究竟是“源”还是“库”,并不是绝对的,往往因品种而异。

如供试种鲁原单4号的千粒重比较稳定,变异系数为11.0%;而鲁单33×黄早4和鲁单35×黄早4的千粒重,因穗粒数不同,变异系数高达13.9~14.2%(表4-7)。

表 4-7 玉米籽粒千粒重的变异性

(山东省农业科学院玉米研究所生理室, 1983)

杂 交 种	千 粒 重(克)	变 异 系 数(%)	变化范围
鲁原单4号	224.3	11.0	159.7~253.3
鲁单33×黄早4	244.2	14.2	183.0~296.4
鲁单35×黄早4	290.0	13.9	218.3~335.3

抽丝期剪叶试验表明,鲁原单4号对剪叶具有强烈的反馈作用,净同化率随叶面积的减少而由4.53克/米<sup>2</sup>·日提高到10.70克/米<sup>2</sup>·日,其籽粒的干物质分配率对剪叶的反应则不甚敏感;鲁单33×黄早4和鲁单35×黄早4对剪叶的反馈作用很少,净同化率变化不明显,而其籽粒的干物质分配率却受到强烈影响,约由10%降低到2%。尽管后两个杂交种的光合能力较差,但动用和容纳干物质的能力却较强,因而成熟时的经济系数仍与鲁原单4号接近(表4-8)。

表 4-8 玉米抽丝期剪叶后的净同化率和成熟时籽粒的干物质分配率

(山东省农业科学院玉米研究所生理室, 1983)

杂 交 种	处 理*	植株净同化率(克/米 <sup>2</sup> ·日)	籽粒干物质分配率(%)	经济系数
鲁原单4号	不剪(ck)	4.53	5.4	0.51
	剪1/4	5.21	4.9	0.53
	剪1/3	10.35	4.4	0.52
	剪1/2	10.70	6.8	0.51
	全剪	—	1.5	0.01
鲁单33×黄早4	不剪(ck)	4.43	10.2	0.48
	剪1/4	5.12	9.8	0.48
	剪1/3	4.26	10.8	0.50
	剪1/2	7.73	8.6	0.44
	全剪	—	2.4	0.01
鲁单35×黄早4	不剪(ck)	5.76	10.7	0.53
	剪1/4	5.33	8.5	0.49
	剪1/3	5.37	8.8	0.52
	剪1/2	6.18	7.7	0.45
	全剪	—	2.2	0.01

\*剪叶时间: 鲁原单4号, 8/14; 鲁单33×黄早4, 8/17; 鲁单35×黄早4, 8/12。



除了“库”和“源”以外，由“源”到“库”还存在着一个“流”（运转和运转速度）的问题，而且在某种情况下，“流”还可能对产量产生重要影响。例如，在低纬度地区栽培的玉米，相当于茎秆重量 40% 的物质可能是蔗糖，但却没有全被用于籽粒的形成；而在高纬度地区，这些储存物质可能全被利用。

从目前一般生产情况看，“库”与“源”之间有着相辅相成的辩证关系。如果在拔节至抽穗期所采取的技术措施得当，则可促进“库”的增长，即促进玉米的幼穗分化，增加粒行数，同时建立相应的叶片、茎秆等营养体，为后期的“源”打下基础。“库”多了，又能促进后期的光合强度，而光合强度的增加，又不断地建成了实际的“库”。这些都说明，“库”与“源”二者是对立的统一。当然，关于“库”与“源”，目前还有许多问题需要进一步深入研究。

### 三、玉米籽粒产量与植株干物质产量的关系

玉米籽粒产量（即经济产量），在一定范围内随着整株干物质重量（即生物产量）的增加而提高，但是经济产量和生物产量之间相依赖的程度，因栽培技术和气候条件而不同。如山东省玉米生长季节，气温自西向东渐低；西部地区的泰安、莱芜、章丘三个县与东部地区的掖县，在玉米生物产量上大体相似；但经济产量却比东部地区的掖县明显减少（图 4-5）。玉米籽粒形成阶段，泰安、莱芜、章丘比掖县的玉米有机物质积累较少，经济系数也小（表 4-9）。

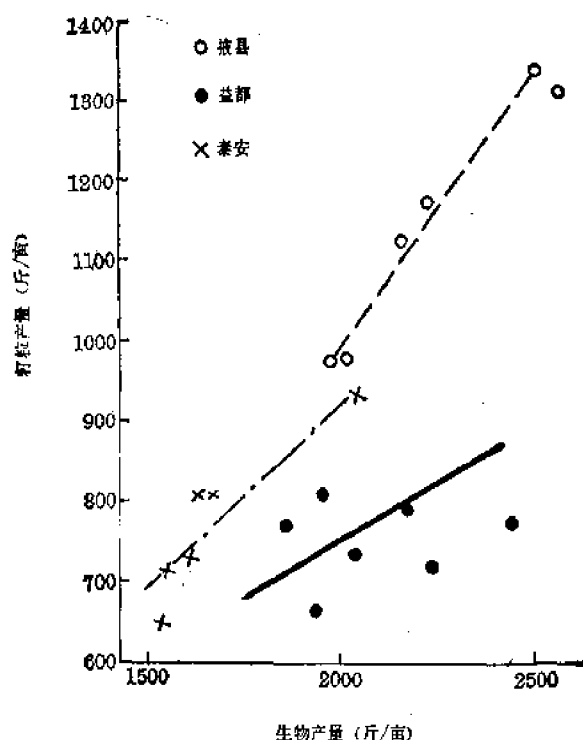


图 4-5 不同地区玉米生物产量与籽粒产量的关系  
(山东省农业科学院玉米研究所栽培室, 1982)

表 4-9 不同地区玉米的经济系数

(山东省农业科学院玉米研究所栽培室, 1982)

地 点	生 物 产 量 (斤/亩)	籽 粒 产 量 (斤/亩)	经 济 系 数	地上部营养器官干物重 (斤/亩)
泰 安	2048.05	754.90	0.37	1293.60
莱 芜	2086.12	788.17	0.38	1297.95
章 丘	2271.38	879.70	0.39	1391.68
益 都	1672.29	773.96	0.46	898.33
掖 县	2247.96	1154.29	0.51	1093.67

由此可以认为,在山东省玉米生产中,西部地区应充分发挥“库”的作用,依靠大穗提高产量;而东部地区则应充分发挥“源”的作用,适当增加密度,以提高产量。

### 第三节 构成玉米产量的因素

叶子是制造有机物质的主要器官,单位土地上的叶面积及叶面积的发展过程,与产量形成密切相关;叶子进行光合作用时间的长短,也影响玉米产量的形成;此外,叶子的光合强度,对产量形成也起重要作用。

#### 一、群体叶面积对产量形成的作用

群体叶面积的发展规律,将在第九章中详细论述。现着重谈群体叶面积对产量的影响,以及栽培措施对叶面积发展的影响。

##### (一)叶面积对产量的影响

叶面积指数是衡量作物群体叶面积大小的指标。在玉米群体发展过程中,叶面积指数由小到大,然后又下降,一般以玉米开花散粉时的叶面积指数最大。不同品种,不同产量水平的玉米群体,其各发展阶段的叶面积指数具有明显差异(图 4-6)。

从图 4-6 可以看出,在陕西省关中地区,夏播玉米亩产达到 800 斤以上,群体各发展阶段的叶面积指数大体是:拔节前为 0.4~0.6,抽雄期为 2.6~3.0,授粉灌浆期为 3.5~3.9,成熟期为 1.8~2.0;河北省中熟玉米品种高产田的叶面积指数,拔节期为 0.5~0.6,小喇叭口期为 2.0,大喇叭口期为 3.5,散粉期为 4.3~4.5,成熟期约为 2.0;新疆维吾尔自治区亩产 800 斤左右的玉米,最大叶面积指数为 3.0 左右,亩产千斤以上时,最大叶面积指数为 4.0 左右;同时也与玉米品种有着密切关系(表 4-10)。

据顾慰连等 1982 年在沈阳试验,我国东北地区亩产 1200~1400 斤的春播高产玉米群体,最大叶面积指数应达到 4.0 左右,大于 3.0 的时间持续 50 天以上,籽粒成熟时,叶面积指数仍需保持在 2.0 左右。又据黑龙江省嫩江地区农业科学研究所对大量千斤玉米叶面积发展过程的分析结果,各生育期的叶面积指数:拔节期为 0.3~0.4,抽雄期为 3.0 左右,抽

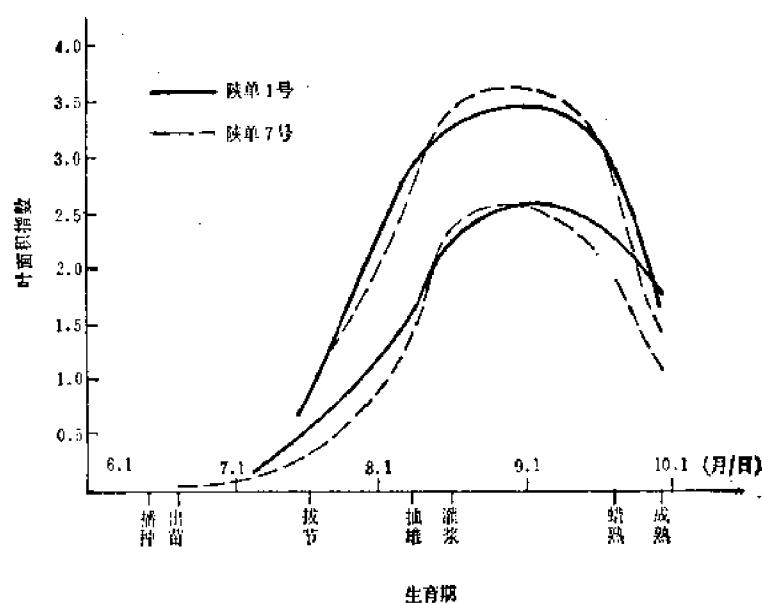


图 4-6 不同品种、不同产量的叶面积指数动态  
(鲍巨松, 1977)

表 4-10 不同品种玉米群体各发展时期的叶面积指数

(新疆石河子农学院, 铁木尔·吐尔逊等, 1989)

品 种	每亩株数	四叶期	拔节期	大喇叭口期	盛花期	乳熟期	完熟期	产量(斤/亩)
郑单 2 号	3500	0.035	0.7	2.4	4.1	3.6	3.0	1184.5
维尔 156	3500	0.034	0.7	2.4	3.1	2.7	2.2	903.3
维尔 42	3800	0.029	0.8	2.5	3.0	2.6	1.9	785.8
南黄 1 号	4500	0.029	1.0	3.5	4.9	4.1	3.3	1259.4

丝期达到 3.6 左右, 完熟期在 2.2 左右。

合理的叶面积指数是相对的, 在不同地区、不同年代, 合理的叶面积指数亦不完全相同。一般随着玉米高产群体的不断发展, 合理群体的叶面积指数也不断改变; 如在本世纪六十年代, 玉米高产田一般亩产为 750 斤左右, 最大叶面积指数为 3.0~3.5; 随着玉米高产品种的选育推广, 以及栽培技术的不断提高, 到七十年代末, 亩产超千斤的玉米高产纪录不胜枚举, 最高亩产达到 1800 多斤。因此, 合理叶面积指数也随之增高, 一般最大叶面积指数为 4.0~4.5, 稳定期保持 20 天左右, 成熟时叶面积指数不小于 2.0, 这样的群体较易获得高产。

## (二)栽培措施对叶面积发展的影响

种植密度、施肥方式、播种时期等都影响到玉米叶面积的变化过程。

不同播种期的玉米, 在其生长发育过程中, 由于所处温度条件不同, 叶面积的发展过程具有明显差异(表 4-11)。

表 4-11 春玉米不同播期叶面积的变化

(佟屏亚等, 1983)

项 目 \ 测 定 日 期	播期处理	7 片展叶	12 片展叶	18 片展叶	整株叶全展	成 熟
单株叶面积(平方厘米)	1	917	5569	7780	8402	2623
	2	964	5655	8411	8553	4439
	3	922	5595	8694	8806	6824
	4	1135	5576	9875	9561	8789
每亩叶面积(平方米)	1	275	1671	2334	2521	787
	2	229	1696	2523	2566	1332
	3	277	1676	2608	2642	2047
	4	340	1703	2963	2868	2631
叶面积指数	1	0.41	2.51	3.50	3.78	1.18
	2	0.34	2.54	3.78	3.85	2.00
	3	0.42	2.51	3.91	3.96	3.07
	4	0.51	2.55	4.44	4.30	3.95

注: 播种期 1. 4月22日;  
 2. 4月29日;  
 3. 5月6日;  
 4. 5月13日。

由上表看出,在第12片叶展开时,不论单株叶面积或群体叶面积,均基本相似,叶面积指数在2.51~2.55之间,平均保持在2.53。从第12片叶展开之后,晚播玉米由于处在较高的气温条件下,生长旺盛,不同播期之间,播期越晚,叶面积指数越大,持续时间也越长。在整株叶片全展时,播期各处理之间的最大叶面积指数:5月13日>5月6日>4月29日>4月22日,分别为4.30,3.96,3.85,3.78。但由于早播处理灌浆期处于高温条件下,叶片早衰枯黄,5月13日播种的和5月6日播种的成熟时只有4~5片绿叶,这对灌浆期增加光合产物和提高粒重,具有重要影响。

施肥方法也影响玉米的叶面积发展过程。1981年李济生等在北京试验,玉米施用氮素化肥的方式,对叶面积发育有明显的影响(表4-12)。

由下表看出,不施肥时,叶面积指数最小,在全生育期中最高叶面积指数为2.1,后期叶面积指数下降也快,收获时枯黄叶最多,叶面积指数仅有1.66,产量最低,亩产仅552斤。当底施100斤化肥时,前期叶面积发展较快,而后期叶面积衰亡也较快,不利于籽粒灌浆,亩产仅667.7斤。在第13片展叶时追施100斤化肥,前期叶面积较小,后期叶面积虽然较大,但由于前期植株生长弱,易造成植株头重脚轻,发生倒伏,造成减产,亩产为556.4斤。其中以2、3处理或6片展叶时底施化肥60斤,第13片展叶时再追施40斤化肥的,产量较高,分别亩产855.7及788.6斤。可见,施肥首先影响叶面积的发展,进而影响产量的形成。

表 4-12 不同施肥方法叶面积指数的变化

(李济生等, 1981)

处 理*	调查日期	6月9日	6月30日	7月10日	7月24日	8月8日	8月21日	9月1日
1		0.016	0.24	0.50	1.80	2.10	1.75	1.66
2		0.034	0.42	0.82	2.74	2.73	2.67	2.28
3		0.023	0.15	0.58	2.60	2.85	2.64	2.29
4		0.014	0.19	0.64	2.74	2.50	2.91	2.68
5		0.046	0.42	0.56	2.51	2.85	2.96	2.35
6		0.028	0.46	1.06	2.43	2.67	2.82	1.88

- \* 1. 不施肥;  
 2. 底施化肥 60 斤(化肥为硫酸铵,下同),13 叶展开时追施 40 斤;  
 3. 6 叶展开时追施 60 斤,13 叶展开时追施 40 斤;  
 4. 6 叶展开时追施 40 斤,13 叶展开时追施 60 斤;  
 5. 底施 40 斤,13 叶展开时追施 60 斤;  
 6. 13 叶展开时追施 100 斤。

1983 年钱啸风进行麦田施用底化肥试验,即在玉米抽丝以前,叶面积处于上升期时,只施用底化肥的玉米,由于出叶速度快,单株叶面积大,因此比 6 片展叶时追肥的叶面积大,最

表 4-13 玉米施肥方法对叶面积和产量的影响

(根据鲁琼玉资料整理, 1981)

处 理	项 目	最大叶面积指数	最大叶面积指数 稳定日期 (天)	总干物重 (斤/亩)	籽粒产量 (斤/亩)
高 肥 区	处理 1	3.26	27	2285.6	700.0
	处理 2	3.96	17	2018.4	675.0
	处理 3	3.40	28	2520.0	862.5
中 肥 区	处理 1	3.26	26	1815.2	695.8
	处理 2	3.55	13	1615.2	666.7
	处理 3	3.39	28	2073.1	829.2
低 肥 区	处理 1	2.88	21	1515.5	650.0
	处理 2	2.80	10	1415.1	633.3
	处理 3	2.94	24	1666.5	691.7
对 照		1.88	13	1211.0	140

注: 高、中、低肥系在土壤含速效氮 59 ppm, 速效磷 34 ppm, 速效钾 31 ppm, 有机质 1.14%, 全氮 0.074%, 全磷 0.0895% 的基础上, 分别亩施 40 斤, 30 斤, 20 斤氮。

处理 1: 底肥 50%, 苗肥为 0, 拔节肥为 0, 穗肥 50%, 粒肥为 0。

处理 2: 底肥 30%, 苗肥 10%, 拔节肥 40%, 穗肥 10%, 粒肥 10%。

处理 3: 底肥 30%, 苗肥 10%, 拔节肥 10%, 穗肥 40%, 粒肥 10%。

大叶面积指数也较高,但后期容易早衰,因此施肥要注意前后兼顾,不能单纯只施底化肥。

1980~1981年鲁琼玉在四川省重庆市的施肥试验,不论在高肥区、中肥区或低肥区,都以处理3即底肥30%,苗肥10%,拔节肥10%,穗肥40%,粒肥10%的叶面积发展过程较为合理,产量较高,其中又以高肥区和中肥区的产量最高。从最大叶面积指数及其稳定日数看,处理2即底肥30%,苗肥10%,拔节肥40%,穗肥10%,粒肥10%的由于前期施肥量过多,植株生长过旺,叶面积过大,致使稳定日数较短,不利籽粒灌浆增重。低肥区的处理3,又因肥力不足,叶面积指数较小,稳定日数也较少,因而产量也不高。说明由于地力基础和施肥方法不同,亦会影响到叶面积发展动态和产量形成(表4-13)。

## 二、光合势对产量形成的作用

表 4-14 玉米不同群体各生育阶段的光合势(米<sup>2</sup>·日/亩)

(莱阳农学院,1981)

生育阶段	各阶段天数	前                    后                    重					
		4500株		5000株		5500株	
		光合势	占全生育期%	光合势	占全生育期%	光合势	占全生育期%
出  苗~拔  节	19	1707.43	0.89	1945.70	0.93	2372.69	1.18
拔  节~小喇叭口	13	9057.46	4.70	11,965.88	5.71	12,480.01	5.71
小喇叭口~大喇叭口	6	11,191.88	5.81	13,312.10	6.35	13,608.41	6.22
大喇叭口~开  花	15	41,504.77	21.55	46,389.68	22.12	48,283.98	22.07
开  花~乳  熟	32	96,041.95	49.86	103,042.08	49.14	107,901.73	49.33
乳  熟~蜡  熟  末	12	33,117.96	17.19	33,052.65	16.76	33,888.56	15.49
出  苗~蜡  熟  末	97	192,621.50	100.00	209,703.09	100.00	218,735.38	100.00

生育阶段	各阶段天数	前                    重                    后                    轻					
		4500株		5000株		5500株	
		光合势	占全生育期%	光合势	占全生育期%	光合势	占全生育期%
出  苗~拔  节	19	1859.71	0.96	2090.01	1.02	2428.06	1.09
拔  节~小喇叭口	13	9302.35	4.81	11,328.97	5.53	11,839.76	5.30
小喇叭口~大喇叭口	6	11,471.53	5.93	12,711.83	6.21	14,134.15	6.33
大喇叭口~开  花	15	42,438.97	21.92	44,731.69	21.85	50,496.06	22.61
开  花~乳  熟	32	95,788.15	49.49	101,096.80	49.38	108,732.48	48.71
乳  熟~蜡  熟  末	12	32,704.99	16.90	32,772.06	16.01	35,648.15	15.96
出  苗~蜡  熟  末	97	193,565.70	100.00	204,729.36	100.00	223,328.66	100.00

注:品种鲁玉2号。前重后轻和前轻后重,指玉米提苗肥和大喇叭口期追肥数量的多少。

叶面积指数虽然是作物产量形成的一个重要指标,但并不能说明作物某一阶段的生产能力。在叶子形成产量的过程中,主要取决于两个因素:一是叶子进行光合作用的时间,二是叶子的光合生产效率。相同叶面积指数的群体,由于进行光合作用的时间不同,对产量形成的作用也不一样。叶面积与其进行光合作用的时间之乘积,称为“光合势”,即光合势的大小决定于叶面积和光合时间。光合势的单位是“平方米·日”。

玉米群体发展过程中,光合势与叶面积的发展趋势相同,玉米种植密度及其管理措施对各生育阶段的光合势都有影响。据莱阳农学院 1981 年的试验,鲁玉 2 号亩产 1000~1200 斤,每亩种植密度为 4500~5000 株时,全生育期总光合势以 19.35~20.47 万平方米·日较为适宜;各生育时期每亩适宜的光合势指标,出苗到拔节为 1800~2400 平方米·日;拔节到小喇叭口期为 9000~12,000 平方米·日;小喇叭口到大喇叭口期为 11,000~14,000 平方米·日;大喇叭口期到开花期为 42,000~50,000 平方米·日;开花到乳熟期为 96,000~110,000 平方米·日;乳熟期到蜡熟末期为 33,000 平方米·日左右(表 4-14)。

1983 年北京市通县方达焜等试验,京早 7 号在亩产 900~1000 斤时,全生育期总光合势都不小于 13 万平方米·日。如果以抽丝期为界,把玉米全生育期分为前后两期,则前期的光合势约占总光合势的 30.56%,后期占总光合势的 69.44%,即玉米总光合势中约有 1/3 用于营养生长,2/3 用于生殖生长(表 4-15)。

表 4-15 玉米各生育阶段的光合势

(方达焜等,1983,北京)

光合势 (平方米·日) 处理(株)	生育阶段	4~6片	6~10片	10~13片	13片展叶~	抽丝~	抽丝15~	抽丝40天~	总光合势
	展叶	展叶	展叶	抽丝	抽丝15天	40天	收获		
4043		1869.9	6462.7	7993.5	22,931.6	35,288.9	31,119.8	28,437.6	134,104.0
4140		1600.0	5400.5	9220.5	26,107.9	35,301.7	32,401.5	26,294.8	136,326.9
4027		1320.2	5904.6	8787.1	25,565.8	34,667.2	31,001.3	25,505.1	132,751.3
4200		1726.7	6706.8	8914.2	27,404.4	37,548.0	34,950.7	28,850.3	146,101.1
占全生育期(%)		1.19	29.38			49.57		19.86	
分期合计		苗期~抽丝				抽丝~收获			
		30.57				69.43			

在一定范围内,产量随光合势的增加而增加,但是相似的光合势,并不一定有相似的产量,它与玉米品种增产潜力、栽培管理措施、地域条件等都有密切的关系。例如北京市通县地区,玉米光合势在 13.5 万平方米·日左右时,产量为 900 斤,而河南省有的玉米光合势虽然也在 13.5 万平方米·日左右,但产量只有 800 余斤;山东省的玉米亩产达到 1000~1200 斤时,其光合势为 19.35~20.47 万平方米·日。新疆维吾尔自治区的玉米达到千斤时,光合势约在 15~16 万平方米·日。

### 三、净同化率与玉米产量形成的关系

净同化率,是指单位时间内单位叶面积所形成的干物质;计算单叶片的净同化率时,单位用(毫克/平方米·小时;在大田群体条件下计算净同化率的单位是克/平方米·日,即每天每平方米叶子所积累的干物质。净同化率的高低,直接影响到植株干物质积累量。玉米的净同化率,不但生长发育时期彼此不同,而且受外界环境条件和栽培措施的影响也很明显。

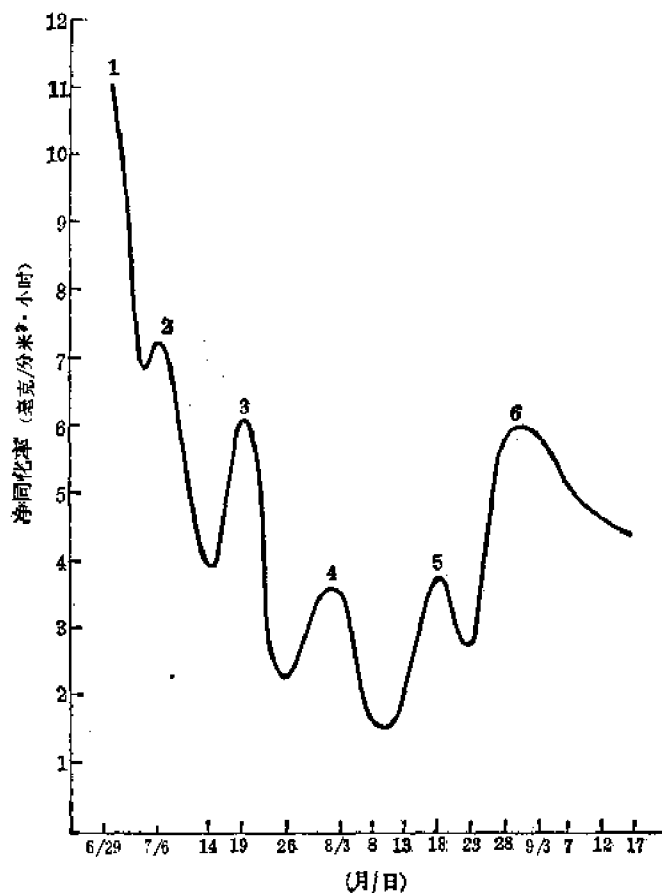


图 4-7 不同生育期玉米单株叶片净同化率的变化  
(郑丕尧等, 1982)

1. 展2~3叶期; 2. 雄穗生长锥伸长—裂片期; 3. 雄穗小花分化期; 4. 抽雄; 5. 籽粒建成初期; 6. 籽粒灌浆高峰始期

#### (一) 玉米单株叶片在不同生育时期净同化率的变化

玉米单株叶片净同化率,呈谷峰相间的波浪式变化。大致在三叶期左右,雄穗生长锥伸长至裂片期,雄穗小花分化期,抽雄期,籽粒建成初期,籽粒灌浆高峰始期,出现六个高峰(图4-7)。

#### (二) 玉米群体在不同生育时期净同化率的变化

玉米群体的净同化率,在玉米不同生育时期的变化,据山东省农业科学院1963年试验,夏玉米一生中净同化率的变动可分为三个时期,即上升期(从出苗到出苗后40天),下降期(出苗后40~80天),回升期(出苗后80~100天)。上升期最高值达到14克左右,之后进入下降期,抽雄前下降到9.5克/平方米·日左右,散粉末期下降到6.8克/平方米·日左右,到籽粒灌浆期,净同化率开始回升,平均达到9.7克/平方米·日左右。方达焜

等1982年在北京地区的试验,夏播玉米一生中净同化率的变化也分三个时期,即4~6片展叶时,净同化率较低,为9.6克/平方米·日;6~13片展叶时,上升到12.9克/平方米·日;13片展叶到抽丝时,与前一时期相似,为12.2克/平方米·日;抽丝到收获时,下降为6.9克/平方米·日;玉米整个一生平均为10.4克/平方米·日。山东省昌潍地区农业科学研究所1981年的试验,玉米一生中净同化率的变化则分为上升,下降,回升,再下降,再回升,共五个时期,出现三个高峰。而山西省农业科学院玉米研究所黄铨等1979年试验,山西春播玉米群体净同化率的变化,分四个时期(图4-8)。



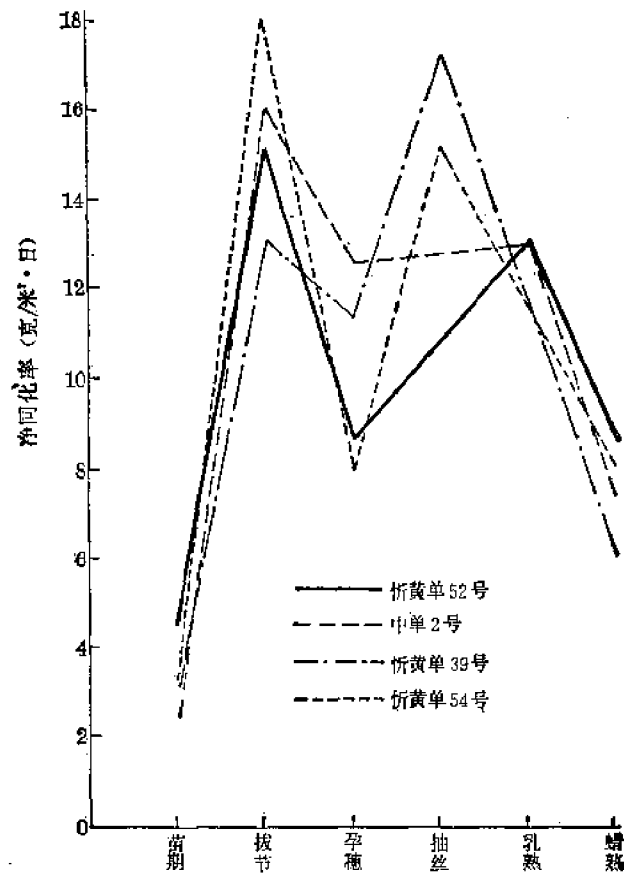


图 4-8 四个春播玉米品种净同化率曲线  
(黄铃等, 1979)

玉米群体净同化率, 往往受群体结构以及外界条件的影响。据莱阳农学院刘绍棣等 1981 年的试验, 不同群体全生育期总光合势在 19.35~20.47 平方米·日的条件下, 平均净

表 4-16 不同群体各生育阶段的净同化率(克/平方米·日)

(刘绍棣等, 1981)

处 理		出苗~ 拔节始期	拔节~ 小喇叭口期	小喇叭口~ 大喇叭口期	大喇叭口~ 开花期	开花~乳熟期	乳熟~蜡熟期
前轻后重	4500	4.227	12.231	10.965	7.149	7.505	2.780
	5000	3.785	13.123	7.824	5.536	6.623	6.160
	5500	3.884	11.650	10.634	6.321	7.010	3.512
前重后轻	4500	4.413	11.773	9.493	8.156	7.196	6.973
	5000	3.862	13.358	5.963	6.586	5.810	6.234
	5500	4.118	13.486	11.436	5.527	6.137	3.644
平 均		4.048	12.604	9.389	6.546	6.714	4.884

同化率为 7.36 克/平方米·日。而各生育时期净同化率以苗期最低, 平均为 4 克/平方米·日, 到小喇叭口期, 出现第一个高峰, 平均为 12.6 克/平方米·日, 抽雄开花期下降为 6.5 克/平方米·日, 籽粒灌浆期又出现第二个高峰, 平均达到 6.7 克/平方米·日, 乳熟至蜡熟期保持在 4.9 克/平方米·日(表 4-16)。

### (三) 玉米产量与光合势、净同化率、经济系数的关系

玉米产量的形成, 主要是叶子等光合作用器官工作过程的总结果; 它与群体叶面积, 光合作用时间, 每天干物质的纯积累, 以及干物质的分配有密切关系, 一般可用下式表示:

$$\text{籽粒产量} = \text{光合势} \times \text{净同化率} \times \text{经济系数}$$

根据六十年代初到八十年代初二十多年来国内玉米栽培生理的研究情况看出, 随着籽粒产量的提高, 光合势和经济系数增高, 而净同化率则下降。例如在 700 斤玉米籽粒产量水平下, 玉米群体一生总光合势为 10 万平方米·日左右, 净同化率为 10.0 克/平方米·日左右, 经济系数大体为 0.36。千斤籽粒产量时, 光合势为 15 万平方米·日左右, 净同化率大体为 7.2 克/平方米·日, 经济系数为 0.46 左右。当玉米籽粒产量为 1300 斤时, 光合势则为 19 万平方米·日左右, 净同化率为 6.3 克/平方米·日左右, 经济系数大体为 0.54。如果把玉米籽粒产量与光合势、净同化率以及经济系数的关系综合归纳起来, 大致如下(图 4-9)。

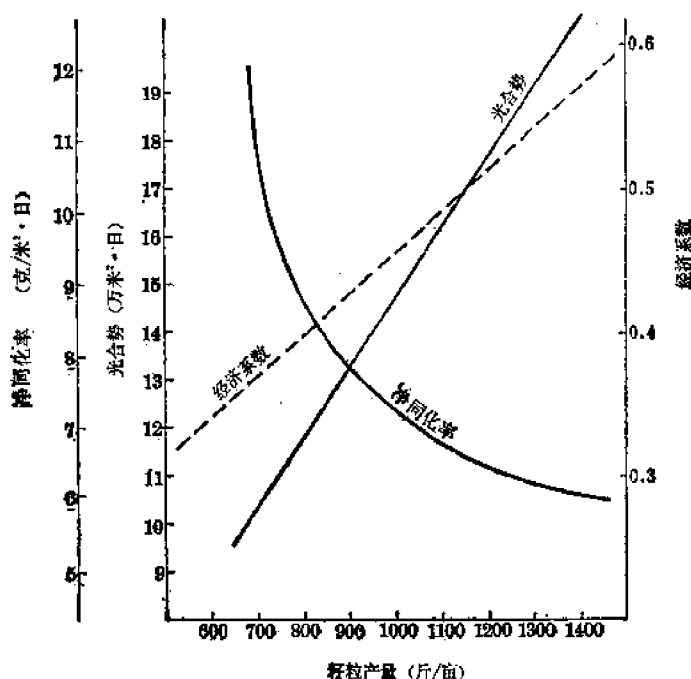


图 4-9 玉米籽粒产量与光合势、净同化率、经济系数的关系  
(任其云, 1988)

以上仅是一个粗略的分析, 今后尚有待深入研究。但也可以看出, 低产水平玉米, 要进一步提高产量, 主要是提高光合势和经济系数; 对高产水平玉米来说, 要进一步提高产量, 其关键主要是提高净同化率。

## 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院玉米研究所编译: 玉米生理(译文集), 上海科学技术出版社, 1983。
- [2] 山东省农业科学院玉米研究所主编: 玉米生理, 油印本, 1981。
- [3] 山东省农业科学院主编: 中国玉米栽培, 上海科学技术出版社, 1962。
- [4] 山东农学院玉米育种科研组: 双穗型玉米杂交种光合产物运转分配规律的研究, 山东农学院科研资料选编, 第2期, 1978。
- [5] 山东省农业科学院植物生理研究室: 玉米产量形成的生理基础(研究报告之三), 1977。
- [6] 山东省掖县农业科学研究所: 掖单2号生育特性及高产原因分析, 1982。
- [7] 马文山等: 春玉米高产栽培技术及其理论研究, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [8] 方达焜等: 夏平播玉米高产指标的初步研究, 北京农业, 1982年玉米专辑。
- [9] 北京市密云县农业科学研究所: 垅田玉米生育观察, 北京农业, 1982年玉米专辑。
- [10] 北京市怀柔县农业科学研究所等: 麦茬平播玉米种植方式试验总结, 北京玉米生产和科学试验总结选编, 1980。
- [11] 刘百超等: 春玉米干物质积累与分配的若干规律及其在生产中的意义, 1981。
- [12] 刘绍祺等: 夏玉米高产栽培途径及合理群体生理指标的研究, 1983。
- [13] 任其云: 玉米不同生长阶段“生长中心”和“供长中心叶”的探讨, 植物学报, 第17卷, 第2期, 1975。
- [14] 朱献琬: 玉米不同节位叶片生理功能的研究, 1963。
- [15] 任其云: 玉米生长及其栽培中的几个问题, 衡水农业科技情报, 第9期, 1979。
- [16] 任其云: 山东省玉米生产概况及主要栽培技术, 1983。
- [17] 向君义等: 玉米间作研究, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [18] 李扬汉: 禾本科作物的形态与解剖, 上海科学技术出版社, 1979。
- [19] 佟屏亚等: 华北平原地区春玉米生态适应性分析, 1983。
- [20] 武恩言等: 玉米亩产千斤的干物质积累和几个生理指标, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [21] 佟屏亚等: 玉米叶片生长进程和功能的研究, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [22] 李济生等: 北京地区麦套玉米施用氮素底化肥的研究, 1981。
- [23] 李连: 对紧凑型良种——烟单15号高产栽培的研究, 1982。
- [24] 李济生: 玉米地上器官干物质积累运转及其分配的研究, 科教通讯, 1982。
- [25] 李伯航等: 玉米营养器官形态与产量相关性的研究, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [26] 吴道钧等: 玉米去雄剪雄研究, 1981。
- [27] 郑广华主编: 植物栽培生理, 山东科学技术出版社, 1980。
- [28] 郑丕尧等: 夏播京早7号玉米生育规律的观察, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [29] 郑丕尧: 夏播京黄113某些生物学性状的观察, 北京农业大学学报, 第1期, 1980。
- [30] 南京农学院等主编: 植物学, 上海科学技术出版社, 1978。
- [31] 胡玉琪等: 玉米叶片生长与定长的规律及其与追肥的关系的探讨, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [32] 胡昌浩: 玉米单株穗数与植株生育性状关系的分析, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [33] 胡玉琪等: 玉米不同叶龄追肥效果分析, 1983。
- [34] 胡昌浩: 夏玉米同化产物积累与养分吸收分配规律的研究, 中国农业科学, 第1期, 1982。
- [35] 铁木尔·吐尔逊等: 玉米对养分吸收、干物质积累与叶面积发展动态的探讨, 1983。
- [36] 贾志岐: 夏玉米栽培技术几个问题的商榷, 1983。
- [37] 顾慰述等: 玉米高产栽培生理的研究(第二报), 1982。
- [38] 钱啸风: 麦套玉米施用底化肥的研究, 1983。
- [39] 徐桂玲等: 提高氮肥对玉米经济效益的研究, 1983。
- [40] 钱啸风: 亩产千斤夏玉米合理生育进程的研究, 1981。
- [41] 黄铨等: 中晚熟春玉米品种叶面积及净光合生产率与产量关系的分析, 1979。
- [42] 鲍巨松: 关中灌区夏玉米亩产800斤以上的形态生理指标与技术研究, 1983。
- [43] 鲍巨松: 玉米叶片生理研究, 农牧情报研究, 第23期, 1981。
- [44] 鲁琼玉: 玉米亩产800斤的叶片指标及其栽培技术研究(第二报), 1981。
- [45] A. A. 尼启波罗维奇: 植物的光合作用(吴相钰、冯午译), 科学出版社, 1958。
- [46] F. B. 索尔兹伯里等著: 植物生理学(北京大学生物系等译), 科学出版社, 1979。



## 第五章 我国玉米的栽培制度

我国玉米的栽培制度,是劳动人民在长期生产实践中,根据当地自然条件和社会经济条件,利用作物之间不同的生物学特性和互利关系,以轮作、复种和间作、套种等形式,在时间和空间上进行合理安排,扬长避短,充分利用光热资源,达到提高复种指数,增加单位面积玉米和其他作物总产量的目的。

我国玉米产区辽阔,自然条件优越,大部分地区可以复种,达到二年三熟或一年二熟。在长江流域以南各省(区),由于气温高、雨量多、生长季节长,实行合理的栽培制度,一年甚至可以达到三熟或四熟,不仅可以有效地发挥水、肥、气等因素的生产潜力,还可以利用作物与环境条件之间的互相制约、相互依存的关系,组成与环境相适应的稳定作物群体,以增强对自然灾害的抵抗力,提高粮食产量,促进玉米生产的发展。

### 第一节 玉米栽培制度在农业生产中的意义

玉米具有植株高大,单位面积产量高,适应性强,种植行距较宽的特点,适于同其他作物实行轮作和间套复种。因此,在提高粮食产量、促进农业生产的发展上,占有重要地位。

#### 一、轮 作

轮作亦称换茬或倒茬,它是指在同一块土地上,利用作物之间对养分需求和病虫害寄主上的差异,在一定年限内按顺序、有计划地种植不同的作物,使前后作相互配合,以充分利用气候条件和地力、肥料、劳力等因素,达到培养地力、消灭病虫害和提高产量的目的,这种耕作方式称为轮作。这种在一定年限内,将几种作物按次序循环种植的制度,称为轮作制度。

“换茬如上粪”、“种地无巧,三年一倒”是我国劳动人民在长期生产实践中总结积累起来的宝贵经验。

玉米的适应性强,和冬小麦、春小麦及其他杂粮作物进行轮作,在农业生产上具有重要意义。

##### (一)轮作能均衡地利用土壤养分

不同作物根系的分布及其从土壤中吸收氮、磷、钾等养分的数量和比例有很大差异。一般玉米、小麦等谷类作物根系分布较广,所需的氮、磷亦较多;而大豆等豆科作物的根系入土较深,并具有固氮作用,所需的养分以磷为多;至于甘薯等薯类作物,根系分布浅,需要吸收较多的钾,才能满足其生长发育的要求。据沈阳农学院 1960 年的试验,玉米、小麦、高粱和谷子等不同茬口从土壤中带走的氮和遗留在土壤层中的氮,其比值分别为 3.34、4.03、

6.00 和 7.46, 说明谷子和高粱对地力的消耗较多, 而玉米和小麦对地力的消耗则较少, 故玉米有“甜茬”之称。由此可见, 一种作物在同一块土地上长期连作, 必然会引起某些养料过分消耗, 使营养元素比例失调, 土壤肥力下降。据山东省农业科学院土壤肥料研究所苏世钊等 1980 年的试验, 玉米连作两年后, 土壤有机质、全氮和速效磷含量分别降低 5.4%、13.2% 和 32.7%, 因此, 不同作物实行轮作, 可以充分利用土壤上、下层中的水分和养分。如北方一年一熟制的黑龙江等省实行的大豆——小麦——谷子——玉米四年四熟轮作制, 既起到用地养地的作用, 又可避免大豆、高粱和谷子连作带来的不良影响。黄淮平原实行的春玉米(高粱、谷子)——小麦——夏玉米(或间大豆)二年三熟制和小麦——夏玉米套(复)种一年二熟制, 玉米不但是冬小麦的良好前茬, 还适于和豆科作物间作, 有利于维持地力。

### (二) 轮作能保持土壤肥力

玉米与大豆轮作, 不但豆科作物的根瘤菌可以固定空气中的氮, 而且种植豆科绿肥, 对促进土壤团粒结构的形成也有明显作用。据中国农业科学院土壤肥料研究所 1957 年在山西省调查, 苜蓿地 30 厘米的土层中, 大于 0.25 厘米的团粒比一年生作物连作的约增加一倍。以种植水稻为主的南方丘陵玉米区, 由于稻田长期浸水, 在嫌气条件下, 土壤中养分处于还原状态, 硝态氮含量低, 土壤板结, 实行水稻、玉米水旱轮作, 可改善土壤结构, 促进有机质的分解, 使还原态养分转变为有效态, 提高了土壤肥力。在玉米生育期间, 由于经常中耕松土, 施肥浇水, 不但可促进土壤风化, 保持土壤水分和养分, 收获后还可及时整地、保墒, 有利于提高后茬冬小麦的播种质量, 达到全苗, 获得高产。根据北方水稻、玉米产区群众的经验, 在天气干旱、水源不足的情况下, 将排水良好的稻田改种玉米或大豆等, 与小麦轮作 2~5 年后再种水稻, 实行水旱轮作, 可以经济用水, 调剂土壤养分, 改善土壤结构, 进一步提高水稻、玉米产量。

我国大部分地区采用的玉米和大豆、绿豆、蚕豆等豆科作物轮作或间套作, 南方各省(区)采用的玉米与水稻、绿肥作物轮作, 陕西省中部及山西省南部采用的玉米和苜蓿、小麦、杂粮实行 10 年左右的长期轮作, 都是我国劳动人民在合理轮作, 用地养地, 培养地力, 提高单位面积产量等方面取得的宝贵经验。玉米与苜蓿等绿肥作物轮作, 除将绿肥压青或收割后用作饲料外, 还可将残留在土壤中的根、茎、叶翻入地下, 经过腐烂分解, 可以增进土壤肥力, 提高玉米产量。

### (三) 轮作能切断病虫害寄主

土壤是作物病虫害传播的主要媒介之一。玉米的黑粉病、干腐病和大小斑病等病原菌, 常随病株入土越冬。实行轮作, 可以切断其寄主, 防止病原菌的繁殖蔓延, 减轻为害。玉米与小麦、大豆、谷子、棉花等作物轮作, 也能减轻小麦的根腐病, 谷子的白发病, 棉花和苧麻的立枯病等。同样, 种植玉米也能减轻后作的虫害。据东北农业科学研究所 1956 年调查, 不同前作的高粱地, 金龟子的危害程度以玉米茬最轻, 仅占 1.2%, 而大豆、谷子和高粱茬分别达 9.7%、6.2% 和 4.1%。

### (四) 轮作能减轻田间杂草

玉米是中耕作物, 植株健壮繁茂, 生育前期进行中耕, 中、后期叶子荫蔽地面, 均能防止田间杂草的滋生, 既可保持地力, 又能减轻后作物的田间草害。特别是对稻田的稗子, 谷地

的莠草等伴生性杂草,以及豆地中的菟丝子寄生性杂草,轮作有明显的防除效果。据黑龙江省呼兰特试验站 1957 年调查结果,前茬作物不同,亚麻田间杂草的密度也不一样,前茬作物为大豆或玉米时,杂草最轻,每平方米分别为 5~10 或 13~18 株,谷子或小麦茬的草害较重,每平方米分别为 25~58 或 60~109 株。所以群众对草害重的农田多采用玉米或大豆进行轮作,是有道理的。

## 二、复 种

复种是指在一年内同一块土地上重复种植的作物达两熟以上,采用这种种植方式,一般不间套其他作物,故又称“单作”或“清种”。复种在提高单位面积总产量中占有重要的地位,通常以复种指数表示复种面积的多少。

$$\text{耕地复种指数}(\%) = \frac{\text{总播种面积}}{\text{总耕地面积}} \times 100$$

$$\text{作物复种指数}(\%) = \frac{\text{作物播种面积}}{\text{作物占有的耕地面积}} \times 100$$

我国耕地少,人口多,由于土地有限,因而需要选用玉米等高产作物,同时要提高复种指数,以满足人民生活的需要。1956~1967 年全国农业发展纲要和 1983 年六届人大政府工作报告中均明确指出,要“扩大复种面积”,“改革耕作栽培制度”,加强农业科学研究等问题。目前,全国以玉米为主的间套复种面积不断扩大,有的地区已成倍增长。

复种能充分利用自然资源,提高全年的作物产量。例如,华北地区种植的作物,过去多以一年一熟或二年三熟为主体,但该区全年太阳辐射量达 130~140 千卡/厘米<sup>2</sup>,日照时数达 2600~2800 小时,比长江流域的太阳辐射量 100~120 千卡/厘米<sup>2</sup>、日照时数 1900~2000 小时的光热资源还要丰富。如果只种植一季春玉米,全生育期太阳辐射量只需 63 千卡/厘米<sup>2</sup>,仅占全年辐射量的二分之一,其余的则因无植被利用而损失。该区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温约 4000 $^{\circ}\text{C}$ ,种一季晚熟玉米只需 2600~2800 $^{\circ}\text{C}$ ,尚有 1200~1400 $^{\circ}\text{C}$ 没有被利用。若改一年一熟为一年两熟,就可把剩余的光能和热能转变为化学潜能,贮存在两茬作物中而提高产量。例如北京地区的平谷县,耕作改制结合其他栽培措施后,1979 年复种指数由 1970 年的 166.9% 上升到 183.7%,每亩产量由 546 斤提高到 850 斤,增产 55.7%。

复种有利于充分发挥土地的增产潜力,减轻自然灾害,满足人民对各种粮食的要求。玉米与其他作物进行复种后,会大量消耗土壤中的养分和水分,所以在增加复种指数时,应注意增施肥料,培养地力,才能保证稳产高产。特别是地多人少、土地瘠薄的地区,不宜盲目扩大复种指数。

## 三、间作和套种

间套作是我国劳动人民在长期生产实践中不断积累经验而创造出来的一种充分利用地力、空间和生长季节,保证作物高产稳收的农业技术措施。间作是在一块土地上,同时或前后时间相差不久,把两种或两种以上的作物,按一定行数比例进行间隔种植,作物的共生期一般占生育期的二分之一以上。套种也称套作,是在前一种作物生长后期,于其行间播种一

种或两种作物,其共生期愈短愈好,一般以不超过作物生育期的二分之一为宜。合理运用间作、套种,把田间单一作物群体,调整为两种或多种作物的复合群体,可以比较充分地利用自然资源,提高产量。其作用主要表现在以下几个方面。

#### (一)可以充分利用光能和空间,提高产量

光合作用是作物产量形成的重要过程,一般作物所生产的干物质,其 90~95%是通过光合作用形成的。一般光能利用与单位叶面积指数的大小有关。由于玉米植株高大,行株距较宽,在单作情况下,生长前期个体绿色叶面积小,不能充分利用空间,大部分阳光被漏射或反射掉;生长中期田间往往郁闭,阳光大部分被上层叶片吸收和反射,使光的利用限制在平面采光状态,下层叶片则处于弱光条件,遮阴严重时,往往会出现“光饥饿”现象,导致下部叶片早衰,降低光合效率。如实行小麦、大豆、甘薯、花生等作物与玉米间、套作,前期即可充分利用玉米行中的空间,减少光的漏射损失,在整个生长期中则有利于作物分层、分时交替用光,改单作时的平面采光为多面立体采光。所以,玉米与豆类等作物间作、套种后,在保证主体作物合理密度的情况下,可以使其不减产或少减产,且能获得较高的副作物产量,从而提高经济效益。中国农业科学院作物育种栽培研究所 1957 年试验,二行玉米间作一行绿豆,间作行间的光照强度较玉米单作时增大,而且玉米密度愈大表现愈为明显。如散粉时期,每亩玉米 4444 株,间作行间的光照强度为单作玉米的 128.4%;每亩玉米 5555 株时则为 150.4%。

光照强度与光合作用产物的积累有密切的关系。玉米采用间作方式后,行间加宽,散粉时期的干物质积累亦较多,这给玉米的生长发育提供了良好的条件(表 5-1)。

表 5-1 玉米单作和间作大豆的光合作用产物测产结果

(中国农业科学院作物育种栽培研究所, 1957)

玉米密度(株/亩)	干 物 质 重*		间作为单作的百分比
	单 作	间 作	
1500	0.0661	0.1075	162.6
2000	0.0610	0.1264	247.8
2500	0.0766	0.0641	83.7
3000	0.0472	0.0616	130.5

\* 10 小时内积累干物质重量(克/100 厘米<sup>2</sup>)

#### (二)可以充分利用当地的热量资源

作物在完成生活周期和正常成熟的过程中,温度是不可缺少的重要因子之一。无论南方多熟制地区或北方一熟制地区,为了提高光能利用率,实行耕作改制时,都必须考虑热量资源。虽然至今在大田栽培上还无法直接实现热量补偿,但是利用作物对温度的不同适应性,在一种作物中套种或间作另一种作物,组成复合群体,延长农时,适应季节气温变化,以利用较多的积温,完成作物全部生长发育过程,则是完全可能的。

东北是我国春玉米主要产区,这一地区气温较低,无霜期短,一般年份玉米在生育后期,常因低温冷害造成减产。例如辽宁省的无霜期约 150 天,≥10℃的有效积温为 3400℃,如



果小麦、玉米复种,夏播玉米则很难及时成熟,产量往往不稳。实行玉米套种,可以充分利用积温,延长生育期 30~40 天,亦可实现一年两熟;黑龙江省全年无霜期仅 140 天,有效积温 2300~3000°C,如果采用一年一熟制,播种一茬春小麦对有效积温的利用仅占全生长期总有效积温的 50%;若播种一茬春玉米,虽然其生长期较长,但也仅利用了全生长期有效积温的 88%,热能未被充分利用。据东北农学院 1975~1976 年的研究,这个地区若在春麦田中于 6 月上旬套种中早熟玉米品种,则小麦、玉米两茬作物在全生育期中,各自积累的有效积温总和是 3471.3°C,比一年一熟制的小麦和玉米的年平均有效积温值增加了 1549.4°C,相当于增加了全生长期 10°C 以上的有效积温 753.5°C,从而提高了热能资源的利用效率。

华北平原是我国玉米主要产区,河北、山东、北京和天津等地,玉米播种面积约占全国玉米面积的 25% 左右。这个区域气候温暖,无霜期自北向南约为 170~220 天,有效积温 4100~4700°C,适于发展小麦、玉米一年两熟,但是夏播玉米通常要采用积温 1250~1350°C 的早熟或中熟杂交种,而且夏收夏种期间由于农时的消耗,热量也不可避免地有所损失,如遇气候异常,也会影响玉米的正常成熟。据中国科学院地理研究所对北京地区的分析,在不耽误种植秋分麦的情况下,6 月 15 日播种的夏玉米有效积温为 1380~1410°C,6 月 20 日播种的为 1310~1340°C,基本上可满足中熟杂交种对积温的要求;6 月 25 日播种的积温为 1230~1260°C,只能满足早熟杂交种对积温的要求;6 月 30 日播种的,积温只有 1140~1180°C,如不腾地种麦,霜前基本能保证早熟种的成熟。至于 7 月份播种的玉米,积温仅 1000°C 左右。在直播条件下,即便是早熟种,也难以保证正常成熟。实行麦田套种玉米,可以提前 15~20 天播种,不仅不消耗农时,还可争得 300°C 积温,同时为夏播玉米选用中、晚熟高产品种创造了条件,一般比麦后复种玉米增产 10~15%。例如,山东省烟台地区针对当地的气候特点,为了充分利用光热资源,1979 年全区 90% 的玉米实行套种,玉米平均亩产达到 791 斤,比套种前的 1975 年亩产 634 斤,增产 24.8%。所以,麦田套种是保证玉米稳产高产的一项重要措施。

热量资源比较丰富的南方,也可利用间作套种来增加复种指数,达到多种多收、提高产量的目的。云南是我国热量资源最丰富的省份之一,但在栽培制度改革以前,热量资源未能得到充分利用,实行间、套作改制以后,产量发生了明显变化。昆明市官渡区龙泉公社宝丰大队在旱地上试行三粮一肥一年四熟,即马铃薯——(间)玉米——(套)秋小麦——(套)绿肥,不但粮食产量比玉米——小麦一年两熟的显著提高,而且还可以收获绿肥数千斤,使土地用养结合,发挥更大的作用。

### (三)可以充分利用土壤养分

不同作物对土壤养分有着不同的要求,对其理化性质也有一定的影响。玉米与薯类作物间、套作时,虽然消耗氮肥较多,但薯类作物却需要较多的钾肥,这就使土壤中不同养分都能得到充分利用。

玉米与豆科作物或豆科绿肥间、套作,能充分利用土壤各层养分。由于豆科作物属直根系,具有发达的主根和侧根,可深入土壤下层吸收水分、养分,其根瘤菌还可固定氮素;而玉米属须根系,主要分布在土壤表层,因此玉米与豆科作物或豆科绿肥间、套作,可以利用作物对土壤养分、水分的不同要求,以及当季作物之间的互利关系,提高土壤养分的利用率,发挥

土地的增产潜力。据河南省玉米高产、稳产、低成本科研与推广协作组 1980 年资料, 玉米、大豆在带距 6 尺的中低产地块以 2:2 间作, 混合产量较单作玉米产量提高 7.3%, 每亩产值增加 19.5~35.3 元。但是, 在种植方式不适宜, 间作比例为 2:7, 带距为 10 尺时, 玉米、大豆混合产量较单作玉米降低 38.7~49.1%, 每亩产值减少 13.2~36.2 元; 玉米、大豆在带距 8 尺的中高产地块 4:3 间作时, 混合产量较单作玉米产量降低 0.7~1.9%, 但产值却提高 4.5~11.6%, 而在低产地块上, 间作的产量和产值均较单作玉米有所提高(表 5-2)。北京市农业科学院作物研究所陈国平等 1962 年的试验也有类似的结果, 玉米、大豆间作, 无论肥力条件如何, 每亩总产量都显著高于半亩单作玉米和半亩大豆的总产量。在每亩玉米 1800 株、大豆 8000 株的密度不变时, 玉米、大豆 1:1 或 2:1 间作, 其产量折合成玉米总产, 与单作玉米基本相同, 而 5:6 间作, 在无肥区减产 20.1%, 施肥区减产更多, 达 24.6%。

表 5-2 玉米、大豆在不同肥力条件下以不同方式间作的产量结果

(河南省玉米高稳低科研与推广协作组, 1980)

产量水平	种植行比			单作玉米		间作产量及产值				间作较单作增加	
	带距 (尺)	玉米	大豆	产量 (斤/亩)	产值 (元/亩)	玉米 (斤/亩)	大豆 (斤/亩)	合 计		产量 (%)	产值 (元)
								(斤/亩)	(元/亩)		
高 产	6	2	2	844.2	97.9	744.8	79.8	824.6	105.3	-2.3	7.6
	10	2	7	877.1	101.7	515.7	153.9	669.6	96.3	-29.7	-5.3
	8	4	3	877.1	101.7	805.6	54.5	860.1	106.3	-1.9	4.5
中 产	6	2	2	610.0	70.8	582.9	71.7	654.6	84.6	7.3	19.5
	10	2	7	589.6	68.4	225.5	74.4	299.9	43.7	-49.1	-36.2
	8	4	3	628.1	72.9	548.9	74.4	623.8	81.3	-0.7	11.6
低 产	6	2	2	374.0	43.4	336.3	65.0	401.2	54.4	7.3	35.3
	10	2	7	403.7	46.8	148.6	98.8	247.4	40.6	-38.7	-13.2
	8	4	3	403.7	46.8	366.3	45.7	412.5	53.3	2.2	13.9

玉米与豆科作物或豆科绿肥间套作, 对提高玉米产量和培肥地力有积极作用。例如, 河南省农业科学院 1975 年利用麦田套玉米地, 在小麦收获后, 于 6 月上、中旬在小麦茬上套作一季柃麻, 待柃麻生长 30~40 天, 平均株高 1 米左右时, 割取上部 60~70 厘米的茎叶和嫩头, 在玉米窄行中间开沟掩土供玉米营养需要, 掩入鲜草量约 1000 斤, 所留残茬继续生长 20~30 天, 新枝长至 40~60 厘米时, 再全部收割就地压青, 作下茬小麦底肥, 实行一季柃麻两季压青。据调查, 当季玉米压青比不压青的增产 11%, 而且可以使下茬小麦增产 40.6%。同时提高了土壤的有机质、氮素和有效磷的含量(表 5-3)。

玉米与马铃薯间作或与甘薯套种, 不仅能充分利用地力, 而且还可避开需肥、需水上的矛盾。这是由于马铃薯生长期短, 耐寒, 植株可在早春生长, 到玉米需肥需水盛期, 马铃薯已到收获时期。甘薯生长期较长, 玉米收获后一般尚有 2~3 个月的生长时间, 如能增施肥料,

表 5-8 柃麻压青对土壤有机质、氮、磷的影响

(河南省农业科学院土壤肥料研究所, 1975)

地 点	项 目	柃 麻 压 青	不 压 青
须水公社白寨大队	有机质(%)	0.954	1.000
	全氮量(%)	0.065	0.058
	速效磷(ppm)	8.47	6.41
	有机质(%)	0.865	0.629
	全氮量(%)	0.054	0.050
	速效磷(ppm)	14.66	6.18

加强管理, 仍可获得高产。

#### (四)可以减轻自然灾害, 稳定产量

不同作物对外界环境条件的适应性不同, 抵抗自然灾害的能力也有所差别。玉米生长前期比较耐旱, 抽穗前后生长较快, 需水较多, 而且在不同生育时期内对旱、涝、风、冻等自然灾害有不同的反应, 因此, 调节玉米的播种期, 可减轻或避免某些灾害。例如华北地区的气候特点是春旱夏涝, 春玉米在拔节孕穗时仍处于 5~6 月份的干旱时期, 玉米大小斑病受到抑制, 而夏玉米幼苗期往往会遇上 7 月份的阴雨天气, 造成“芽涝”, 发生某些病害。如果实行麦田套种玉米, 待雨季来临后, 玉米已进入营养生长和生殖生长并进的时期, 抗涝性增强, 不仅能避免涝害威胁, 而且雨水还可满足玉米对水分需求较多的特点, 达到趋利避害的目的。但是大豆的生长需要湿润条件, 而甘薯蔓生多叶, 匍匐地面, 能减少土壤蒸发, 具有一定的抗旱特性。所以, 将玉米与豆类或薯类等作物间、套作, 在旱、涝条件下, 均能有一定的收成。合理间作套种, 可以利用自然界中的种间关系, 减轻某些病害。在夏季雨水过多时, 由于高温多湿, 单作玉米大斑病往往较重; 而与豆科作物间作的玉米生长健壮, 感病也较轻。另外, 在雨量过多、玉米螟发生严重的年份, 单作玉米往往表现减产; 而玉米与大豆间作不但虫害较轻, 同时大豆开花结荚盛期又正值多雨季节, 可满足大豆对水分的需求, 获得丰收。

#### (五)可以延长后作物的生长日数, 增加复种指数

我国北方地区, 在冬作物或早春作物田内套种玉米, 或在玉米田内套种甘薯、蔬菜、绿肥等晚秋作物, 均能充分利用前作物行间空隙, 提高土地利用率, 增加复种指数, 多种多收。同时, 间作、套种还可以提早下茬作物的播种期, 延长生育日数, 便于选用生育期较长的中晚熟丰产品种, 因此又能积累较多的干物质, 为实现高产创造条件。此外, 间作、套种还能错开收种的大忙季节, 便于调节劳力, 这对热量资源丰富的南方玉米区同样具有重要意义。据四川省万县农业试验站 1956 年在平坝地区试验, 于小麦收获前 15 天套种的玉米, 比麦收后复种的玉米早熟 10~14 天, 玉米收后还可以再增种一季秋玉米, 秋玉米收获后, 正好可以整地播种小麦。

## 第二节 我国玉米的主要轮作制度

轮作制度是人们在一定的自然气候和社会经济条件下,利用适宜的作物,根据当地的土质、地力、肥料及劳力等情况,进行长期耕作,不断改进提高而形成的。地区不同,轮作制度也不一样。我国各玉米产区轮作制度的主要方式如下。

### 一、北方春播玉米区

本区以大豆、高粱、玉米、谷子、马铃薯、燕麦、春小麦等为主要作物,多为一年一熟制;而二年三熟及一年二熟制的面积较小。

#### (一)一年一熟制

第一年	第二年	第三年	第四年	第五年
1. 大豆	玉米(或高粱等)	谷子		
2. 大豆	玉米(或高粱等)	谷子	春小麦	
3. 大豆	玉米	高粱	玉米	谷子
4. 马铃薯(或春小麦、燕麦等)	玉米			
5. 玉米(连作 2~3 年)			大豆(或谷子、高粱、甘薯等)	

第一、二两种方式多用于东北三省及内蒙古自治区东部地区。其中第一种方式是三年轮作制,多在大豆栽培面积较大的地区采用;第二种方式是四年轮作制,多见于大豆栽培面积较小的地区。这些以大豆为主要作物的地区,对大豆有耕地、施肥的习惯,而且大豆又是玉米的良好前茬作物。由于玉米施肥较多,故可获得稳产。但下茬谷子地因杂草较多,需再耕地施肥,因而可改种大豆或小麦。第三种方式是五年轮作制,在东北扩大玉米栽培面积的地区,为了维持土壤肥力,宜实行大豆、高粱、谷子与玉米轮作,五年中可种两次玉米。第四种方式分布在内蒙古自治区中部及山西省北部等地。第五种方式在辽宁省南部土质肥沃地区采用较多。山西省东南部及河北省北部也有。在玉米栽培面积较大的地区,往往不易倒茬,在多施有机肥料的基础上,短期的连作对玉米产量影响不大。玉米与大豆间作时,不少地区采用带状间作方式,下年在大豆茬上种玉米,在玉米茬上种大豆,群众称为“小倒茬”,亦可避免大豆或玉米重茬,而达到合理利用地力,提高粮食产量的目的。

#### (二)二年三熟制

第一年
第二年  
 春玉米——冬小麦——夏谷子(或大豆)

这种方式在山西省中部地区较多,玉米全为春播。

#### (三)三年五熟制

第一年
第二年
第三年  
 春玉米——冬小麦——绿豆——冬小麦——夏谷子——冬闲

这种方式在山西省介休县一带较多,第一年种春玉米,冬小麦是正茬。春玉米一般是晚

熟品种,施肥较多,水分充足,有利于后作小麦生长发育。第二年小麦收获后种绿豆,由于绿豆成熟期早,并且根系具有根瘤菌,能增进地力,秋季再播种冬小麦,产量基本可以赶上正茬小麦。第三年小麦收获后种夏谷子,因消耗地力较大,成熟较晚,不适于再种小麦,故冬季进行休闲,以恢复地力。

#### (四)一年二熟制

本区南部无霜期 150~170 天,在肥料和劳力充足的情况下,可以利用套种的方法,改一年一熟为一年二熟,一般可增产 30% 左右,高者可达一倍。辽宁省近年来在马铃薯行内间作玉米,马铃薯收获后,在玉米行内套种冬小麦,第二年再在小麦行内套种玉米,实际上亦可达到一年二熟。但这种方式要十分重视增施肥料和麦行玉米的田间肥水管理,保证玉米苗全、苗壮,才可获得较好的增产效果。

## 二、黄淮海平原夏播玉米区

本区粮食作物以冬小麦、玉米、谷子、高粱、甘薯、大豆、豌豆等为主要作物,以冬小麦、夏玉米一年二熟制为主要方式。

#### (一)一年二熟制

1. 冬小(大)麦(或油菜、豌豆等)——夏玉米(与大豆间作) 这种方式多在土质比较肥沃的地区采用。当冬小麦等作物收获后,即抓紧施肥整地,也有不整地先行播种或在麦垅内套种玉米的。如底墒不足时,应引水灌溉,并力争早播。小麦复种夏玉米的优点是适于机械化作业,易于保苗,适宜密植,田间植株分布均匀,群体结构比较合理,在精细管理下,可以获得较高的产量;但复种玉米往往易受旱、涝以及生育后期的低温影响,年度间产量很不稳定。目前这种种植方式约占该区玉米面积的 30% 左右。随着农业机械化水平的逐步提高,特别是水肥条件和玉米品种的逐步改善和更换,小麦、夏玉米复种面积仍有逐步扩大的趋势。

2. 苜蓿(三至五年)——冬小麦——夏玉米(谷子、大豆等) 这种方式多在陕西省关中及山西省南部的干旱地区采用。苜蓿是良好的牲畜饲料,而且又能培养地力,一般种植 3~5 年后,可深翻改种冬小麦、夏玉米,达到一年两熟,由于苜蓿翻压具有培肥地力的作用,所以其后茬小麦不但产量高,而且品质好。冬小麦及夏玉米连种 3~5 年后,再改种苜蓿,或在冬小麦、夏玉米连种二年后,冬季休闲,次年再种春季作物或种植一季豌豆,然后种夏玉米。这种方式,十年左右轮作苜蓿一次。

#### (二)二年三熟制

- |                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 第一年                                  | 第二年 |
| 1. 春玉米(或春高粱、春谷等)——冬小麦等——夏玉米(或大豆)——冬闲 |     |
| 第一年                                  | 第二年 |
| 2. 冬小麦等——夏闲——冬小麦等——夏玉米               |     |

这两种方式主要分布在山东省西北部和河南省中、北部,江苏、安徽省北部,山西省南部及陕西省关中等地。这些地方地力较差,夏秋季雨量较少,肥料、劳力不足,故常采取冬闲或夏闲。休闲期间,土壤要及时耕翻,接纳雨水,以恢复地力,提高后茬作物产量。

在肥料、劳力、畜力充足和有灌溉条件的情况下,改二年三熟为冬小麦——夏玉米一年

二熟制,可以提高单位面积产量。但必须相应增加每亩施肥量。水、肥条件不足,过多地增加一年两熟面积,不但不能增产,反会导致减产。河南省商丘、民权两县的经验,凡每亩耕地全年施肥量不超过4000斤土粪时,一般仍以采用二年三熟制为宜。河南省西部丘陵旱地如新安、浍池等县农民在原来实行三年四熟或二年三熟的瘠薄地块上,每年增施大量有机肥料,并适当施用化学肥料,经过3~4年,土壤肥力显著提高,保墒能力有所增强时,再改为一年二熟制,其粮食产量才能高而稳定。

二年三熟制改为一年二熟制,要考虑农业生产和群众的实际需要,因地制宜地确定改制面积和比例。由于二年三熟制多以小麦、高粱、大豆、甘薯等为主要作物,如果改为一年二熟制,其中有些作物的种植面积则会相应减少。因此,在劳力多,肥水足,机械化水平高的地区,可适当改为一年二熟制或三年五熟制;生产条件较差的地区,则不宜大面积改制。

### (三)三年五熟制

- |   |     |     |
|---|-----|-----|
| 第一年                                       | 第二年 | 第三年 |
| 1. 春玉米(或春高粱)—冬小麦等—夏玉米—冬小麦—夏玉米(或大豆、甘薯等)—冬闲 |     |     |
| 第一年                                       | 第二年 | 第三年 |
| 2. 冬小麦等—夏玉米(或谷子)—冬小麦等—夏闲—冬小麦—夏玉米(或谷子等)    |     |     |

这两种方式是二年三熟结合一年两熟而构成的。复种指数可以达到167%,在水、肥、劳力条件较好的情况下,尚有增产潜力。

### (四)一年三熟制

1. 冬小(大)麦等——夏玉米——白菜(萝卜等秋菜)。
2. 马铃薯(或春菜等)——夏玉米——白菜(萝卜等秋菜)。

这两种方式一般常用于肥、水充足的城镇郊区,玉米多为早熟丰产品种,在冬小麦、马铃薯或春菜等收获后播种,或在行境内套种。秋菜可套种在玉米行内或提前育苗,待玉米收获后移植,在秋菜地里还可以套种冬小(大)麦。例如北京郊区的三大季栽培(春菜——玉米——秋菜),就是这种方式。

## 三、西南山地玉米区

本区无霜期长,雨量较多,地势复杂,多以水稻、玉米、冬小麦、蚕豆、马铃薯、甘薯等为主要作物。其轮作制度有以下几种:

### (一)一年一熟制

多在高山、丘陵,土壤瘠薄,气温较低的地区采用,一般一年仅种一季春玉米或马铃薯、春甘薯、烟草、花生等作物。种植烟草,耕管细致,施肥量多;种植甘薯,施肥亦较多,而且收获时土壤又要经过深刨,所以这些作物均是玉米的良好前作,可与玉米隔年轮换一次。如多施肥料,适时播种,亦可改为二年三熟制。

### (二)二年三熟制

- |                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第一年                          | 第二年 |
| 春玉米——小春作物①——夏玉米(或甘薯、花生等)——冬闲 |     |

① 小春作物包括春马铃薯、春荞麦、冬小麦、春季蔬菜、豌豆、蚕豆、油菜等。

这种方式多见于低产地区。当水、肥条件充足时,可以改为一年二熟制。

### (三)一年二熟制

1. 小春粮食作物——春玉米或夏玉米
2. 春玉米——甘薯、秋玉米
3. 春玉米——中稻或晚稻
4. 油菜——夏玉米

前两种方式多用于西南各省(区)气候温热,地势较高,水源不足,不便于种植水稻的地区。有的地区将春玉米与秋玉米连作,称为“双季玉米”;一般头茬玉米在春分、清明间播种,大暑前后收获,再立即播种二茬玉米,待到霜降前后即可收获;亦有在头茬玉米行内套种二茬玉米的。由于种植双季玉米需肥较多,往往受水肥、劳力等条件的限制,近几年来栽培面积逐年减少。

第三种方式,多在水利条件较差的水稻区采用。由于春玉米的品种不同,收获早的栽中稻,收获晚的栽晚稻,在自然条件适宜的情况下,亦有在中稻或晚稻收获后,再增种一季绿肥作物,以培养地力。

第四种方式,在四川、云南、湖北等省有一定的种植面积。油菜为肥茬口,在其收获后育苗移栽或直播玉米,土壤肥力可以得到充分发挥。

### (四)一年三熟制

1. 小春作物——春玉米(套种)——甘薯(套种)
2. 小春作物——春玉米(套种)——晚稻
3. 小春作物——早稻或中稻——秋玉米(或甘薯、秋菜、蔬菜等)
4. 春玉米——中稻——秋甘薯
5. 马铃薯——春玉米——大豆(或秋马铃薯)
6. 小麦——春玉米——大豆(或秋甘薯)

前三种方式用于四川省水利条件较好的平坝、丘陵及低山地区。由于前后茬衔接较紧,故多采用套种方法,土地利用比较经济,单位面积产量亦较高。如四川省武胜县一带多采用冬小麦或油菜与玉米、甘薯一年三熟制,冬小麦、油菜、蚕豆在霜降、立冬间播种,玉米于春分前在蚕豆田内套种,甘薯于玉米播种后 50 天左右在玉米行内套种,大暑前后收玉米,立冬前收甘薯并播种冬小麦。

第四种方式在广西壮族自治区都安瑶族自治县一带是主要的轮作方式。以玉米、甘薯为主要粮食作物,这种方式在平原地区及丘陵地区均有采用。过去在水利条件较差的稻田,多是一年种一季中稻,产量很低。自从改用春玉米、中稻、秋甘薯一年三熟轮作制以后,总产量显著提高。

第五、六两种方式多见于四川、湖北两省的西部山区。

### (五)一年四熟制

1. 小春作物——春玉米(套种)——甘薯(间作)——秋季蔬菜
2. 蚕豆——春马铃薯(间作)——春玉米(间作)——秋甘薯(套种)

这两种方式为前后作物间、套作,主要以四川省较多。春玉米多为晚熟品种,加强田间

管理,亦可获得高产。

#### 四、南方丘陵玉米区

本区的主要作物为水稻、冬小麦、油菜、玉米、甘薯等。玉米的主要轮作方式有以下几种。

##### (一)一年一熟制

本区高山地带与西南山地玉米区的情况相同,亦有一年一熟制。种植作物为玉米、马铃薯、花生等,但以玉米为主。

##### (二)一年二熟制

1. 春玉米——秋玉米(或马铃薯、花生等)
2. 冬小麦(或油菜等)——夏玉米(或马铃薯、花生等)
3. 春玉米——中稻或晚稻
4. 水稻——秋玉米

第一种方式称为双季玉米。春玉米在清明播种,于立秋前收获,并立即抓紧播种秋玉米。双季玉米要求土地肥沃,肥料充足,均以早熟品种为宜。例如,安徽省在春玉米抽雄前期结合中耕撒(条)播泥豆等绿肥作物,待玉米收获后,将绿肥耕翻作秋玉米的基肥;同样在秋玉米抽雄前结合中耕撒种苕子或紫花豌豆等绿肥作物,收获玉米时留下2尺高的茎秆,使苕子继续生长,至第二年清明前翻入地下,作为春玉米的基肥。

第二种方式与黄淮海平原夏播玉米区的冬小麦和夏玉米一年二熟轮作方式相似。

第三种方式是解放后由一年一熟(中稻)改成的,近几年来栽培面积尚在扩大。生产实践证明,春玉米可以利用早春气温较低、雨水较少的季节,提高单位面积产量。据广西壮族自治区百色农业试验站的调查结果:1956年靖西县一年一熟中稻平均亩产365斤,而一年二熟玉米、中稻轮作,平均亩产570斤;东兰县一年一熟中稻平均亩产339斤,而一年二熟玉米、中稻轮作,平均亩产473斤。

第四种方式水稻复种秋玉米,是我国南方水稻产区的一种重要复种方式。主要分布在广西西部丘陵区,浙江中部平原丘陵区,安徽南部及福建部分地区。大多是在早稻或中稻收获后复种或移栽一季秋玉米。这对水源不足的水稻产区是一种提高复种指数、增加粮食产量的有效措施。

##### (三)一年三熟制

1. 早稻——秋玉米——绿肥
2. 春玉米——中稻——秋甘薯
3. 冬小麦等——中稻——秋玉米

这三种方式用于水源较差的地区,多为水旱轮作,对改善土壤理化性状、提高土壤肥力有利。唯前后茬连接较紧,必须有充足的肥料,争取适时播种,才能提高产量。浙江省的永康、东阳及义乌等县,以秋玉米为主,多采用第三种方式。



## 五、西北灌溉玉米区

本区农作物以春(冬)小麦、谷子、玉米、荞麦、高粱、胡麻、燕麦、豌豆等为主。轮作制度有三种:第一种是一年一熟制,春玉米与春小麦、豌豆等轮作;第二种是二年三熟制,即一年一熟制的春玉米与一年二熟制的冬小麦、夏玉米等轮作;第三种是冬小麦、夏玉米一年二熟制,多见于新疆的英吉沙、莎车等地区。

合理的轮作制度是全面提高农作物产量的有效措施。一种轮作制度的改变,往往关系着农业生产的各个环节,必须事先加以周密的考虑,才能达到改制的预期效果。我国气候条件复杂,各地区情况差别很大,要做到合理地改革轮作制度,首先必须因地制宜地种植作物,以达到合理布局。合理轮作是从总的方面来规划不同年代所种的作物种类,并从当年或当季生产和群众生活需要的角度出发,对各种作物作出合理的安排,使其既有长远规划,又符合当前需要。在轮作中采用复、套种等方法增加复种指数时,必须考虑到肥料、水利、品种、劳力及工具等条件,只有在上述条件充分具备的情况下,才能达到多种、多收、高产、稳产的目的。

## 第三节 我国玉米的主要种植方式

我国各地气候、土壤、地形等差别甚大。特别是随着生产条件和栽培技术的不断改善,玉米的种植方式,逐步向充分利用地力、空间和生长季节,扩大复种面积,提高光能利用率,保证高产稳产的方向发展。其种植方式,主要有间作、套种和复种等。

### 一、玉米的间作方式

玉米间作,我国主要有玉米与豆类作物、玉米与薯类作物等间作方式。

#### (一)玉米、大豆间作

玉米与大豆间作在我国分布比较普遍,东北地区实行春玉米与大豆间作;华北平原和徐淮地区广泛采用夏玉米与大豆间作;西南山地和南方丘陵地区,则实行春玉米或秋玉米与大豆间作。随着人们对豆类食品需要量的增大,玉米、大豆间作方式还有逐步增加的趋势。

玉米、大豆间作,在基本上不影响玉米产量的前提下,可增收部分大豆,因此经济收益较高,并能改善人们的食品构成,有利于作物的轮作倒茬。据河南省玉米高产、稳产、低成本协作组 1979~1980 年联合试验,在中低产田上,玉米、大豆间作,总产量一般比玉米单作增加 10% 左右。河北省农业局 1980 年调查,全省 1000 多万亩玉米、大豆 4:2 间作,不但玉米基本不减产,而且每亩还可多收大豆 20~30 斤。

玉米、大豆间作时,一般应安排在中、上等肥沃的土壤上。种植方式北方应以玉米为主,间作大豆,行数比例一般以 6:2、4:2 或 2:1 为宜;西南地区玉米、大豆一般按 2:2 或 2:4 的比例,以确保玉米的适宜密度,并利用空行通风透光的有利条件,增加边行效应,玉米可少减产或不减产,同时也能增收大豆。在中、下等瘠薄土壤上,应以大豆为主,间作玉米,但大豆地里面间作玉米的行数不宜过多,否则养分供应不足,会影响玉米、大豆生长。玉米、大豆的行

比,北方地区一般以2:4或2:6为宜;西南地区每隔4~6行大豆可间作1行玉米。每亩密度大豆为6000~10,000株,玉米为500~1000株。东北和徐淮等大豆主要产区,机械化作业水平较高,宜采用宽带玉米与大豆间作的方式,一般每带玉米6~8行,大豆6~24行不等,这种间作方式,大豆接近于单作,基本上不受玉米的影响,而玉米因边行优势的作用,增产显著,既有利于大型机械作业,也有利于粮、豆双丰收。

玉米除与大豆间作外,我国有些地区还将玉米与绿豆、赤豆等豆类作物间作;绿豆耐瘠薄,生长期又较短,可以提前收获;赤豆性喜高燥,需肥亦较少,经济价值较高,在地势高,土质瘠薄,灌溉条件差的地区,如与玉米间作亦可有较好的收成;但在高肥水条件下,其增产效果则不如玉米、大豆间作。

### (二)玉米、花生间作

玉米、花生间作方式比较普遍,山东烟台、辽东半岛、滇南和川中等花生产区多采用这种方式。除了干旱缺水比较瘠薄的土壤外,在土质疏松,肥力中等的土壤上,玉米、花生间作具有明显的增产效果,比玉米、大豆间作,每亩约可增产18~20%。为了适应土壤肥力和通风透光条件,玉米、花生间作方式,通常以采用1行玉米间作3~4行花生为宜。花生行距1~1.3尺,基本不减少密度,玉米则选用早熟高产品种,每亩密度1000株左右,亩产虽只有300余斤,但花生却可接近单作产量。另外,2行玉米间作8~10行花生,也是一种较好的粮油间作方式。

### (三)玉米、马铃薯间作

玉米、马铃薯间作的地区较广,主要在东北、内蒙、华北的丘陵山地,云南东北部和中部地区,四川盆地边缘山区及湖北、湖南西部等山区,间作方式主要有以下两种。

第一,中带间作。带宽5~6尺,2行马铃薯间作2行玉米,马铃薯窄行1.0~1.2尺,玉米窄行1.2~1.4尺,采取挤中间、空两边的种植方式,可减少马铃薯生长盛期荫蔽玉米的弊端。玉米采用中熟或中晚熟品种,密度保持单作株数,每亩3000~3200株;马铃薯每亩保持3000穴左右。这种方式,一般每亩全年总产可比单作马铃薯增加40~50%,比单作玉米增加20~30%。

第二,窄带间作。带宽4.5尺,多在高寒地区马铃薯和玉米植株不高的情况下采用。如果土壤肥沃,土层深厚,适宜玉米生长的地区,可采用2行玉米间作1行马铃薯的方式;反之,土质瘠薄,施肥水平较低,适宜马铃薯生长的地区,则以2行马铃薯间作1行玉米为好。

第三,宽带间作。带宽10~12尺,种玉米2行,窄行1.4尺左右,每亩密植1500~2000株,马铃薯密度与单作相同。这种种植方式玉米占地面积虽少,但边行优势强,仍可获得一定的产量;而马铃薯占地面积大,产量高,因此,全年可以收到较高的产量。另外,在热量许可的情况下,还可种第三季作物,如豆类或绿肥等。其缺点是粗粮多,细粮少,在以增收马铃薯为目的的地区,可作为一种搭配方式。

### (四)玉米、甘薯间作

在六十年代时,华北和西南玉米产区春玉米、甘薯间作的面积较大,随着耕作制度的改革,现在只有山东、河北、河南、山西等省及西南丘陵地区还保留一定面积,但间作玉米的行数较少。另外,夏玉米、甘薯间作也有一定面积。

春玉米或夏玉米间作甘薯,田间共生期不宜过长,间作株数也不宜过多,否则甘薯因玉米遮阴,会引起光照不足而影响产量。如以甘薯为主,甘薯仍保持单作的密度,玉米每亩间作600~1000株,对甘薯产量影响不大,但可适当多收玉米,使每亩总产量增加6~10%。

玉米与甘薯间作,玉米宜选用早中熟双穗率高的丰产品种,在肥水充足,栽培技术良好的条件下,可以获得较好的增产效果。为此,在冬耕或种植前应施足底肥,或者采用挖丰产沟的方式,即每隔3~4垅甘薯挖一条宽1.5尺、深1.0尺的沟,沟内填土施肥,整平后再间种2行玉米。待玉米长出8~12片展开叶时,应增施氮素化肥;花期时,要进行人工辅助授粉;玉米收获后立即给甘薯除草培土,追肥浇水,促进甘薯生长。

## 二、玉米的套种方式

玉米主要是与冬小麦或春小麦、大麦套种,有些地方还采用蔬菜、豆类与玉米套种。这种种植方式不但可以增加绿色面积,充分利用空间,延长生育季节,增加复种指数,而且还能提高单位面积粮食产量。在作物生长期较短,种一季时间有余,种两季时间不足的地区,如果用小麦、玉米套种方式,可以巧用季节,因地制宜,提早玉米播种期,避开灾害性天气,使小麦、玉米双丰收。例如,华北平原历史上以两年三熟为主,种植方式是冬小麦——夏玉米(间大豆或甘薯)——春玉米(高粱、谷子)。由于冬小麦种植面积逐年扩大,才由二年三熟制逐步改为冬小麦复种夏玉米一年二熟制。但是,小麦收获后直播夏玉米,正值6月中旬至7月下旬的夏涝季节,玉米苗期易受涝害,影响生长,一般每亩约减产20~30%;另外,由于夏收夏种时间短,农活紧张,往往造成一部分玉米晚播,生育后期又易遭受9月上旬低温为害,延误小麦播种适期。为此,应针对自然气候特点,于小麦收获前10~30天在麦行内套种玉米,当雨季来临时,正是玉米生长需水盛期,可变害为利。目前,小麦、玉米套种在华北平原地区迅速发展,播种面积约占小麦、玉米套复面积的75%。四川平坝丘陵和部分中山地区,热量资源丰富,雨量充沛,历史上以小麦、玉米一年二熟为主,由于各地降雨量和季节间分配不均,经常发生干旱和涝灾,一般川东南为春雨伏旱区,川中为夏雨、伏旱交错区,川西为春旱夏雨区。伏旱多发生在7月中下旬,夏旱在6月中旬,夏涝则在7月中下旬出现,玉米在旱涝灾害年份一般约减产30~50%。因此在冬季播种小麦或蚕豆、豌豆时,要事先预留出玉米的套种行,当早春地温稳定在10~12℃时,即抓紧播种春玉米,争取玉米在6月上旬抽穗扬花,7月下旬收获,可躲过伏旱、夏涝,减轻夏旱的威胁。四川省自1977年以来,玉米套种面积逐年扩大,至1980年套种面积达50~60%,有的地区基本达到普及,同时由于大力推广杂交种,改进栽培技术,玉米产量连年上升,1980年玉米总产达到103亿斤,单产428斤,比1977年总产和单产均增加一倍左右。

目前,在全国3亿亩玉米中,与其他作物套种的玉米面积约2.2亿亩,占玉米总面积的三分之二以上,尤以黄淮海平原夏播玉米区和西南山地玉米区面积最大。玉米套种的主要方式有:密播套种、窄带套种、中带套种和宽带套种四种。

### (一)密播套种

玉米密播套种也称“麦垅点种”、“钻套”或“三密一稀”、“四密一稀”。山东烟台西部、河北石家庄以南、河南北部以及陕西关中地区,均采用这种方式。它的特点是小麦按常规播

种,但每3行或4行小麦留一个8寸的套种行,麦收前7~15天用点播器在畦埂和预留的套种行中套种玉米。小麦和玉米的种植密度都基本与单作相同。玉米选用叶片直立、株型紧凑的中熟品种。这种方式,玉米受小麦的影响少,土地利用比较经济,能争取农时,缓和三夏农活的矛盾,只要加强管理,可夺取小麦、玉米双丰收。据山东省烟台地区1974~1978年四个县10份试验资料的统计,套种玉米比直播玉米每亩多收116.7斤,增产17%;全年小麦、玉米套种比直播每亩多收124.4斤,增产8.6%。但是,密播套种操作费工,机械作业困难。因此,保全苗是栽培管理的主要环节。

### (二)窄带套种

小麦、玉米窄带套种,在河北北部唐山、廊坊地区和张家口、承德南部的冬麦区,以及山西中部和北京、天津的郊区,面积较大。一般带宽4.0~4.5尺,带内播种小麦6~8行,占地2.5~3尺,留空行作埂,宽1.5~1.8尺,麦收前一个月左右套种两行中熟或中晚熟的玉米品种,麦收后玉米即成大小行。和两茬复种相比,小麦占地虽有所减少,但玉米却能利用生育期较长的品种。在无霜期短的中等肥力地区,采用这种方式可以争取季节,充分利用光能,获得玉米高产。例如河北省抚宁县1979年22.3万亩套种田,平均亩产小麦280斤,玉米690斤,全年每亩总产970斤。

### (三)中带套种

小麦、玉米中带套种,带宽多为5~8尺。这种方式分布地区广,种植类型多,其代表性的方式有:西南山地的“早三熟”套种,山东省烟台地区的“二四畦”套种,以及华北北部地区的7.5尺中带套种。

1. 早三熟套种 在西南丘陵山地中,以四川丘陵和部分中山地区种植面积最大,近年来已发展到1500多万亩。早三熟套种一般复合带距5~6尺,小麦密窝点播或条播4~6行,占地一半,另一半春播种植绿肥、蔬菜或进行冬闲,待小麦收获前30~45天,将绿肥压青,适时播种两行玉米,玉米窄行1.4尺,麦收后在玉米大行中间栽甘薯2~3行。这种种植方式的主要优点是:

第一,预留玉米空行较大时,玉米可以早播、早收,躲过早、涝灾害;预留玉米空行里间作蚕豆、豌豆、箭舌豌豆等冬季绿肥,有利于增收玉米和用养结合。据四川省万县地区农业科学研究所1979~1981年三年的试验结果,用箭舌豌豆绿肥作为玉米底肥,每亩施用1000斤,平均比对照每亩多收玉米72.2斤,增产13.2%;每亩施用2000斤,比对照每亩多收玉米134.6斤,增产24.7%;每亩施用3000斤,比对照每亩多收玉米186.9斤,增产34.2%(表5-4)。

第二,复合带内可以实行轮作,即第一年的玉米接种小麦,第二年麦收后栽甘薯;第一年的甘薯带收获后,种冬季绿肥或进行土壤冬翻熟化,第二年点播玉米。这样就形成了小麦、玉米、甘薯套种的两年轮作制,有利于用地养地。

第三,复合带内由2行玉米和5~6行小麦所组成的复合群体,均在边行优势控制范围之内,可充分利用光能和地力,因此全年总产量比较高。如果再增加行数,小麦、玉米边行优势均有下降趋势。据四川省万县地区农业科学研究所1980~1981年两年小麦、玉米、甘薯行比试验,2.5:2.5、3.5:2.5、3:3三种5~6尺宽带距的,全年平均亩产1464.7~1511.7斤,

表 5-4 绿肥不同压青量与玉米增产的关系比较表\*(斤/亩)

(四川省万县地区农业科学研究所, 1979~1981)

压青量 (斤/亩)	年 份	1979	1980	1981	平均	增 产	
						斤/亩	%
1000		520.2	539.0	793.0	618.1	72.2	13.2
2000		595.0	611.5	835.0	680.5	134.6	24.7
3000		625.0	656.3	917.0	732.8	186.9	34.2
对照		428.0	481.0	733.8	545.9	—	—

\* 绿肥作物系箭舌豌豆。

表 5-5 小麦、玉米、甘薯三熟制不同行比产量比较\*

(四川省万县地区农业科学研究所, 1980~1981)

行 作 比 物 (尺)	小 麦		玉 米		甘 薯		全 年		种 植 行 数		
	斤/亩	位 次	斤/亩	位 次	斤/亩	位 次	斤/亩	位 次	小 麦	玉 米	甘 薯
1.8:1.8	378.0	2	936.0	1	199.3	3	1513.3	1	3	1	2
2.5:2.5	367.7	3	924.6	2	185.3	4	1477.6	3	4	2	3
3:3	352.7	4	899.9	3	212.1	2	1464.7	4	5	2	4
3.5:2.5	392	1	884.1	4	235.6	1	1511.7	2	6	2	4

\* 每亩玉米3000株,甘薯4000窝。三次重复。

比1.8:1.8窄带距全年亩产1513.3斤,只少收1.6~48.6斤,差异不明显(表5-5)。

另外,在四川省成都平原,还有一种小麦、玉米、水稻三粮两肥间套复种的种植方式。就是小麦间作绿肥(主要是蚕豆、豌豆),绿肥收割或压青后点种玉米,麦收后在玉米大行中,再间作田菁等夏季绿肥,玉米收获后在水源比较充足的情况下,翻压绿肥种晚稻。这种种植方式的优点是,变迟为早,趋利避害。在双季稻区,麦套玉米比麦收后复种早稻能提早成熟半个月左右,对提前栽插晚稻,缓和7月份“三抢期”的劳力矛盾和提高晚稻产量,有显著作用。例如,春玉米复种晚稻一般亩产600斤左右,而小麦、早稻后复种晚稻,一般亩产仅300~400斤,移栽愈晚,产量愈低。另外,春玉米和晚稻都有绿肥作底肥,可用养结合,培肥地力,同时采用两早一水的种植方式,晚稻收后土壤结构良好,有利于提高后季作物产量。

2. “二四哇”套种 复合带宽6尺,其中4尺畦面机播8~9行小麦,留2尺套种行,麦收前30~45天在行间套种2行中晚熟玉米品种,麦收后玉米变成宽窄行,每亩留苗3200~3500株,大行距5尺,小行距1尺,便于采用机械施肥、中耕和田间管理。大行距还可因地制宜种植豆类 and 绿肥作物。这种方式主要分布在山东省胶东半岛东部沿海地区。其主要优点在于套种期显著提前,适于复种玉米积温不足的地区采用,在夏涝地区,还可躲过芽涝等

弊害。但由于小麦实播面积减少,对小麦产量稍有影响。1974年山东省烟台地区推广“二四畦”以来,粮食产量稳步上升,至1979年“二四畦”面积已达到280万亩,占夏玉米面积的70%以上。

3. 7.5尺带套种 这种种植方式,亦叫“三种三收”。主要分布在河北省北部、中部和京、津郊区以及山西省中南部;四川省地多人少、土质中等的旱地上也有少量种植。华北地区带距一般7.5~8.0尺,机播小麦12~14行,占地5.7尺,埂宽1.8尺,麦收前25~35天在行间用半机械播种机套种2行中熟玉米,麦收后,在大行间套豆类或绿肥作物。这种方式小麦比单作一般减产6~8%,高产麦田因有边行优势,可以平产或略有增产;而玉米则可增加积温600℃左右,因此能确保玉米在种麦以前适时收获。而且第三茬还可以因地制宜种植豆类、薯类和绿肥作物,达到用地养地的目的。河北省获鹿县1974年以来,逐步推行三种三收,每年播种面积约15万亩,至1977年已占粮食耕地面积的60%左右。

#### (四)宽带套种

小麦、玉米宽带套种,宽带多为10~20尺,其中小麦占地8~10尺,机播小麦时,预留2~2.4尺的套种行。小麦收获前20~30天于行间套种2行中晚熟玉米品种,麦收后立即浅耕灭茬,播种或移栽4~6行早熟玉米,也有的种植水稻、豆类、薯类或花生,但以收获小麦和下茬作物为主。中茬玉米占地少,种植株数亦不多,但有利于全年高产。这种种植方式在山东省中南部、河南省北部等地仍有一定面积。

### 三、玉米的复种形式

我国的热量资源比较丰富,约有二分之一的农业耕地全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的有效积温在3600℃以上,无霜期170天以上。因此,增加复种指数,实现精耕细作,是提高土地利用率,充分利用光、热资源和增加粮食产量的主要途径。如山东省1976年粮食总产量比1966年提高了52%,这与复种指数增加20%有很大关系。

#### (一)小麦复种夏玉米

这种种植方式主要分布在黄淮海平原夏播玉米区,目前复种夏玉米约占该区玉米总面积的20~25%。此外,西南丘陵低山和中山地区,亦占有一定面积。

小麦复种夏玉米适于机械化作业,易于保苗,田间植株分布均匀,群体结构合理,适宜密植,管理方便,可以获得较高的产量。但是复种玉米往往易受旱、涝以及生育后期低温的影响,年度间产量不稳定。随着农业机械化水平的逐步提高和水肥条件的不断改善,以及早熟、高产、适宜密植理想株型玉米杂交种的选育和推广,小麦、夏玉米复种面积将会逐步扩大。

#### (二)水稻复种秋玉米

水稻复种秋玉米主要分布在我国南方水稻产区的广西西部丘陵区,浙江省中部平原丘陵区,安徽省南部等地区。大多是在早稻或中稻收获后复种或移栽一季秋玉米。由于水稻、玉米水旱交替轮作,能恢复水田土壤团粒结构,提高土温,发挥土壤潜在肥力,为下茬作物增产奠定了良好基础。因此,在水源不足的水稻产区,是一种提高复种指数、增加粮食产量的主要措施。

### (三)油菜复种夏玉米

油菜复种夏玉米,在四川、云南省有一定的种植面积。一般油菜用甘蓝型品种,每亩8000~10,000株,每穴双株,亩产200~300斤,油菜收获后复种玉米,通常玉米以营养钵育苗移栽,用中熟品种,每亩3500~4000株,亩产500~600斤;直播玉米用中早熟品种,每亩3000~3500株,亩产400~500斤。这种复种方式的优点是,油菜为肥茬口,有利于后茬玉米生长;育苗移栽的玉米可以缩短大田玉米生育期,提早成熟,在低山地区可躲过伏旱,在中高山地区也可避免低温为害。

## 第四节 玉米间作、套种的主要栽培技术

间、套作玉米的生长发育进程,不但受生产条件和栽培措施的影响,而且还受间套的作物种类和种植方式的影响,由于其生育季节和相应的土、肥、水、光、温、气等田间小气候的变化,从而构成了间套作玉米生长发育和栽培技术的特殊性。因此,研究、认识和掌握间套作玉米的生长特点及其相适应的栽培技术措施,对充分发挥间套作的有利因素,争取实现玉米高产,是十分重要的。

### 一、品种组合

不同作物品种的株高、长势、长相、生育期、抗逆力等表现各不相同。用于间套作的品种,应具备耐荫性强,丰产性好,成熟期适宜,株型紧凑,抗倒力强的优点。具体应注意以下三点:

#### (一)作物品种成熟期的搭配

玉米改复种为间套作,宜选用丰产潜力大的中熟或中晚熟玉米品种,一般可比早熟玉米品种每亩增产100~200斤。

玉米和其他作物间套作,其生育期的长短,不但可以直接决定与后作物共生期的长短,而且对后作物的荫蔽时间及产量也有明显的影响。四川省农业科学院内江市基点1974年试验,成单1号玉米套甘薯时,甘薯亩产332.5斤(折原粮,下同),而选用比成单1号晚熟7天左右的新单1号时,甘薯亩产下降为302.8斤。因此,作物成熟期的搭配,应从全年高产出发,根据当地的自然气候特点,在确保玉米能够正常成熟、适时栽种的前提下,还要尽量避免不利的自然因素对玉米和下茬作物的影响。一般以最适播种期的上限期至最适收获期的下限期之间的日数,作为选择玉米品种成熟期的依据。成熟期过早,不利于充分发挥玉米的增产潜力,成熟期过晚,又容易遭受不利气候的影响,不但产量不稳,而且还会给下茬作物适期栽种造成困难,甚至会影响后作产量。

#### (二)作物株高的搭配

不同作物间套作,在共生期间,受光时间的长短和荫蔽程度,取决于所在地区当时的太阳高度角、方位角和高矮秆作物之间的间距及株高差。高矮秆作物的株高差越大,间距越小,对矮秆作物的荫蔽和生长发育的影响也越大。中国农业科学院土壤肥料研究所,1972年在山东省武城县城关公社测定:小麦与其他作物间套时,小麦株高每增加10厘米,间套作

物遮荫时间每天即增加 25 分钟; 小麦株高 110 厘米的比 70 厘米的遮荫时间, 在一天内要多 1 小时 40 分。间套行的光照强度, 小麦株高在 70 厘米时, 其光照强度为单作的 72%; 小麦株高在 90 厘米时, 其光照强度则下降为单作的 53%。北京市农业科学院气象研究室等 1973 年在纬度为 40 度左右的北京地区测定, 小麦套玉米的共生期间, 玉米播种占地 1 尺, 小麦、玉米株高差为 1.5 尺以上时, 玉米每天的日照时数最多仅为 4 小时 52 分; 玉米播种占地为 1.8~2 尺, 株高差在 1.5 尺以下时, 玉米每天即能获得 8 小时以上的日照。因此, 北京地区小麦套玉米时, 玉米播种行埂宽为 1.8~2 尺时, 小麦株高应控制在 1 米以内为宜。

陕西省延安市枣园大队科研站等单位 1977 年试验, 在套种条件下, 前作小麦不同株高的品种, 对套种玉米的产量有明显影响。沙瑞克小麦株高 67 厘米, 玉米亩产为 656.2 斤, 品 20 小麦株高 100 厘米, 玉米亩产则下降为 395.0 斤。四川省农业科学院郫县基点 1976 年试验, 早阿波小麦套种成单 3 号玉米, 育苗移栽的小麦, 株高 79 厘米, 玉米亩产 664.6 斤; 直播的小麦株高 123 厘米, 玉米亩产下降为 537.5 斤。马铃薯间作玉米时, 玉米亩产量也随马铃薯植株的增高而呈下降趋势。由此说明选用植株较矮的品种, 能减轻对间套玉米的荫蔽, 缓和共生期中争光的矛盾, 有利于提高玉米产量。

### (三) 作物畦宽与玉米株高的搭配

玉米与其他作物间套一年三熟, 要求中茬玉米能为后茬作物创造较好的通风透光条件。中茬玉米植株的高矮直接关系到后茬作物受光面积的大小、光照的强弱和产量的高低。四川省农业科学院内江市基点 1975 年试验, 小麦套玉米、套甘薯, 玉米选用成单 3 号, 直播的株高 237.9 厘米; 4 叶期时小苗移栽, 株高 227.7 厘米; 6~7 叶时大苗移栽, 株高 133.2 厘米。由于移栽玉米植株较矮, 对套作甘薯的荫蔽较轻, 甘薯产量随玉米株高的降低而上升, 亩产分别为 301.3 斤、340.0 斤和 447.3 斤。中茬玉米的株高范围, 应视作物组合、田间结构和该地区所处的纬度而定。北京市农业科学院气象研究室等单位 1977 年测定, 北京地区中茬玉米在占地 1.8~2 尺的条件下, 为了保证下茬作物的灌浆成熟阶段每天能有 8 小时的日照, 玉米与后作物的株高差, 7.5 尺畦上不宜超过 3.3 尺, 9.5 尺畦上不宜超过 4.5 尺, 10.5 尺畦上不宜超过 5.2 尺。按后作物株高的平均数值推算, 玉米、大豆间作, 玉米株高在 7.5 尺畦上应为 1.49~1.79 米, 9.5 尺畦上应为 1.92~2.22 米; 玉米、谷子间作, 玉米株高在 7.5 尺畦上可为 2.09~2.39 米, 9.5 尺畦上可为 2.52~2.82 米; 玉米与平均株高只有 40 厘米左右的花生、甘薯等作物套种, 则在 7.5 尺、9.5 尺、10.5 尺畦上, 玉米的株高分别以 1.5 米、1.93 米、2.13 米左右为宜。

### (四) 长势强、较耐阴的玉米品种搭配

不同玉米品种, 苗期长势和耐荫蔽性亦不相同。间套作玉米, 选用苗期长势强、比较耐阴的品种, 能缓和与前作物的共生矛盾, 促进玉米生长, 获得较高产量。四川省农业科学院郫县基点 1976 年试验, 小麦套种玉米连作晚稻, 选用苗期长势较旺、耐阴性较强的成单 3 号玉米杂交种, 亩产为 651.7 斤; 苗势较弱、耐阴性较差的郑单 2 号玉米杂交种, 亩产为 559.7 斤。生长势和耐阴性中等的成单 3 号×郑单 2 号双交种, 亩产为 589.6 斤。



## 二、畦宽、带比

畦宽,也称带宽、厢宽。它是指一个复合条带占地的宽度。带比是指复合带中,某一作物种植面宽占畦宽的比例,合理的畦宽和带比,有利于协调玉米与各间套作物之间、玉米群体内的个体之间、玉米与光照等生态因素之间的矛盾,也是间套作玉米实行耕作机械化的基础。目前,我国玉米间套作的组合繁杂,形式多样,因地制宜地逐步做到种植形式区域化、规格化、定型化,对于促进间套玉米栽培技术的研究和实现耕作机械化,有着重要的意义。

畦宽、带比的设计原则,一要有利于间套作物充分利用有利的自然因素,发挥边行优势,促进产量的增长;二要有利于主作物高产,全年丰收;三要有利于耕作管理和轮作换茬。

### (一)畦宽、带比与边行效应

间套作物边行效应的大小,因作物组合、播种行数、生产水平等条件而异。小麦套玉米,在共生期中,由于小麦植株较高,占据有利空间,表现明显的边行优势,一般以边一行最大,边二行次之,第三行明显减弱,至第五行基本消失。西北农学院 1977 年测定,小麦边行效应的纵深范围和增产效果随生产水平的提高而增加;亩产 400 斤以下的地力水平,纵深范围 1 尺左右,以 0.5 尺以内的边行最为显著,增产幅度为 10~30%;亩产 400~600 斤的地力水平,纵深范围 1.5 尺左右,以 1 尺以内的边行最为显著,增产幅度为 20~40%;600~800 斤以上的地力水平,纵深范围 2 尺左右,以 1 尺左右的边行最为显著,增产幅度为 30~50%。玉米的边行优势,以边一行的优势最显著,边二行即急剧下降,至第三行基本消失。黑龙江省嫩江地区农业科学研究所 1976 年测定,在中高肥力条件下,玉米边行效应的纵深范围为 2 尺左右,以 1 尺以内的边行最为显著,边行效应控制范围下的增产幅度为 15.4~56.7%。云南省农业科学院粮食作物研究所玉米研究室 1980 年调查,边一行的增产幅度为 41.7~45.0%,边二行即显著下降为 17.0%。按上述结果推算,小麦套种玉米的播种行数和占地面宽,以小麦不超过 8 行,占地 3~3.5 尺,玉米播种 2 行,占地 2.5~3 尺,合计畦宽 6 尺左右的中等带距,能同时发挥小麦、玉米边行优势的增产效果。畦过宽,单位面积上的空带和边行数减少,不利于边行优势的发挥;畦过窄,会造成作物间或作物内个体的分布不合理,使个体发育受到抑制而影响产量,同时也不便于机械化作业。

玉米与大豆、马铃薯、花生、甘薯等作物间套作,由于玉米植株较高,在共生期的种间竞争中,处于优势地位,对矮秆作物形成不同程度的荫蔽,边行优势不能发挥,而表现不同程度的减产。因此,安排畦宽、带比时,要充分发挥玉米的边行优势,并尽量减轻玉米对矮秆作物的荫蔽程度。一般在玉米间套其他作物时,以玉米植株高度作为其他作物播种带的宽度,再加上玉米播种占地宽度作为设计畦宽的依据,能较好地发挥玉米的边行优势,明显地改善矮秆作物的光照条件。山东省莱阳县农业局 1980 年试验,玉米为主间作大豆,以玉米穗位以上的高度作为间作大豆占地的宽度,可确保玉米穗位以上的叶层获得充足的日照,发挥穗位以上各叶片的光合效能,提高玉米和全年产量。山东省莱阳县西泊技术试验站 1977 年试验,玉米品种烟三 33 穗位以上高度为 3.9 尺,间作大豆占地宽 3.2 尺,少于穗位以上高度的处理,亩产玉米 912 斤,大豆 76 斤,合计 988 斤;间作大豆占地宽 3.8 尺,接近穗位以上高

度的处理,亩产玉米 950 斤,大豆 98 斤,合计 1048 斤,比前者增产 6.1%。可见,以玉米株高作为间作大豆占地宽度,有利于玉米、大豆双丰收。

### (二)畦宽、带比与作物产量

作物产量的构成,是由播种面积和单位面积产量两个因素决定的。在间套作的条件下,各单项作物的产量,既取决于边行效应,也受播种占地面积大小的制约。通常畦越窄,边行比例越大,对发挥边行优势、促进单产的提高越有利;但是随着边行和空带占地比例的增加,必然相应地减少播种面积。当边行增产效应不能补偿因增加空带占地比例而造成减产的损失时,其产量则随之下降。因此,在确定畦宽和带比时,要根据各间套作物在当地生产上所占的地位,既要把主作物置于边行效应控制范围之内,也要确保足够的种植面积,才能实现主作物高产,全年丰收。

玉米与其他作物间套作,一年二熟,玉米在全年产量的组成中,占有重要的地位。畦宽和带比的设计,要在有利于发挥玉米的增产潜力的前提下,再参照不同栽培方式的特点进行安排;一年三熟,玉米在全年产量构成中的地位,不如前者突出,宜本着“前茬为后茬,茬茬为全年”的原则,合理配置。

生产实践表明,无论何种种植方式,都要有利于提高间套作玉米产量,为玉米安排一定的占地面积。不同占地面积对玉米生长发育的影响,既有土、肥、水等因素的作用,也有光、温、气等因素的影响。华北农业大学和北京市农业科学院气象室等单位 1977 年试验和测定,小麦套种玉米,玉米播种占地在 1.0~2.5 尺的范围内,随着占地面积的减少,幼苗生长相应较差,而且生育期也相应延迟。为了确保玉米在共生期中,能够获得较好的水肥供应和占总辐射 80% 左右的辐射收入,基本满足玉米苗期生长发育对外界条件的要求,在前作物收获前后,形成较好的苗势,保证玉米占地在 2.0 尺以上,是十分必要的。玉米占地面积确定之后,各间套作物占地的比例,可用调整畦宽来加以满足。

### (三)合理安排间距和行间

间距是指各间套作物之间的距离。不同作物间套作,矮秆和下茬作物行内光照强度的水平分布,以横切面的中心线最高,距中心线越近越好;光照强度的垂直分布,自地面向上,随高度的增加,光照渐好。把矮秆作物行内纵切面上光照强度相等的各点连成一条照度线,其表现为抛物线形,靠近高秆作物和前作物茎基部的距离越近,光照越弱,而成为“阴角”。“阴角”区不但光照最弱,而且由于作物根系的侧向分布,土壤水分、有效养分亦随根系的密集程度而减少。中国农业科学院土壤肥料研究所 1973 年测定,小麦预留空行的不同位置,全日照光强度的表现是:离麦行 30 厘米,为单作的 70~79%;离麦行 40 厘米,为单作的 84~85%;离麦行 85 厘米,为单作的 92%。西北农学院农学系 1977 年测定,耕作层土壤水分含量,麦行处为 11.37%,靠近麦行 10 厘米处为 11.79%,20 厘米处为 12.63%,30 厘米处为 13.96%,40 厘米处为 14.79%,50 厘米处为 15.81%。因此,在矮秆和下茬作物播种或移栽时,使其与高秆和前作物保持适当的距离,以充分利用空行中部较好的水肥和光照条件,尽快超出“阴角”,以促进矮秆和下茬作物生长良好。间距大小,要依据作物组合、水肥条件、共生期长短、畦宽和带比大小而定。一般小麦套玉米的间距应不低于 5~8 寸;蚕豆、豌豆等间套玉米,其间距应不低于 4~5 寸,玉米间套其他作物,应视间套作物耐阴力强弱和畦

宽、带比大小,保持间距在1~2尺为宜。在水肥条件好、前作物生长势旺和共生期长的情况下,应适当加宽间距,反之可稍窄一些。

行向不同,太阳和作物组成的方位角也不同。因此,行向会直接影响到间套作物对光能的利用。北京市农业科学院1975年测定,在纬度40度左右的地区,间套作物高度差在2.8~3.5尺的条件下,采用东西行向种植,能增加矮秆作物的日照时数和辐射量,优于南北行向种植;若株高差过大,则以南北行向种植为好。对不同纬度的地区而言,纬度越低,太阳方位角越大,东西行向种植较为有利;纬度越高,太阳高度角越小,一般南北行向种植优于东西行向。

### 三、间、套时期

间、套作玉米播种期的早晚,直接关系到玉米的产量、成熟期和腾地时间,同时,玉米播种期还受作物的搭配和气候等因素的制约。因此,确定适宜的间套时期,既要兼顾玉米产量、成熟期及其对他茬作物的影响,又要因地制宜,灵活掌握。

小麦套玉米,共生期间,玉米幼苗处于光饥饿状态,光合效率低,呼吸强度大,合成积累的有机养分不足,不利于幼苗生长。因此,套种越早,共生期越长,对玉米的影响也越大。玉米套种期的确定,要根据玉米占地面积大小和小麦生长状况,酌情安排。山东省安丘县气象站1977年试验,在畦宽3.4尺,玉米占地1尺的条件下,中晚熟玉米品种群单105于5月15日至6月25日内分9期套种,结果以5月25日至5月30日,即麦收前15~25天套种,能充分利用有利的自然因素,促进生产,减轻共生期间小麦对玉米的影响,产量表现最高。5月20日以前套种,虽能延长对光热资源的利用时间,但由于共生期长,幼苗生长瘦弱,麦收后很快拔节,在营养生长很差的情况下,即进入幼穗分化期,而此时雨季尚未来临,

表 5-6 玉米不同套种期与苗情、果穗性状和产量的关系\*

(山东省安丘县气象站,1977)

项 目 播 种 期 (月/日)	小 麦 生育期	共生天数	麦收前积温 (°C)	麦收时玉 米生育期	麦收时玉 米株高 (厘米)	全生育 日数 (天)	每穗粒数	千粒重 (克)	亩 产 (斤)	位 次
5/15	开花始	32	706.1	拔节始	35	105	528	281	687.0	6
5/20	开花末	27	623.5	7叶	28	103	530	293	717.0	4
5/25	灌浆始	22	542.4	6叶	26	102	546	296	755.0	2
5/30	灌浆末	17	452.2	5叶	25	101	550	303	770.9	1
6/5	乳熟始	12	326.4	4叶	15	99	564	295	733.2	3
6/10	乳熟末	7	216.5	3叶		98	573	275	697.0	5
6/15	蜡 熟	2	93.5	未出苗		97	534	274	609.0	7
6/20	收 获					97	532	220	543.0	8
6/25	收 获					97	520	202	525.0	9

\* 小麦品种为泰山1号,亩产700斤;玉米每亩3500株;小区面积0.127亩,顺序排列,重复二次。

生长受到抑制,不易形成大穗;抽雄至成熟,又正值高温季节,植株早衰,千粒重下降,产量不高。迟至6月10日以后播种,虽能避免共生期间小麦对玉米的不利影响,但玉米苗期正逢雨季,日照时数少,幼苗茎秆细弱,抽雄和成熟期推迟,灌浆至成熟期日平均温度降至22℃以下,既影响灌浆,千粒重相应降低,又易遭受低温为害,造成严重减产(表5-6)。北京市1974~1975年联合试验,在畦宽7尺左右,玉米播种埂宽1.8~2.0尺的条件下,从5月10日至6月4日,每5天播种一期,共设6个播期处理,播期在5月10日至5月30日的玉米,平均亩产为470.2~426.4斤,差异不大,但多数点有早播增产的趋势;6月4日播种的平均亩产404.9斤,各点均表现减产。

玉米和其他作物间套作一年三熟,中茬玉米播种早晚,对下茬作物生长发育及产量的高低有密切关系。麦收后间作夏播作物,玉米早播可使中、下茬作物播期的间距拉长,往往出现中茬欺下茬的现象,影响下茬作物的产量。小麦套玉米再套甘薯,玉米早播可提前成熟,缩短对甘薯的荫蔽时间,对甘薯生长有利,甘薯亩产随玉米播期的提前而呈上升趋势;但套种过早,玉米因与小麦的共生期较长,玉米生长发育受到抑制,产量则相应下降。从有利于全年高产出发,以小麦收获前25~30天选用中熟玉米品种套种,才能较好地兼顾玉米和甘薯的产量(表5-7)。

表 5-7 小麦套玉米再套甘薯,玉米不同播期对玉米、甘薯产量的影响\*

(四川省农业科学院内江市点,1974年)

套播期 (月/日)	与小麦 共生天 数	成 单 一 号				新 单 一 号				平 均			
		玉米亩产 (斤)	甘薯亩产 (斤)	合计亩产		玉米亩产 (斤)	甘薯亩产 (斤)	合计亩产		玉米亩产 (斤)	甘薯亩产 (斤)	合计亩产	
				(斤)	%			(斤)	%			(斤)	%
4/5	35	421.9	412.2	834.1	94.8	518.0	400.0	918.0	130.8	470.0	406.1	876.1	110.1
4/11	29	623.9	338.0	961.9	109.3	653.8	335.3	989.6	141.0	638.9	336.9	975.8	123.4
4/15	25	727.7	361.4	1089.1	123.8	627.7	284.0	911.7	129.9	677.7	322.7	1000.4	126.6
4/20	20	614.4	307.6	922.0	104.8	522.8	238.4	761.2	108.5	568.6	273.0	841.6	106.4
4/25	15	606.3	273.4	879.7	100.0	476.1	225.6	701.7	100.0	541.2	249.5	790.7	100.0

\* 1. 甘薯品种为59-811; 2. 甘薯亩产系按鲜薯四折一计算。

马铃薯、蚕豆、豌豆等间套玉米,由于植株较矮,成熟较早,共生期矛盾不如小麦套玉米时突出,一般可按相同条件的单作玉米播种适期进行安排。四川省农业科学院新都基点1977~1978年试验,马铃薯间玉米连作晚稻,在3月中旬气温稳定在12℃左右,即马铃薯出苗后再播种玉米,可避免过早播种,遇到寒潮低温引起烂种缺苗,有利于幼苗生长,并能充分利用5~6月份的有利气象条件,玉米表现穗大、粒多、粒重,亩产达到1090.3斤,比3月1日和4月5日过早、过晚播种的,分别增产171.6和313.9斤,同时还可适当早收玉米,保证晚稻适时栽插。

四川省南充、万县、内江等地区,在蚕豆、豌豆地里套玉米、甘薯时,玉米应选用中熟品种,在蚕豆、豌豆“鼓籽”时播种,有利玉米全苗,同时也能避开伏旱高温对玉米灌浆成熟的不利影响,可适时早收,减轻对后茬甘薯的荫蔽。

总之,适宜的间套播种期,应根据各地特点,因地制宜地加以安排。一般高纬度和高海拔无霜期较短的地区,早霜和低温是影响玉米产量的主要因素;而低纬度和低海拔地区,常因伏旱、夏涝、秋涝等因素的影响而造成减产,甚至失收。因此,根据品种生育期长短,调整播期,使玉米产量形成的关键时期避开不利气象因素。一般中熟和晚熟品种可以适当早套;早熟品种则宜适当晚套。否则,容易形成小老苗而减产。间套作物的共生期,最长以不超过该品种全生育期的  $1/3$ ,并在前作物收获后至玉米抽雄前,应有 20 天以上的单独生长时间。如果前作物植株较矮,长势较差,玉米播种占地较大,对玉米的荫蔽较小,可早套;反之,宜晚套。一年三熟制的第三茬玉米的播、栽期,一般应力争早播、早栽,以获得较长的有效生育期,从而提高玉米产量。

#### 四、种植密度

玉米与其他作物间套作,田间通风透光条件可得到明显改善,为适当增加种植密度奠定了较好的基础。但玉米播种占地面积少于单作,在每亩株数相同的条件下,单株个体占有的土壤营养面积相应减少,势必造成个体间的分布相对集中,形成宽间距、窄行距、密株距的排列方式。若种植密度过大,单株个体占有的土壤营养面积过小,个体发育对肥水的要求得不到满足,单株产量和亩产量均相应下降。北京市 1974~1975 年联合试验,小麦套玉米,玉米播种占地平均为 26.2%,每亩追施碳酸氢铵 70 斤,玉米选用中熟品种,每亩种植密度 1500~2700 株,共设五个处理,每个处理之间各相差 300 株,结果以每亩 2100 株的产量最高,过稀过密的均表现减产(表 5-8)。

表 5-8 麦套玉米不同密度玉米性状变化及产量表现

(北京市玉米科研协作组,1974~1975)

处 理 (株/亩)	空 秆 (%)	双 穗 (%)	倒 折 (%)	穗粒数	穗粒重 (克)	千粒重 (克)	亩 产	
							斤/亩	位 次
1500	2.1	14.7	2.0	406.0	140.4	352.2	404.3	5
1800	2.4	9.0	4.0	403.4	137.8	346.4	469.0	3
2100	4.7	7.5	6.9	404.7	136.9	343.6	526.3	1
2400	7.2	6.9	5.0	384.1	130.8	344.2	507.9	2
2700	8.9	4.6	10.6	383.9	126.4	334.7	449.9	4

玉米间套其他作物,一般玉米密度越大,对其他作物的影响也越大。云南省农业科学院粮食作物研究所玉米研究室 1979 年试验,马铃薯间作玉米,玉米密度为 1667 株、2500 株和 3334 株,亩产随密度的增加而递增,分别为 679.7 斤、910.2 斤和 961.6 斤;马铃薯亩产随玉米密度的增加而下降,分别为 197.5 斤、157.4 斤和 156.9 斤。北京市农业科学院 1975 年试验,玉米密度为 1800 株、2100 株、2400 株、2700 株,下茬高粱亩产分别为 222 斤、154 斤、146 斤和 116 斤;在双茬玉米中,前茬玉米密度为 2000 株、2500 株和 3000 株,下茬玉米亩产分别为 223.3 斤、168.3 斤和 143.3 斤。

综上所述,间套作玉米的种植密度,需本着间套作物之间“互相兼顾,全年高产”的原则,统筹考虑。一般以相同条件单作玉米的适宜密度为指标,以玉米播种占地面积比例为依据,使间套作复合群体的总株数,达到单作的一倍左右,最大叶面积指数超过单作的70%左右为宜。即玉米占地50%以上时,每亩株数可接近单作水平;玉米占地40%左右时,每亩株数可达单作的90%左右;玉米占地30%左右时,每亩株数可保持在单作的80%左右;玉米占地30%以下时,宜以单作株数的70~80%安排为好。

## 五、加强肥水管理

间套作玉米,单株个体占有的土壤营养面积较小,多与间套作物存在争肥、争水的矛盾,共生期间田间操作管理不便,同时由于复种指数的提高,也相应地增多了单位面积上的用工、用肥量,以及各间套作物间季节衔接和种、管、收的矛盾。如果不能适时、适量地满足玉米正常生长发育所需要的肥水供应,在营养生长量不足的情况下即进入幼穗分化期,必然导致单株和群体产量的下降。因此,要使间套作玉米稳产、高产,必须针对间套作玉米的这一特点,采取相应的肥水管理措施。

套种玉米播种前后,前作物一般仍处于生育较旺的时期,吸水吸肥力较强,常使土壤含水量不足,有效养分含量较少,影响玉米全苗和壮苗。一般小麦套玉米,可在玉米播种前7~10天,结合浇麦黄水,为玉米播种出苗造足底墒;播种时提高整地、播种质量,增施底肥,并以有机肥为主,搭配适量磷肥和氮肥作种肥,能够增温,透气,保湿,改善根际土壤物理性状,有利于一次播种、一次全苗和促根壮苗。湖北省西部山区在小麦套种玉米的预留行中,玉米套种时先沟施底肥,然后起垄,等距播种,在当地春季多雨的条件下,便于排水保墒,一播全苗。四川省农业科学院1977年试验,马铃薯间作玉米,玉米苗全、苗齐、苗壮的亩产980.3斤,比苗全而不齐不壮的,每亩多收138.5斤,增产16.4%。

套种玉米的苗期管理,在前作物收获前,要以确保苗全、苗齐、苗壮为中心,早管细管,适时早匀苗、早补苗、早定苗,合理施用提苗肥,进行综合管理,促进幼苗生长,力争达到“三叶全、五叶齐、七叶壮”的长相指标,为中后期的正常生长发育奠定良好基础。由于套种玉米幼苗期多与前作物共生,因受前作物的影响,一般生长较差,若管理跟不上,很易造成老苗而减产。这一时期的肥水管理是否及时、恰当,是套种玉米能否获得高产的关键。北京市农业科学院1975年试验,小麦套种玉米一年三熟的中茬玉米,幼苗期遇干旱较重时浇麦黄水,不但有利于中茬玉米保苗增产,而且还能提高小麦的千粒重,促使下茬出苗整齐一致。浇麦黄水后30天调查,浇水比不浇水的处理,玉米平均单株展开叶片数多1.2片,平均单株叶面积多1000平方厘米,抽雄期提前3天,增产9~26.6%。前作物收获后,要以促苗为中心,及时中耕松土,适时浇水,重施拔节肥,进行浅培土,以促其早发快长,争取在幼穗分化之前培养起一个根旺叶茂的营养体,以利幼穗分化发育,实现穗大粒多。北京市玉米科研协作组1974~1978年试验,每亩施用碳酸氢铵70斤,按“前重后轻”方式定苗后追施50斤,抽雄前追施20斤;和“前轻后重”方式,定苗后追施20斤,抽雄前追施50斤的两种追肥方式,在不同地力和不同品种类型条件下试验,“前重后轻”均比“前轻后重”处理的产量高,其增产幅度为3.2~14.5%。套种玉米按“前重后轻”的方式施肥,能促进幼苗早发快长,植株健壮,茎

叶繁茂,提高光合能力,有利于幼穗分化发育,而且还可提早抽雄 3~4 天,延长灌浆时间,促进籽粒饱满,增加粒重,提高产量。

套种玉米拔节至抽雄开花时,由于营养器官的生长量显著增大,生殖器官也同时进行分化发育,要求有充足的肥水供应,才能满足生长发育的需要。1977 年北京师范学院等单位测定,麦套玉米的一生中,以拔节至开花期吸收肥水的速度最快,数量也最大,占总吸收量的比率,氮为 60~65%,磷为 35%,钾为 65~70%,水分为 60~70%,此期若缺水缺肥,必然影响玉米营养生长,使幼穗分化不良,雌雄花期脱节,导致单株穗数和每穗粒数下降。

开花至成熟是形成玉米籽粒产量的主要时期。要以保根、保叶,促进灌浆,增加粒重为中心,补施粒肥,防止早衰;并应及时排涝,促进早熟,尽可能维持较旺盛的根系活力和较大的绿叶面积,以延长灌浆时间,提高产量。

### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编:中国玉米栽培,上海科学技术出版社,1962。
- [2] 山东省农业科学院主编:玉米栽培技术,农业出版社,1981。
- [3] 山东省安丘县气象站:1978 年套种夏玉米播种期试验分析,气象,第 8 期,1978。
- [4] 山东省宁津县农业科学研究所:麦套丹玉 6 号玉米的幼穗分化与外部形态,农业科技通讯,第 6 期,1978。
- [5] 辽宁省海城县析木公社龙凤岭大队等:耕作改制创高产(参加全国耕作改制科技协作会议资料),1978。
- [6] 辽宁省农业科学院耕作栽培研究所:小麦玉米带种不同带宽增产效果的研究,辽宁农业科学,第 3 期,1977。
- [7] 云南省昆明市龙泉公社农科站,云南省农业科学研究所:三粮一肥夺高产,红壤旱地换新貌,云南农业科技,1977。
- [8] 云南省镇雄县五谷大队农技点:改革耕作制度,促进粮食高产,云南农业科技,第 5 期,1977。
- [9] 云南省农业科学院玉米研究室:马铃薯、玉米间套方式及密植效应试验总结,1980。
- [10] 北京市农业科学院:麦套玉米栽培管理历程,北京人民出版社,1976。
- [11] 北京市农业局:三种三收中茬玉米丰产经验,1977。
- [12] 北京市农业科学研究所气象研究室:作物间套复种与光能利用(全国改革耕作制度科技协作会议资料汇编),1973。
- [13] 北京市农业科学院气象研究室等:作物间作套种的光能利用研究,植物学报,19 卷,第 4 期,1977。
- [14] 北京农业大学主编:耕作学,农业出版社,1981。
- [15] 四川省农业科学院土壤肥料研究所:成都平原麦、玉、稻三粮两肥复种形式的调查研究,四川省改制科技资料选编,第 3 期,1978。
- [16] 四川省南充地区农业科学研究所:丘陵旱地麦、玉、苕三熟耕作制的报告,四川省改制科技资料选编,第 3 期,1978。
- [17] 四川省万县地区农业科学研究所:提高山区小麦套作玉米产量的研究,万县农业科技,1982。
- [18] 四川省农业科学院邻县基点:玉米科学研究试验总结,1976。
- [19] 四川省农业科学院内江市点:1974、1975 年工作总结,1975。
- [20] 四川省农业科学院新都点:1977~1978 年玉米试验总结,1978。
- [21] 甘肃省张掖地区农业科学研究所:巧种密田夺高产,农业科技通讯,第 3 期,1978。
- [22] 甘肃省农业科学院编:耕作改制夺高产,1977。
- [23] 刘翼浩等:间套复种的作物竞争、光能利用与产量分析(北京市玉米训练材料之十三),1979。
- [24] 刘百媚等:间作玉米田的群体结构与光能利用,农业科技通讯,第 1 期,1976。
- [25] 华北农业大学耕作组、农业气象组、华北地区粮粮三茬套种田间结构的初步研究(华北农大农业气象专业资料室:农业气象专题汇编),1977。
- [26] 华北农业大学耕作组、农业气象组:粮粮三茬套种光能利用特点的初步探讨(华北农大农业气象专业资料室:农业气象专题汇编),1977。
- [27] 西北农学院农学系:间作套种试验总结(陕西省农林科学院农业经济研究所:间作套种科学研究资料),1977。
- [28] 西北农学院农学系:间作套种中的边行效应(陕西省农林科学院农业经济研究所:间作套种科学研究资料),1977。
- [29] 西北农学院农学系耕作改制组:从光能利用看农作物间作套种的增产作用(陕西省农林科学院农业经济研究所:间作套种科学研究资料),1976。
- [30] 佟屏亚:套种玉米的施肥规律和经济施肥技术(北京市玉米技术训练材料之二),1979。

- [31] 佟屏亚: 华北地区的套种玉米(北京耕作改制学术讨论会资料选编), 1978。
- [32] 佟屏亚: 华北平原地区玉米生产概况和发展趋势(北京市玉米技术训练材料之八), 1978。
- [33] 张学信: 中茬玉米九种伏收, 农业科技通讯, 第2期, 1978。
- [34] 河南省百泉农业专科学校土壤肥料组: 夏玉米高产施肥技术, 农业科技通讯, 第6期, 1978。
- [35] 陕西省咸阳市地区农业科学研究所: 关于咸阳市地区麦秋间作的初步调查(间作套种科学研究参考资料), 1977。
- [36] 陕西省岐山县农业科学研究所: 关于间套复种小麦增产途径的初步调查(间作套种科学研究参考资料), 1977。
- [37] 陕西省宝鸡峡引渭灌溉管理局灌溉试验站: 小麦、玉米套种试验总结(间作套种科学研究参考资料), 1977。
- [38] 胡昌浩: 夏玉米穗分化时期与营养器官及追肥关系的研究, 中国农业科学, 第1期, 1979。
- [39] 常正祥: 小畦大背套种半夏玉米获高产, 农业科技通讯, 第4期, 1978。
- [40] 黑龙江省克山农业试验站: 1948~1957年农业科学研究资料汇编。
- [41] 傅应春: 麦套玉米需肥规律的初步探讨, 农业科技通讯, 第5期, 1978。



## 第六章 土 壤 耕 作

土壤是玉米生长发育最重要的基本条件之一。土壤质地及其内部的肥、水、气、热等动态变化,如能满足玉米的生理需要,则根深叶茂;反之,就生长纤弱,空秆增多,产量降低。因此,土壤耕作的目的就在于不断加深耕层,熟化土壤,培肥地力,改善土壤结构,增强保肥保水能力,为创造适于玉米生长发育所需要的土壤条件,保证玉米大面积稳产高产奠定基础。

### 第一节 玉米的土壤改良及培肥地力的途径

因地制宜,改良土壤,培肥地力,是获得玉米高产稳产的重要措施。我国主要玉米产区的土壤性质和肥力状况,主要以白浆土、盐碱土、干旱地区黄土、南方丘陵山区的红壤等对玉米产量的影响较大。现将其改良措施以及培肥地力的主要途径分述如下。

#### 一、玉米的土壤改良

##### (一)白浆土的改良

白浆土是我国东北玉米产区主要土壤之一。据黑龙江省牡丹江地区农业科学研究所 1977 年的调查,该地区白浆土面积达 238 万亩,占总耕地面积的 36.1%,占低产土壤面积的 56.2%。三江平原地区,白浆土占该区土地总面积的 20%左右,约占总耕地面积的 30%。由于白浆土的黑土层较薄,潜在肥力较低,而且土质粘重,耕性较差,作物产量比邻近的黑土低,属低产土壤类型。

1. 白浆土的结构与特性 白浆土的垦植时间较短,其表层土壤养分较多,但总贮量不高。据延边朝鲜族自治州农业区划办公室 1982 年的调查,白浆土多分布在低山丘陵区,它

表 6-1 白浆土的化学特性

(延边朝鲜族自治州农业区划办公室,1982 年)

层 次	采土深度 (厘米)	有机质 (%)	pH	速效养分(ppm)			全 量 分 析(%)		
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
A <sub>1</sub>	0~9	4.31	7.0	370	20.99	186.5	0.269	0.124	1.47
A <sub>2</sub>	9~28	1.24	6.5	83	4.24	64.45	0.069	0.064	1.70
B	28~52	0.84	6.0	64	3.04	45.15	0.041	0.065	1.22
C	52以下	1.05	6.0	58	6.44	54.63	0.051	0.077	1.52

的剖面形态有明显不同的层次。一般上部表土为黑土层(A<sub>1</sub>),厚度10~20厘米,其下为白浆层(A<sub>2</sub>),呈灰白色,无结构或片状结构,厚度20厘米左右。再下为淀积层(B),呈棕黄色,土质粘紧,呈块状或棱柱状结构,厚度约40厘米左右。最下为母质层(C),系棕色或黄棕色黄土沉积物。白浆土的表层有机质含量并不低于一般黑土,但自白浆层以下,则迅速下降,pH值亦较上层为低(表6-1)。

在平原地区,白浆土多分布于年降水量较多的湿润地带,由于土壤含水量较高,一般可以满足玉米对水分的需要。但因白浆层以下质地粘紧,透水性差,春季冰雪融化后,水分不易下渗,易造成冷浆,而使耕层土壤过湿,土温上升较慢,不利于玉米苗期的生长。

## 2. 改良措施

(1) 施肥与耕作:根据白浆土的结构及养分特点,在改良措施上,必须注意增施肥料,进行合理耕作。1974~1975年黑龙江省牡丹江地区农业科学研究所与黑龙江省虎林县农业技术推广站在虎林县的调查证明:深松土壤,掺砂改土结合施用有机肥料,改善耕层土壤结构,并逐步加深耕作层,调节心土的通透性,有利根系发育,增产效果比较明显。深松耕能增强耕层土壤的通透性,改善白浆土的不良物理特性,使总孔隙度提高7.23%,非毛细管孔隙增加12.88%,土壤空气含量提高17.34%(表6-2)。

表 6-2 平翻深松对白浆层三相比例的影响

(黑龙江省牡丹江地区农业科学研究所,1977)

处 理	项 目	平翻区白浆层 (15~30厘米)	平翻深松区松 土部位白浆层 (15~30厘米)	差 值(%)
	固相(%)	48.23	41.00	-7.23
	总孔隙(%)	51.77	59.00	+7.23
	毛细孔隙(%)	37.73	32.08	-5.65
	非毛细孔隙(%)	14.04	26.92	+12.88
	空气含量(%)	16.53	33.87	+17.34
	容积含水量(%)	28.99	25.13	-3.86

(2) 草炭改土:草炭是白浆土地区蕴藏量大,分布面广,养分含量高的改土物质。草炭中含有全氮2.197%,全磷0.264%,有机质(灰化法)74.95%,含氮量接近或超过目前农村中的有机肥料,因此就地取材,改造白浆土,当年就会收到明显的增产效果。黑龙江省牡丹江地区农业科学研究所1977年每亩施用生草炭10,000斤、20,000斤和40,000斤,比对照区分别增产7.4%、19.2%和21.2%;生草炭与熟马粪3:1混拌,每亩施20,000斤的玉米增产24.0%(表6-3)。

草炭改土不仅可以增加土壤有机质和全氮、全磷含量,而且能降低土壤容重,增加总孔隙度,改善土壤物理性质,具有提高玉米产量的作用。

(3) 客土改土:利用腐殖土或淀积黑土作为改土物质,增厚白浆土的耕层,提高有机质含量,对改良白浆土有良好的效果。据黑龙江省虎林县富荣大队和密山县密山三队1974~

表 6-3 生草炭改良白浆土对玉米产量的影响

(黑龙江省牡丹江地区农业科学研究所, 1977)

处 理	用 量 (斤/亩)	产 量 (斤/亩)	增 产 (%)
对 照 区		570.4	0
生 草 炭	10,000	612.4	7.4
	20,000	680.0	19.2
	40,000	691.5	21.2
生草炭与马粪 3:1 混拌	20,000	707.4	24.0

1975 年的化验结果, 腐殖土含有机质 10.61%, 全氮 0.501%; 淤积黑土含有机质 6.8~8.4%, 全氮 0.268~0.456%; 而农家土杂肥中含有机质 5.38~9.22%, 全氮 0.329~0.423%, 全磷 0.289~0.417%。由此可见, 腐殖土、淤积黑土的养分含量与农村土杂肥基本相等, 改土效果显著。据虎林县农业科学研究所及虎林县富荣大队 1974~1975 年试验, 玉米每亩施 10,000 斤、20,000 斤、40,000 斤和 60,000 斤客土的, 比对照区分别增产 11.5~20.3%、17.2~26.3%、5.6~19.7% 和 21.5~60.0%。

## (二) 盐碱土的改良

我国华北、西北、东北西部及东南滨海地区, 盐碱土的分布面积较大; 其中黄淮海平原的冀、鲁、豫、苏北, 以及北京、天津等地区, 土层深厚, 地势平坦, 气候温和, 有大量水利资源可以利用, 大部分地区为小麦、玉米一年两熟, 但是由于旱涝盐碱等自然灾害, 土壤潜力难以发挥, 影响玉米产量的提高。因此, 把盐碱地建设成高产稳产良田, 在玉米生产中有着重要意义。

### 1. 形成盐碱土的因素

(1) 气候因素: 盐碱土的形成与气候因素有密切关系。在北方平原地区, 3~6 月份降水量仅占全年的 10% 以下, 由于干旱多风, 蒸降比很大, 有些地方地势低洼, 旱涝交替, 均易使地下水携带盐分上升到地表而引起返碱。如徐淮平原地区的花碱土, 就是由于石灰性的黄泛冲积母质, 在地下径流不畅, 蒸发量大于降水量的情况下, 将盐碱积累在土壤表层而形成。位于黄河下游冲积平原的河南省商丘地区, 土壤表层多为轻砂壤, 其下砂粘相间, 而且黄河故道洼地的地下水位和地下水矿化度均较高, 在旱涝交替的情况下, 其盐分随水上升, 因而成为该省盐碱土面积较大的地区之一。

(2) 地下水位因素: 地下水位浅, 矿化度高, 易使土壤盐碱化。地下水位大于 3 米, 矿化度小于 1 克/升, 土壤一般无盐化现象。地下水位 2~3 米, 矿化度大于 2 克/升, 即有盐碱危害。如天津市郊区 5 个县地处渤海之滨, 涝洼地的地下水位在 1~1.5 米之间, 矿化度低者 5~10 克/升, 高者达 30 克/升, 形成大面积轻重不同的盐碱地 730 万亩, 约占耕地面积的 60% 左右。土壤含盐量, 轻的为 0.2~0.4%, 重的为 0.6~1.0%, 少数地区则高于 1%。

(3) 土壤因素: 土壤颗粒的粗细和结构, 直接影响水盐的上下运动。胶泥土质地粘重,

不易返碱。粉砂土毛管作用强,水分上升快,则易返碱。渠系分布不合理,以及排灌失调,措施不当,而抬高地下水位,都会增强土壤蒸发,导致表土盐渍化加重。由于旱涝自然灾害,土壤肥力衰退,有机质含量减少,对盐分的缓冲作用降低,也易造成返碱,从而加重土壤盐碱化程度。

## 2. 改良措施

(1) 井灌井排:“盐随水来,盐随水去”。土壤盐分和水分的移动有密切关系。因此,因地制宜建立排灌体系,调节区域水盐动态,是改良盐碱土的根本措施。据山东省土壤肥料研究所 1973~1976 在禹城基点的调查,井灌井排后土壤含盐量降低,对改良盐碱土有明显效果,其具体作用有以下三个方面:

第一,在群井连续抽水灌溉的影响下,地下水位迅速下降。春秋强烈返碱季节,地下水位控制在 2.5~3 米以下,可有效地防止土壤返碱。

第二,可以淋洗土壤盐分,加速脱盐过程。井灌井排,淋洗盐分的深度一般可达 2.0 米左右。脱盐率 0~50 厘米土层为 14.3~61.1%,50 厘米以下为 4.8~36.0%。井灌井排一年之后,耕层土壤盐分可减少 34.9%(表 6-4)。

表 6-4 井灌井排后土壤盐分变化

(中国农业科学院土壤肥料研究所禹城基点,1973~1976)

地 点 井 号	含 盐 量 (%) 层 次 (厘米) 年 月	0~10	10~30	30~50	50~100	100~150	150~200
阎庄东南 井号 101	1974.5	0.25	0.19	0.17	0.14	0.14	0.15
	1975.5	0.17	0.13	0.11	0.11	0.10	0.10
	脱盐率%	32.0	31.6	35.3	21.4	28.6	33.3
王 子 付 井号 102	1973.3	0.23	0.21	0.20	0.20	0.16	0.16
	1975.3	0.13	0.18	0.12	0.15	0.14	0.14
	脱盐率%	43.5	14.3	40.0	25.0	12.5	12.5
太 和 庄 井号 103	1973.3	0.36	0.28	0.27	0.25	0.21	0.19
	1976.3	0.14	0.14	0.15	0.16	0.20	0.18
	脱盐率%	61.1	50.0	44.4	36.0	4.8	6.3
郎 屯 井号 109	1973.3	0.37	0.25	0.25	0.25	0.24	0.21
	1976.3	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.18
	脱盐率%	32.4	20.0	20.0	20.0	16.7	14.3
南 北 庄 井号 104	1973.3	0.35	0.30	0.25	0.20	0.16	0.14
	1976.3	0.24	0.20	0.19	0.16	0.13	0.12
	脱盐率%	31.4	33.3	24.0	20.0	18.8	14.3

第三,可以使土壤盐分组成发生变化。井灌井排三年之后,土层内氯离子和硫酸根离子明显减少;耕层和1米土层内氯离子和硫酸根离子含量分别为0.035%和0.073%,对玉米的生长发育无明显危害。

(2) 引洪淤灌治碱:引洪淤灌是一种投资少,见效快,简便易行的改碱方法,同时也是解决灌区缺水的重要途径。据陕西省洛惠渠盐碱改良试验站引洪淤灌治碱改土的经验,淤灌可以淤高地面0.3米左右,有的甚至达1米以上,相对地降低了地下水位。淤灌时由于泥沙掺合,土壤质地得以改良,而且地表形成一个疏松层,减少蒸发,抑制返盐。淤灌能淋洗土壤盐分,脱盐效果显著,一般以30厘米深度计算原土层脱盐为43.1~55.1%,对农作物危害严重的氯离子原土层脱盐率在60%以上(表6-5)。另外,淤灌可增加土壤表层有机质0.16~0.21%,全氮0.014~0.019%。

表 6-5 淤灌改碱脱盐情况

(陕西省洛惠渠盐碱改良试验站,1978~1979)

地 点	深 度 (厘米)	全 盐					SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (%)					Cl <sup>-</sup> (%)				
		淤 前		淤 后		脱盐(%)	淤 前		淤 后		脱盐(%)	淤 前		淤 后		脱盐(%)
		原土层	淤层	原土层	淤层		原土层	淤层	原土层	淤层		原土层	淤层	原土层	淤层	
富新大队	0~30	0.65	0.32	0.19	50.8	70.8	0.19	0.13	0.05	31.6	73.7	0.06	0.02	0.01	60.0	80.0
蒋吉大队	0~30	0.51	0.29	0.12	43.1	76.5	0.20	0.09	0.04	55.0	80.0	0.08	0.03	0.01	62.5	87.5
洛局农场	0~30	1.58	0.71	0.14	55.1	91.1	0.71	0.19	0.04	73.2	94.4	0.22	0.07	0.01	68.2	95.5

淤灌改碱必须在淤区周围建立完善的排水系统。如果排水条件较差,淤灌后地下水位不能在短时间内降至临界深度以下,而大量可溶盐未被及时排出区外,则土壤仍可有返碱现象。合理的淤层厚度也十分重要。陕西省洛惠渠盐碱改良试验站1981年的试验表明:在排水畅通的条件下,中度盐化地区耕层原始含盐量在0.20%以下,淤层厚度以20~30厘米为宜。重度盐化地区和盐荒地耕层原始含盐量大于0.6%,淤层厚度以30~40厘米为宜。

(3) 耕作措施:改良盐碱土,在排、灌洗盐,逐步降低土壤含盐量之后,还必须结合增施有机肥料,培肥地力,田间耕作管理应充分整平土地,加深耕层,实行沟种,适时中耕、灌溉,培育淡化肥沃土层,使用地和养地相结合,是根治盐碱土的有效途径。中国农业科学院土壤肥料研究所盐改组1973~1975年在山东省德州地区禹城县基点经过三年的试验观测,亩施粗肥10,000斤时,1米土层的脱盐率为28.5%,亩施粗肥5000斤时,脱盐率为8.8%,而无肥区盐分却增加27.4%。因此,在施足基肥的基础上,利用微咸水造墒播种夏玉米,比同样条件下不灌水的每亩增产100斤左右。同时证明沟种法有躲碱、借墒、抑盐、深耕、培肥和蓄水淋盐等作用。1977年禹城盐改试验区沟种玉米500亩,比不沟种的每亩增产50~70%。

### (三) 干旱地区黄土的改良

1. 干旱地区黄土的特征 我国黄河中、下游的陕、甘、宁、晋等省(区)以及内蒙、河南中西部干旱地区,土壤多为黄土,由于土质松散,抗蚀性低,渗透性小,在缺乏自然植被的情况

下,水土流失比较严重,熟化的土壤经常被冲刷侵蚀,甚至表土全被冲光,而使生土裸露,土壤肥力瘠薄,严重影响玉米生产。黄土地区是我国北方春播玉米主要产区之一,因此,搞好干旱地区黄土的改良与利用,对提高玉米单产有着重要意义。

黄土是第四纪陆相的特殊沉积物,也是一个优良的成土母质,它具有土层深厚,质地均匀,疏松多孔的特点。黄土的机械组成是以细砂和粉粒为主,土壤颗粒均匀,质地较轻。从耕作及肥力的角度看,一般认为土壤粘粒含量在25%左右较好,生黄土的机械组成,大多属于这个范围。由于砂粒和粘粒配合比较合适,农业利用价值较高。黄土含有丰富的碳酸盐,总量可达9~17%;其中碳酸钙含量约达8~14%,对提高土壤肥力是一个有利因素。但黄土地区的生土有机质及氮素含量极为贫乏,据中国科学院西北水土保持生物土壤研究所1980年测定,晋、甘地区的生黄土有机质含量,平均在0.5%以下,晋西为0.45%,陇南为0.44%,陕北为0.40%。由于有机质贫乏,直接影响氮素含量,平均含氮量只有0.03%左右。陇南为0.033%,陕北为0.031%,晋西为0.028%;其中有效氮量也很低,因此难以满足玉米正常生长的需要。

干旱黄土区的年降水量偏少,而且分布不均,多集中在6、7、8三个月。降水量少的年份常受干旱威胁,为改良利用黄土造成不利影响。如陕西省延安地区常年降水量为500~600毫米,年际降水量不均。1952~1971年20年间,降水量最多的1964年为871.2毫米,1965年降水量最少,仅380.3毫米。由于地形和地理位置影响,年降水量一般自东向西减少,因此西部较东部干旱更为严重。据统计,自明代洪武元年(1368年)至1975年,在607年中,陕北地区共发生旱年247次,对农业生产都有不同程度的为害。

## 2. 改良措施

(1) 耕作与施肥:黄土地区,丘陵旱地占90%左右,灌溉条件很差,因此耕地上必须掌握土壤水分的季节动态规律,搞好蓄墒保墒,防止土壤水分蒸发。本区雨季正值夏闲地伏耕和春播玉米生长发育的关键时期,应加强田间管理,及时进行夏闲地伏耕。秋末冬初,要抓紧秋耕整地,为翌年春播创造较好的底墒条件。入春以后,土壤解冻,应及时采取有效的保墒措施,防止土壤水分强烈蒸发,以利保墒抗旱。根据这一地区的气候特点,秋耕可使土壤充分风化,接纳较多冬雪;而春耕时正值春旱季节,风速较大,容易跑墒,造成干旱,必须注意。

干旱地区黄土的改良,首先应搞好农田基本建设,丘陵山区修筑梯田、地堰,防止水土流失。耕作措施,应以保水增肥为主要内容,采取整平土地,筑埂作垄,修壕挖沟,减少地面径流,以及增加作物覆盖等措施,以增加土壤含水量。耕作措施的水土保持效果,受农田坡度影响,坡度在5°以下效果最好。5~10°在降水强度不大时效果也很明显,10~20°只有部分效果,20°以上效果较小。

(2) 抗旱丰产沟耕作法:抗旱丰产沟,又称“壕沟”、“垄沟耕作”、“垄作区田”、“套型沟播”等,虽然在种植方法上略有不同,但其作用和效果是一致的。经验证明:抗旱丰产沟种玉米,是黄土区抗旱改土、增产显著的一种栽培方式。据山西省水土保持研究所1980年报道,丰产沟试验地亩产玉米844.4~1070.6斤,比对照增产25.1~52.1%;在肥力较高的土壤上,丰产沟比一般耕作法可增产40%左右,在瘠薄地上可增产一倍左右。据甘肃省天水县

石佛公社石佛大队 1977 年报道,在新整砂地上采用丰产沟耕作法,种植早熟玉米 72 亩,平均亩产 366.2 斤,比附近砂地玉米增产 4.8~9.6%。

丰产沟的优点是土壤容重减小,孔隙度增加,活土层加厚,表土由原来的 0.4~0.5 尺增加到 1.0~1.5 尺,地温提高 1.1~2.4℃。同时能防止水土流失,提高土壤透水性,增加蓄水和抗旱能力。在坡度为 21° 时,坡长 20 米的地带,丰产沟每亩流失水 4.34 立方,冲刷表土 0.55 吨,比对照田流失水 57.9 立方,冲刷表土 11 吨,分别减少 92.5% 和 95.0%。另外,由于集中施肥,也提高了肥料的利用效果。据山西省水土保持研究所 1978 年对土壤养分的测定:丰产沟比对照田有机质增加 54.3~92.3%,全氮增加 78.5~100%,速效磷增加 88~177%。

丰产沟的具体耕作方法(图 6-1)是在人工挖沟之前,先将有机肥均匀地撒到地面,施工时先从地边沿水平方向将 1 尺宽表土翻到田埂里侧(图 6-1①),再挖取一锹深的生土加高边埂(图 6-1②),沟底再深翻一锹(图 6-1③),然后将沟内 2 尺宽表土翻入第一熟土沟内,完成第一种植沟(图 6-1④)。靠第一沟 1 尺处先普遍深翻一锹,再从里侧 1 尺处取一锹深的生土培垄(图 6-1⑤),取土后的第二沟再深翻一锹(图 6-1⑥)。将里侧 2 尺宽的熟土填入第二沟内(图 6-1⑦),然后按上述操作方法依次挖沟培垄(图 6-1⑧)。一般每完成 1.5 亩丰产沟需用 9~10 个人工。

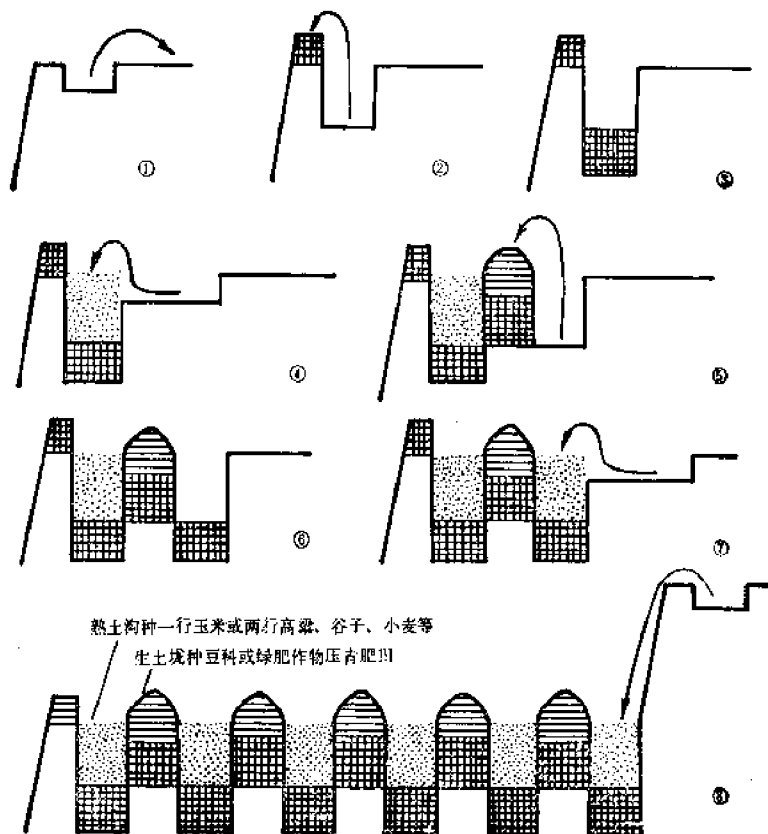


图 6-1 丰产沟操作示意图

(引自山西省水土保持研究所)

上述操作亦可用人畜配合,先用山地步犁开沟松土,再用人工挖沟培垄。简易的沟垄耕作法,可用山地步犁,在田边按水平方向先犁一道沟,把土向下翻,随将种子和基肥撒在犁沟内,再回犁一次,盖上种子和粪,接着空一犁再犁,同样在犁沟内撒上种子和基肥,再犁一犁,盖上种子。这样隔两犁空一犁地进行耕作,形成水平垄,垄下成为水平沟,沟的深浅和距离因作物而异。用此法种植玉米,在坡度较小的情况下,同样有抗旱蓄水的效果。

#### (四)南方丘陵山区红壤的改良

1. 红壤的特性 红壤是我国南方丘陵玉米产区分布最广的土壤类型之一。红壤包括砖红壤、赤红壤、红壤、黄壤和燥红土 5 个土类,它主要分布在我国长江以南各省(区)。丘陵山区的红壤,由于水土流失较重,不但土壤贫瘠,酸性较强,而且土层浅,粘性大,易板结,因此,改良和利用红壤,是提高南方丘陵玉米产量的关键。

山地、丘陵地区的红壤有机质含量较低,氮、磷等有效养分普遍缺乏。如云南省的红壤除油砂土外,有机质含量都很低,一般在 1% 左右。红壤中大部分矿质磷素被氧化铁包围,形成溶解度很低的磷酸盐,玉米难以吸收利用,因此在红壤上施用氮、磷肥料后,增产效果显著。

红壤是我国主要的酸性土壤,一般 pH 值为 4~6; 其中黄壤 pH 值为 4~5,不利玉米生长。红壤含有大量氢离子和铝离子,活性铝具有一定的毒性,影响玉米根部对养分的吸收。而且红壤中粘粒所占比例很大,一般为 40~60%,这类粘质红壤保肥性好,但孔隙度低,通透性差,土壤有效水含量较低,渍水后不易渗透,干后缩成硬块,不利于耕作和根系生长发育。

#### 2. 改良措施

(1) 增施有机肥料:红壤土质瘠薄,增施有机肥料,不但能增加土壤的营养成分,而且能改良土壤结构、降低土壤酸度的作用。云南省农业科学院 1974~1975 年在旱地红壤上,每亩施厩肥 5000 斤,土壤有机质含量可提高 20%,全氮提高 30%,速效磷提高 50%,玉米每亩产量达 548.1 斤,比对照增产 124.6 斤。每亩施用绿肥 4500 斤,玉米每亩产量为 558.8 斤,比对照增产 135.3 斤。绿肥用量一般每亩不少于 1000 斤,对改善土壤物理性状、增加有效养分,都有明显效果。云南省弥勒、曲靖、昆明、施甸等地均有挖大窝塘与施用绿肥相结合的经验,一般每个大窝塘施用苕子鲜体 3 斤,土壤有机质从 1.53% 增加到 1.78%,全氮从 0.10% 增加到 0.12%,速效磷从 0.26 ppm 增加到 2.34 ppm。

红壤施用磷肥或以氮、磷配合,腐熟肥料与磷肥配合,增产效果显著。据昆明市官渡区龙泉公社上坝大队 1975 年试验,瘦红土每亩以 80 斤过磷酸钙作种肥,比不施磷肥的玉米每亩增产 32.4%。氮、磷配合作种肥,每亩用过磷酸钙 100 斤,尿素 10 斤,拌匀作种肥,每亩玉米产量 786 斤,比单用磷肥的增产 42%。磷肥与腐熟肥料配合施用,在一定程度上能抑制磷肥的固定作用,因此效果更好。

(2) 施用石灰或白砂:我国南方红壤地区,历来有施用石灰中和土壤酸性的经验,用它可以消除活性铝的危害,供给钙、镁元素,促进有机物的分解,改善土壤物理性状,有益于土壤微生物的活动。云南省昭通地区农业科学研究所 1974~1975 年在 pH 4.5~6.5 的旱地红壤上试验,每亩石灰用量为 500 斤、1000 斤和 1500 斤时,玉米每亩产量分别为 402.1 斤、



501.1 斤和 572 斤, 比不施石灰作对照的每亩增产 65.8~235.7 斤。石灰的施用量要因地制宜, 粘土比砂土应多施, 黄壤比红壤也应多施一些。气温低、湿度大或高山玉米地区, 可适当增加用量, 并且最好与深耕或翻压绿肥相结合; 否则, 连年大量施用, 会造成土壤板结, 有机质降低。

白砂是硅质石灰岩风化的产物, 为天然的石灰质肥料。据云南省文山州农业局 1964 年试验, 白砂改良瘦红土, 在亩施白砂 2000~16,000 斤的范围内, 用量愈大, 增产幅度愈高(表 6-6)。试验结果还表明, 白砂与磷肥配合施用, 增产效果更好。

表 6-6 白砂不同用量对玉米增产效果

(云南省文山壮族苗族自治州农业局, 1964)

白砂用量 (斤/亩)	果穗长 (厘米)	结 穗 (厘米)	每穗行数	千粒重 (克)	亩 产 (斤)	增 产	
						斤	%
不施(对照)	16.4	3.4	8.8	291.0	405	—	—
2000	—	—	—	—	425	20.0	4.94
4000	15.4	2.9	10.0	390.9	441.4	36.4	9.99
8000	17.6	3.6	10.1	400.0	477.5	72.5	17.90
16,000	18.7	3.6	10.5	406.9	531.1	126.1	31.14

(3) 耕作方法: 大窝培肥种植法又叫大窝塘耕作法。这种耕作法是改浅耕为局部深耕, 结合培肥进行改土, 在南方丘陵山区的云南、贵州等省应用较多。云南省的大窝塘深 0.8~1.0 尺, 塘口直径 1 尺, 每亩 1000~1500 个塘, 每塘留 2~3 株玉米, 一般可增产 10~30%。安徽省农林科学院农业研究所与安徽省徽州地区农业科学研究所 1976 年在皖南红壤改良基点采用玉米大窝培肥种植法, 增产效果明显。其方法是先挖圆形大窝, 窝心距离 3 尺, 窝径和窝深均为 1.5 尺, 每亩挖窝 667 个, 窝内施用有机肥或塘泥肥土, 然后填平, 每窝留玉米 3 株, 每亩约 2000 株。试验证明, 在山地黄壤, 土质瘠薄, 无水源, 抗旱力差的地方, 玉米改用大窝培肥种植法, 每亩可增产 82.7~128.9%(表 6-7)。

表 6-7 不同耕作和种植方式对玉米产量的影响

(安徽省农林科学院农业研究所, 安徽省徽州地区农业科学研究所, 皖南红壤改良基点, 1976)

队 名	修梯田年限	面积(亩)	耕 作 种 植 方 式	亩产(斤)	产量(%)
半山队	多年	8	浅耕培肥, 等距种植	430.2	100
			浅耕培肥, 宽窄行种植	545.0	126.7
上屋队	7 年	7	浅耕培肥, 等距种植	315.0	100
			大窝培肥, 三角形留苗	721.0	228.9
上村队	1 年	1.5	浅耕培肥, 等距种植	279.4	100
			大窝培肥, 三角形留苗	510.5	182.7

试验期间还看出,大窝培肥耕作法的改土效果明显,土壤蓄水抗旱能力强。据1976年7月份干旱时调查,大窝培肥土壤含水量为10.4~15.2%,而一般大田土壤含水量只有3.5~5.7%。大窝培肥改变了耕层板结的不良性状,提高了有机质及氮、磷养分含量,使30~40厘米土层中有机质含量提高一倍以上。

## 二、培肥地力

### (一)培肥地力的指标

培肥地力是建设高产稳产田、提高玉米产量的关键措施。目前不少玉米产区,土壤肥力较低,对玉米的生长发育和高产栽培的影响很大,因而成为玉米大面积持续增产的限制因素,虽然许多优良杂交种的生产潜力均可达到千斤水平,但是在大面积种植时,产量却不高,究其原因,主要是土壤肥力满足不了玉米高产的需要。因此,进行合理耕作,不断提高土壤肥力,玉米才能高产稳产。

土壤中的水分、养分、空气和热量是土壤的肥力因素,肥力较高的疏松土壤,其土壤固相小于45%,孔隙度一般在55%左右;其中非毛管孔隙约占15%,可供通气透水,其余40%左右的毛管孔隙,可贮蓄大量水分。这样的土壤,固、液、气三相比比例适宜,如果热量和养分状况良好,则有利于微生物的活动及玉米根系生长。土壤养分包括有机质、氮、磷、钾以及微量元素等;其中有机质是保持与提高养分平衡的主要因素。因此,有机质含量是一个具有代表性的肥力指标。同一地区同类土壤中,有机质含量高,氮的贮量也高。我国土类繁多,土壤肥力千差万别。就我国东北、华北、江南等几个主要地区的肥沃土壤与一般土壤有机质含量来看,有机质含量在不同地区或不同土壤类型中差别虽很明显,但各种土类的有机质含量与全氮含量都呈正相关,说明有机质含量和肥力水平是一致的(表6-8)。

表 6-8 主要地区肥土和一般土壤的有机质和氮素含量\*(约值)

地 区	主要土壤	有 机 质(%)		全 氮(%)	
		肥 土	一般土壤	肥 土	一般土壤
东 北	黑土	4.0~6.0		0.21~0.52	
新 疆	灌溉绿洲耕作土	1.5~2.5	0.7~1.2	0.09~0.15	0.05~0.07
黄 土 高 原	瘠土、黄绵土	1.5~1.8	0.5~1.0	0.10~0.13	0.04~0.07
华 北 平 原	褐土、潮土	1.2~1.5	0.5~1.0	0.08~0.11	0.035~0.055
长 江 中 下 游	水稻土	2.5~3.0	1.3~2.2	0.14~0.18	0.07~0.13
江 南	水稻土	2.5~3.5	1.5~2.0	0.14~0.19	0.09~0.12
华 南	水稻土	3.0~3.5	1.5~2.5	0.16~0.20	0.09~0.14

\* 引自《中国土壤》,1973。

### (二)培肥地力的途径

增加有机质含量,使用地和养地相结合,不断扩大营养物质循环,提高耕作水平,改善肥力条件,是培肥地力的有效途径。

有机质对提高土壤肥力有着重要作用。有机质供给作物养分,与化学肥料不同之处,在于它能随着作物的生长过程,不断释放营养物质,供作物生长需要,所以肥效稳定,不易流失。因此,提高有机质含量,是熟化土壤、培肥地力的中心环节。据中国科学院西北水土保持生物土壤研究所 1980 年对黄土区生土熟化过程的研究表明,随着有机质的增加,土壤熟化程度提高,全氮和水解氮含量都相应有所增加(表 6-9)。

表 6-9 熟化对土壤有机质积累及氮素养分的影响

(中国科学院西北水土保持生物土壤研究所, 1980)

熟化年限	熟化程度	历年总施肥量		采样深度 (厘米)	有机质 (%)	有机碳 (%)	碳氮 比率	全氮 (%)	水解氮 (毫克/100克)	测定年份产量 (小麦) (斤/亩)
		有机肥 (万斤/亩)	化肥 (纯氮斤/亩)							
一	生 土	0.0	0.0	0~10	0.40	0.23	6.4	0.036	2.6	78.0
				10~30	0.40	0.23	5.8	0.040	2.8	
二	弱 度 熟 化	1.0	2.0	0~10	0.66	0.39	7.8	0.050	4.7	169.0
				10~30	0.42	0.24	7.5	0.032	3.7	
四	中 度 熟 化	8.0	10.0	0~10	1.07	0.62	10.0	0.062	6.5	312.9
				10~30	0.83	0.51	9.3	0.055	5.5	
六	较高度熟化	20.0	20.0	0~10	1.43	0.86	10.8	0.080	8.1	540.0
				10~30	1.21	0.70	12.1	0.068	7.6	

水解氮含量对作物产量影响很大。据该所测定,土壤水解氮含量与作物产量呈显著的正相关。例如玉米抽雄期相关系数  $r=0.9943$ ; 小麦孕穗期相关系数  $r=0.9589$ 。充分说明土壤有机质积累和氮素供应之间有着密切的关系。

土壤有机质在分解过程中,能产生活性腐植质,它是一种胶结剂,可以促进水稳性团粒的形成,从而改善土壤的物理性状。所以,有机质丰富的土壤,土质疏松,保肥性强,耕性和保水、透水性良好,对改善土壤结构,增强玉米抗旱抗涝能力,具有重要作用。

扩大营养物质循环,提高土壤有机质含量的措施,包括合理规划轮作制度,种植绿肥,增施有机质肥料,以及秸秆还田等。

有机肥料中的有机胶体与土壤中的矿质粘粒相互作用,可形成稳定性不等和性质不同的有机无机复合体,从而能提高土壤的保肥、保水及透气性能,改善土壤结构,使“土肥相融”,培肥地力,形成肥沃的土壤。肥力较高的土壤,土粒团聚性好,其复合体的水稳性较大,土壤孔隙度、吸水量和粘度也较高,而容重则较低。

秸秆直接还田,当年效果不如发酵后的堆肥显著。目前农村能源及饲料比较缺乏,直接还田的数量不大。近几年农村发展沼气,既节约了大量柴草,其肥效又同一般堆肥接近,随着农村沼气事业的发展,秸秆还田将会逐步扩大。

绿肥及“生物氮”,尤其是豆科植物的共生固氮,是氮素循环中的重要来源。豆科绿肥根

瘤发达,枝叶茂盛,生长快,产量高,仅地上部分每亩一季可收鲜草 2000~4000 斤,按 0.45% 的含氮量计算,约折合纯氮 9~18 斤。根系部分的含氮量相当于豆科绿肥从空气中固定的氮素,连续种植两年以上,土壤有机质即显著提高,故可称为“养地作物”。因此,以有机质肥料为基础,因地制宜广开肥源,配合施用化学氮肥,可以急缓相济,互为补充,为培肥地力创造条件。

## 第二节 耕地整地的效果

耕地整地的目的在于改善耕作层的土壤结构,恢复土壤肥力,覆盖残茬和杂草,减少病虫害灾害,为玉米的生长创造良好的土壤环境。

正确而精细的土壤耕作是保证玉米播种质量,达到苗全、苗齐、苗壮的先决条件。耕地整地后的土壤,应是耕层深厚,土质疏松,通透性和排水性好,蓄水供肥力强,土温较稳定,从而可以增强对旱、涝灾害的抵抗能力,有利玉米根系和植株的生长发育,提高籽粒产量。

我国地域辽阔,土壤和气候条件复杂,各玉米产区的耕作制度也各异,经过广大农民和科技工作者的长期生产实践,逐步形成了一些具有精耕细作特点的土壤耕作方法。如平翻耕法、垧作耕法、深松耕法和砂田耕法等,但不论哪种耕作方法,都需因地制宜采用深耕、浅耕、深浅结合或少量有效耕法等土壤耕作措施。而且土壤耕深的合理程度及其耕作质量,又直接影响着玉米的产量水平。

### 一、深耕的增产效果

建国以来,随着生产力的发展和农业生产技术的不断改进,特别是采用农业机械之后,耕地深度和质量普遍得到提高。生产实践证明,无论南方、北方或水田、旱地,只要在原来浅耕的基础上,适当加深耕层,均有不同程度的增产效果,其幅度一般可达 10~30% 左右;其中以深耕 0.8~1 尺左右的增产效果较为稳定(表 6-10)。

深耕对玉米的增产效果,一般南方不如北方;水浇地不如旱地。其主要原因在于深耕提高了土壤水分的保蓄能力,因而旱地玉米增产显著。我国南方各省雨量充沛,玉米生长在多雨季节,如果耕地过深,土壤蓄水过多,地下水位提高,对玉米生长不利,且易造成涝害。

我国北方各省雨量较少,玉米生长在高温干旱季节,适当深耕保蓄水分,可增强抗旱能力,获得显著增产效果。因此,玉米地深耕的程度要根据气候条件的差异而定。一般来说,北方以抗旱保墒为主,南方则要注意防止涝害。

深耕,对不同的土壤质地有不同的增产效果。河北省农业科学院 1960 年在 11 种不同土壤上的试验调查结果表明,深耕的增产率以壤土最高,砂土次之,粘土最低。其原因在于粘重土壤深翻时,往往把下层的胶泥土混入表层,破坏了土壤结构,延长了表土熟化时间,因此直接影响当年产量。如果采用上翻下松的深耕方法,再结合增施有机肥料,则会有较好的增产效果。一般说来,比较肥沃的壤土,耕层养分含量较为丰富,同时,心土也比较容易熟化,可以耕得深些。瘠薄的砂质土壤,要逐年加深,增厚耕层,才能收到良好的增产效果。

深耕对春、夏、秋玉米的增产效果也有差别。一般春玉米地秋冬深耕增产效果较大,夏、

表 6-10 不同耕翻深度对玉米的增产效果

地 点		耕翻深度 (尺)	产 量 (斤/亩)	增 产 (%)	与上一耕翻 深度比较增 减产(%)	备 注	
河 北 省		0.4~0.5	470.1	—	—	河北省农业科学院根据 25 个 县市 52 个点 11 种不同土壤玉米 深耕试验总结(1959),春玉米。	
		0.6~0.8	514.9	9.5	9.5		
		1.0	535.5	13.9	4.0		
		1.5	606.8	29.1	13.3		
		2.0	634.3	34.9	4.5		
		3.0	557.1	18.5	-12.2		
甘 肃 省	西 峰 县	0.4	230.1	—	—	旱地*	甘肃省农业科学 院调查研究总结 (1959),春玉米。
		1.2	390.9	56.3	66.3		
	武 山 县	0.5	663.6	—	—	川水地**	
		1.2	761.7	13.9	13.9		
	灰 成 县	0.5	219.1	—	—	浅山区旱地	
		0.8	274.0	25.1	25.1		
吉 林 省		0.3~0.4	471.2	—	—	吉林省农业科学院根据 永吉、 怀德两县四个人民公社五个管理 区一个农场玉米深耕试验总结 (1959),春玉米。	
		0.5~0.6	546.3	15.9	15.9		
		0.8~0.9	683.4	34.4	15.9		
		1.5	742.0	57.5	17.1		
		3.0	684.7	45.3	-7.7		
湖南省湘西土家族苗族 自治州三角岩公社		0.6	584.8	—	—	春玉米(1959)	
		0.8	692.2	18.4	18.4		
		1.0	717.6	22.7	3.7		
江苏省涟水县		0.5	568.0	—	—	江苏省涟水县农业科学研究所 试验总结(1959),春玉米。	
		1.0	642.0	13.0	13.0		
		1.5	653.0	15.0	1.7		
		2.0	611.0	7.6	-6.4		
		2.5	611.0	7.6	-0.0		
山东省无棣县泊头人民 公社同家大队		0.4	260.0	—	—	山东省无棣县农业科学研究所 试验总结(1960),夏玉米。	
		0.6	310.0	19.2	19.2		
		0.8	350.0	34.6	13.9		
陕西省商雒县		0.3~0.4	686.1	—	—	陕西省商雒县农业科学研究所 试验总结(1959),夏玉米。	
		0.5	691.1	0.7	0.7		
		0.8	709.7	3.4	2.7		
浙江省东阳县巍山人民 公社茶场生产队		0.5~0.6	435.0	—	—	秋玉米(1959)	
		0.8	496.5	14.1	14.1		

\* 旱地指地势较高的平原旱地。

\*\* 川水地指山区河流两岸的水浇地。

秋玉米地的深耕效果则较差。这是因为春播玉米在前茬作物收获后,距播种季节尚早,耕后土壤有足够的熟化和沉实时间;而夏、秋玉米早播是增产的关键,如果耕得过深,土壤尚未沉实时即行播种,雨后土壤下陷,容易造成玉米断根和倒伏。黄淮海平原夏播玉米区,夏玉米生长前期正值雨季,土壤深耕后含水过多,不利蹲苗,且易发生芽涝而减产。南方夏、秋玉米也有类似情况。

深耕不仅能使当茬作物增产,而且尚有一定的后效作用。据西北农业科学研究所 1957 年在陕西省武功县试验,深耕 8 寸左右,当茬小麦增产 15.1%,麦收后播种的夏玉米,增产 34.1%,超过深耕后当茬小麦的增产效果。如深耕结合其他改土措施,其后效作用可延续 2~3 年或更长的时间。深耕后效延续时间的长短,与土壤质地关系甚大,一般河岸砂壤土后效长,粘重土壤的深耕后效较差。因此,根据不同土壤深耕后效期的长短,安排轮翻深耕计划,争取提早夏、秋玉米播种时间,充分发挥人力、畜力和机械的作用,才能达到增产增收的目的。

## 二、深耕的作用

土壤深耕后活土层加厚,空隙度增大,容重减少,透水、透气性和蓄水量提高,从而改善了土壤的物理性状,促进了有机养分的分解和无机养分的释放,使土壤中缓效营养物质转化为可给态,不仅提高了肥料的利用效果,而且能减少或抑制杂草、病虫害的发生和发展。

### (一)改善土壤物理性状,保蓄水气

“一寸松土,一寸墒”。深耕打破了长期浅耕造成的犁底层,使耕作层加厚,土壤容重降低,空隙度增加。据甘肃省农业科学院 1959 年测定,在 0~50 厘米的土层内,深耕 1.5 尺比 0.6 尺的土壤容重平均减少 0.25 克/厘米<sup>3</sup>,深耕 1 尺比耕前的土壤空隙度平均增加 2.45%。河北省唐山市农业科学研究所 1959 年在玉米生育中期的测定结果表明,土壤容重随耕翻深度的增加而降低,空隙度则相应加大。黑龙江、吉林等省 70 年代末采用深松耕法,黑土地深松 23 天后,土壤容重比未松的降低 0.05~0.15 克/厘米<sup>3</sup>,空隙度增大 1.90~5.91%;白浆土深松 10 天后,土壤容重比未松的降低 0.11~0.16 克/厘米<sup>3</sup>,空隙度增大 5.5~13.9%。

深耕土壤空隙度增大;特别是原耕作层以下部分空隙度的增大,改善了土壤的通透性,扩大了土壤保蓄水分、容纳空气的能力。据山西省农业科学院 1959 年试验,深耕 1.5 尺比深耕 1 尺的土壤最大吸水速度快 2.5 毫米/分,深翻 2 尺比 1 尺的快 3.75 毫米/分,同时,其渗透稳定时间,也随耕深增大而延长。由于深耕土壤蓄水能力的增强和蒸发量的减少,在玉米生育期中,田间总耗水量有减少的趋势。因此,深耕对抗旱保墒有很大作用。

深耕土壤透水性增强,便于接纳雨雪,避免地表积水,能减轻夏季由于雨水过多,土壤空气缺乏,致使玉米根系的吸收作用不能正常进行所造成的涝害,并能减轻地表径流,起到保水、保肥、保土的作用。据甘肃省天水县水土保持站 1959 年在玉米生育中期一次降雨 52 毫米后的测定,耕深 9 寸地表径流率为 0.1%,而耕深 4 寸的径流率为 1.6%;每亩冲刷量耕深 9 寸的为 6.4 斤,耕深 4 寸的则达 15.6 斤,深耕比浅耕减少了 59%。深耕“抗旱、防涝、防止流失”的作用,只有在土层较厚,地下水位较低的情况下,才有较好效果;否则,由于透水性

增强,过多的降水不能及时从地表排除,会提高地下水位,使玉米受涝,甚至造成土壤次生盐渍化,不利玉米生长。

### (二)熟化土壤,增加养分

深耕可以打破犁底层,将部分生土翻于地表面,经过冰雪冻融,风吹日晒而熟化,使土壤中的矿物质释放出可被植物吸收的营养元素,增加土壤有效养分含量。我国南北各地均有深耕晒垡和炕田的经验,“犁出生土,晒成阳土”,是促进土壤熟化的重要措施。

深耕后,土壤中的矿质营养分解、释放和水、气、热的调节,为土壤微生物的繁殖与活动创造了良好的条件,特别是深耕结合增施有机肥料,作用更大。据河北农业大学 1959 年在玉米拔节期测定,土壤中主要微生物的数量,比深耕前增加 180~450 倍;其中好气性微生物增加 300~1000 倍,固氮菌增加 7~11 倍,磷细菌增加 9~18 倍,钾细菌增加 7~15 倍。哈尔滨师范学院 1976 年在黑龙江省巴县兴隆公社富源大队试验,深松地比未深松地的土壤微生物数量增加 86.4%(表 6-11)。

表 6-11 垡沟深松对土壤微生物的影响

(哈尔滨师范学院,黑龙江巴县兴隆公社富源大队,1976)

处 理	项 目	微生物总数 (亿/克干土)	好气细菌 (亿/克干土)	嫌气细菌 (亿/克干土)	放线菌 (亿/克干土)	真 菌 (亿/克干土)	藻 类 (亿/克干土)
深 松		892.1	21.8	10.9	13.1	657.7	14.9
对 照		446.3	14.6	17.1	9.5	285.5	8.1
增 减	率(%)	86.4	49.3	-36.3	37.9	130.4	84.0

由上表看出,垡沟深松后,好气性细菌、放线菌、真菌和藻类均有所增加,而嫌气性细菌则减少,这种现象在低洼地上更为显著。在岗地上,好气微生物中的固氮菌、真菌、氨化菌和好气纤维分解菌增加显著。

随着土壤微生物的生活、繁殖、代谢,释放出可被植物吸收利用的氮素和矿质营养。固氮菌还能固定空气中的氮素,从而丰富了土壤养分。甘肃省农业科学院 1959 年试验,耕深 1.5 尺比耕深 0.6 尺的硝态氮含量增加 23.1%,有效磷增加 38.9%。

深耕虽有促进土壤熟化、提高土壤有效养分的作用,但耕深超过了土壤可熟化的深度和玉米根系集中分布的主要范围,其作用则甚微。因此,应当根据具体条件,合理确定耕深。

### (三)利于增施有机肥料,培肥地力

深耕为大量增施有机肥料提供了条件。而浅耕时肥料只能集中施在表层,难以满足玉米对耕层土壤有机养分的要求。如果有有机肥料不足,而又耕得过深,就会分散肥料,影响玉米吸收利用。山东省土壤肥料研究所于 1973~1975 年进行深耕结合多肥(亩施有机肥 10,000 斤)与少肥(亩施 6000 斤)的对比试验,试验前 0~50 厘米土层中有机质含量为 0.55%,两年后深耕 1 尺的多肥区为 0.93%,少肥区为 0.60%,深耕 0.7 尺的多肥区为 0.79%,少肥区为 0.58%。深耕结合多肥,玉米当年和第二年的产量均有增长的趋势,而深耕少肥区当年产量则表现下降。从两种耕深比较,耕深 1 尺多肥区比耕深 0.7 尺多肥区的

增产幅度第一年高 3.8%，第二年则高 7.1%，深度差 0.3 尺，其增产效果相当于增施有机肥料 4000 斤(表 6-12)。

表 6-12 深耕结合增施肥料的增产效果

(山东省土壤肥料研究所, 1975)

年 份	肥 量 作物产量	1 尺			0.7 尺		
		多 肥 (10,000 斤/亩)	少 肥 (6000 斤/亩)	增产率 (%)	多 肥 (10,000 斤/亩)	少 肥 (6000 斤/亩)	增产率 (%)
1974	小 麦(斤/亩)	925.0	784.0		824.6	819.8	
	夏玉米(斤/亩)	660.0	600.0	30.0	600.0	500.0	20.0
	年产量(斤/亩)	1475.0	1284.0		1424.6	1319.8	
	年增产率(%)	11.70	-2.80		7.90		
1975	小 麦(斤/亩)	707.1	700.4		700.4	607.0	
	夏玉米(斤/亩)	715.0	692.5	3.2	640.0	570.0	12.3
	年产量(斤/亩)	1422.1	1392.9		1340.4	1177.0	
	年增产率(%)	20.90	18.30		13.80		

#### (四)减少田间杂草,削弱病虫害

玉米是中耕作物,通过中耕可以消除田间杂草,但是杂草的繁殖、再生能力较强,特别是多年生宿根性杂草,单靠表层中耕很难根除,同时,玉米生长初期,植株生长缓慢,从出苗到封垅约需 40~50 天,此时田间杂草大量发生,直接与玉米争夺土壤中的有效养分和水分,危害玉米生长。深耕可切断多年生根蘖性繁殖杂草的根茎,地表杂草也可被翻入土壤下层,从而抑制其发芽和再生能力。据山西农学院 1959 年的调查,深耕 1 尺比 0.7 尺的杂草减少 28%,深翻 2 尺则减少 50%。

深耕,特别是秋冬深耕,能够破坏地下害虫的巢穴或将害虫翻出地表,经过冷冻和鸟雀啄食,可以减少地下害虫为害。同时,深耕结合消除田间残茬落叶,亦可减少越冬病虫赖以寄生的中间寄主,并可把地面和表土中的寄生虫卵、蛹、病菌孢子深埋于土壤下层,削弱病虫害的发生。

#### (五)改善玉米根系分布,促进生长发育

深耕可以减少玉米根系向下伸展的阻力,扩大玉米根系的生长范围和吸收能力。深耕对玉米根系发育的主要影响,在于促进玉米侧根的发育,改善根系在土层中的分布。一般 0~40 厘米土层内的玉米总根量,深耕比浅耕的多 14.3%;其中细根量多 1 倍以上,而且根系的吸收范围也显著下移。河南省许昌地区农业科学研究所 1959 年测定,在 1 米土体内的玉米单株总根量,深耕 1.3 尺比耕深 0.6 尺的增加 21.2%。在一定范围内,随着耕翻深度的增加,土壤表层根量比重相对减少,下层根量比重加大,使玉米根系向土壤纵深方向发展。辽宁省凤城农业科学研究所 1960 年测定,随着耕作层的加深,玉米主要根系的密集层向下伸展,而根系分布宽度却大为缩小(表 6-13)。



表 6-13 不同耕翻深度玉米根系的分布

(辽宁省凤城农业科学研究所, 1960)

耕翻深度(尺)	主要根系密集层深度(厘米)	根系分布宽度(厘米)	根系长度(厘米)
0.6	4~24.50	74.00	70.00
0.8	4~24.95	57.90	80.75
1.1	4~31.50	57.50	95.00
1.5	5~31.75	46.50	105.10
2.0	5~34.25	49.50	148.50

上表说明, 深耕能使玉米在较深土层内吸收水分和养分, 从而增强了玉米的抗旱能力。但是, 这种根系向下层垂直移动的现象, 并不是无限制的。据河北农业大学 1959 年试验(图 6-2), 土壤深翻 3 尺, 仍然有 75~84% 的根系集中分布在 30~40 厘米的土层里, 而 50 厘米以下的土层由于土壤温度低, 氧气缺乏, 好气性微生物活动较弱, 玉米根量只占 10% 左右。了解玉米根系分布的这个特点, 对于确定玉米地的适宜耕深和施肥深度, 很有意义。

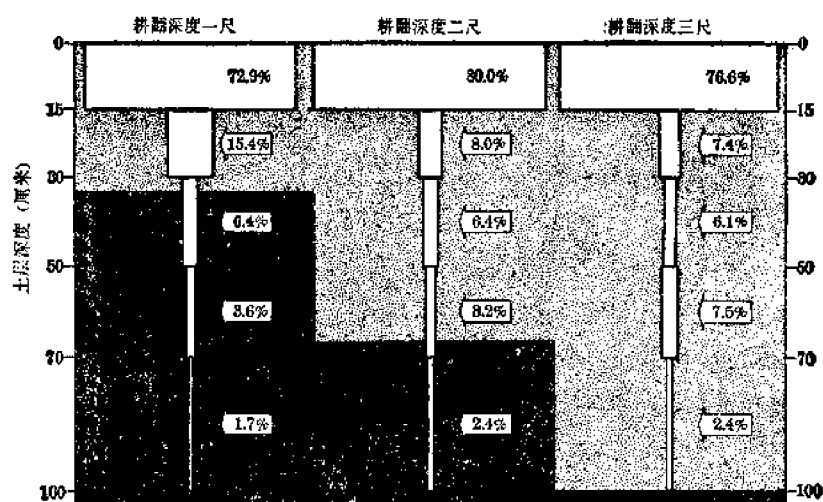


图 6-2 耕深对根系分布的影响

(河北农业大学, 1959)

深耕有利玉米根系发育, 扩大吸收面积, 因而深耕地玉米植株粗壮, 抗旱、抗倒, 空秆率低, 籽粒产量较高(表 6-14)。

表 6-14 深耕对玉米根系发育及产量的影响

(黑龙江农垦大学, 1974)

处 理	根 系(厘米)			根系干重 (克/株)	各层根系分布量(克/株)			白粒重 (克)	产量 (斤/亩)	增产 (%)
	深	宽	密集层深		0~20 厘米	20~30 厘米	30~35 厘米			
深耕 30 厘米	53	48	5~30.5	52.1	39.9	8.7	3.5	25.1	550.6	8.9
对 照	45	40	2~23.5	33.3	29.6	3.7	微	24.1	506.6	—

### 第三节 深耕整地的技术原则

我国各玉米产区,根据当地土壤、气候和生产条件的特点,经过长期生产实践,形成了几种主要的土壤耕作法,如砂田耕法多运用在西北地区的兰州、海源一带;东北地区多为垅作耕法和深松耕法;至于耕层结构上虚下实的平翻耕法,已经有悠久的历史,是我国最广泛采用的一种土壤耕作方法。

一般情况下,各类耕法均包括灭茬、耕(松)地、耙耨、镇压或筑畦、起垅等作业程序。因地制宜,正确合理地选择深耕整地的方式、方法和作业程序,创造一定深度的疏松耕层,使土、水、气三相比例协调,有利于玉米的生长发育。

#### 一、前茬处理

耕地以前对前茬的处理称为灭茬,它是保证耕地质量、保墒除草的重要步骤。

春播玉米的前茬作物,主要是玉米、高粱、大豆、谷子、棉花、薯类、晚稻和秋菜等。对根茬较大的作物如玉米、高粱等,可先用圆盘耙浅耙1~2遍,将其切碎,然后耕地。亦可用畜犁浅耕或人工刨茬,然后再进行秋耕。大豆、谷子等根茬较小,可直接耕地翻埋。我国东北地区秋季冻结较早,来不及秋耕,应先灭茬保墒,接纳雨雪,以免风吹日晒,散失水分,而使表土坚实板结,影响春耕整地质量,所以农谚中有“秋天划破皮,抵上春天犁满犁”之说。南方一年三熟地区,部分春玉米套种在冬作物或绿肥作物间,可在行间两侧深锄松土或深翻绿肥,以变茬为肥。

夏、秋玉米的前茬,在黄淮流域主要是冬小麦或大麦;南方各省则是小春作物。如大麦、小麦、油菜、蚕豆、豌豆和绿肥等。夏玉米生长期短,争时抢墒播种是关键。因此,平播玉米,一般在麦收后,立即浅耕灭茬,或以重型圆盘耙交叉耙地灭茬,或以旋耕机旋耕灭茬,争取早播。亦可用拆去犁镜的犁,串耕耙耨,疏松土壤,灭茬播种。在水源缺乏、墒情不足的地方,可只在播种行开沟灭茬,集中施肥,灌水造墒播种。西北灌溉玉米区或旱涝灾害较重的地方,为抢时早播,常采用“硬茬”播种(亦称“铁茬”),即在小麦收后不行耕耙,而用“硬茬播种机”直接播种,待玉米出苗后,再结合中耕施肥,灭茬除草。“硬茬播种”不便于中耕管理,而且玉米幼苗生长细弱,根系下扎不深,对产量有很大影响。

七十年代以来,华北地区在麦收前10~30天套种玉米的栽培方式迅速发展,套种面积占本区玉米总播种面积的57.1%,一般套种行间的灭茬多结合中耕进行。套种玉米具有避开春旱夏涝和充分利用热量资源的特点,也有利于后作的早播,提高全年单位面积产量。但仍受许多因素的限制,影响玉米产量提高。随着机械化水平的提高和水肥条件的改善,夏直播玉米面积易于实现机械作业,麦收后能及时灭茬、耕耙、播种和管理,从而获得高产。据山东省邹平县孙镇公社冯家大队试验,1979年采用鲁原单4号等早熟品种机械播种夏直播530亩,平均亩产939斤,全部成本折算每斤为0.038元。而作为对照的套种玉米563亩,平均亩产850斤,比直播每亩平均少收89斤。山东省烟台地区西由公社前吕五大队试验,1979年6月5日套种玉米亩产598.84斤,6月25日用旋耕深松播种复式作业机直播的玉

米,平均亩产 851.02 斤,直播比“套种”多收 252.18 斤。

南方地区,如浙江省的夏玉米多套种在大豆行间,麦收后,应立即松土翻出麦根,整平地面,然后播种玉米。

## 二、耕地原则

### (一)掌握宜耕宜耙时间

争时早耕,距离播种的时间愈长,则土壤熟化程度愈高,有利于积蓄雨雪,沉实土壤,发挥深耕的增产作用。据甘肃省农业科学院 1959 年在董志塬地区调查,9 月下旬比 10 月中旬深耕的增产 3%,比 10 月下旬深耕的增产 6.2%,比 11 月上旬深耕的增产 16.6%,充分说明秋耕宜早。但在土壤风蚀严重,或秋季雨水较多、地势低洼潮湿的地区,土壤宜耕性差,不宜早耕时,也可在早春耕地。

掌握土壤的宜耕时间是保证耕地质量的关键。土壤的最佳宜耕状态,应是土壤的凝聚性、粘着性和可塑性均减至最小程度。此时耕地阻力小,土壤容易碎散,垡面松散,耕地质量亦高。一般比较粘重的土壤,10~20 厘米土层内的含水量在 15~20%时,宜耕性最好(表 6-15)。过湿易形成泥条,过干易形成坷垃,耕地阻力加大,影响质量。

表 6-15 耕前 10~20 厘米土层含水量与垡面松散情况

(中国农业科学院土壤肥料研究所,1973)

土 壤 含 水 量(%)	耕 后 垡 面 松 散 情 况
12.50	形成不规则棱角坷垃
19.22	垡面松散
22.07	稍有明条,垡面部分松散
23.50	明条显著,大部分不松散

不同土壤的宜耕期不同。一般粘土宜耕时间短,必须抓紧时机耕翻,砂质土宜耕时间长,可随时耕地,壤土宜耕时间中等,要根据墒情及时耕耙,低洼地比高燥地宜迟些时间耕耙。

### (二)合理确定耕地深度

土壤耕翻深度,应根据各地栽培制度,玉米生长发育对土壤的要求,以及增产的经济效益,因地制宜,合理确定。

玉米根系有 75~84%集中分布在 30~40 厘米的土层内。因此,在这一范围内耕翻,玉米根系生理活动旺盛,增产效果显著。深耕超过 40~50 厘米,增产作用就不很明显。我国在五十至六十年代,由于农业生产力水平较低,一般耕深为 5 寸左右;如耕深至 8 寸以上,则土壤阻力大,畜力耕作困难,倘若以人工铁翻,则用工量太多,且难以大面积实行,所以当时耕深一般以 5~7 寸为宜。七十年代以来,我国玉米栽培的机耕面积迅速扩大,平均达 42.5%,因而一般耕深以 7~9 寸的增产效果较好。

栽培制度不同,耕地深度亦不同。一年一熟、二年三熟或一年两熟的北方各地,春播玉米地在前作物收获后,应当深耕。夏、秋玉米早播是关键,应浅耕早播或灭茬耙地抢播。黄

淮海平原,夏玉米生长前期多雨,不易蹲苗,深耕后土壤蓄水过多,易受涝害而减产;南方夏、秋玉米亦有类似情况,故耕层宜浅。夏季气温高,蒸发量大,旱地深耕跑墒严重,保苗困难,故不宜耕得太深。套种玉米靠耕翻的后效作用,因此要注意前茬地的深耕。

土壤特性和土层结构不同,耕深亦有所差异。耕层较薄而下层为砂砾、流砂或卵石的土壤,不宜深耕,否则砂石翻入表土层,会影响玉米生长。一般壤土和粘土均适宜深耕。粘土结构紧密,熟化慢,如果生土翻上过多,也会影响玉米当年产量,故而要做到上翻下松,不乱土层。土壤有热性土和凉性土之别,凉性土多分布于高山丘陵背阴地带、高寒地带和低洼地区,栽培玉米,应特别注意深耕晒垡,增施厩肥,提高地温。但低洼湿地,土壤含水多,地下水位高,耕地宜浅不宜深。否则地下水位提高,影响玉米根系的生长和吸收。如果土薄、缺肥,则不宜一次耕得太深,以免漏水漏肥,影响当年玉米产量。

### (三)耕地结合土壤改良

土壤“翻砂压淤”或“翻淤压砂”,结合增施有机肥料,是改良土壤的有效措施。淤土属粘质土,多上淤下砂,但淤土层深浅不一,多位于河川缓流地带,群众称为“死淤头”。这种土的粘性强,结构紧密且呈层状,湿时泥泞,干时龟裂,宜耕性差,不易全苗及根系的下扎,采用“翻砂压淤”的深耕方法,可使淤砂混合而得到改良。山东省寿张县根据淤土层深度,深翻2~4尺,翻砂压淤,改善土壤质地,增强土壤蓄水保肥的能力,玉米产量可提高一倍以上,其后效能维持六、七年,但以第二、三年增产效果最好。山西省夏县有“砂盖垆”的改土经验。“垆”是一种重壤土,宜耕性差,不利玉米生长。“垆”下1尺左右有一层砂土,翻于表面成为“砂盖垆”,或使粘性土与砂土混合,起到改良土壤的作用。

砂土地的非毛细管孔隙多,保肥蓄水力弱,土壤水分、养分极易下渗流失,玉米产量很低。在这种砂质土下面往往有一层淤土,“翻淤压砂”或使砂淤混合,增产效果很好。据山东省寿张县台前公社1959年的资料,深翻1~3尺,“翻淤压砂”,玉米产量比耕深6寸的增加16.3%,且有3~4年以上的后效作用。但是不论“翻砂压淤”或“翻淤压砂”,都应结合增施有机肥料,才能培肥地力。

玉米的耐盐力不如高粱、稷子、甜菜等作物,如果土壤含盐量超过0.2%,就会影响玉米幼苗生长。深耕结合增施有机肥料,对改良盐碱地有重要作用,但粘土层能起隔盐作用,故深耕时不宜将它突破;如果粘土层薄而不起隔盐作用时,则应耕松粘土层,提高其渗水洗盐作用。另外,如果土壤上层含盐多,下层含盐少,则可适当深耕;反之,则不宜深翻,只宜深松。

## 三、整地原则

### (一)秋冬“炕土”、“晒垡”

南方雨量较多,气温较高,土壤潮湿,冬耕后不耙耱整地,以促进土壤熟化,改善土壤结构和消灭病虫害,群众称为“晒垡”或“炕土”。经过炕土的玉米,幼苗旺盛,茎秆粗壮,增产显著。四川省广安、武胜、宣汉等县,在小麦或蚕豆地中留出空行,年前在宽行间深耕7寸左右,表土在下,心土在上,进行炕土,春季结合施用基肥翻耕1~2次,碎土后平整地面;如果是小麦、蚕豆间作,可在蚕豆开花时割去一行作为绿肥,并在行间深翻炕土。

北方冬季雨雪少、春季干旱的地区,耕后应及时耙耨保墒,不需晒垡。低洼潮湿、雨雪较多、灌溉条件较好的地区,可以进行晒垡,但在土质轻松或风沙较大的地区,深耕后必须及时镇压,以达到保土、保墒的目的。

### (二)早春耙地保墒

早春“顶凌耙地”是春季保墒的关键,土壤上层夜冻昼消时进行顶凌耙地,可以保持土壤水分,增高地温,为春耕春播打好基础。春风来临,气温升高,蒸发量增加,地表出现干土层,必须先镇压、后耙耨,使表土层下产生紧实的“间隔层”,以起到保墒作用。耙地时间应根据土壤化冻的先后,依次进行。群众的实践经验是:“先耙岭,后耙岗,耙了平川耙河湾”。早春耙地深度一般要浅,并以横耙或斜耙为宜。

### (三)春夏浅耕浅耙

我国南方各省春季雨水较多,土壤墒情较好,群众有复耕的习惯,例如江苏、安徽等省有“三耕三耙”的经验。多次耕耙的目的,在于提高地温,加速土壤熟化,改善土壤结构。北方地区,对未秋冬耕的地块,可在春播前20天左右进行浅耕,如果墒情不足,应在浇水润地3~4天后,地温回升,地表发白时,再浅耕耙耨。特别是在华北和西北等地,春、夏耕地均应随即耙耨,碎土保墒。

土壤质地轻松的干旱地区,耕耙之后还需镇压1~2遍,促使毛细管水上升,以利种子发芽。如果土壤粘重,耕后土块大,地面不平整,亦可耕后或耙后随即镇压,以破碎坷垃,平整地面,沉实土壤;镇压之后再斜耙一次,即可播种。如果雨水较多、地表板结,应耙地松土,破除板结后播种。夏播玉米地,因地制宜地采用耕、耙、耨、压等连续作业,可加速整地过程,减少水分损失,降低土壤容重,提早播种时间。如华北黄土地区玉米的适宜土壤容重应在 $1.1\sim 1.2$ 克/厘米<sup>3</sup>。所以,耕后耙耨次数,应视土质、水分、土块的情况,灵活掌握。在耕地质量较好、土壤含水适宜时,耙耨一次即可;反之,就要多耙一两遍,镇压也要重一些。

## 四、垡作、畦作和砂田耕法

### (一)垡作耕法

垡作耕法是东北寒冷地区为提高地温、防旱抗涝栽培的一种耕作方式。一般于秋耕后或早春在已耕地上顶浆起垡,也可破旧垡为新垡,耕种同时进行。这种耕法称为扣种。原垡扣种,地内常年有垡,春天在原垡沟底施用有机肥料,然后将两个原垡土壤的一半翻入垡沟,形成新垡,出苗后中耕深松。这样,每两年更换一次垡台和垡沟位置,使其能轮流深翻(松)一次。垡的规格,一般垡高14~18厘米,垡距60~70厘米。垡距过大,不能合理密植,垡距过小,不耐干旱和涝害。为了碎土保墒,沉实土壤,起垡或扣种后必须对垡体进行镇压。

采用垡作耕法,地表呈凹凸状,表面积比平地一般增加33%。因此,受光面积大,吸收热量多,有利于玉米早播和幼苗生长。据吉林市农业科学研究所1980年测定,垡作比平作的土壤日平均积温高 $1.7\sim 2.1^{\circ}\text{C}$ ,但垡作由于夜间散热面大,地温比平作降低,使昼夜温差加大。据黑龙江省农业科学院1977年测定,在一昼夜内,垡作地温高于平作的有16~18个小时,低于平作的有6个小时,这对玉米的光合作用和营养物质的积累与变化,促进玉米发育,避免贪青晚熟,十分有利。

在多雨季节, 垅作比平作便于排水, 干旱时, 还可用垅沟进行浇灌, 而且垅作利于集中施肥, 促进土壤熟化和养分的分解, 增加熟土层厚度, 有利于玉米根系发育和产量的提高。据黑龙江省克山农业试验站 1976 年试验, 玉米垅作比平作增产 15.6%。

### (二) 畦作耕法

我国长江流域以南雨量较大, 为了排水防涝, 南方各地多采用筑畦栽培, 一般称为畦作。不论春播或夏、秋播玉米, 凡地势低洼, 容易积水的旱地或水浇田畦作时, 畦的宽窄因排水状况而异。为充分利用地力, 应尽量做到宽畦深沟, 利于排水。一般是“四垅一厢”, 即四行一畦, 畦宽 6 尺左右, 行距 1.5 尺, 排水沟深 7~8 寸, 宽约 1 尺。排水良好的地块可筑宽畦, 畦宽 7~9 尺, 每畦播种 6 行玉米。粘重土壤或排水困难的水浇田可筑窄畦, 畦宽 2.5~3 尺, 每畦种玉米 2 行。易于排水的旱地畦面还可宽至 20 尺左右, 畦长可因地势不同而定。每块地的四周仍需开挖排水沟, 一般沟深 1 尺左右, 宽约 1.5 尺。

筑畦要求沟直畦平, 沟沟相通, 排水流畅。天旱时, 排水沟也可用作灌水沟, 排灌结合。筑畦后, 随即耙 1~2 遍, 待畦面平整, 土壤细碎, 即可播种。

### (三) 砂田耕法

我国西北地区年降雨量少, 且多暴雨, 雨后水分来不及渗透到地下而形成径流, 故田内接纳雨水很少。因此, 土壤水分成为该区玉米生产的重要限制因素。如果利用 10~20 厘米的砂石覆盖, 暴雨后可以增加水分的渗透, 减少水分蒸发。因此, 砂田的含水量高于土田; 尤其是表土层可比土田高 1~2 倍(表 6-16)。

表 6-16 砂田和土田含水量比较(%)

(皋兰县石洞公社, 甘肃省砂田调查组, 1964)

田 种	层 次(厘米)	月 份							
		3	4	5	6	7	8	9	10
砂 田	0~10	14.8	13.4	14.2	19.9	12.6	14.5	20.0	16.5
	10~20	13.3	12.6	13.0	14.6	13.5	13.7	18.5	18.5
	20~30	12.2	11.0	12.6	12.5	11.7	13.1	18.3	18.8
土 田	0~10	5.9	5.0	6.5	7.5	6.5	7.5	9.8	16.0
	10~20	6.6	7.2	7.5	8.3	9.3	8.0	10.6	13.3
	20~30	7.8	7.1	7.4	8.0	10.5	10.1	10.7	13.9

摘自《耕作学》, 农业出版社, 1981 年。

砂田比秸秆覆盖更具有提高土壤温度的作用。一般在春季时砂田比土田的温度高 1~2℃, 夏季约比土田高 3~4℃。因此可使土壤解冻期提前 10 天左右, 结冻期推迟 20~30 天, 生育期延长一个月左右。所以, 砂田耕作玉米出苗率高, 且能提前成熟 10~20 天, 产量为土田的 2~3 倍。

## 第四节 耕作机械化

我国农业机械化的程度和水平,随着工农业生产的发展而迅速提高。1980年,机耕面积已达42.4%,全国农垦系统的机耕面积占其总耕地面积的85.8%。

耕作机械化不仅能提高劳动生产率,减轻劳动强度,而且可以加深耕层,提高耕地整地质量,保证适时播种,为进一步改善玉米栽培技术创造了有利条件。

土壤耕作是玉米栽培过程中最繁重的劳动,实行机械耕作是争取玉米大面积丰收的有效手段。山西省太谷县阳邑大队1979年玉米机械化栽培面积1180亩,平均亩产898.7斤,比1978年人畜耕作的历史最高亩产650斤增产38%,每斤玉米生产成本降低13%。实践证明,逐步实现玉米栽培作业机械化,对发展我国玉米生产具有十分重要的意义。

### 一、耕地整地机械

我国的土壤耕作机械,七十年代在平翻耕法的基础上,先后完成了水田犁、水田耙、旋耕机、旱田犁、圆盘耙等系列产品的研制,共有60多种,其他驱动型土壤耕作机具和少耕深松机具也在部分地区得到发展。

#### (一)耕地机械

耕地机械即基本耕作机械,用于土壤翻耕作业的主要有水、旱铧式系列犁、耕耙犁和旋耕机等,其中以铧式犁使用最为普遍。

铧式犁的结构比较简单,工作连续,可以全翻垡、半翻垡或分层翻垡,植被覆盖质量较好,能量消耗也不高。它是通过拖拉机牵引进行作业的牵动型机具,多以悬挂式和牵引式与拖拉机配套(表6-17)。

旋耕机是一种全部或部分由拖拉机动力输出轴驱动土壤工作部件、进行作业的驱动型机具,多以三点悬挂或直接联结与拖拉机配套。作业时,通过工作部件的旋转,切碎土壤,因此其碎土性好,耕耙作业可一次完成。另外,根据需要,还可通过改变旋转速度和机组前进速度的比值,调节耕作强度和碎土质量,以适应粘重土壤和水田的耕作要求。但旋耕时植被覆盖性差,耕地深度较浅。我国目前生产的旋耕机主要有:G-100(125,150,175),GL-100(125,150)和GN-175(200)等型号。

为了提高耕地质量,减小耕地阻力,提高作业效率,我国已研制推广了水平旋转双向犁、滚子犁、耕耙犁等新型犁,还生产了圆盘犁、垡作犁、松土犁、垡子犁、山地犁、灌木沼泽犁、无壁犁等特殊用途犁。圆盘犁翻垡、碎土、覆盖以及耕后地表平整度均不及铧式犁。但具有浅耕作业质量高,对多草地或绿肥种植地的通过性好,圆盘刃口耐磨性强,沟底不板结,透水性好等特点,适于多草、多石及盐碱地区耕作。

#### (二)整地机械

土壤耕翻后,地面土块较大,凹凸不平,土层空隙多,不易保墒。所以,在耕地后或播种前,应平整土地,以利玉米的播种和发芽。我国常用的整地机械包括耙、耩和镇压器等,其中常用的有圆盘耙、钉齿耙、钢丝滚动耙、“V”形镇压器、环形镇压器、盖(耱)等。

表 6-17 几种国产铧式犁主要技术参数表

型 号 名 称	生 产 厂	总耕幅 (厘米)	耕深 (厘米)	总重量 (公斤)	适应比阻 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	配套动力 (马力)	备 注
重型悬挂五铧犁	黑龙江农机厂	175	25	545		54; 75	
1.XZ-4-35 悬挂四铧犁	金州农机厂 济南农具厂	140	27	585	0.9		
ILG-4-30型 悬挂四铧滚子犁	保定农机厂	120	30	375	0.8	55; 60	
LXT-3-30型 悬挂三铧犁	济南农具厂	90	25	454	0.5	45	
LXD-2-30A型 悬挂二铧犁	金州农机厂	60	25	195	0.7	28	
LXF-3-30型 悬挂三铧犁	徐州农机厂	90	23	275	1.1	35	
ILQ-3-25型 轻型悬挂三铧犁	保定农机厂	75	24	180	0.5	20; 30	所有犁均为 30 厘米犁体的变型 犁, 耕深可达 30 厘 米
ILQ-4-25型 轻型悬挂四铧犁	保定农机厂	100	24	230	0.5	28; 40	
ILQ-5-25型 轻型悬挂五铧犁	保定农机厂	125	24	290	0.5	55	
L-5-35型 重型五铧犁	黑龙江省农机厂等	175	27	1450	1.3	54; 75	
半-5-35型 液压牵引五铧犁	商丘机引农具厂 金州农机厂等	175	27	1300	1.5	54; 75	液压升降
ILY-5-30型 液压五铧犁	保定农机厂	150	30	550	0.8	54; 75	
半-3-30型 深耕三铧犁	济南农具厂	90	25~40	900	1.2	55; 75	液压升降, 带松 土铲
LSQ-3-30型 深耕三铧犁	山西永济县 农机配件厂	90	40	1017		54; 75	
LSQ-1-55型 牵引深耕单铧犁	济南农具厂	45	55	950	1.5		配套动力为 2 吨 级拖拉机
LQ-6-27A 轻型六铧犁	济南农具厂	162	25	750	0.7	45; 54	

**圆盘耙** 主要用于耕后碎土和播前平整地面,其特点是碎土力强,能切断草根残株,适用于粘重土壤的耙地和浅耕灭茬、搅土混肥等作业。圆盘耙与拖拉机挂结形式有牵引式、悬挂式和半悬挂式,配置形式有对置式和偏置式,按其最大耙深可分 12、17、22 厘米,即轻、中、重型三大系列。

**重型缺口耙** 主要用于粘重土壤或沼泽地、水田的耕前灭茬或耕后耙地,也可“以耙代耕”。目前我国生产的圆盘耙主要技术规格如表 6-18。

**钉齿耙** 土壤水分适宜时,犁后带钉齿耙进行复式作业,可以疏松地表,破碎土壤,平整地面,消灭幼小杂草,对提高作业质量有良好效果。另外,钢丝滚耙则多用于砂壤土、壤土的地面平整和碎土保墒,一般可与犁配套进行复式作业。



表 6-18 几种国产圆盘耙主要技术参数表

型 号	生 产 厂	型 式	耙 幅 (米)	最大 耙 深 (厘米)	耙 的 列 数	耙 的 组 数	耙 片				耙 片 间 距 (毫米)	重 量(公斤)		最 大 工 作 阻 力 (公斤)	配 套 动 力 (马力)	作 业 效 率 (亩/班)
							总 数	形 式	直 径 (毫米)	曲 率 半 径 (毫米)		总 重	每米耙幅 宽重			
PQZ-2.5型 重型缺口耙	徐州农机厂	偏置	2.5	22	2	4	24	缺	660		330	1250	2000	3000	54	20
PQZ-3.2型 重型缺口耙	沈阳红旗厂	对置	2.2	22	2	4	20	缺	650	660	220	1200	773	1500	54	15~18
PQZ-2.5型 重型缺口耙	沈阳红旗厂	对置	2.5	22	2	4	24	缺	650		220	1200	480	2000	54	17~20
PY-3.8型 中型圆盘耙	吉林农机厂	对置	3.8	20	2	4	44	圆	560		169	1396	352	800~1000	40	
PY-3.4型 41片圆盘耙	吉林农机厂	对置	3.4	19	2	2	41	圆	445	600	169	850	250	850	40	
PQX-1.8型 悬挂缺口耙	徐州农机厂	偏置	1.8	16	2	2	18	缺	510		230	350	195	500	36, 40	15
PQX-1.4型 悬挂缺口耙	徐州农机厂	偏置	1.4	16	2	4	14	缺	510		230	320	228	500	27, 35	10.6
PYX-2.0型 悬挂圆盘耙	沈阳红旗厂	对置	2.0	18	2	2	24	圆	445	600	169	425	212.5	600	28	15
PXD-1.4型 悬挂旱地耙	湖北嘉鱼农机厂	偏置	1.4	10	2	4	18	缺	420	560	172	230	164		20	
BZA-3.0型 重型圆盘耙	系列设计产品	偏置	3.0		2	4	28	缺	660	800	220	1250	417		54	
BJA-3.1型 中型圆盘耙	系列设计产品	偏置	3.1		2	4	32	缺	560	690	200	1040	335.5		54	
IBYA-3.5型 轻型圆盘耙	系列设计产品	偏置	3.5		2	4	40	缺	460	600	180	800	223.7		54	

**无齿耙** 耢、耢子或拖板等整地机具,实质上是一种无齿耙,虽然其碎土能力差,但与犁或圆盘耙组合进行复式作业,能起到平整地面,破坏表土毛细管,减少水分蒸发的作用。

**镇压器** 主要分“V”形镇压器、环形镇压器和圆筒形镇压器,它可与犁、播种机联结,进行复式作业。“V”形镇压器的特点是碎土力强,在砂土地作业易壅土,压后地面不平坦,呈波纹状,但可防止风蚀和雨水冲刷;环形镇压器,又称星芒形(或网形)镇压器,其圆环呈凸齿状,多用于破碎粘重土块,其特点是下透力大,对心土有镇压作用,且能使表层土壤疏松,防止水分蒸发;圆筒形镇压器形如圆筒状,与地面接触面积大,单位面积压力小,只对表土起镇压作用。

## 二、机耕机耙作业方法

### (一)机耕作业方法

机耕作业的主要质量要求,首先耕深要均匀一致,符合要求。一般浅耕时水田以3~5寸,旱地以5~7寸为宜。深耕要每隔1~3年进行一次,一般水田深耕6~8寸,旱田以8~12寸为宜;其次,要求翻土完整,覆盖性好,或有利于架空晒垡。另外,耕后要求土块破碎,地表平坦,地头齐整。

机耕作业方法,如内翻法和外翻法,均为单向铧式犁机组田间作业行走的两种基本方法,实际生产中再结合地块条件,又可组合成套翻法、作畦耕法等多种行走方法。这些方法既可保证耕地质量,又能减少机组空行时间,提高作业效率。但采用内翻法将在耕区中间留下一条大的垡台,耕区两侧留下两条较大的耕沟;外翻法则在耕区中间形成一条较大的耕沟,耕区两边形成两条小垡;而且在内翻法开墒和外翻法收墒时,耕区中间的宽度小于机组回转半径,机组需在地头进行有环节转弯,不便操作。因此,一般应尽量采用各种内外翻相结合的耕法,以减少沟垡,避免小转弯。

耕地机组的行走方法各有特点,应根据地块地形、宽度和质量要求选用(表6-19)。

耕地机组能同时完成两种以上作业时,称为耕地复式作业。合理采用复式作业,可以提高作业质量,充分发挥拖拉机功率,减小机车进地次数,降低作业成本,提高生产效率。复式

表 6-19 几种行走方法比较

项 目 \ 行 走 方 法	内 翻 法	外 翻 法	内外翻交替法	内外翻套耕法
耕作区沟垡数	一大垡二小沟	二小垡一大沟	一大沟或一大垡	一大垡一大沟
漏、重耕的可能性	一般	一般	较小	较大
耕不到地头的可能性	大	大	大	小
转向机构磨损 正牵引 偏牵引	磨右边 较均匀	磨左边 左边磨损严重	均匀 偏磨左边	较均匀 偏磨左边
地头转弯碰犁的可能性	较大	较小	一般	较小
地块区划与标志	简单	简单	一般	较复杂
适耕地块条件	地块狭长,中间低; 上茬外耕	地块狭长,中间高; 上茬内翻	长且宽的大地块	短而宽的中地块

表 6-20 犁耕机组常用的复式作业

型 与 附 加 部 件	完 成 作 业 项 目
犁带合墒器	耕地、平地、碎土、收墒
犁带滚动耙	耕地、平地、碎土、耙实
犁带钉齿耙和耢	耕地、平地、碎土
犁带圆盘耙和耢	用于粘重土的耕地、平地、碎土
犁带镇压器和耢	耕地、碎土、镇压、保墒

作业时,犁上应再附加其他作业部件(表 6-20)。

### (二)耙地机组作业方法

机耙作业,一般有顺耙、横耙和斜耙三种基本方式。顺耙方向与犁耕方向平行,工作阻力小,碎土作用差,适用于疏松的土壤。横耙方向与垅沟垂直,碎土力强,平地效果好,但机具阻力大,颠簸跳动厉害,操作困难。斜耙与犁耕方向成  $45^\circ$  角,碎土和平整作用较好,机组行走也较平稳,但行走路线比较复杂,易发生漏耙和重耙现象。耙地机组行走路线主要有绕行耙法、套耙法、交叉耙法等。

**绕行耙法** 适用于面积较小、土壤疏松的地块,耙地时机组先由地边开始,逐步向内绕行,最后在四角转弯处进行补耙。

**套耙法** 先要把地块划分为两个等区,机组由地边进入,从另一小区内侧返回,顺时针或逆时针方向套耙。一般用顺耙方式,可避免小转弯,但平地效果差,易漏耙和重耙。

**交叉耙法** 有对角交叉和直角纵横交叉法两种,它要求地块呈方形或长方形。机组沿对角线偏半个耙幅开始,到对角后返回,依次耙地,最后沿四周地边绕行一圈。此法实际上是耙两遍,又为斜耙,平地效果较好。长方形地块的直角交叉法,可把地块分为几个近似正方形,对角交叉连耙。

耙地复式作业,常用的机具及其作用列表如下(表 6-21)。

表 6-21 整地机组常用复式作业

复 式 作 业 机 具	复 式 作 业 项 目
圆盘耙带钉齿耙和耢	碎土、平地、整实
圆盘耙带自制耙和耢	平地、碎土、整实
圆盘耙带耢	碎土、平整保墒
镇压器带耢	压实、平整保墒

## 三、深 松 耕 法

我国东北的黑龙江、吉林等地区,为了提高机械化耕作技术的经济效益,保证玉米高产稳产,近十年来研究推广了一种新的土壤耕作法——深松耕法。

深松耕法是以垅作为基础,改连年翻耕为合理轮耕,开始以深松耕代替翻耕,由复式联合作业取代单项作业;以深松耕为主体,把翻、耙、播、压、管等环节结合起来,成为一整套土壤耕作制度和办法。深松耕法继承发展了我国东北等地垅作耕法的传统,并吸收国外少耕法的经验,改革了机械化旧式垅作耕法和平翻耕法,对用地养地,防止水土流失,提高经济效益,起了重要作用。

### (一)深松耕的特点和方法

自五十年代初期,黑龙江等省(区)已开始逐步实行耕作机械化,但在生产实践中发现,垅作耕法的耕层浅,有波状的犁底层,影响玉米后期的生长发育,因此玉米表现早熟,但产量却稳而不高;平翻耕法,耕层过松,春季不能及时提墒,满足不了玉米生长前期对水分的需要,玉米则表现晚熟,产量高而不稳。垅作与平作相结合的耕法,也影响玉米稳产高产。主要原因,平翻耕法可打破波状犁底层,但连年同层翻耕又可产生平板状犁底层,妨碍土壤贮水和根系伸展;平翻后起垅尽管可以加深耕层,但翻耕作业多集中在秋季,有时在非宜耕状态下也要耕翻,不仅耕作质量差,而且多次耙耨作业,又易破坏土壤结构,加剧表土的风蚀、水蚀;另外,专机专用,不但作业环节复杂,所需的机具较多,而且油耗大,成本高,经济效益降低。深松耕法就是在寻求解决这些问题的过程中,逐步形成和发展起来的。

#### 1. 深松耕的特点

(1) 分层深松,不乱土层:深松耕采用上翻下松或免翻深松分层一次加深到适宜深度,因此不乱土层,失墒少。另外,根据地势、土质、气候、劳力、机械条件,可采用浅翻深松、种床深松和中耕深松等多种形式,使土壤耕层结构虚实并存,这是深松耕法的主要特点。

(2) 耕种结合,方法灵活:采用耕(松)种联合作业,使耕种结合、耕管结合、中耕深松结合进行,可以不受只能在播前耕地的限制,而相应延长宜耕期,缓和农时矛盾,减少机组进地次数,节约能源,提高作业质量。至于平翻或深松,以及深松的宽窄、深度、间隔和机械的选用等,都应根据当地的土质、气候、前茬和生育时期等条件,具体确定,灵活运用,以获得虚实并存的耕层结构,适应平作、垅作或间套复种的需要。

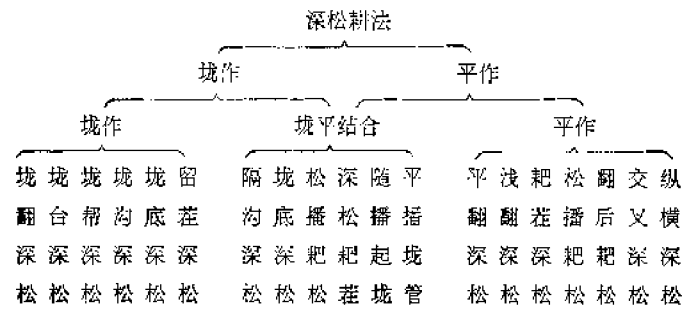
(3) 轮作施肥,相互配合:深松耕法必须配合相应的施肥和轮作制度。玉米与其他作物合理轮作,三年或四年才能充分发挥增产作用。轮作应尽量避免重茬,并要根据玉米和轮作作物的需肥特点,采用农家肥、化肥和绿肥、草炭相结合;底肥、种肥和追肥相结合的施肥方法。如黑龙江省宝泉岭农场,实行玉米、小麦、大豆三年轮作制,每三年翻地一次,深松1~2次;每年有三分之一的土地翻压绿肥、秸秆还田或施厩肥草炭改土,即三年改良土壤一次。玉米在搅麦茬的垅上精量点播,苗期垅沟深松,收后秸秆还田,平翻深松,或将玉米插种在上年翻压绿肥的地上,苗期垅沟深松或不松,秋收后原垅过冬。

2. 深松耕的方法 深松耕法有垅作、平作两大类。深松作业概括起来,就是浅翻深松(上翻下松)、免翻深松、耙茬深松、垅沟深松、深松播种、深松施肥和深松中耕等,其具体方法近20种,可因地制宜,按照规范要求,灵活运用(表6-22)。

3. 深松耕的机具 目前我国使用的深松耕机具,大批量定型产品较少,大部分都是在七铧(五铧)犁上改装深松铲、凿形杆齿或弹齿、无壁犁、精播机构或施肥装置,进行作业。定型产品如黑龙江省农场总局和黑龙江省农业机械科学研究所研制的“龙垦一号”联合耕作

表 6-22 深松耕方法分类表

(黑龙江省深松耕法试验示范协作组, 1978)



机, 可完成深松、起垅、点播、施肥、镇压等联合作业; 黑龙江省农业机械科学研究所等单位研制的 3 GZ-6 联合耕种机, 能完成起垅、播种、旋耕整地、垅沟深松、喷雾和机械除草等作业; 吉林工业大学等单位研制的 2 LBZ-5 A 垅下播种中耕机, 可完成松土、播种、施肥、镇压或中耕除草等联合作业。这些机具一般均可深松 35~40 厘米, 基本能适应田间作业要求。

### (二) 深松耕的增产效果

生产实践表明, 深松耕法在黑龙江等省(区)的自然条件和生产特点下, 能改善耕层土壤结构, 调整土壤(固、液、气)的“三相”比例, 协调耕层土壤的水、肥、气、热状况, 提高土壤供肥能力, 有利水土保持, 降低作业成本, 促进玉米等作物根深叶茂, 从而达到高产稳产的目的。

玉米实行深松耕法, 平均每亩产量一般可提高 15% 左右。黑龙江省宝泉岭农场 25 连 1974~1977 年平翻深松比不深松的玉米平均增产 10.8%, 其中 1976 年搅麦茬垅播的玉米

表 6-23 深松耕玉米增产概况

(黑龙江省克山农场, 1978)

年 份	单位代号	处 理	株 数 (株/米 <sup>2</sup> )	株高 (厘米)	穗长 (厘米)	百粒重 (克)	产 量 (斤/亩)	增产 (%)
1975	实验站 7-1	搅麦茬同时垅沟深松 平翻	3.5	193	14.4	25.6	452.8	27.3
			3.5	190	14.9	22.8	355.6	—
	13 2	搅麦茬同时垅沟深松 平翻	4.5	189	18.0	27.4	547.2	9.6
			4.5	164	17.5	24.4	499.2	—
1976	13 6	搅麦茬同时垅沟深松 平翻	5	180	17.3	14.3	455	26.4
			5	190	16.5	13.9	360	—
1977	实验站 3	搅麦茬同时垅沟深松 平翻	4.5	173.6	18.3	17.9	534.7	19.8
			4.5	163.6	17.0	15.4	446.2	—
	14 3	搅麦茬同时垅沟深松 平翻	5.3	220	15.2	18.9	414.4	24.5
			3.9	188	17.4	16.0	232.9	—

比平翻深松的玉米表现早熟,青穗减少 5.7%,平均每亩增产 32.4%。据黑龙江省克山农场测定,在正常年份为 1975 年,搅麦茬同时垅沟深松比平翻的,玉米平均增产 18.5%,而在有春旱、低温和早霜影响的 1976~1977 年,平均增产 23.6%(表 6-23)。

深松耕法改集中秋翻为常年深松,有利于争取农时和选择适耕期,提高作业质量,同时能充分发挥现有农机具的作用,扩大机械作业面积,减少单位面积上的农机具装备量和投资。黑龙江省宝泉岭农场等单位,在 1.5 万亩耕地上实行深松耕法,同传统的耕作法相比,农机具台数减少 47.8%,机具投资降低 20%左右,平均每亩耕地每年减少作业量 1.3~1.8 个标准亩,节约主燃油 1.7 公斤,油耗量下降 30%左右,成本降低 1.3~1.5 元/亩。

### (三)深松耕的增产原因

1. 土壤虚实并存,有利抗旱防涝 深松耕后,打破了平翻和垅作耕法的封闭式犁底层,成为开放式犁底层,使耕层结构虚实并存,有利于提高地温,蓄水提墒,因此玉米可以适期播种,提早出苗,充分利用无霜期,促进玉米早熟。另外,深松土壤能增加透气性,并能将接纳的大量雨水,贮存于心土层,使其具有抗旱防涝的作用。黑龙江省宝泉岭农场 1975~1977 年测定,0~30 厘米耕层的含水量,深松比不松的平均多 3.7%,其中 20~30 厘米处多 6.4%。

2. 土壤孔隙度增加,保温性能加强 深松土壤孔隙增加,通透性改善,吸热性提高,保温性良好。因此,深松后的耕层土壤具有增温特点。一般情况下,深松耕比平翻的种子部位土温约高 0.4~1.0°C,玉米成熟提早 3~4 天。据黑龙江省深松耕法试验示范协作组 1976 年调查,采用深松比平翻玉米根系总长增加 74.7%;须根密集区延长 42.7%;株高、茎粗分别增加 7.6%和 12.2%;叶绿素、叶面积和光合强度分别增加 12.0%、30.2%和 68.55%;绿色植物体产量提高 19.1%。

3. 土壤少翻少耙,有利保持水土 搅麦茬垅播,玉米苗期垅沟深松,既有垅形又有残茬存在,因此比平翻地,可减缓风势和土壤风蚀。据黑龙江省深松耕法试验示范组 1976 年在查哈阳农场七级大风过后测定,麦茬垅底深松区表土风蚀轻微,而平翻起垅区每平方米吹失表土达 52.7 斤,每亩约损失表土 17 吨。据克山农场 1977 年 4 月 15 日及 18 日两次七级大风过后测定,搅麦茬并沟垅深松的,比平翻的土壤风蚀减少 80%(表 6-24)。

表 6-24 风蚀程度测定

(黑龙江省克山农场,1977)

处 理	两次七级风表土风蚀程度(厘米)	风 蚀 对 比 (%)	备 注
麦茬抗垅	0.1	20	以木尺埋插
麦茬平翻	0.5	100	观 测

深松耕法由于翻耕、耙耨较少,土壤层次不乱,可以形成开放式犁底层,多雨时雨水能通过深松部位渗入心土层,减缓地面径流,降低水土流失。据黑龙江省深松耕法试验示范组 1975 年测定,在 2~3 度的坡地上,深松区比平翻区地表径流减少 12.3~25.0%,土壤流失量减少 5.4~40.2%。

深松耕法适宜玉米的土壤耕作,我国东北已大面积推广,西北、华北等省(区)正在试验示范。

我国的深松耕法与国外少耕法不尽相同,因其具有垄作的特点,所以适宜在风沙干旱、水土流失较重的丘陵地和抢时播种的多熟地区应用。

### 主要参考文献

- [1] 山东省土壤肥料研究所禹城基点:井灌井排综合改良盐碱地的作用及效果,土壤肥料,第5期,1977。
- [2] 山东省农业科学院主编:中国玉米栽培,上海科学技术出版社,1962。
- [3] 山东省土壤肥料研究所:1975年科学实验年报。
- [4] 山西省水土保持研究所史观义:抗旱丰产沟,农业科技通讯,第4期,1982。
- [5] 中国科学院南京土壤研究所主编:中国土壤,科学出版社,1978。
- [6] 中国农业科学院土壤肥料研究所热改组:鲁北内陆盐碱地综合治理的研究,土壤肥料,第4期,1978。
- [7] 中国科学院西北水土保持生物土壤研究所黄福珍等:黄土区生土的特性及熟化中压力变化的研究,中国农业科学,第1期,1980。
- [8] 中国农业机械化科学院李守仁:国外土壤耕作机械发展趋向及发展我国土壤耕作机械的几个问题,1982。
- [9] 北京农业机械化学院曾德超、李振安:发展动力驱动、原沟旋转翻垡的垡田及其实现的一些基础条件,1983。
- [10] 王文富等:改良低产田地,云南省人民出版社,1980。
- [11] 云南省文山壮族苗族自治州农业局:白砂改良瘦红土的效果,土壤,第6期,1975。
- [12] 北京农业大学主编:耕作学,农业出版社,1981。
- [13] 甘肃省天水县石佛公社石崖大队农科队:新整沙地土壤改良和利用——丰产沟耕作法,土壤,第3期,1977。
- [14] 农业机械编写组:农业机械,北京人民出版社,1978。
- [15] 农林部农业机械化局:农机使用手册,农业出版社,1979。
- [16] 农牧渔业部农垦总局余祥:我国耕作机械应该走少耕和低能耗的路子,内部资料,1982。
- [17] 农机部北京农业机械化研究所刘杰等译:国外小麦玉米生产机械化,内部资料,1980。
- [18] 吉林省少耕法机械化试验研究协作组:机械化原垄播耙耱播耕法联合试验报告(1979~1981),内部资料,1982。
- [19] 吕国英等:讨论我国机械化少耕法及其发展前景,农业机械学报,第4期,1981。
- [20] 安徽省农林科学院农业研究所等:皖南红壤改良基点:低产黄壤旱地玉米大旁培肥种植法,土壤,第3期,1978。
- [21] 安徽省宿县地区土壤调查办公室:宿县地区土壤肥力状况和培肥途径,土壤,第3期,1975。
- [22] 西北水土保持生物土壤研究所土壤水分组:延安地区北部的干旱及山地增产问题,土壤第3期,1977。
- [23] 李守仁:国外农业机械技术发展的主要趋向,农业机械,第2期,1979。
- [24] 汪遵元、王兴南:夏玉米种植机械化,山东农业机械化学院内部资料,1979。
- [25] 杨国荣等:论吉林省中部地区土壤肥力现状与培肥途径,吉林农业科学,第1期,1982。
- [26] 尚德友:关于吉林省少耕法的研究,黑龙江农技资料,第1期,1982。
- [27] 陕西省洛惠渠盐碱改良试验站:高含沙引洪淤灌治碱改土研究初报,土壤肥料,第3期,1981。
- [28] 黑龙江省牡丹江地区农业科学研究所等:白浆土的改良措施及增产效果,土壤肥料,第5期,1977。
- [29] 黑龙江省农业机械化科学研究所:北方十四省深松耕法(少耕法)及农机具现场经验交流会会议资料汇编,1978。
- [30] 黑龙江省农业机械化科学研究所:深松耕法及配套机具参考资料,内部资料,1978。
- [31] 韩玉琳:天津改造低洼盐碱的经验介绍,土壤,第6期,1978。
- [32] 谭洪章:关于延边低山丘陵土壤利用改良问题的探讨,吉林农业科学,第4期,1982。
- [33] 镇江农机学院编:农机手册,上海科学技术出版社,1978。





## 第七章 玉米良种利用

玉米属异花授粉作物,易于进行杂交。利用玉米杂种优势选育良种,是提高产量、改进品质的经济而有效的措施之一。良种是主要的农业生产资料,增产潜力大,因地制宜选用良种,实行良种良法配套,才能保证最大程度的增产效果。

### 第一节 我国玉米品种资源及其利用

玉米在我国尽管栽培历史较短,但在我国地域辽阔、错综复杂的自然和生产条件下,经过栽培驯化和人工选择,形成了各具特点的玉米品种和新的类型,在生产、育种和科学研究上有着重要的利用价值,也是今后发展农业生产的珍贵资源和宝贵财富。

#### 一、我国玉米的分类

玉米属于禾本科[Gramineae (Grass family)],玉米族[Tripasaceae(Maydcae)]玉米属 [*Zea mays* L. (maize)]植物。根据玉米的植物学特征和生物学特性,以及在生产上利用的情况,我国玉米可按下列几种方法加以分类。

##### (一)按籽粒形态及结构分类

根据籽粒胚乳淀粉的结构分布,以及籽粒外部稃的有无为标准,玉米可分为硬粒型、马齿型、半马齿型、糯质型、爆裂型、粉质型、甜质型、有稃型和甜粉型等九个类型,其中糯质型是在我国形成的,又称中国蜡质种。

1. 硬粒型 亦称硬粒种或糙石种。学名为 *Zea mays* L. *indurata* Sturt.。果穗多为圆锥形,籽粒方圆形,坚硬,平滑,有光泽,顶部和四周的胚乳均为角质淀粉,只有里面居中的部分为粉质淀粉。籽粒有黄、白、红、紫等颜色;其中以黄色最多,白色次之,红紫色较少。穗轴多为白色,较粗易碎。硬粒型品种一般早熟、耐旱、耐瘠,结实性好,适应性强,适于旱薄地区种植。属于这个类型的品种如华农2号、小粒红、贵阳黄、野鸡红、满蒲金、焉耆黄、曲靖黄等,全国栽培面积很小。半硬粒型杂交种如京早1号、陕单5号等。硬粒型品种在无霜期较短、干旱冷凉,以及土壤瘠薄的生态条件下,仍然是主要的栽培类型,而且具有早熟、耐旱、耐瘠、结实性好、适应性强等特点。

2. 马齿型 亦称马牙种,学名为 *Zea mays* L. *indentata* Sturt.。果穗多为圆柱形,籽粒较大,马齿型,籽粒胚乳两侧为角质淀粉,顶部及中部均为粉质淀粉。成熟时,顶部的粉质淀粉干燥后较两侧的角质淀粉缩小得多,因而籽粒顶部形成马齿状,故名马齿型。籽粒顶部凹陷的深度,随粉质淀粉的多少而不同,粉质淀粉越多,凹陷越深。粉质淀粉层的发育范

围介于硬粒种和粉质种之间,食用品质不如硬粒型,制成的淀粉和酒精,仅次于粉质种,而优于硬粒种。籽粒颜色有黄、白、紫等。

马齿型玉米植株较高,增产潜力较大,对肥水条件要求亦较高,是我国高产地区的主要栽培类型之一。属于这个类型的品种有金皇后、白马牙、安东黄马牙、黄金塔、旅大红骨头等,自交系间杂交种有双跃3号、吉双83、新单1号、丹玉6号、中单2号等。

3. 半马齿型 亦称半马齿种或中间型。学名为 *Zea mays* L. *semindentata* Kulesh.。果穗长锥形或圆柱形,籽粒的粉质淀粉较马齿型少,较硬粒型多,粒顶部的马齿形凹陷深度较马齿型浅,也有不凹陷的,仅呈白色斑点状,有些地方称它为白顶型。籽粒的颜色、形状和大小极为复杂,产量一般较高,品质比马齿型好,也是各地生产上普遍栽培的一种类型。属于这个类型的品种有白头霜、干白顶等,品种间杂交种有坊杂2号,自交系间杂交种有双跃150、黑玉46、群单105和郑单2号等。

4. 糯质型 亦称蜡质型或蜡质种。学名为 *Zea mays* L. *ceratina* Kulesh.。籽粒胚乳全部为角质淀粉组成,水解后易形成胶状的糊精,遇碘液呈褐红色。籽粒不透明,坚硬平滑,暗淡无光泽。淀粉粘性,可用作布匹的上浆剂,也是食品加工和酿造业的重要原料。

蜡质种是玉米引入我国后,在广西壮族自治区或云南省形成的一种新类型。由于它起源于中国,所以有“中国蜡质种”之称(*Zea mays* L. *sinensis* Kulesh.)。目前栽培面积不大,各省只有零星种植。属于这个类型的品种有江西半仙糯、多穗白、黄(白)糯玉米、宜粮糯、顺宁粘玉麦等,单杂交种有烟单5号。

5. 爆裂型 亦称爆裂种或爆花玉米。学名为 *Zea mays* L. *everta* Sturt.。果穗较小,穗轴较细,粒色分黄、白、红紫色,籽粒小。胚乳几乎全部为角质淀粉,仅中部有少许粉质淀粉,品质良好,故籽粒遇高温时,粉质淀粉中的空气膨胀,受到外围角质淀粉的阻碍,压力愈积愈大,一般体积增加23~30倍,要比硬粒型等玉米籽粒爆裂性大得多。籽粒形状可分为米粒形和珍珠形两类。如河南省浚阳县的尖玉米,山东省的麦玉米,即属于米粒形的爆裂型品种。河南、安徽、浙江等省的紫色多穗玉米,则属于珍珠形的爆裂型品种。

6. 粉质型 亦称软粒种或软质种。学名为 *Zea mays* L. *amylacea* Sturt.。果穗和籽粒外形与硬粒型相似,惟无光泽。籽粒胚乳完全由粉质淀粉组成,或仅在外层有很薄一层角质淀粉,因此籽粒乳白色,组织松软,容重很低,无爆裂性,容易磨粉,是制造淀粉和供酿造用的优良原料。植株叶片和分枝较多,是牲畜的良好饲料。由于籽粒内部组织松软,种皮较薄,田间易感染病虫害;贮藏期间吸湿性强,应特别注意防潮、防霉等。河南省济源县的石灰篓玉米即属此类型。

7. 甜质型 亦称甜味玉米或甜玉米。学名为 *Zea mays* L. *saccharata* Sturt.。植株分蘖性强,主茎及分蘖上均能结成果穗。籽粒中含有大量可溶性碳水化合物(糊精),在碘溶液中呈棕红色,但脂肪、蛋白质及淀粉的含量较低。籽粒胚乳大部为角质淀粉,粉质淀粉极少,在乳熟期籽粒的糖分含量15~18%,蜡熟期前宜于煮食或加工罐头,成熟时,籽粒糖分渐渐减少,干燥后,表面皱缩,呈半透明状。籽粒颜色有黄、白、蓝、紫红等。甜质种在我国栽培很少,通常“黄砂糖”、“白砂糖”、“黑砂糖”等玉米品种都属于这个类型,最近在大城市郊区有少量栽培,多作为罐头原料。甜质基因对粉质基因为显性,但对马齿种来说则为隐性。当

它和粉质种杂交后,当代可以有显性的甜质型籽粒表现出来。当它和马齿种杂交后,则籽粒往往呈马齿型,而表现不出甜质种的性状。

8. 有稃型 亦称有稃种。学名为 *Zea mays* L. *tunicata* Sturt.。有稃种是一种较为原始的类型。植株多叶,雄花发达,常自交不孕。果穗上每一籽粒外面均由一长大的稃(颖片和内外稃的变形)包住。稃壳顶端有长芒,可以避免鸟类啄食为害。籽粒质地坚硬,外部多为角质淀粉,具有各种形状和色泽。由于产量很低,没有很大栽培价值。

9. 甜粉型 亦称甜粉种。学名为 *Zea mays* L. *amylacea-saccharata* Sturt.。籽粒上半部有与甜质型相同的角质淀粉,下半部具有与粉质型相同的粉质淀粉。这个类型是分类学上的材料,缺乏生产价值,各地很少栽培。

玉米各类型之间,籽粒的主要化学成分有明显差别。蛋白质含量以甜质种和爆裂种最高,达到14%,其他玉米类型的含量约10~12%;脂肪含量以甜质型最高,达8~9%,马齿型仅4%左右,其他玉米类型一般为5%左右;淀粉含量以马齿型和粉质型最高,平均在70%以上,硬粒种约65%左右,甜质型和爆裂型的含量最低,一般只有50~60%。

## (二)按生育期分类

玉米生育期的长短,与植株的高低和叶片数目的多少有密切关系。植株越高,叶数越多,其生育期则越长。同样,果穗长短,籽粒大小和产量高低,与生育期也有类似的相关趋势。一般生育期长的品种,其果穗往往粗长,籽粒较大,产量较高(表7-1)。

表 7-1 玉米不同生育期的主要性状

生育期分类	生育期(天)	积温(°C)	株高(厘米)	叶数(片)	千粒重(克)	果穗大小(粗×长,厘米)
早熟种	70~100	2000~2200	150~200	14~18	150~250	3.5×15
中熟种	100~120	2300~2600	200~250	16~20	200~300	4.0×18
晚熟种	120~150	2500~2800	260~350	22~25	250~350	4.5×20

根据玉米从播种到成熟所经历时间的长短,可将玉米的生育类型分为以下三类。

1. 早熟种 指生育期在70~100天,积温约为2000~2200°C的品种而言。早熟种植株较矮,茎秆较细,叶数较少,一般在14~18片左右,果穗多为短锥形,穗短轴粗,籽粒较小,千粒重约150~250克;其中生育期50天左右的极早熟品种只有8~10片叶子,单株产量很低,但生育期在80~100天的品种,植株及果穗大小中等,常能达到较高而稳定的产量。例如华农2号、小粒红、墩子黄、贵阳黄、六十日还家等品种,以及鲁原单4号、烟单15号等杂交种,均属此类。

2. 中熟种 指生育期在100~120天,积温为2300~2600°C的品种而言。中熟种植株一般高于早熟种而低于晚熟种,叶片数多在16~20片左右,果穗大小中等,产量较高,适应地区较广,千粒重为200~300克。百日黄、满满金、二伏早、金顶子、白头霜等品种以及单杂交种中单2号、群单105、鲁单33、聊玉5号等杂交种,均属这种类型。

3. 晚熟种 指生育期在120~150天以上,积温为2500~2800°C以上的品种而言。晚熟种植株高大,叶子较多,果穗粗长,籽粒较大,一般株高在260~350厘米左右,叶片22~

25 片左右。由于生育期长, 每亩产量高, 因此适于春播、套种或移栽。金皇后、白马牙等玉米品种及单杂交种丹玉 6 号, 吉单 101 等杂交种, 均属这种类型。

玉米生育日数的多少, 系对当地环境条件相适应的一种遗传特性, 但在玉米个体发育过程中, 其生育日数又因所处具体环境条件, 特别是光照、温度、地理纬度以及海拔高度等条件的影响而有很大变化。一般在日照较短、温度较高的地区, 其生长发育速度快, 生育期则相应缩短。海拔高度对玉米的生态型有很大影响, 一般玉米随海拔的增高而延长其生育期。播种期的早晚, 对同一品种也有一定的影响, 通常在夏播时, 因温度高, 日照短, 生育期缩短, 反之则有延长的趋势。故以上划分的三类生育期, 仅指玉米品种或杂交种在当地的一般表现, 若引种到另一栽培条件下, 这个品种原来的生育期即可能有所改变。

### (三) 按性状、用途分类

根据玉米的主要用途, 可分为以下两类:

1. 粒用种 利用玉米籽粒作为粮食、饲料和工业原料的品种, 即为粒用种。供作食用的粒用种, 通常要求籽粒产量高, 品质好, 出粉率高, 角质胚乳多, 蛋白质含量高。一般半马齿种往往具有丰产优质的特点。

玉米籽粒在工业上的用途, 主要用来制造淀粉、葡萄糖、酒精。马齿种和粉质种籽粒中的角质层少, 粉质淀粉多, 吸湿性较强, 易磨碎, 适于作工业原料。如果用作家畜的精饲料, 则以黄马齿种为好。甜玉米的嫩粒可用作蔬菜或加工成罐头食品等。

2. 秆用种 利用茎、叶作饲料的品种称为秆用种。这种玉米茎秆高大, 叶片宽厚多汁, 并能生产大量的绿色体, 在乳熟到蜡熟期收获茎叶和果穗, 铡碎可作为青贮饲料。粒用玉米在果穗成熟收获后, 茎叶仍呈绿色, 也可制成青贮饲料的, 则是良好的粒、秆兼用类型。

此外, 按玉米籽粒颜色分类, 主要可分为黄玉米、白玉米、红玉米等。黄玉米含有丰富的甲种维生素, 营养价值较高, 在我国栽培面积最广; 其次为白玉米; 黄白粒玉米也有一定的栽培面积; 红玉米则很少种植。

## 二、品种资源的整理及利用

玉米品种资源的范畴, 以地方品种为主, 也包括具有一定特点的近交系和杂交种, 以及玉米野生近缘植物。广泛征集和深入研究玉米品种资源, 不但可以鉴定出优良品种供生产上直接应用, 而且也是宝贵的“基因库”, 可以作为育种的原始素材加以直接或间接利用。

建国以后, 在全国范围内, 开展了玉米品种资源的收集整理和评选工作, 先后共收集到玉米农家品种 14,000 余份, 评选出优良农家品种 2000 个左右。不仅为玉米生产提供更多的良种, 更重要的是保存了我国丰富的玉米种质资源, 为今后玉米杂种优势利用提供了物质基础。例如金皇后玉米品种, 经过群众评选为丰产良种后, 曾引种至全国各地, 栽培面积迅速扩大到 1000 万亩左右。辽宁省的白马牙玉米品种, 曾评选为抗旱、抗涝、抗风、丰产的优良农家品种, 1952 年引种到陕西省, 经多处试验示范, 较关中一带当地农家品种增产 34.9%, 颇受群众欢迎, 故被命名为辽东白; 1956 年在陕西省栽培面积已达 132 万亩, 1957 年扩大到 283 万亩。河南省 1957 年以来, 通过对本省 907 份地方品种的整理和比较鉴定, 选出南阳金丝黄、辉县干白顶、左权鹅翎白、西峡艳顶黄等地方品种, 并进行了推广。黑龙江

省经过8年品种资源的观察鉴定,结合区域试验和示范对比,先后选出英粒子、白头霜等丰产良种,又经过连续2年穗行选择后,提供生产利用推广。北京的小八趟品种,苗期耐阴耐旱,适于麦田套种,曾在北京各县普遍推广。其他如唐山白、东北地区的金顶子、长八趟、白鹤、黄金塔,山东省的二马牙、大粒红,贵州省的大黄包谷,云南省的广通金黄包谷,新疆的大金顶、白马牙,四川省的南充秋子,浙江省的蒲蒲金等,评选后栽培面积均有所扩大。

玉米地方品种具有适应性好、抗逆性强、产量稳定、种子繁殖简便等特点,在各省杂交种推广以前的长期玉米生产中,起到了积极的增产作用。目前在自然条件复杂、灾害较多、新选杂交种尚不能充分适应的地区,在一定时期内,地方品种仍有其重要的地位。例如云南省玉米优良品种的栽培面积约占全省玉米总面积的80%左右,各类杂交种的种植面积不足20%。普照苞谷、黄白二季早、华坪大白马牙、陆良白团颖、大理雪山早、陇陶二季早等地方品种的推广面积较大。贵州省玉米生产也以地方品种为主,其中种植面积在10,000亩以上的品种有30多个。广西壮族自治区的玉米生产,旱、薄、病等自然灾害频繁,栽培管理粗放,生产上仍以地方品种为主。目前除积极选育适应当地的杂交种和进行地方品种的改良外,还从国际玉米、小麦改良中心引进了墨白1号、墨白94号两个玉米群体改良品种进行试种,表现适应性强,增产显著。1979年调查比当地品种亩增100.6~190.4斤,颇受群众欢迎。

各种各样的玉米品种积累了极为丰富的遗传特性,贮备着无数优良性状,成为基因库,可作为品种间杂交种的亲本和选育自交系的原始材料。据不完全统计,建国以来,从农家品种中选育并在生产上发挥作用的自交系有百余个,其中全国应用较多的骨干系,有从金皇后品种选出的金字号,旅大红骨头选出的旅字号,获嘉白马牙选出的获白,唐山四平头选出的塘四平头,华东2号选出的华160等自交系,为促进玉米杂种优势利用、提高玉米产量,发挥了重要作用。

### 三、群体改良品种

玉米自然授粉品种、综合品种和复合品种等,是作为一个复杂群体而存在,尤其是当地种植已久,长期未经选择的地方品种,由于天然混杂等原因,使群体内个体间基因型和表现型发生多种多样的变化,优劣并存,形成一个混杂的群体,因而影响增产效果。针对品种群体存在的缺点和生产上的要求,采用一定的选择方法进行改良,不仅可直接在生产上推广利用,而且由于它具有丰富的遗传变异和其他有利性状,作为育种材料,常能提高育种效果。

一个在生产上种植面积较大的品种,往往具有较多的优良性状。同时在当地自然条件的长期影响下,易发生多种多样的变异,成为一种新的类型,因此,是比较理想的基础群体材料。尤其在气候条件特殊、土质较差、肥力水平不高,而且农家品种尚有一定利用价值的地方,改良农家品种往往比外引品种在适应性和抗逆性方面更强些。在优良品种或农家品种中实行优中选优,保持和提高其优良性状,有目的地进行定向选择,容易获得更突出的优良品种。

随着玉米生产的发展,一个品种的遗传潜力已不能满足高产、稳产的需要,因而可以有针对性地选用若干个品种、杂交种、自交系等材料,组配成遗传性丰富而复杂的综合杂交种或复合品种,作为培育更高水平的改良品种的基础群体。目前,广西、云南等地进行的当

地品种群体和外引玉米改良群体的选择改良工作,已在生产上初见成效。

## 第二节 良种在生产上的作用

良种是在一定生态条件下和长期栽培过程中,经过自然选择和人工选择而逐渐形成的。良种不是植物学上的类别,而是在一定经济、自然和栽培条件下的具有稳定优良特征特性的生态类型。它具有一系列与环境条件相适应的优良特征特性,能充分利用自然和栽培管理中的有利条件,抵抗和克服不利因素的影响,达到高产、稳产、优质的目的。

良种的适应性和丰产性是由多方面的因素构成的。例如,玉米的抗倒性,就涉及植株的高矮、粗细,茎秆弹性,茎部节间的长短、坚实程度,株型、叶形,以及根的发育,茎秆的营养状况等因素。不同品种抗倒伏的能力不同,形成的群体结构、个体和群体的协调性也不相同。如耐肥水的玉米良种,在肥水条件好的地区可以大幅度增产,但是在旱薄地区可能减产。可见,高产、稳产、优质是良种对环境条件的综合适应性。但是,良种不是固定的,而是要随生产和自然条件的变化而不断更换,才能适应生产发展的需要。

玉米良种的概念与品种有所不同,它包括天然授粉的普通品种(优良品种或农家品种和群体改良品种)以及各类杂交种。本节论述的内容主要指玉米杂交种。

### 一、玉米的杂种优势

杂种优势是一种普遍的生物学现象。它是指两个或两个以上遗传组成不同的亲本杂交产生的杂种第一代,在生长势、生活力、生产力、抗逆性及适应性等方面比亲本优越的现象。

玉米具有雌、雄花序同株异位,去雄方便,天然杂交率高(95%以上),繁殖系数高等特点,在杂种优势利用方面,可通过隔离的方法,大面积配制杂种优势比较显著的杂交种,因而玉米是生产上利用杂种优势最早、最广泛的主要作物之一。

杂种优势理论,虽然至今尚不够完善,但已有显性、超显性等多种假说。

显性假说认为,杂种优势是由于双亲的显性基因全部聚集在杂种中,掩盖着相应的隐性基因所引起的互补作用。有利的显性基因累积得越多,杂种优势表现就越强。但是,杂种优势的性状大多属于数量性状,它是受多基因控制的,基因之间没有显隐性的关系,因此,显性假说就排斥了基因互作在杂种优势表现中的作用。

超显性假说认为,玉米自交促进遗传同质结合,而自交系间杂交,则能导致遗传异质结合,由于双亲基因型的异质结合所引起的基因间的互作,从而产生强大的杂种优势。在一定范围内,等位、非等位基因的差异越大,杂合程度越高,则杂种优势也越强。但是,超显性假说不承认等位基因间的显隐性关系,排斥了显性基因在杂种优势表现中的作用。

在利用玉米育种实践中,杂种优势可能是由于上述某一个或几个遗传效应造成的,即是由于双亲显性基因的累加和互补,或异质等位基因互作,或非等位基因互作的单一作用,也可能是这些遗传效应的综合作用和核、质互作。为了更好地指导育种实践,必须继续深入探讨杂种优势的形成原因。

玉米的杂种优势通常只利用杂种一代,杂种二代及以后各代均表现减产,减产的程度

依代数数和杂交种的类别而异。据华北农业科学研究所 1952 年试验, 不同类别的杂交种后代, 减产程度不同: 单交种第二代比第一代减产高达 34.1%, 双交种第二代比第一代减产 14.0%, 品种间杂交种第二代比第一代减产 10.4%。另据北京农业大学 1951 年的试验结果, 单杂交种第二代比杂种第一代减产 40.8%, 顶交种则减产 13.9%, 品种间杂交种仅减产 0.3~6.1%。所以生产上应种植杂种第一代, 以获得最大的增产效果。

## 二、玉米杂交种的种类及其增产作用

玉米杂交种是由两个或两个以上相异类型的亲本杂交育成的。玉米杂交种的种类很多, 按其亲本类型、数量不同, 可分为品种间杂交种, 品种与自交系间杂交种, 自交系间杂交种, 以及综合杂交种四种。

我国玉米杂交种的推广利用, 已先后进行了品种间杂交种、双交种和以单交种为主的各类杂交种综合利用的三次良种更换。每次良种更换均取得了显著的增产效果。

### (一) 品种间杂交种

品种间杂交种是由两个亲缘关系较远或地理远缘, 类型不同, 适于当地生态条件的优良品种杂交产生的杂交种。

我国自 1923 年即开始玉米品种间杂交育种工作。1952~1960 年全国各重点玉米产区, 广泛开展了品种间杂交种的选育, 据不完全统计, 先后育成的品种间杂交种达 300 多个; 其中推广的优良品种间杂交种 78 个, 例如坊杂 2 号(小粒红×金皇后)、春杂 2 号(东陵白马牙×197)、夏杂 1 号(华农 2 号×英粒子)、公交 82 号(大金顶×铁岭黄马牙)、百杂 6 号(干白顶×安东黄马牙 11 号)、潍杂 1 号(二伏糙×金皇后)、品杂 2 号(白鹤×高脚糯)、都安 2 号(白马牙×都安白)、川农 56-1 号(南充秋子×门福 5 号)、长杂 4 号(金皇后×潞安二黄糙)、晋杂 1 号(昔阳大黄玉米×金皇后)等优良品种间杂交种, 都曾在生产上较大面积地推广, 发挥了较好的增产作用。

我国自 1952 年从山东省开始, 在生产上大面积推广坊杂 2 号、4 号品种间杂交种。1954 年后, 北京的春杂号、夏杂号, 河北的百交号, 山西的晋杂号, 河南的百杂号, 陕西的陕玉号, 四川的川农号, 广西壮族自治区的品杂号, 浙江的浙杂号等品种间杂交种, 也先后在生产上推广应用。

优良的品种间杂交种, 一般比当地原推广的马齿型品种增产 10% 以上, 比生产水平较低的硬粒型品种, 增产幅度可超过 30%, 有的达 50% 以上。例如, 山东省的坊杂 2 号, 从 1951~1956 年的 6 年间, 在 45 个地区 67 次试验中, 平均比当地农家品种增产 29.4~36.4%。原华北农业科学研究所的春杂 2 号(东陵白马牙×197) 1951~1958 年试验, 比金皇后增产 19%, 1956~1957 年在华北、华东等地 10 次试验, 比金皇后增产 2.1~10.8%, 比白马牙增产 16~50%。品种间杂交种的推广对提高玉米的产量起到积极的作用。如山东省 1953~1958 年推广品种间杂交种阶段, 全省约 2000 万亩玉米, 平均亩产为 184.9 斤, 较 1947 年的 1386 万亩单产 121.2 斤, 增产 52.5%。推广杂交种起了一定的增产作用。

### (二) 品种与自交系间杂交种

品种与自交系间杂交种是一个品种和一个自交系杂交而成。它是用一个优良品种作测

验种, 与其他被测系之间进行杂交, 以测定自交系配合力的高低, 故称测交种表现特殊优异的测交种应用于大田生产, 在推广时即改称为顶交种。我国生产上先后利用的优良顶交种有农大 1 号(金皇后 $\times$ 38-11)、武顶 1 号(野鸡红 $\times$ 武 105)、联杂 1 号(白马牙 $\times$ 埃及 205)、沪杂 1 号(五月黄 $\times$ 黄小 162)等。

顶交种也有较好的增产作用, 如北京的农大 1 号 1952~1958 年在北京地区 7 年共 14 次试验, 平均比金皇后和春杂 1 号分别增产 24.4% 和 11.5%。

### (三) 自交系间杂交种

1. 单杂交种 亦称单交种, 它是由两个优良自交系杂交产生的杂交种。我国自七十年代末期以来, 单交种在玉米生产上推广面积达 100 万亩以上的有新单 1 号(525 $\times$ 517)、郑单 2 号(塘四平头 $\times$ 获白)、豫农 704(二南 24 $\times$ 525)、群单 105(525 $\times$ C103)、丹玉 6 号(旅 28 $\times$ 330)、中单 2 号(MO17 $\times$ 330)、鲁原单 4 号(原武 02 $\times$ 威风 322)等。

随着生产条件的不断改善和玉米产量的提高, 自六十年代末开始选育推广单交种, 使玉米产量得到进一步提高。

玉米单杂交种第一代群体的基因型具有整齐一致的异质性, 所以表现型也整齐一致, 杂种优势居各类杂交种之首, 增产效果显著。优良单杂交种一般比双杂交种增产 15% 左右, 比优良品种的增产幅度高达 40% 以上。例如首先在生产上大面积推广的新单 1 号(525 $\times$ 517), 1964~1965 年河南省新乡地区农业科学研究所试验, 比金皇后、白马牙平均增产 37%, 比辉县干白顶品种增产 65.9%。陕单 5 号比辽东白增产 49.1%, 比双杂交种陕玉 683 增产 17.3%, 吉单 101(吉 63 $\times$ M14)比英粒子增产 51.8%; 1974~1975 年东北春玉米协作区 9 处试验, 比双杂交种吉双 4 号增产 12%。

2. 三杂交种 亦称三交种, 它是由一个单杂交种与一个自交系杂交产生的杂交种。一般多用单杂交种作母本, 以能获得较多的杂交一代种子。推广面积较大的有烟三 6 号[(黄小 162 $\times$ 海 7) $\times$ Oh 43]、鲁三 9 号[(华 160 $\times$ 凤可 1) $\times$ 330]、鲁原三 2 号[(原武 02 $\times$ 威风 322) $\times$ 黄早 4]等。

自交系间三杂交种也比双杂交种有一定的增产作用。例如, 山东省烟台地区农业科学研究所用 8 个高配合力的优良自交系分别组配成三杂交种、双杂交种各 6 个组合, 平均三杂交种比双杂交种增产 12%。其中烟三 6 号自 1967 年示范推广以来, 较新双 1 号增产 25.5%。

3. 双杂交种 亦称双交种, 它是由两个单杂交种杂交产生的杂交种。我国早在 1943~1945 年即育成双杂交种, 但未能应用于生产。五十年代末至七十年代初, 我国玉米生产上应用的双杂交种主要有农大 7 号[(金 15 $\times$ 38-11) $\times$ (W24 $\times$ W20)]、双跃 3 号[(华 160 $\times$ W20) $\times$ (南 49 $\times$ 南 55)]、双跃 150[(黄小 162 $\times$ 南 70) $\times$ (华 160 $\times$ W20)]、新双 1 号[(矮 154 $\times$ 金 131) $\times$ (威 59 $\times$ 威 153)]等。我国六十年代玉米生产主要是推广双杂交种, 六十年代中期以后, 则逐渐转向以推广利用单杂交种为主, 实行单杂交种、三杂交种、双杂交种综合利用。据统计, 我国七十年代中期各类杂交种的推广种植面积中, 单杂交种占 55%, 双杂交种占 40%, 三杂交种和顶交种等占 5%。这是由于双杂交种具有较广泛的适应性, 植株生长整齐粗壮, 种子产量高, 成本低, 但其杂种优势不如单杂交种显著。



我国在五十年代末,相继育成和推广了一批优良双杂交种,其中在生产上得到大面积推广种植的有农大号、春杂号、双跃号、新双号、吉双号、黑玉号、陕玉号、成双号、凤杂号、云双号等,从而使玉米生产在新的基础上进入一个稳定增长的阶段。

优良双杂交种较品种间杂交种增产,一般比品种间杂交种增产20%左右,比优良品种可增产30%以上,有的高达50%以上。例如双跃4号1959~1960年在山东省12处共16次试验,比坊杂2号平均增产20.3~43.9%。豫双1号1959年试验,较金皇后、混选1号和白马牙分别增产32%、45%和58%。又如新双1号1959年试验,较百杂6号增产29.9%。

自交系间双杂交种,杂种优势强,生长整齐,适应性较广,对提高玉米产量起了重要作用。例如,山东省从1959年开始推广双跃3号、4号和双跃150等抗病、高产、适应性强的双杂交种,曾在华北、华东、西南、西北等十多个省(区)大面积种植。1967年山东省双杂交种的种植面积达1500万亩左右,约占全省玉米播种面积的三分之二,较大幅度地提高了玉米单产水平,1967年玉米单产比1959年增长77.4%。

#### (四)综合杂交种

综合杂交种亦称综合品种,它是用若干个优良自交系或单杂交种、三杂交种、双杂交种的种子混合播种,在隔离种植的条件下,任其自由授粉育成的杂交种,如混选1号、豫综2号、冀综1号等。优良综合杂交种由于其亲本材料多,遗传基础比较丰富,不仅当代植株彼此间杂交,而且后代各植株间仍然互相传粉,维持了遗传上的相对杂合性,虽然后代有分离现象,但只要加强人工选择,进行混合选种,杂种优势可维持较长时间。如混选1号曾种植10年,并未出现显著减产的迹象。玉米综合杂交种由于制种容易,配制一次,可以连续播种数年,不必年年隔离制种,并且仍有一定的增产能力,因而是自交系间杂交种未普及前的良好推广种。

在推广品种间杂交种的同时,各省(区)也培育推广了一批综合杂交种。例如河南省的综合杂交种混选1号,1954年在洛阳试验,比当地农家品种增产26~100%;山东省的综杂1号,比品种间杂交种齐玉24(小粒红×安东黄马牙11号)增产15.3%。综合杂交种的杂种优势比较稳定,配种一次可以在生产上连续种植5年左右,从而可以省去制种的麻烦,便于迅速推广。

品种间杂交种、综合杂交种和顶交种等,由于遗传基础比较复杂,群体中优劣株并存,所以比自交系间杂交种的杂种优势较小,整齐度较差,增产效果较低,但是与优良品种相比,则具有明显的杂种优势。由于选育和制种简易,取材方便,对当地的气候条件适应性强,所以在自然条件复杂的云南省,品种间杂交种约占50.6%,顶交种占25.5%,自交系间杂交种仅占24%。湖北省的高山地区,品种间杂交种小英子(小子黄×英粒子)目前仍在生产上占有重要的地位。

自交系间杂交种,比品种间杂交种具有更强大的杂种优势和生长的整齐一致性,推广优良自交系间杂交种,是近代玉米单位面积产量大幅度增长的主要因素之一。

玉米杂交种的增产作用是有条件的,在同样良好的栽培条件下,良种比劣种显著地增产,在不良条件下,良种也不一定能增产。所以良种要有良法栽培,良法又能促进良种的增产效益。试验证明,良种在总增产效益中,大约只能起到三分之一的作用。

例如,辽宁省解放初期的 1950 年,全省玉米平均亩产为 279 斤,1975 年提高到 512 斤,每亩净增粮食 233 斤,增产 83.5%。在总的增产效益中,除推广杂交种外,还有改善肥水条件和改进栽培管理等增产因素的作用。据丹东市农业科学研究所根据该省 1950~1974 年玉米品种区域试验的增产效益进行分析,供试杂交种在 25 年中的单产总增值为每亩 448.2 斤,增长 85.9%;对照种的单产总增值为 277.8 斤,增产 48.8%。这两个总增产比率之差 ( $85.9\% - 48.8\% = 37.1\%$ ),即纯属推广杂交种的增产效果。可见玉米杂交种在综合增产措施中只起大约三分之一的作用,而其余三分之一则是采用了其他农业增产措施的结果。

应该指出,玉米单位面积产量的提高,推广优良自交系间杂交种只是主要原因之一,它还与生产条件的改善,农田基本建设的发展,栽培技术水平的提高密切有关。

### 三、玉米杂交种的合理利用

在生产上要充分利用杂种优势的增产潜力,必须研究良种的合理利用,根据良种的丰产性、稳产性和地区适应性,安排良种的合理布局和搭配,确定良种良法的配套措施,因种栽培。

#### (一)掌握良种的基本特性

丰产性、稳产性是良种的遗传性,适应性则是良种在生长发育过程中对外界环境条件(自然的、栽培的)的综合反应,凡对光、温、水、肥等生态因素反应不敏感,亦即适应性强,则较易发挥良种的丰产性和稳产性。在生产实践中由于气候条件的变化错综复杂,生产条件也千差万别,因而良种的丰产性和适应性是玉米高产稳产的保证。河南省玉米高、稳、低研究与推广协作组,自 1975 年以来,在全省不同自然和栽培条件下,亩产在 365 斤到 1314 斤的各种产量类型的地区,进行优良杂交种的大区对比试验,运用变量分析和回归系数测定等方法,找出了在不同环境条件下 C 型豫农 704 具有产量高、回归系数小的特点,而且稳定。郑单 2 号回归线的倾斜度最平稳,产量表现亦稳定,适应性强;豫单 5 号次之,博单 1 号、新单 7 号最差。从而为杂交种的合理利用提供了科学依据。

#### (二)良种布局和搭配

良种布局指的是在一个较大范围内,科学地规划良种适宜推广的区域;而良种搭配则是指在条件相同或一个生产单位的较小范围内,有主有次地合理搭配种植具有一定特点的良种。它们是彼此相互联系,但又有所区别。因此在良种的安排上应掌握以下原则。

1. 有利于玉米的高产、稳产和均衡增产 在推广良种时,应注意充分利用当地有利的自然条件 and 生产条件,使早、中、晚熟品种和适应性不同的品种配套,以保证获得最大幅度的增产效果。例如在水利条件较好、土壤肥力较高的地区,安排种植耐肥水的高产良种,在丘陵、山区则应采用耐旱耐瘠、适应性强的品种。在无霜期较长的一年一熟或二年三熟的春玉米地区,则应选用增产潜力较大的中晚熟杂交种。反之,应选用生育期较短,高产、早熟的杂交种,以保证玉米均衡增产。

2. 有利于抗灾稳产 良种布局除注意丰产性外,还要考虑良种在当地的抗逆性和适应性。在自然灾害发生频繁的地区,就应按具体情况选择耐旱、耐涝、耐寒、耐瘠或抗倒伏等抗逆性强的良种。在玉米大小斑病或其他病害危害严重的地区,在良种布局时要特别注意抗

病、高产,病害较轻的地区,也要注意选用抗病性较强或耐病的良种,以免病原菌滋生蔓延,引起暴发流行而招致大面积减产;特别是在自然条件比较复杂的地区,还应考虑推广杂交组合遗传基础的多样性。我国不少省(区)推广的优良杂交种,往往是由少数几个优良骨干自交系所配成,而且多数自交系,往往都有一个共同的亲本,潜伏着遗传脆弱性,一旦遭受某种自然灾害或病害袭击,就会造成严重损失。因此,根据在生态条件不同的地区,推广种植适应性强,具有不同遗传基础、不同抗源系统的杂交种,特别是选用抗逆性强的杂交种,对于抗灾、抗病,持续稳产、高产是十分重要的。

3. 有利于玉米丰收和全年增产 我国自然条件优越,许多地区复种指数较高,间作、套种和复种面积逐年扩大。因此在规划玉米良种布局时,不仅要注意玉米一季高产,还要兼顾前后作物的丰收,促使单位面积土地上全年增产。例如在一年两熟制的黄淮海夏播玉米地区,种植生长期较长的中晚熟品种,虽然玉米产量较高,但由于收获较晚,往往耽误下茬小麦的整地、施肥和适时播种,影响小麦产量。适当安排早熟、高产的杂交种,则既能保证玉米的产量,又能促进小麦的高产,可使全年产量得到提高。

在一个生产单位或相同的自然地区内,既要克服良种单一化的不利影响,也要防止造成良种的多、乱、杂。所以,良种搭配应有主有次。根据当地自然气候、土壤肥力和耕作栽培制度,以及良种在本地的表现,确定主要栽培良种。其种植比例,应根据水肥条件、良种特性等情况而定,并应保持相对稳定。在自然灾害和病虫害经常发生的地区,要选用抗灾、抗病性强的杂交种进行搭配,以减轻灾害发生,充分发挥良种和地力的增产作用。

良种搭配选用的杂交种不宜过多,一般一个生产单位以一个优良杂交种为主,再适当搭配一、二个具有不同特点的良种即可。组合过多,常常给亲本繁殖、杂交制种时隔离区的设置带来困难,甚至造成亲本种子混杂,杂交种子质量不高。所以杂交种的布局 and 搭配,还应考虑有利于防杂保纯,确保杂交种子质量,才能充分发挥杂种优势的增产作用。

### (三)良种良法相结合

良种是增产的内因,土、肥、水、光、温、气等环境条件是外因,内因(种)和外因(环境条件)是辩证的统一,外因往往是通过内因而表现其增产作用。在生产实践应用中,要做到良种良法配套,因种栽培,并注意以下原则。

1. 根据良种特性,确定合理的群体结构 不同杂交种的高产密度指标亦不相同。例如,一年一熟制的春玉米区栽培的杂交种,一般植株高大,株型松散,叶片大而下披,群体透光性较差。种植密度过大时,株间光照恶化,果穗则明显变小,要充分发挥其增产作用,每亩株数需适当减少。但是株型紧凑的玉米杂交种如烟单15号(黄早4×三团),植株较矮,株型紧凑,叶片短而挺直,分布比较合理,群体透光性良好,而且在较大范围内,增加种植密度,其穗重下降幅度较小。因此要发挥其耐密植性好的特性,可适当增加每亩种植密度。

合理的群体结构指标,仅仅用株数多少来表示,还是不够的。因为每亩株数相同,如果个体生长量以及不同时期叶面积大小不同,对群体的影响也是不同的。所以还要根据合理的个体发育指标,进行调整,从而使个体发育健壮,群体稳健发展,才能形成秆壮、穗大、粒多、粒重的良好长相。

2. 根据良种生长发育特点,进行栽培管理 栽培管理,前期应有利于培育壮苗,建造高

产群体结构;穗分化期则运用肥水促进,增大棒三叶面积,适当延长绿色叶片的功能期,以提高光合生产率,增加穗粒重,获得玉米高产。

3. 扬长避短,充分发挥良种的增产作用 玉米栽培管理方面,既要发挥良种的优点,又要针对其弱点,采取有效措施,加强后期的肥水管理。杂交种后期易早衰,特别要浇好灌浆水,补施攻粒肥。不采取适当的补救措施,克服缺点,将会影响玉米的高产、稳产。所以,按照杂交种的特点,扬长避短,是良种良法配套的重要一环。

#### 四、我国主要优良玉米杂交种

目前,我国在生产上应用的优良杂交种很多,据统计,1982年全国推广面积在百万亩以上的单杂交种、双杂交种和三杂交种有30余个,其中每年超过1000万亩的有中单2号、丹玉6号、郑单2号、鲁原单4号等,为玉米的高产更高产创造了光辉的前景。我国玉米大小斑病的发生比较普遍,严重影响玉米产量的提高。近十几年来,由于推广高产抗病良种,每年每亩产量的递增速度较快。河南省为14.7斤,陕西省为17.8斤,山东省为22.6斤;其中山东省烟台地区自1958年开始推广玉米杂交种,至1971年已在全区普及,玉米单产由普及前的249斤提高到539斤,增长一倍多。1976年又推广了适应性广、抗病力强、生产潜力高的优良单杂交种中单2号、黄早4×MO17等,进一步发挥了高产、稳产的作用,1980年全区450万亩春、夏玉米,单产达到782斤,十年内每年每亩递增24.3斤。兹将全国生产上栽培面积较大、具有地区代表性以及特殊用途的主要优良杂交种简介如下:

##### (一)中单2号[图版7-(1)]

组合来源:中国农业科学院作物育种栽培研究所于1973年育成的单杂交种,组合为MO17×330。

产量表现:一般亩产700~800斤,高者达千斤以上。1975年在山东、山西、四川等省、市10处试验,比郑单2号、群单105增产12.5~54.1%。1982年在山东、陕西、河北、四川、山西、辽宁等省推广2403万亩。

特征特性:生育期北京地区春播110~115天。株高240厘米,穗位高80厘米。茎秆坚硬,抗大、小斑病和丝黑穗病。果穗圆柱形,穗长25厘米,穗粗4.2厘米,每穗12~14行。穗轴紫色,籽粒黄色,马齿型,千粒重330~350克,籽粒出产率为85%。

栽培、制种要点:该杂交种耐肥水,适应性较广。种植密度每亩2500~3000株,夏直播每亩3500株为宜。制种时,父、母本同期播种,行比2:6~8;但配反交种时,母本330应早播10~15天,出苗后再播父本。

##### (二)丹玉6号

组合来源:辽宁省丹东市农业科学研究所于1972年育成的单杂交种,组合为旅28×330。

产量表现:一般亩产700~800斤,高者可达千斤以上。据1971~1972年试验,亩产855.6斤,比对照种增产24%。1982年在辽宁、山东、江苏、四川等省推广1624万亩。

特征特性:生育期春播120~125天。株高250~280厘米,穗位高110~120厘米。植株健壮,生长整齐,抗病、抗倒伏。果穗圆柱形,穗长20厘米左右,穗粗4.8~5.2厘米,穗轴白色,有秃顶,每穗16~18行。籽粒黄色,马齿型,千粒重350~360克,籽粒出产率82~

85%。

栽培、制种要点：该杂交种适应性强。种植密度每亩 3000~3300 株为宜。制种时，父、母本可同期播种；因父本花粉量多，种植行比可每隔 6~8 行母本种 2 行父本。亲本种植密度，母本每亩 3000~3600 株，父本 2500 株为宜。

### (三) 郑单 2 号 [图版 7-(1)]

组合来源：河南省农业科学院于 1972 年育成的单杂交种，组合为塘四平头×获白。

产量表现：夏播亩产一般 600~800 斤，春播高肥水地可达 1000 斤。1970~1972 年春播试验，比对照种新单 1 号增产 17.3%；1973 年河南省夏玉米区域试验，比对照种新单 1 号增产 24.3%。1982 年河南、四川、河北、山东等省推广 1252 万亩。

特征特性：生育期春播 105~110 天，夏播 90~95 天。株高 240~260 厘米。叶片上冲，抗病毒病和大、小斑病。双穗株率达 60% 以上。果穗圆锥形，穗长 15~20 厘米，穗粗 4.5 厘米左右，每穗 12~14 行。籽粒白色，有光泽，半马齿型，品质良好，千粒重 340~380 克，籽粒出产率 85% 左右。

栽培、制种要点：该杂交种耐肥水，抗倒伏，适应性强，春、夏播均可。种植密度一般每亩 3000~3500 株，肥沃地 4000~4500 株。制种宜春播，母本应比父本早播 3~5 天，或母本浸种与父本同期播种；反交制种，父、母本可同期播种。亲本种植密度每亩以 4000 株为宜。

### (四) 鲁原单 4 号 [图版 7-(1)]

组合来源：山东省农业科学院原子能农业应用研究所于 1976 年育成的早熟单杂交种，组合为原武 02×威风 322。

产量表现：一般亩产 700 斤左右，高者可达 1000 斤以上。1977 年省区域试验，平均亩产 864.3 斤，比对照烟三 6 号增产 13.3%。1982 年在山东、河北、江苏、河南、天津等省、市推广 1045 万亩。

特征特性：生育期夏播 80 天左右。株高 175~200 厘米，穗位高 80 厘米左右。植株株型紧凑，雄穗不够发达，透光性好。抗倒伏，抗玉米小斑病，轻感大斑病。果穗圆锥形，穗长约 18 厘米，每穗 12~14 行。籽粒黄色，半硬粒型，品质较好，千粒重 260 克左右。

栽培、制种要点：种植密度每亩 4000~5000 株为宜。追肥可于 7 叶展开时一次重施，或 5 叶和 8 叶展开时分两次施用。制种时亲本行比为 3:1 或 4:1，密度每亩 5000~6000 株。母本应比父本早播 4~5 天。由于雄穗刚露出顶叶时即可散粉，因此必须及时去雄。

### (五) 吉单 101 [图版 7-(1)]

组合来源：吉林省农业科学院于 1967 年育成的单杂交种，组合为吉 63×M14。

产量表现：亩产可达 800~1000 斤。1968 年在公主岭试验，比英粒子增产 51.8%；1974~1975 年东北春玉米协作区试验，比吉双 4 号、群单 105 等增产 12.0% 左右。1982 年在吉林、内蒙古等省区推广面积达 735 万亩。

特征特性：生育期公主岭春播 135 天左右。株高 240~250 厘米，穗位高 80~100 厘米。全株叶片 20 片左右，高抗大斑病，丝黑穗病轻。果穗圆柱形，穗长 22~24 厘米，穗粗 4.5~5.1 厘米，轴粗 3.0 厘米左右，每穗 16~18 行。籽粒淡黄色，有光泽，马齿型，千粒重 320~370 克，品质较好。

栽培、制种要点:植株耐肥水、抗倒伏。种植密度每亩 3000~3500 株,间作株距以 16~40 厘米为宜。制种时,父、母本可同期播种。

#### (六)沈单 3 号

组合来源:辽宁省沈阳市农业科学研究所于 1974 年育成的单杂交种,组合为 330×白鹤 43。

产量表现:一般亩产 800~900 斤,高者可达千斤以上。1977 年在沈阳市种植 15 万亩,据 10 个公社 6000 亩试种田调查,亩产 951~1064 斤,比丹玉 6 号增产 11.1%。1982 年辽宁、河北等省推广 438 万亩。

特征特性:生育期 125~130 天。株型紧凑,株高 250~270 厘米,穗位高 80~90 厘米,全株叶片 19 片。抗大、小斑病,轻感青枯病。果穗圆柱形,穗长 20~24 厘米,每穗 16~18 行。籽粒黄白色,马齿型,千粒重 400 克左右。籽粒出产率约 85%。

栽培、制种要点:该杂交种较耐肥水,适于中、上等肥力水平的地块种植。种植密度每亩以 2500~2800 株为宜。在施足基肥的基础上,追肥于可见叶 14~15 片时一次施入。正交制种时,于母本二叶一心播一期父本,三叶一心播二期父本,父、母本行比以 2:6 为宜;反交制种时,父、母本可同期播种,或父本浸种同期播种,父、母本行比以 2:10 为宜。

#### (七)京早 7 号

组合来源:北京市农业科学院作物研究所于 1975 年育成的早熟单杂交种,组合为黄早 4×罗系 3。

产量表现:夏播每亩 600~700 斤,高者可达 1000 斤以上。1976 年在海淀区苏家坨试验站参加华北地区夏玉米区域试验,平均比对照种京黄 113 增产 36.9%,比京黄 105 增产 25.3%。1982 年在河北、山东、北京、天津等省、市推广 422 万亩。

特征特性:生育期夏播 95 天左右。株型紧凑,株高 220~240 厘米,穗位高 100 厘米左右。抗叶斑病能力强,较抗旱、抗倒。双穗株率在 50% 以上,高者达 90%。果穗圆柱形,穗长 16~18 厘米,穗粗约 4.3 厘米,每穗 12~14 行。籽粒黄白色,半硬粒型,品质较好,千粒重 250~300 克,穗轴细,籽粒出产率高达 88%。

栽培、制种要点:该杂交种适应性较广。种植密度以每亩 3500~4000 株为宜。也可进行晚套种。制种时,母本应比父本早播,待母本一叶一心时再播父本。

#### (八)豫农 704

组合来源:河南农学院于 1974 年育成的单杂交种,组合为二南 24×矮金 525。

产量表现:一般亩产 800 斤左右,高者可达 1000 斤以上。1974 年河南省 18 个点夏播区域试验,平均亩产 919.4 斤,比新单 1 号增产 30.9%。1982 年在河南、湖北、河北、四川等省推广 374 万亩。

特征特性:生育期郑州夏播 95 天左右。株高 240~270 厘米,穗位高 130 厘米左右。植株健壮,叶宽而上冲,抗大、小斑病,耐病毒病,轻感黑粉病。双穗株率约 10~30%。果穗圆柱形,穗长 21 厘米左右,穗粗 4.5 厘米,轴粗 2.8 厘米,每穗 14~16 行。籽粒黄色,半硬粒型,品质较好,千粒重 290 克左右。

栽培、制种要点:该杂交种适于中、上等肥力地种植,每亩留苗 3300 株。春播制种时,母

本要早播 7 天;夏播制种时,则早播 5 天。制反交种时,春、夏播均可同期播种。亲本密度每亩 3500~4000 株为宜。

#### (九)恩单 2 号

组合来源:湖北省恩施地区天池山农业科学研究所 1971 年育成的单杂交种,组合为 77×五 151。

产量表现:一般亩产 600~700 斤。1974 年在西南玉米协作区参加区域试验,平均亩产 794.7 斤,比新单 1 号增产 12.9%。1982 年在湖北、湖南、陕西省推广 231 万亩。

特征特性:生育期在海拔 1100 米的半高山地区为 145 天左右,在海拔 400~600 米的低山地区为 130~135 天左右。株高约 280 厘米,穗位高 130 厘米左右。双穗率较高,叶片数 21~22 片。较抗大、小斑病。果穗圆柱形,穗长约 20 厘米,穗粗 4.3 厘米左右,每穗 12~14 行,穗轴白色。籽粒黄白色,半硬粒型,千粒重 330~350 克。食用品质较好。

栽培、制种要点:该杂交种耐湿耐阴,适于海拔 1300 米以下的地区春播。要求土层深厚。种植密度每亩 2500 株左右。由于晚熟高秆,需肥量较大,应做好蹲苗工作,并增施底肥,重施穗肥,促进双穗发育,防止后期脱肥。半高山地区春播制种时,待父本出苗 30%再播母本;低山地区可将父本催芽后与母本同期播种。

#### (十)嫩单 3 号[图版 7-(2)]

组合来源:黑龙江省嫩江地区农业科学研究所于 1977 年育成的单杂交种,组合为甸骨 11A×早大黃。

产量表现:亩产可达 800~900 斤。1972~1974 年连续在黑龙江省嫩江地区及国营农场等 8 个县、市、场试验,平均亩产 806.8 斤,比当地推广的杂交种平均增产 19.1%。1982 年在黑龙江省推广 224 万亩。

特征特性:生育期 103 天左右。株高约 207 厘米,穗位高约 75 厘米。茎秆较壮,叶色浅绿。耐碱,抗倒伏,黑粉病、黑穗病较轻。果穗较大,近圆柱形,穗长约 23 厘米,穗粗约 4.9 厘米,轴粗 3 厘米左右,每穗 12~16 行,穗轴红色。籽粒橙黄色,半马齿型,千粒重 320 克左右。籽粒出产率 84%。

栽培、制种要点:该杂交种对肥水要求不严格,适应性强。在一般生产条件下,种植密度以每亩 3000~3500 株为宜。栽培时可结合二遍中耕,每亩追施硝酸铵 30 斤,增产效果较为显著。制种时父母本可同期播种,种植行比以 2:4 为宜。亲本种植密度每亩 4500 株,以提高制种产量。

#### (十一)陕单 7 号[图版 7-(2)]

组合来源:陕西省农业科学院粮食作物研究所于 1975 年育成的单杂交种,组合为获白×武 206。

产量表现:一般亩产 500~800 斤,高者可达 1000 斤。1976 年参加陕西省玉米杂交种区域试验,平均亩产 799.9 斤,比对照陕单 1 号增产 4.1%。1982 年在陕西省推广 128 万亩。

特征特性:生育期夏播 95~100 天,春播 125 天左右。株高约 270 厘米,穗位高 127 厘米左右。较抗倒伏,轻感大斑病及青枯病。果穗粗短,呈圆锥形,穗长 18 厘米,穗粗 4.9 厘

米左右。每穗 14~16 行,穗轴红色,籽粒白色,马齿型,千粒重 370 克左右。

栽培、制种要点: 种植密度高肥地每亩 4000 株,低肥地以每亩 3500~4000 株为宜。制种时,母本浸种后与父本同播;配制反交种时,父、母本可同期播种。

#### (十二)成单 4 号(图版 7-(2))

组合来源: 四川省农业科学院于 1977 年育成的中熟偏早的单杂交种,组合为矮广 10×Oh43。

产量表现: 一般亩产 700 斤左右,高者可达 1000 斤。1975~1977 年区域试验,平均亩产 728.6 斤,比对照种增产 11.3%。1982 年在四川省推广 107 万亩。

特征特性: 生育期春播 105 天,夏播 95 天左右。株高约 200 厘米,穗位高 60 厘米左右。植株健壮,抗倒伏,耐阴湿。茎秆较细,叶片窄长稀疏,较抗病。果穗圆柱形,穗长 16~18 厘米,每穗 14 行,穗轴白色。籽粒白色,半硬粒型,千粒重 230~250 克。

栽培、制种要点: 适宜中等以下肥力的土地种植。由于该杂交种生育期较短,苗期要培育壮秧。播种前应重施基肥,适时早追化肥。种植密度每亩 5000 株左右,能较好地发挥群体增产潜力。杂交制种时,父、母本可同期播种;配制反交种时,母本播后出苗时,再播父本。父母本行比一般以 2:4 为宜,亦可采用 2:8 方式,但开花授粉期间,应加强人工辅助授粉,以提高制种产量。

#### (十三)鲁三 9 号

组合来源: 山东省农业科学院于 1976 年育成的中晚熟三杂交种,其组合为(华160×凤可 1)×330。

产量表现: 一般亩产 600 斤左右。1973~1974 年在济南春、夏播试验,平均亩产 663.1 斤,比双跃 3 号增产 30.9%。1979 年推广 788.5 万亩,1982 年下降为 71 万亩。1976~1983 年全国累计推广面积达 2106.4 万亩。

特征特性: 生育期春播 115 天,夏播 95 天左右。株高约 250 厘米,穗位高 110 厘米左右。植株粗壮,根系发达,抗倒伏,抗大、小斑病。果穗圆柱形;穗长约 19.2 厘米,穗粗 4.4 厘米左右,每穗 14~20 行,穗轴较细。籽粒黄色,马齿型,千粒重 250~280 克。

栽培、制种要点: 该杂交种耐肥水,适宜早夏播。种植密度中肥水每亩 2500~2800 株,高肥水每亩 2800~3000 株。配制母本单交种时,父本凤可<sub>1</sub>应早播 5 天;配制三交种时,父本 330 应早播 4 天。

#### (十四)吉双 83

组合来源: 吉林省农业科学院于 1966 年育成的中熟双杂交种,组合为(英 64×M14)×(Oh43×铁 133)。

产量表现: 一般亩产 700~800 斤,高者可达 1000 斤。1982 年在吉林省推广 342 万亩。

特征特性: 生育期 130 天左右,株高 200~250 厘米,穗位高 80~100 厘米。叶片数 18~20 片,植株粗壮,抗黑粉病、丝黑穗病,轻感大斑病。果穗圆柱形,穗长 20~22 厘米,穗粗 4.7 厘米左右,每穗 14~16 行,穗轴红色,轴粗 2.9 厘米左右。籽粒黄色,马齿型,千粒重 320~350 克。

栽培、制种要点: 该杂交种抗倒性强,适于吉林省平原及丘陵半山区中等肥力土地种植,



要适时早播,增施肥料,每亩种植密度以 3000~3500 株为宜。配制单杂交种和双杂交种时,父母本均可同期播种;种植行比,父母本一般为 2:4,亦可按 2:6 种植。

#### (十五)墨白 1 号

组合来源:中国农业科学院于 1977 年从墨西哥国际小麦、玉米改良中心引进的 Tux-peño 1,经试验筛选而成的玉米综合杂交种。

产量表现:一般亩产 400~600 斤。1980~1981 年参加广西壮族自治区玉米区域试验,旱造亩产 573.2 斤,糙造亩产 369.2 斤,比当地农家种增产 16.7~46.9%。1982 年墨白号玉米在广西推广种植 132 万亩。

特征特性:生育期在广西早糙为 121 天,晚糙 89 天。株高 240 厘米左右,穗位高约 104 厘米,全株 19 片叶。高抗大、小斑病,抗旱、抗倒伏,但易受蚜虫为害。果穗圆柱形,穗长 18.5 厘米,穗粗 4.8 厘米左右,每穗 14 行。籽粒白色,半马齿型,千粒重 310 克左右。

栽培要点:该杂交种耐肥水,种植密度每亩 3000~3200 株。12~13 片叶出现时,可重施一次氮肥,亩施尿素 25 斤左右。

#### (十六)烟单 5 号〔图版 7-(2)〕

组合来源:山东省烟台地区农业科学研究所于 1975 年育成的糯质单杂交种。组合为衡白 522×白 525。

产量表现:与大豆或甘薯间作,玉米一般亩产 500~800 斤;单作可达 900 斤以上。1982 年烟台地区农业科学研究所试验平均亩产 958.2 斤。目前推广面积为 5 万亩。

特征特性:生育期春播 123 天,套种 100 天左右。植株健壮,根系发达,抗大、小斑病,抗倒伏。株高 220~240 厘米。双穗率高,一般可达 70%左右,高者达 90%以上,第一、第二果穗的穗位高分别为 89 和 75 厘米左右。果穗圆柱形,穗长 20 厘米,穗粗 4.5 厘米左右。每穗 10~14 行。籽粒白色,中间型,千粒重 300 克左右。

栽培、制种要点:该杂交种双穗率高,种植密度每亩以 3500 株左右为宜。适宜与大豆、甘薯等作物间作。制种时,父、母本可同期播种。

#### (十七)甜玉米 1641

组合来源:上海市农业科学院作物栽培育种研究所于 1980 年用从国外引进的五个单杂交种,以甜 6 作母本,甜 1、甜 2、金色矮脚鸡和甜 5 四个单杂交种作父本,杂交后选择优良单株,经两次混合授粉杂交育成的玉米综合杂交种。

产量表现:鲜果穗一般每亩产量 800~1000 斤,干粒产量 250 斤左右。1983 年在上海市郊区试验种植 257 亩。

特征特性:生育期 120 天左右。植株健壮,株高 160 厘米,穗位高 35 厘米左右。果穗圆柱形,穗长约 17.6 厘米。籽粒黄色,甜度 15~18%,千粒重 160 克左右。

栽培要点:该杂交种顶土力弱,要精细整地。播期不宜过早,直播以 4 月上旬为宜。种植密度一般每亩 4000 株左右。为保持该杂交种的优良品质,应与异品种隔离种植,防止彼此授粉,使甜度降低。隔离距离以 300 米为宜。生育期间应及时拔除分蘖,减少养分消耗。收获时间一般以抽丝后 22~24 天为宜。

### 第三节 玉米良种繁育

良种繁育是玉米种子工作的重要组成部分,也是生产上大面积推广良种的重要环节。只有繁育出数量多、纯度高、质量好的生产用种,才能迅速扩大种植面积,充分发挥良种的增产作用。

我国的玉米良种繁育,一直坚持群众路线的工作方法,早在1950年,即在全国范围内开展了农家良种的评选活动,依靠群众就地评选,就地繁育,就地推广。同时开展了品种间杂交种的选育和试验、示范、推广工作,并向群众传授杂交制种技术,积极宣传玉米杂交增产的科学道理,依靠农业生产合作社自繁、自配杂交种。因此,山东、河南、河北、山西、广西等省(区)玉米品种间杂交种得到了迅速推广。

1958年国家提出种子工作“主要依靠农业生产合作社自繁、自选、自留、自用,辅之以调剂”的方针,玉米良种繁育开始逐步形成了以县为单位的县、社、队三级繁育体系,促进了自交系间双交种的推广普及。1975年全国种子会议指出:“现在,随着农业形势的发展,需要在原来的基础上进一步充实和提高,建立省、地、县、公社、大队、生产队都有机构、队伍、基地的良种繁育推广体系,把良种选育、区域试验、生产示范、品种审定、种子检验、繁殖制种和经营调剂等环节连成一个整体”,这就为进一步做好玉米杂交种的繁育推广工作提供了更加完善的组织保证。

实践证明,为了便于管理、隔离和技术指导,保证玉米杂交种的质量,繁育制种要明确分工,相对集中。亲本自交系和亲本单交种需用量少,可由育种单位提供自交系原原种,省繁原种,地繁亲本种子(包括亲本单交种),县、社、队统一集中连片繁育,做到各县统一制种,统一保管,统一供种。这样既有利于克服良种多、乱、杂的现象,又有利于保证制种质量,便于安全隔离,专业化生产。杂交种子质量高,增产效果显著,对于全面推广普及玉米杂交种,提高杂种优势的利用水平,发挥了十分重要的作用。

玉米是异花授粉作物,进行良种繁育时,具有与自花授粉作物显著不同的特点,要求亦较为严格。玉米优良品种的推广,其种子必须是在隔离情况下繁育,才能保持纯度,不然,二、三年后,即会失去良种性能。由于优良杂交种的推广,只能种植第一代,故必须每年在隔离情况下配制杂交种,并繁育其亲本自交系(或品种)。所以忽视良种繁育工作都将会推迟良种的推广速度,降低种子质量,使玉米生产受到损失。种子质量的高低,与杂交种产量有很大关系,一般利用纯度高的,比纯度低的玉米自交系配成的杂交种每亩约增产20%左右。例如,1972年陕西省农林科学院用不同纯度的武102自交系所配成的5个陕单1号,纯度高的比纯度低的每亩产量增加125.2斤,增产19.3%。山东、河南、山西等省的试验也取得了相似的结果。由此可见,种子质量是良种繁育的重要保证,必须严格执行繁育技术。因此自交系开始在生产上利用以后,就应采取积极措施,提高种子纯度和质量,才能保证杂交种的增产效果。

## 一、良种繁育制种技术

### (一)繁育制种规划

玉米杂交种推广时,要根据杂交种的种类、亲本产量、计划推广面积等,搞好繁育制种规划,确定隔离区的数目、面积和隔离措施,以保证种子生产的数量和质量。

1. 隔离区设置 玉米繁育制种均需在隔离区内进行。所谓隔离区,即在隔离条件下,区内玉米开花时,无异系或异品种花粉传入的种子繁殖田;用作繁育自交系时,称为隔离繁育区,用作配制杂交种时,称为隔离杂交制种区。

隔离区应设在土壤肥沃、灌排方便、旱涝保收、便于隔离的地方。设置隔离区既要根据作物布局和繁育制种计划,还要在制订农业生产计划时统筹安排,具体落实。如果玉米播种前实地检查发现隔离条件不符合要求,就应及时与有关社队协商,调整作物种植计划或采取其他相应的补救措施,以保证计划的完成。

隔离区设置的数目,取决于所配杂交种的种类和亲本种子的利用方法。一般成套繁育一个双交种,需设置4个自交系繁育区,2个亲本单杂交种和1个双杂交种制种区,共计7个隔离区;三交种需设置3个自交系繁育区,1个亲本单杂交种和1个三杂交种制种区,共计5个隔离区;单交种只需设置2个自交系繁育区和1个单杂交种制种区,共计3个隔离区。设置隔离区时如受条件限制,采取一定措施,亦可减少隔离区的数目。为有利于亲本种子保纯和提高制种质量,可采取下列方法。

(1) “一父配多母,一区产多种”:父本相同的杂交种,可在一个隔离区内同时配制几个杂交种。例如在获白为父本的杂交制种隔离区内,可以同时配制郑单2号和新单7号;在330作父本的杂交制种隔离区内,可以同时配制丹玉6号、丹玉11号、中单2号和鲁三9号。“一父多母”制种要特别注意播种期的调整 and 不同母本分界上的标记,以防造成花期不遇或收错种子。

(2) 集中繁殖,联合制种:自交系由地(市)统一掌握,集中繁殖,供全地区使用;对用量较少的自交系,也可采取一年繁殖、多年使用的方法。

(3) 合理搭配,精减组合:盲目推广杂交组合是造成种子多、乱、杂的重要原因。因此,一个单位推广组合的来源、系统不宜过多,制种组合更应减少,要在县的统一规划指导下,相邻社队连片集中设置隔离区。同时推广组合要根据其特点和需要,使早、中、晚熟品种合理搭配,适当精减产量较低、抗逆力差的组合。不但可以减少隔离区的数目,而且可以充分发挥优良品种的增产作用。

2. 隔离区面积 隔离区所需的面积,可根据下年需种量和当年计划种子产量而定,其计算方法如下:

$$\text{亲本繁育面积(亩)} = \frac{\text{下年需种量}}{\text{亲本计划单产} \times \text{种子合格率}(\%)}$$

$$\text{杂交制种面积(亩)} = \frac{\text{下年需种量}}{\text{母本计划单产} \times \text{母本行比} \times \text{种子合格率}(\%)}$$

假设亲本自交系产量每亩均为 300 斤, 母本单杂交种产量为 600 斤, 单、双杂交制种区的母、父本行比均为 2:1, 收获后选留合格种子百分率自交系为 90%, 单、双杂交制种区为 80%, 繁殖、制种区及大田的播种量均为每亩 5 斤, 则在生产上分别种植一万亩单、双、三杂交种, 所需各类种子的繁殖制种面积如下(表 7-2)。

表 7-2 推广一万亩杂交种所需各类种子的繁殖面积\*

(单位: 亩)

杂交种类别	自 交 系 繁 殖 区					亲本单杂交种制种区			生产大田用 杂交种制种区	合 计
	甲	乙	丙	丁	小计	甲×乙	丙×丁	小计		
单杂交种	3.86	1.93	—	—	5.79	—	—	—	312.50	318.29
三杂交种	0.04	0.02	0.96	—	1.02	3.26	—	3.26	156.25	160.53
双杂交种	0.04	0.02	0.02	0.01	0.09	3.26	1.63	4.89	156.25	161.23

\* 引自《玉米遗传育种学》, 1979。

为了预防意料不到的自然灾害, 繁殖区的面积应稍大一些, 以便留有余地, 这样生产出的种子也会有一定的储备。

3. 隔离方法 为了保持亲本自交系及杂交制种的种子纯度, 防止与其他玉米串粉混杂, 一般常用以下几种隔离方法。

(1) 空间隔离: 即繁育制种区与其他玉米地保持一定的距离, 避免空间的外来花粉侵入, 以达到隔离的目的。隔离的距离, 因种子类别、隔离区面积而不同。通常繁殖优良品种或品种间杂交种, 空间隔离距离不少于 200 米; 配制自交系间杂交种, 隔离距离应在 300 米以上; 亲本单交种隔离距离不少于 400 米; 繁殖自交系隔离距离以 500 米以上为宜。多风地区及地势较高的上风头种植其他玉米时, 还应适当加大隔离距离。隔离区面积很大时, 亦可适当缩小距离。

(2) 时间隔离: 即将隔离区内与隔离区外的玉米错期播种, 使玉米的开花期彼此不能相遇, 以达到隔离的目的。由于玉米花丝授粉结实能力一般可延续到半个月以上, 如果隔离区的面积较大, 玉米抽丝期的延续时间还要更长一些。所以采用时间隔离时, 隔离区内的授粉初期, 与相邻地块其他玉米品种的散粉末期, 一般要求春播相距 40 天, 夏播相距 30 天以上。繁育制种时确定错期播种的时间, 必须事先熟悉和了解有关玉米的开花期, 才能收到时间隔离的效果。如果春播地区, 繁育配制早熟自交系或早熟杂交种时, 可适当提早播种并延迟晚熟玉米的播种期; 夏玉米地区采用春播繁育制种的办法, 能更好地起到时间隔离的作用。

(3) 高秆作物隔离: 在空间隔离达不到规定要求、时间隔离又不太安全的情况下, 可以在隔离区的四周种植高粱、麻类、甘蔗、向日葵等高秆作物, 阻挡区外其他玉米花粉的传入, 起到隔离的作用。但是, 高秆作物的播种期应尽量提早, 并加强田间管理, 使其株高在玉米开花散粉以前, 显著超过玉米的高度, 才能充分发挥其隔离效果。我国北方主要玉米产区, 多数地区盛产高粱, 在大面积高粱生产田中设置玉米隔离区, 也是经常采用的一种隔离措施, 其四周隔离宽度, 自交系繁育区在 100 米以上, 杂交制种区在 50 米以上。

(4) 自然屏障隔离: 即利用自然条件如树林、山峪、村庄等自然屏障设置隔离区, 防止其他玉米传粉。多山地区, 选择四周环山、水浇条件较好的梯田作为隔离区, 较为理想, 但不宜选用土薄、干旱的山地, 以免影响产量。利用村庄、山沟、林地附近的土地作屏障隔离, 但不能全部起到隔离作用时, 则需在不安全的一侧采取其他隔离措施。

以上几种隔离方法, 可根据当地具体情况运用。若只采用一种方法不能达到安全隔离时, 可因地制宜, 将几种方法综合运用。

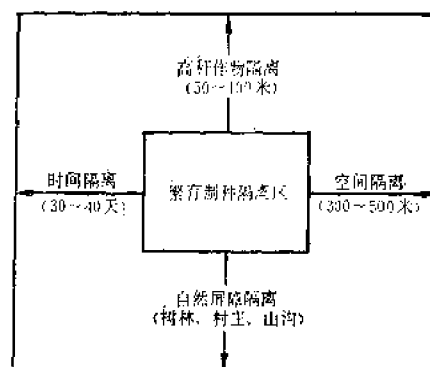


图 7-1 制种隔离综合运用示意图

## (二) 自交系繁殖

自交系是配制杂交种的基础, 加速繁殖和防杂保纯, 是扩大杂交种植面积、保持良种种性、发挥增产效果的首要任务。

1. 防杂保纯 生产上利用的自交系, 若要长期保持其优良遗传特性和生物学纯度, 就需要从自交系原种繁殖开始, 高度重视选优去劣, 搞好防杂保纯工作。其主要措施如下:

(1) 套袋繁殖: 杂交种育成单位提供的自交系原种, 可采用选株套袋自交或姊妹交授粉的方式, 保持自交系的纯度和质量。套袋自交能使自交系维持纯系状态, 姊妹交可避免长期连续自交而引起的生活力降低。

(2) 安全隔离: 大面积繁殖自交系应按规定要求设置隔离区, 玉米开花期进入隔离区时, 要抖掉身上携带的区外异系品种的花粉。如果隔离不安全, 便难以产生纯度高的玉米自交系。

(3) 严格去杂: 去杂去劣是一项十分细致的工作, 必须熟悉与掌握自交系不同生育时期的形态特征和典型性状, 分期去杂去劣。

**苗期** 根据叶鞘颜色、第一片叶的形状、幼苗叶色及生长快慢等特点, 结合定苗, 去掉过旺、过弱的苗, 过大、过小的苗, 以及异样的可疑苗, 留苗势、形状、颜色与原自交系相符的典型苗。

**拔节期** 根据株型、叶形、叶色、叶片宽窄、茸毛多少及株高等, 判断真假, 识别杂劣, 彻底拔除过高过低的杂劣株、可疑株。此期去杂去劣易于识别, 也很重要。

**抽雄期** 根据雄穗大小, 分枝形式, 护颖颜色, 以及花药、花丝颜色等, 及时将杂劣株消灭在雄穗散粉之前。

**收获期** 依据植株的生育期、抗病性等, 在收获前选优去劣, 脱粒前根据穗形、粒型、粒色、轴色以及果穗整齐度等, 淘汰杂劣穗。

(4) 建立严格的种子管理制度: 自交系从播种开始, 到收获、脱粒、包装、贮藏等, 都要有专人负责, 防止人为机械混杂或弄错种子。建立种子更换制度, 省(区)、地(市)负责用纯度高、质量好的自交系原种, 每隔二、三年定期更换隔离区长期使用的种子。

2. 种子生产 凡经品种审定委员会确定推广的高产杂交种, 必须首先繁殖亲本种子,

再配制杂交一代种,以供生产需要。其种子生产程序为:

**原原种** 即自交系育成单位直接掌握的原始品系种子,也是用于配制杂交种的最初种源。育成单位负责向种子部门每年提供一定数量的自交系原原种,每系 10 市斤左右。原原种生产,一般应在隔离区内进行,每系种植 50 个穗行,每行 40 株,共 2000 株左右。生育期间观察鉴定,淘汰不良穗行或单株,开花期选典型植株套袋自交或姊妹交,系内授粉争取在 3~5 天内结束,彻底淘汰开花过早过晚的植株,以保持系内后代的典型性和一致性。收获时按穗单收单存,留作下一年继续繁殖原原种和提供种子部门繁殖自交系原种之用。其他未经套袋的果穗,收后选优去劣,以供扩大繁殖一般自交系。

**原种** 系原原种的直接后代。经过鉴定,证明达到规定标准,具有高度典型性和一致性的各类外引自交系,也属原种。原种生产,一般由省(区)、地(市)种子部门组织原种繁殖场或特约基地,在安全隔离区内将育种单位提供的原原种(混脱种子或自交单穗),精量播种或种成穗行,出苗后、抽雄前严格去杂,淘汰不良穗行,开花期系内自由授粉或选典型株套袋繁殖,收获后淘汰杂劣穗,将种子混脱粒,供下一年扩大繁殖自交系。

**自交系** 系指直接用于配制亲本单杂交种或配制大田杂交种用的亲本种子。为了扩大自交系的种子来源,一般需以套袋产生的原原种在隔离区内繁殖,经过一次繁殖的种子称为“一繁”原种,经过两次繁殖的种子称为“二繁”原种,此时即可用来配制大田生产用的杂交种。自交系经过两次扩大繁殖后,一般不再继续繁殖,可再从育种单位引进原原种,再行繁殖利用。自交系的生产,一般可由地(市)、县种子部门组织良种繁殖场或特约基地,将自交系原种安排在安全隔离区内,精量播种,加强管理,努力提高繁殖系数,收获后淘汰杂劣穗,将种子混合脱粒,留作下一、二年扩大繁殖后,再供大田制种应用。自交系一般经过两次繁殖以后,不再继续作为繁殖种子使用,可用原种进行更换,以防自交系混杂退化。

### (三)杂交制种

玉米不论品种间杂交种、顶交种或自交系间杂交种,均以杂种第一代的优势最大。所以杂交种需要连年在隔离区内,父母本按一定行数比例相间种植,母本去雄,杂交制种,以产生杂交一代种,供应大田生产需要。杂交种的配制方法是:

1. 规格播种 杂交制种隔离区,母本和父本必须相间种植,规格播种,以便母本授粉;播行要求正直,严防错行并垅,地头不用父本加种横头,以便去雄,防止错收。母本与父本行数的比例,原则上在保证父本花粉充足的前提下,尽量增加母本行数,一般以 2:1 为宜,即二行母本,一行父本,相互间隔种植。如果父本雄穗发达,花粉量多,栽培管理条件较好,也可采用 3:1 或 4:1 的种植方式;父母本株高或错期播种时间差别较大,母本与父本的种植比例,以采用 4:2 或 6:2 的方式较为适宜,这是由于高株或早播的亲本生长旺盛,改变种植比例可以避免影响另一亲本的生长和发育。

2. 播种期的调整 杂交亲本的播种期,应根据父母本生育期的长短来确定。如果两亲本的开花期相同,或母本抽丝期比父本散粉期早 2~3 天,即可同期播种;若父母本需要调整的播种时间在 3~5 天以内,而且土壤墒情又较好,可把需要早播的亲本进行浸种或催芽后,父母本也可同期播种。如新单 1 号、陕单 7 号、赤单 4 号、浙单 1 号等,母本浸种后可与父本同期播种。父母本开花期差别较大,则应调整其播种期,一般先播晚熟亲本,再播早熟亲本,

进行错期播种,以使母本抽丝期和父本散粉期相遇。这是杂交制种成败的关键。

错期播种的天数,因亲本的开花期及播种早晚、土壤墒情条件而不同,一般晚熟亲本错期播种的时间,春播制种为父母本开花期相差天数的1.5~2倍,夏播制种为父母本花期相差天数的1~1.5倍。这是由于早播时气温低,亲本生长较慢,因此错期播种的天数,应比亲本花期相差的天数适当增加些;另外,错期播种还要掌握“宁可母等父,不要父等母”的原则,以使母本抽丝期比父本散粉期略早一些,才能保证母本授粉良好。根据早播亲本的出苗时间、幼苗叶片数,作为物候指标来确定晚播亲本的播种时间,则更为可靠。例如新单1号、湘单2号等,可在母本出土后再播父本,忻黄单9号可在父本出土后再播母本;京早2号等待母本一心一叶时再播父本,均能达到花期相遇的目的。

3. 彻底去雄 杂交制种隔离区,亲本去杂去劣,母本及时彻底去雄,是保证种子质量的重要关键。

母本去雄要固定专人负责,抽雄前要经常到隔离区去检查。当母本行雄穗露出二分之一,尚未散粉以前,必须及时将雄穗拔掉,做到不带顶叶,不漏掉分枝,及时、彻底、干净。去雄过早,易拔掉顶叶,影响产量,同时也易拔断雄穗,漏下分枝,影响种子质量;去雄过晚,雄穗枝梗老化,不易拔出,而且往往有开花散粉的危险。另外,拔除的雄穗,每次都要带出制种区外,妥善处理,以免散粉串花。如若抽雄期过分干旱,雄穗生长缓慢,有时刚露出顶叶或尚未露出顶叶就开花散粉,必须及时拨开顶叶,以免影响种子质量。

去雄工作一般从上午露水干后即可进行,但以下午为宜,因时间较长,而且也易拔出。去雄开始到结束,一般约需10天左右,如果土地肥力不匀,管理不好,出苗早晚不一,往往还需要延长时间。通常在抽雄初期和后期可隔日去雄一次,抽雄盛期必须坚持每天去雄一次,风雨无阻;抽雄末期当未去雄株只剩5%左右时,可一次彻底拔除,但要特别注意,不能漏掉弱株和分蘖株的雄穗,这样可以节约劳力,缩短去雄时间,获得纯度较高的杂交种子。

4. 收获与储藏 隔离杂交制种区,父本和母本成熟以后,必须分别收获、脱粒、储藏。收获时一般先收母本,后收父本,防止出错。晾晒、脱粒前,应根据穗形、粒型、粒色、轴色等特征进行穗选,淘汰杂劣穗,脱粒、晒干后再进行筛选,去掉秕粒和破损籽粒。种子入库时,袋子内外要拴放标签,注明种子名称、制种年份、单位和种子质量等级。种子在储藏期间还要定期检查,减少种子的霉坏和病虫害,保证种子有良好的发芽能力,供下一年大田生产,或作为亲本单交种进行制种。

## 二、提高繁育制种产量的措施

玉米杂交种的亲本自交系,由于生长势弱,抗逆性和适应性较差,故繁育制种产量较低,虽然有些高产自交系如330、金0-2、武105、埃及205等,一般亩产可达400斤以上,但多数自交系一般亩产仅200~300斤。因此,除积极培育产量高、性状好、配合力高的自交系以外,在栽培管理上还应根据自交系的生育特点,改进栽培技术,提高繁育制种产量。其主要措施如下:

### (一)整地保墒,适时早播

玉米自交系籽粒小,顶土力差,生长势弱,繁育制种应选择土壤疏松、肥力均匀、灌排方

便的地方。秋耕时施足基肥,增施磷肥,进行冬灌,以增加活土层,提高蓄水保水能力。春播之前还要精细整地,使土壤上虚下实,水分适宜,才能达到苗齐、苗壮的目的。

适时早播是提高玉米繁育制种产量的重要措施之一。玉米自交系对环境条件的反应比较敏感。如华 160、多 229、白苏 635 等自交系在高温多湿条件下,易感玉米大小斑病,矮金 525、武 105、埃及 205、Va35 等自交系,花粉不耐高温,开花授粉时一般要求气温在 25~28℃,相对湿度不低于 70%。温度超过 38℃,相对湿度低于 60%,则很少开花。湿度过高,花粉吸水膨胀,又会很快丧失其生活力。因此,需要根据玉米生长发育对环境条件的要求,确定适宜的播种时期。

我国黄淮流域 7 月中、下旬气温高,炎热干燥,经常发生伏旱,影响玉米开花授粉;8~9 月份正值雨季,温度高,湿度大,有利玉米大小斑病的发生和发展。繁育制种,如果在 4 月下旬以后播种,由于播期偏晚,开花散粉期易遇二伏旱,灌浆期处于多雨季节,易罹病害。如果在 4 月中旬以前适时早播,争取开花授粉期在 7 月中旬前后结束,不仅有利授粉结实,而且可以减轻玉米大小斑病的危害,增加籽粒产量(表 7-3)。

表 7-3 播种期与制种产量的关系

(河南南阳地区农业科学研究所,1976~1977)

播 期(月/日)	3/21	4/10	4/20	4/30	5/10	5/20	5/30	6/10	6/30
大斑病级	0.5	0.5	0.5	2	2	2	3	3	4
秃 顶 度(厘米)	0	0	0.2	0.5	0.8	0.84	1.2	2.0	2.5
每穗粒数	442	432	432	430	410	376	340	291	189
千 粒 重(克)	235	230	237	225	220	187	180	140	120
亩 产(斤)	425	420	419.5	409.3	235	191.7	143.1	91.6	69.0
产 量(%)	101.31	100.12	100	97.57	56.02	45.70	34.11	21.84	16.45

注: 配制豫农 704,行比 2:1,每亩 3500 株。

试验表明,单交制种的产量,随播种期的延迟而降低,但在 5 月份以前播种,产量之间的差异不明显;5 月份以后播种,愈晚减产愈大。陕西省农林科学院粮食作物研究所 1972~1973 年在陵东大队试验,武 105 自交系于 4 月中旬播种,比 4 月下旬播种的每亩增产 8.2~17.9%;1973 年在杨家大队试验,4 月中旬播种,比 5 月上旬播种的植株矮 20%,茎秆粗 5.6%,每亩增产 49.1%。

适时早播并不是越早越好,因前期温度过低,不但影响出苗,而且幼苗生长缓慢,苗期易受地下害虫为害。生产实践证明,适时早播的温度指标,以播前 5 天 5 厘米土层平均地温不低于 7℃,播后地温稳定在 10℃以上为宜。

## (二)增株增穗,合理密植

自交系一般植株较矮,单株叶面积较小,适当密植,增加每亩种植密度,充分利用地力和光能,是提高繁育制种产量的重要措施。据河北师范大学生物系 1973 年测定,群单 105 及其亲本 525 和 C<sub>103</sub>,每亩密度 2400 株时,抽丝期叶面积和全生育期单株光合势,亲本比杂交种均少得多,种植过稀,地力和光能得不到充分利用(表 7-4)。



表 7-4 自交系、杂交种的光合叶面积、光合势比较

(河北师范大学生物系植物学教研室, 1973)

材 料	抽 丝 期 叶 面 积			全生育期单株光合势		
	米 <sup>2</sup> /株	米 <sup>2</sup> /亩	叶面积指数	万米 <sup>2</sup> /日	对标比%	对亲比%*
525(♀)	0.4315	1035	1.55	22.90	55.3	181.6
群单 105	0.7745	1760	2.64	41.39	100	
C <sub>105</sub> (♂)	0.4365	1045	1.57	22.69	54.9	

\* 对双亲平均数的百分比

由此可见, 自交系比杂交种的每亩适宜密度, 至少可以增加 70% 左右。据陕西省农林科学院 1973 年试验, 武 302 自交系, 每亩种植密度提高到 6000 株, 单株发育虽有所影响, 但群体发育良好, 每亩产量比 4000 株和 5000 株的分别增产 19.08% 和 10.02%; 每亩种植密度增加到 7000 株时, 由于群体发育受影响, 比每亩 6000 株的约减产 3.33%。河南省玉米高、稳、低协作组 1976 年试验, 豫农 704 单交制种, 亲本种植密度在 3500~6000 株的范围内, 每亩产量随密度的增加而递增(表 7-5)。

表 7-5 玉米自交系种植密度与制种产量的关系\*

(河南省玉米高、稳、低协作组, 1976)

产 量 (斤/亩) 密 度 (株/亩)	试 验 点	和寨大队	相营公社 农科所	十西大队 农科站	平均产量 (斤/亩)	平均增产 (%)
3500		391.7	303.7	280.0	291.8	—
4000		327.9	333.3	319.9	327.0	12.1
4500		330.0	360.0	321.0	337.0	15.5
5000		399.7	370.0	333.0	367.6	26.0
6000		440.0	401.0	360.0	400.3	37.2

\* 制种行比为 2:1。

繁育制种的种植密度, 一般应根据亲本的植株高度、生长势强弱、叶片角度以及地力、管理水平等, 因地制宜, 灵活掌握。各地经验证明: 亲本株高在 1.5 米左右, 每亩种植密度以 5000~6000 株为宜; 植株高度在 2 米以内, 每亩种植密度以 4500~5000 株为宜; 植株高度在 2 米以上时, 每亩种植密度以 4000~4500 株为宜。

### (三) 扩大行比, 辅助授粉

杂交制种, 母本与父本的种植行数一般为 2:1, 其中母本占地面积为 66.7%; 如果行比扩大到 3:1 或 4:1 时, 母本占地面积可提高到 75~80%。因此母本行数愈多, 每亩穗数增加, 制种产量则会相应提高, 但行数过多, 母本距离父本愈远, 其单株结实粒数也越少。据北京市密云县霍家庄第三生产队 1980 年试验, 以距离父本最近的一行单株结实粒数为 100%,

第二行单株结实粒数为 95.3%，第三、四行单株结实粒数分别为 88.1% 和 75.3%，第五行单株结实粒数仅为 56.0%。因此，扩大母本行比也不是愈多愈好。母本与父本的适宜行比，要根据父本的高矮、花粉量的多少，以及管理水平来确定。如果父本花粉量大，散粉时间长，植株比母本高大，则可适当将母本行比扩大至 3:1 或 4:1；若父本生长弱，花粉量少，增加母本行提高的产量，补偿不了增加母本单株后结实粒数减少的产量，则不宜扩大母本行比。

扩大母本行比，必须结合进行 2~3 次人工辅助授粉，但玉米开花授粉以前，如自交系雌穗苞叶过长，花丝不易抽出时，则要及时剪去果穗顶端的苞叶，以利授粉；花粉量少，雌穗开花不协调的自交系，采用隔行分期播种，或将部分种子浸种后与干种混合播种，均可延长父本散粉时间，提高杂交制种产量。

#### （四）加强管理，协调花期

为保证玉米生长发育良好，根据自交系的生育特点，田间管理要早查苗、早间苗、早定苗，及时中耕松土，拔除杂草，防治病虫，促根下扎，培育壮苗。肥水管理要以促为主，使其早发，如果基肥充足，苗期追肥宜少施，喇叭口期（抽雄前 5~7 天）多施。追肥要结合灌水，尤其是抽雄前后，及时满足玉米生长发育的要求，可以减少父本散粉不良或母本花丝不易抽出的现象。我国北方大气干旱地区，灌水可以改变田间小气候，延长花粉生活力，减轻干热风危害；南方多雨地区要特别注意排水防涝，以保证植株健壮生长，穗大粒多，获得高产。

此外，通过田间管理，还可以协调父母本花期，其方法如下：

**拔节期** 父母本生长不协调时，结合田间管理对生长慢的亲本，偏肥偏水，促其生长；如果亲本生长过快，则可进行深中耕，以切断少量根系，抑制其生长。抽雄以前半个月，每亩喷施磷酸二氢钾水溶液 200 斤，能使雄穗早抽雄、早散粉和雌穗提早抽丝 2 天；每亩喷施 40 ppm 萘乙酸水溶液 200 斤，对促进雌穗抽丝亦有明显的作用。

**抽雄期** 母本抽丝期晚于父本散粉期时，如剪去雌穗顶端过长的苞叶或提前去雄，可使母本早抽花丝 2~4 天。若母本抽丝过早，花丝太长，而父本尚未散粉时，应抓紧给父本追肥浇水，促其加速发育，或剪短母本花丝，使其保留 1 寸左右，以利授粉结实。如果父本散粉期比母本抽丝期早 5~7 天以上，进行人工辅助授粉亦难补救，而正反交产量差异又不很大时，可将父本全部去雄，改配反交，虽然影响制种产量，但仍可获得部分种子。

**散粉期** 进行人工辅助授粉，是解决花期不遇、提高母本结实率的重要措施之一。因此，建立采粉区，在花期不遇的情况下进行人工辅助授粉，能保证完成制种任务，提高制种产量。可在制种区两边的父本行旁，或在制种区附近高粱、麻类等隔离较好的地内种一部分父本，建立采粉区，其面积一般为制种区父本面积的 5% 左右，播种时间一般比隔离区内的父本晚播 5~7 天。

### 三、种子质量标准化

优良玉米种子必须是发育健全、饱满、纯净，品种纯度高，适应当地气候、土壤和耕作制度要求的种子。由于种子在生产过程中往往因生物学混杂和机械混杂，从而降低了种子质量，影响增产效果。因此，制订种子生产操作规程，建立种子防杂保纯制度，进行种子检验，使种子质量标准化，是保持良种特性，提高种子质量，发挥良种增产效果的一项有效措施。

种子质量标准化,主要依据自交系、杂交种的标准,进行品种品质和播种品质的检验。品种品质主要检验生物学纯度,而播种品质则以检验水分、净度、发芽率为主。品种纯度、净度和发芽率是划分种子等级的主要依据。等级以内的种子必须具有正常的色泽、气味和千粒重。因此,种子检验的目的,在于保证种子质量标准化,以保持良种的典型性、一致性,获得播种品质优良的玉米种子。

种子质量标准化,应由品种审定委员会负责审定良种,各级种子部门和农业科研单位负责制订良种繁育推广计划,组织专业检验人员,有计划地培养技术队伍,严格执行种子检验制度和种子检验方法,深入田间调查繁育制种的隔离情况,去杂去雄的质量,种子的纯度,以及仓储质量等,全面评定种子级别,认真贯彻优质优价政策,以保证种子质量标准化的实现。

#### (一)品种品质检验

玉米种子的生物学纯度,仅凭种子的外观性状往往难以区分,必须根据实地检验,查明玉米不同生育阶段隔离设置的安全程度,杂株散粉率和母本去雄质量,场间室内结合鉴定典型果穗率和种子纯度,才能正确评价种子的质量和等级。

1. 隔离区的设置 播种前主要检验隔离区的安全条件,空间隔离距离。一般隔离距离大田用杂交种不少于200米,配种用的单交种不少于400米,自交系500米以上;时间隔离一般40天左右;自然屏障隔离要保证能起到作用,应以与区外其他玉米花粉完全不能相遇为原则。如果隔离条件不安全,而玉米已散粉结实,收获的种子就不宜作种,只能作粮食处理。

2. 杂苗株率 玉米苗期和抽雄穗以前,在田间分别用对角线五点取样法,每点连续调查100~200株,以其平均数计算杂苗株率。同一隔离区内自交系和配种用的单交种,如果杂苗株率在0.2%以上,大田用的杂交种达到0.5%以上,收获的种子应作级外处理,自交系原种及一级种子均不应存有杂株。

3. 母本散粉株率 在同一隔离区内玉米雌穗抽丝时,分别于始期、盛期、末期进行检查,田间以对角线五点取样,每点连续调查100~200株,以其平均数分别计算母本散粉株率。配种用的单杂交种,每次田间检查时发现母本散粉株率超过1%,或三次超过2%;大田用杂交种母本散粉株率超过2%,或三次超过3%时,收获的种子应作级外处理。如果母本植株花丝尚未抽出,或花丝已经干枯,仅有个别雄穗开始散粉时,应及时拔除,收获的种子仍可作种用。

4. 典型果穗率 繁育制种区的玉米收获后,随机取样,重复3~5次,每次取果穗100个,根据穗形、粒型、粒色、轴色等去掉杂穗,取其平均数,计算典型果穗百分率。自交系原种典型果穗率要求达到100%,自交系和配种用的单交种要求99%,大田用的杂交种不能低于97~98%。

5. 种子纯度 为确保种子质量,入仓和播种前应进行种子纯度的测定,即以对角线四分取样法,随机取种子500粒,挑取粒型、粒色与原种子不符的杂粒数,重复2~3次。如两次相差数值超过5%以上时,要再重复取样测定,以其平均值计算典型籽粒百分率,即为种子纯度。

玉米自交系繁殖和杂交制种质量田间分级试行标准

项 目	级 别	杂苗株不超过(%)		母本散粉株 不超过(%)	隔 离 区 要 求
		苗 期	抽雄前		
自 交 系	原种	0	0	—	空间隔离 500 米以上, 时间隔离 以与其他玉米花期完全不能相遇为 原则, 一般春播相距 40 天左右, 屏 障保证能起隔离作用
	一级	0	0	—	
	二级	0.2	0.2	—	
配种用单交种	一级	0.2	0.1	1	空间隔离 400 米, 其他同上
	二级	0.3	0.2	2	
	一级	0.2	0.2	2	空间隔离 200~300 米, 其他同上
	二级	0.5	0.3	3	

说明: ① 杂苗株率是父本开花散粉时同一隔离区内所允许的最高标准, 母本杂苗必须在苗期彻底拔除, 以确保制种质量;  
② 母本散粉株率系指同一隔离区内从雄花开始出现后三次检查的累计数;  
③ 每项标准均以最低一项标准定级, 并结合室内检验, 最后确定种子等级。

种子纯度(%) =  $\frac{\text{样本总粒数} - \text{杂粒数}}{\text{样本总粒数}} \times 100$

种子纯度自交系原种不少于 99.8%, 一般自交系不少于 97~99%, 单交种不少于 96~98%, 三交种和双交种不少于 95~98%。

(二)播种品质检验

播种品质直接影响播种和出苗质量。饱满, 大小一致, 色泽鲜亮, 籽粒完整, 发育健全, 含水适宜, 纯净无杂质的种子, 储存期间不致霉坏变质, 它不但能节约播种量, 而且发芽力强, 出苗整齐, 有利于玉米产量的提高。因此, 加强播种品质的检验, 可以确定种子的实际使用价值。

为使种子不发生霉变, 达到规定的质量标准, 种子入库、贮存和播种以前要定期检查。但是检查时必须注意平均样本的代表性, 一般袋装种子应用取样器分别在上、中、下三个部位取样, 取样袋数不少于总袋数的 5~10%, 散装种子一般至少要把种子堆分为上、下两层, 在每层四角和中央部位的五个点取样, 种子量较大时, 一般可以每 1000 斤为一批, 分批进行, 选取的样本种子至少 2 斤, 平均样本用分样器或对角线四分取样法, 分成若干个小样本, 以供室内进行种子纯度、种子净度、发芽率、含水量等的检验分析。

1. 种子净度 系指完整、饱满、符合播种要求的种子百分率。检验时取 300~500 克样品, 将已发芽、无胚、破碎、虫蚀、霉烂和秕粒等无用种子, 以及石块、土块、碎轴、草籽和其他作物种子等杂物, 分别称重, 重复一次, 以其平均数计算完好种子所占的百分率。如果两次结果差值大于 5% 时, 应重新取样测定。

种子净度(%) =  $\frac{\text{样本重} - \text{无用种子重} - \text{混杂物重}}{\text{样 本 重}} \times 100$

种子净度一般自交系原种不低于 99%，自交系、单交种不能低于 97%，双交种不低于 96%。

2. 种子发芽率 从检验过纯度、净度的完好种子中，随机取样 300~500 粒，在 18~20℃温水中，浸泡 4~6 小时后，每百粒种子为一组，均匀地摆在垫有吸水纸或纱布、细沙的玻璃皿、盘中，在 20~25℃的温度下，经常保持湿润，逐日检查记载发芽粒数。当幼芽达到种子长度的一半，幼根相当于种子长度时，即为发芽。3 天后记载其发芽势，7 天后计算发芽种子占种子总数的百分数。

$$\text{发芽势}(\%) = \frac{\text{规定天数内发芽种子粒数}}{\text{供试种子粒数}} \times 100$$

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{全部发芽的种子粒数}}{\text{供试种子粒数}} \times 100$$

目前，国内外已使用四唑染色剂作为种子生活力的快速评定剂。即先将种子在温水中浸泡数小时后，再将种胚成直角纵剖开，放在氯化四唑稀溶液内，经过 2 小时，有生命的种胚呈粉红色，无生命的种子不变色，这种方法可以快速测定种子的发芽情况。

3. 种子含水量 种子含水量，对于种子的安全贮藏和发芽力有密切关系。国家规定含水量的最高标准为 14%，含水量过高，种子呼吸作用旺盛，不仅消耗养分，且易发热霉变，招致病虫，一、二年内即可丧失发芽力。含水 14% 的种子，在三、四年后发芽率降低，不宜作种用。所以种子长期贮存时，应置于干燥的条件下，含水量应尽量低于规定标准，以利安全贮藏。

种子含水量的测定，一般采用烘干法，即随机取种子 3~5 份，每份 100 克，放在 105℃ 的干燥箱中烘烤 8 小时，称出烘干重，计算种子含水量。

$$\text{种子含水量}(\%) = \frac{\text{烘干前样本重} - \text{烘干后样本重}}{\text{烘干前样本重}} \times 100$$

### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编：中国玉米栽培，上海科学技术出版社，1962。
- [2] 山东省农业科学院主编：玉米栽培技术，农业出版社，1981。
- [3] 山东省农业科学院作物研究所编：优良玉米杂交种介绍，农业出版社，1978。
- [4] 中国农业年鉴编辑委员会编：中国农业年鉴（1981），农业出版社，1982。
- [5] 《玉米遗传育种学》编写组：玉米遗传育种学，科学出版社，1979。
- [6] 北京市农业科学院作物研究所玉米组：玉米新品种介绍，农业科技资料，第 2 期，1977。
- [7] 刘仲元编著：玉米育种的理论和实践，上海科学技术出版社，1964。
- [8] 农牧渔业部全国种子总站：一九八二年全国主要农作物主要品种推广情况统计表（内部参考），1983。
- [9] 沈阳农学院编：杂种玉米，沈阳农学院农学专业试验班教材，1973。
- [10] 吴绍媛等：从一个玉米综合品种——洛阳混选 1 号的选育到推广谈玉米杂种优势的利用和保持，遗传学集刊 [1]，1957。
- [11] 陈鸿佐编著：提纯复壮，繁育良种，安徽人民出版社，1978。
- [12] 河南农学院农学系玉米教研室：“豫农 704”优良玉米单交种的选育推广和综合利用（油印本），1971。
- [13] 河南省玉米高、稳、低研究与推广协作组：河南省玉米高、稳、低研究与推广总结（初稿），1975~1980。
- [14] 河南省新乡地区农业科学研究所编：玉米育种和良种繁育，农业出版社，1978。
- [15] 墨白玉米技术鉴定会议附件 2，墨白玉米引种筛选、试种情况报告，1981。
- [16] 墨白玉米技术鉴定会议附件 3，墨白玉米品种鉴定会议验收情况，1981。
- [17] [美] R. W. 尤根海麦著：杂交玉米的育种和种子生产（李竞雄等译），农业出版社，1965。



## 第八章 播 种

玉米种子的发芽、出苗,与温度、水分、空气等条件密切有关。一般春播玉米,从萌动到出苗约需 10~15 天,而夏、秋播玉米则只需 4~5 天。种子在萌动时要吸收相当于自身重量 50% 的水分,所以土壤必须湿润,含有适当的水分,才能满足种子萌发的需要。玉米果穗上的小花分化方向是向顶式的,而花丝的抽出和受精则有先有后,因此,果穗的部位不同,其籽粒的大小、饱满度和发芽势也有差别。而我国南方和北方的气候、土壤条件差异均较大,故种子发芽、出苗所必需的水、气、热三要素,其变化也比较明显,很难使之彼此协调,处于最优状态。如果播种时深浅不一,则很容易缺苗断垅,出现大小苗现象。玉米基本上是单株单穗的作物,反馈能力较弱,一旦出现缺苗或强株弱苗,即使移栽补苗或偏肥偏水管理,也往往会给生产上带来很大损失。要使玉米一次播种一次全苗,达到苗全、苗齐、苗壮,播种前必须做好整地保墒,精选种子和种子处理等一系列工作,并按照不同地区,及时抓住农时季节,利用符合要求的土质和品种,加强土壤保墒工作,确定适宜的播种时期和种植密度,提高播种质量,才能为玉米丰产奠定基础。

目前,玉米播种后不能全苗,主要是由于整地粗放,土壤墒情不足,播深不匀,种子质量不高等原因,造成缺苗断垅。因此,要获得玉米全苗,播前必须作好整地保墒工作;根据栽培制度、品种特性和地温变化,确定适宜的种植密度和播种时期;根据土质和墒情,确定播种方法。总之,要使外界环境条件适于玉米的发芽和出苗,为保证玉米全苗,促进玉米生产的发展创造条件。

### 第一节 玉米的发芽与出苗

干燥的玉米种子,在充足的氧气、水分和适宜的温度条件下,种子就由相对静止状态变为显著活跃状态,开始新的生长发育,这个过程称为萌发。玉米种子的萌发,首先决定于种子本身的发芽能力,其次决定于外界环境条件是否适宜。

#### 一、玉米种子萌发的条件

玉米种子的发芽能力,由种子萌发的内在条件所决定。充分成熟的玉米种子,胚部各器官发育良好,胚乳贮藏的营养物质丰富,发芽势和发芽率高。未充分成熟的玉米种子,内部贮藏物质少,即使有发芽能力,其幼苗也往往瘦弱,生活力低,抗逆性弱,产量不高。因此,应选用充分成熟、饱满的种子进行播种。

玉米种子与其他禾谷类作物相比,种子的胚比较大。胚是种子生命活动最旺盛的部分,还大的种子呼吸强度较高,温度在 25℃、种子含水量在 15% 时,玉米种子的呼吸强度是 28 毫克  $\text{CO}_2$ /100 克种子·24 小时,约比小麦高 43 倍。但是玉米种子贮藏时间越久,物质消耗越多,其生命力也愈弱。由于玉米胚的组织松软,富含蛋白质等亲水胶体,吸湿性强,在潮湿

的条件下,会使种子含水量升高,促进种子的呼吸作用,从而释放热量,增高种堆温度。种堆温度升高,则又会加强呼吸作用,使种子发芽能力下降。同时,玉米种子表面的霉菌在潮湿的空气中容易大量繁殖,也会引起种胚中的脂肪酸败变质,影响种子的生命力。因此,应避免用隔年陈种或虫蛀发霉的种子播种。

优良的玉米种子,只有在适宜的条件下才能萌发,形成壮苗。影响玉米发芽的主要环境条件有温度、水分和氧气等。

### (一)温度

玉米是喜温作物,一般种子发芽的最低温度为 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ ,但此时发芽缓慢,易受土壤中腐生菌的侵染而发生霉变,造成田间出苗率降低。温度达到 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 时,发芽则比较正常,所以生产上通常把 $5\sim 10$ 厘米土层温度达到 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 作为春玉米适时播种的重要依据。玉米种子最适的发芽温度为 $32\sim 35^{\circ}\text{C}$ ,此时发芽迅速,但呼吸强度高,消耗营养物质多,不易形成壮苗。玉米种子发芽的最高温度为 $40\sim 45^{\circ}\text{C}$ ,高温条件对种子发芽有明显的抑制作用。

### (二)水分

在温度和氧气等条件的配合下,玉米种子吸收一定的水分后,种皮软化,与外界的气体交换增强,呼吸强度也随之增高,种子内贮藏的物质由凝胶状态转变成溶胶状态,酶系统和生理活性物质被活化,物质的分解加快,新细胞才能形成、伸长和分化;最后胚根和胚芽才能突破种皮,形成幼苗。

玉米种子吸收的水分,相当于种子绝对干重的 $48\sim 50\%$ 或风干重的 $35\sim 37\%$ 时,就可满足玉米种子发芽出苗对水分的需要,这时适宜的土壤水分为田间持水量的 $60\%$ 。当土壤水分达到田间持水量的 $80\%$ 以上时,土壤通透性不良,容易烂种,影响出苗。土壤过于干旱,玉米种子又往往因水分不足而不能发芽。

### (三)氧气

种子发芽过程中,呼吸作用旺盛,充足的氧气是发芽不可缺少的条件。玉米种胚大,脂肪含量高,分解一个单位的脂肪比分解一个单位的碳水化合物需氧量多,因而玉米种子发芽时要求较多的氧气。创造一个通透性良好、含水量适宜的土壤环境,是争取一播全苗的重要措施。在水分饱和或板结的土壤上播种玉米,由于缺氧而种子进行无氧呼吸,则消耗物质多,能量转化效率低,不能形成壮苗,甚至会产生有害物质——酒精,使幼芽中毒死亡。

## 二、玉米的出苗过程

玉米种子的出苗过程,可以分为吸胀、萌动、发芽和出苗四个阶段。

### (一)吸胀阶段

干燥的种子接触到水分时,种子内部的淀粉、蛋白质等亲水胶体强烈吸水,使种子含水量迅速增加,种皮软化,有利于气体交换,各种生理活动也随之活跃,呼吸作用增强之后,又为种子进一步吸水提供了能量。当吸水占种子风干重的 $35\sim 37\%$ 时,种子即达到完全膨胀。吸胀作用是种子萌发出苗的关键步骤。在这一过程中,开始一段时间的吸水属于物理现象,即使丧失生命力的种子也能进行;但以后的继续吸水则需依靠呼吸作用提供能量,所以只有



具有生命力的种子,才能进行。

### (二)萌动阶段

这一阶段中,种子内部的生理代谢活动十分活跃。胚乳中贮藏的物质由大分子变为小分子,由复杂变为简单,由不可溶性物质变成可溶性物质,运送到胚内,并利用这些物质合成新的有机物,促进胚细胞分裂。由于胚细胞的不断形成和增大,最后使胚根(在胚根鞘的保护下)突破种皮,此即种子萌动。

### (三)发芽阶段

玉米种子萌发后,初生胚根继续伸长,胚芽也在胚芽鞘的保护下突破种皮。当胚芽长度相当于种子长度的一半时,称为种子发芽。

### (四)出苗阶段

种子发芽后,初生胚根垂直向下生长,并在下胚轴处形成3~7条侧胚根。与此同时,胚芽鞘向上伸长,当其尖端露出土面时即停止伸长,第一片真叶便从胚芽鞘中抽出。

玉米的子叶形状如盾,又称盾片,并不出土,而是留在种子内。盾片内贮藏有蛋白质、脂肪等养料,具有吸收和消化作用。种子萌发时可分泌细胞溶解酶及淀粉酶,以消化胚乳养料,供幼苗生长需要。

## 三、出苗过程中的生理变化

玉米种子从吸胀到出苗,不仅在形态上发生了明显的变化,而且内部生理生化的变化也显著地活跃起来。这种变化的主要表现是呼吸作用的增强、种子内有机物的转化和营养方式的改变。

### (一)呼吸作用的增强

呼吸作用是一个异化分解过程,这个过程中释放出来的能量,是出苗过程中其他生理变化的能量来源。只有在呼吸作用提供的能量参与下,作物才能进行细胞分裂、生长和幼苗出土、根系下扎以及对水分、矿质营养的吸收。同时,呼吸基质在分解过程中,产生了如葡萄糖磷酸、丙酮酸、磷酸丙糖、 $\alpha$ -酮戊二酸、草酰乙酸等许多中间产物,这些中间产物是合成新的氨基酸、酶、蛋白质必不可少的材料。因此,呼吸作用对发芽出苗也是必不可少的。物质的消耗并非完全消极无益,只有在播种过深、土壤板结或土壤干旱、种子迟迟不能出苗时,呼吸消耗才对出苗不利。

### (二)有机物的转化

种子内的有机物,分贮藏性物质和细胞结构物质两类,前者包括贮藏的淀粉、蛋白质、脂肪等,后者包括组成细胞的纤维素、蛋白质、核酸等。在种子发芽出苗过程中,贮藏性物质逐渐被分解减少,细胞结构物质逐渐合成增多。

淀粉是玉米种子中最主要的贮藏性物质,在发芽出苗过程中首先被分解。淀粉在淀粉酶、麦芽糖酶、淀粉磷酸化酶的参与下,被分解产生葡萄糖。葡萄糖既是呼吸基质,又是建造新细胞的基础物质,也可以重新合成淀粉暂时贮藏起来。玉米种子如果处在缺氧环境下,淀粉的分解产物是酒精,会使种子中毒,丧失发芽能力。

玉米籽粒脂肪含量约占5%左右。脂肪在脂肪酶的作用下,产生甘油和脂肪酸。甘油可

直接被氧化为丙糖,成为呼吸基质或被利用;脂肪酸经过进一步分解为乙酰辅酶A,乙酰辅酶A再进入呼吸过程,被氧化分解或者再进入乙醛酸循环,转化合成糖。在发芽过程中,与碳水化合物比较,脂肪被分解利用的速度比较缓慢,彻底分解时需要更多的氧气,释放出更多的能量。玉米籽粒脂肪含量比较丰富,因此对土壤通透性的要求也就更高。

玉米籽粒蛋白质含量约有10%左右。蛋白质分解的主要产物是氨基酸。氨基酸是构成幼叶、幼根细胞结构物质的主要成分。玉米发芽出苗过程中,胚乳中的蛋白质被分解,然后在幼芽、幼根内重新合成。

### (三)营养方式的改变

玉米从种子萌发到出苗后,营养方式的变化一般分为异养阶段(从属营养期)、过渡阶段(混合营养期)和自养阶段(独立营养期)。

异养阶段,是指幼苗绿色组织还没有形成之前的营养方式。在这个阶段中,胚生长所需要的营养物质和能量由胚乳供给。这一阶段时间的长短,与土壤温度、水分、氧气状况和播种深浅关系很大。在适宜的条件下,一般约4~5天,若播种过深,或播后遇雨土壤板结,异养阶段的时间就会延长,胚乳营养消耗增加,不能较快地转到下一个营养阶段,幼苗比较瘦弱。

过渡阶段,是幼苗出土至胚乳养分消耗完这一时期的营养方式。本阶段的特点是,幼芽、幼根生长所需要的物质和能量,既有来自胚乳的部分,也有来自叶片光合作用产物的部分,同时具有异养和自养的性质。玉米出苗后,幼苗即能进行光合作用,不过由于光合面积小,叶片幼嫩,呼吸作用旺盛,消耗多,幼苗尚不能全靠光合作用供给生长所需要的营养物质和能量。尤其是过渡阶段的初期,其营养方式主要靠胚乳供应,以后自养所占的比重逐步增加,直至完全过渡到自养阶段。过渡阶段时间的长短,与幼苗生活的环境条件关系密切。在温度较高、日照充足、水分适宜的环境里,过渡时间较短,反之,过渡时间则长。

自养阶段,指幼苗进入三叶期以后的营养方式。本阶段植株生长发育所需要的营养物质和能量,完全依靠自身制造。自养阶段的初期,幼苗根系和叶面积还不发达,合成的营养物质数量不多,因此要加强管理,及时间苗定苗,中耕除草,施用苗肥。

## 第二节 玉米播种前的种子准备

“好种出好苗,苗好产量高”。选用优良的种子,是玉米高产的重要一环。所谓“优质”,就是指种子必须具有该品种的特征、特性,纯度高,籽粒饱满,大小一致,无病虫害,发芽势强,发芽率在90%以上。质量低劣和纯度不高的种子,难以保证苗全、苗齐、苗壮,也明显地影响玉米产量。因此,玉米播种前必须精选种子,做好种子处理工作,提高玉米种子质量。

### 一、种子精选

选用质优,纯度高,具备优良种性的玉米品种和杂交种,是保证玉米丰收的关键。一般当玉米收获之后,要选具有典型性状的果穗,充分晒干,脱粒时农家品种可采用“去两头留中间”的方法,杂交种可用筛选分级的方法,除去霉变、破碎和遭病虫害为害的籽粒,以保证种子

的质量。由于玉米果穗中部的花丝抽出和授粉时间早,籽粒饱满,大小一致,酶的含量和活性较高,特别是过氧化氢酶的活性更高,有较丰富的养分供幼苗生长,养分转化快,从而能使种子发芽迅速,出苗早,生长健壮,并且由于果穗中部的玉米籽粒大小均匀一致,有利于机械化精量播种。我国早在1902年陈启谦所著的《农话》中就有“采种于丰产之田,择完好之穗十分成熟者,去其首尾,采中部之粒藏之”的记载。据1951年山东省农业科学研究所的试验结果,以果穗中部籽粒作种,较基部和顶部籽粒作种的早熟3~4天,增产4.2~6.1%。1955年广西壮族自治区柳州农业试验站用果穗不同部位的籽粒作种,玉米出苗快慢和出苗率有显著差别,而且中部和基部籽粒比顶部籽粒出苗期提早2天,植株生长整齐,倒伏较轻,产量较高(表8-1)。

表 8-1 玉米果穗不同部位籽粒作种对玉米产量与经济性状的影响

(广西壮族自治区柳州农业试验站, 1955)

籽粒部位	出苗期(月/日)	出苗率(%)	株高(厘米)	倒伏率(%)	穗长(厘米)	产量(斤/亩)	产量(%)
基 部	4/13	82.0	211.4	22.8	18.1	479.3	95.3
中 部	4/13	86.5	226.5	15.0	19.3	502.7	100.0
顶 部	4/15	72.5	206.9	38.0	17.9	432.4	86.0

种子发芽势的强弱和发芽率的高低,直接影响玉米的苗全和苗齐。种子除在贮藏期间,应经常进行检查外,播种前还应进行发芽试验,以便根据试验结果确定播种量。

## 二、种子处理

种子处理是为了提高种子的发芽势和发芽率,减轻病虫害,加速田间出苗过程,达到一次播种,实现苗全、苗齐、苗壮的要求。玉米种子处理的方法有晒种、浸种、肥育和药剂处理等。

### (一)晒种

播种前,选择晴朗天气,将玉米种子摊薄,连续翻晒2~3天,能促进种子的后熟作用,降低种子含水量,从而增加了种皮的透性和种子的吸水能力,这对提高酶的活性、促进呼吸作用和营养物质的转化,具有一定的作用。另外,日光中的紫外线还能杀灭种皮上的部分病菌。经过晒种处理的玉米种子,播种后吸水快,发芽早,出苗整齐,出苗率高,幼苗粗壮。据河南省洛阳农业试验站1956年的试验,晒种可以提高出苗率13~28%,提早出苗1~2天,增产6.43%。

### (二)浸种

玉米种子经过吸水膨胀后,才能开始萌动。浸种则可以提前满足种子发芽时对水分的需求,促进种子发芽,提高出苗率和提早出苗。浸种方法通常有冷水浸种和温水浸种两种。

1. 冷水浸种 应根据当时的气温和种子类型灵活掌握。浸种时间,夏玉米和秋玉米播种季节气温较高,种子吸水快,浸泡时间不宜过长,一般浸泡4~6小时;北方春玉米播种季节气温较低,浸泡时间为12~24小时。硬粒型品种角质层发达,浸泡时间应比马齿型品种

长一些。浸种时要注意控制时间和用水量，以防种子内营养物质外渗。据浙江省东阳玉米研究所 1979 年研究，当种子吸足水分后，在摄氏 20~30℃ 的情况下，营养物质的外渗现象，随着浸泡时间的延长而加剧，同时随着浸种用水量的增加，营养物质的总溶出量也随之增加。

2. 温汤浸种 一般用“两开一冷”的温水，初温约为摄氏 55~57℃ 左右，浸泡种子 6~10 小时。据有关研究证明：温汤浸种不但能杀死附在种子表面的黑粉病和炭疽病孢子，具有一定的防病效果，而且对幼苗的叶绿素含量、维生素 C 含量以及过氧化氢酶的活性，都有提高的趋势(表 8-2)。

表 8-2 温汤浸种对玉米幼苗化学成分的影响\*

(引自《玉米的生物化学》，1964)

浸种温度(℃)	叶绿素含量 (毫克/100克鲜叶)	维生素 C 含量 (毫克/100克鲜叶)	过氧化氢酶活性 (250 毫克鲜叶中 5 秒钟放出氧气的毫升数)
对照	10.2	9.8	9.1
30	10.6	10.0	9.5
40	11.1	10.6	10.6
50	11.5	11.1	10.7
60	11.7	12.4	10.8

\* 浸种时可 5~6 小时，苗龄 15 天的测定结果。

### (三)肥育

肥育是利用带有一定营养物质的溶液浸泡种子，它既提供了种子发芽所需要的水分，又提供了幼苗生长所必需的某些营养物质。常用的肥育方法有尿液浸种、磷酸二氢钾浸种、微量元素溶液浸种和生长素浸种等。

1. 尿液浸种 尿液浸种是我国农民用于处理玉米种子获得增产的成功经验。经过发酵的尿液(即陈尿)呈微碱性，能使种子内部酶的活性加强，促进种子内养分的加速转化。用尿液浸种，不宜采用鲜尿。浸种浓度也不宜过高，时间更不宜太长，否则，对玉米种子发芽反而有抑制作用。一般用 50 斤腐熟的人尿兑水 50 斤，浸种 6 小时；或用 30 斤腐熟的人尿兑水 70 斤，浸种 12 小时。南方秋玉米播种正值高温季节，浸泡时间还应适当缩短。

2. 磷酸二氢钾浸种 磷酸二氢钾是一种含磷、钾的速效性复合肥料。用 0.15~0.20% 的磷酸二氢钾溶液浸种，能使幼苗叶色加深，苗壮根旺，抗逆性增强，一般能增产 10% 左右。在土壤肥力差和红、黄壤地区尤为明显。磷酸二氢钾溶液浸泡玉米种子的时间，与清水浸种相同。

3. 微量元素溶液浸种 硼、锰、铜、锌、钼等微量元素，在作物一生中的需要量很少，但在新陈代谢中却是不可缺少和不可替代的。因此，可根据各地土壤中微量元素的实际情况，因地制宜地采用硼酸、硼砂、硫酸锰、硫酸铜、硫酸锌及钼酸铵等含微量元素的化合物，以其溶液处理玉米种子。浸种的溶液浓度一般为 0.01~0.03%，也可采用 1~2% 的浓度作短时间的浸种处理，或者将溶液用喷雾器均匀地喷洒在种子表面，待种子表面水分干燥后播种，成本较低，效果良好(表 8-3)。

表 8-3 微量元素硼、钼处理玉米种子的效果

(浙江省东阳玉米研究所, 1978)

处理项目	植株性状			果穗性状							产量 (斤/亩)	增 产	
	株高 (厘米)	穗位 (厘米)	茎粗 (厘米)	穗长 (厘米)	穗机 (厘米)	穗行数 (行)	穗粒数 (粒)	行粒数 (粒)	千粒重 (克)	秃顶 (厘米)		(斤/亩)	%
硼处理	223	80	1.85	20.0	4.4	14	560	40	214.7	0	721.6	106.1	17.24
钼处理	235	80	1.90	21.0	4.6	14	588	42	211.0	0	744.2	128.7	20.91
清水处理	215	75	1.80	19.0	4.1	14	532	38	190.3	0.3	615.5	0	0

\* 用硼酸、钼酸铵 5 克兑水 250 毫升浸种半小时

4. 生长素处理 胡敏酸钠是一种植物生长素, 具有促进玉米根群生长发育, 增加营养物质吸收与有机物质合成, 以及提早成熟等作用。据中国农业科学院江苏分院 1959 年研究的结果(表 8-4), 用浓度为 1~10 ppm 的胡敏酸钠浸种 13 小时和 24 小时, 能提早出苗 1~2 天, 根群和茎叶生长良好, 其中以 10 ppm 的效果最好。

表 8-4 胡敏酸钠浸种对玉米幼苗生长的影响

(中国农业科学院江苏分院, 1959)

浸种时间(小时)	处理浓度(ppm)	叶长(厘米)	茎粗(厘米)	地上部干重(克)	地下部干重(克)
13	1	26.35	0.45	1.33	2.80
	5	31.60	0.58	2.38	2.20
	10	36.20	0.60	2.65	3.20
	清水	21.06	0.36	1.07	1.60
24	10	36.75	0.60	3.27	2.84
	清水	30.05	0.48	2.12	2.12

此外, 用赤霉素、“5406”抗菌素浸出液、琥珀酸溶液浸种, 也同样有提早出苗、促进幼苗生长发育和提高产量的作用。

浸种或肥育过的种子, 在土壤干旱的情况下, 应首先补充土壤水分, 然后播种。如果土壤干旱又无法补充土壤水分, 播种前不宜进行浸种或肥育处理, 以免种子萌动以后由于水分供应不足而“落干”(有些地方称为“回芽”)。如果浸种、肥育处理后还需进行药剂拌种时, 应将种子摊在阴凉通风处, 待种子外表水分晾干, 然后进行, 以免招致药害。

#### (四) 药剂拌种

播前进行药剂拌种, 可以减轻病虫和鸟兽为害。常用的方法是用种子量 0.5% 的硫酸铜拌种, 以减轻玉米黑粉病的发生; 用 20% 萎锈灵进行拌种, 其用量为种子量的 1%, 可减轻玉米丝黑穗病的发生; 用 40% 乐果乳剂拌种, 其用量为种子量的 0.5%, 可减轻金针虫、蛴螬、蛴螬等地下害虫的为害。

### (五)低频电流处理

国内外很早就有人应用高频电流处理种子,收到了促进出苗、加速生长、提高产量的效果,但设备复杂,应用并不广泛。低频电流处理方法比较简便,只要将预先浸泡 10~18 小时的玉米种子,置于绝缘容器中,导入 50 赫 220 伏电源,控制电流密度为 0.4~0.6 毫安/厘米<sup>2</sup>,通电 20~30 分钟,捞出即可播种。据辽宁省复县、黑山县大面积应用,增产幅度一般在 7% 以上。低频电流处理的增产作用,与电流使水离解,产生过氧化物类物质有关,一般经过处理的种子酶的活性提高,出苗早,生长快,植株新陈代谢旺盛,抗逆力增强。

## 第三节 玉米的播种期

### 一、玉米适时播种的增产意义

我国各玉米产区,在自然条件、栽培制度、耕作特点、品种类型及栽培技术方面,都有各自不同的特点。但是,各地获得玉米大面积丰收的共同经验表明,适时播种能增加玉米营养物质的积累,避开不良的气候条件,增强抗逆性,减轻病虫害,可达到适时成熟、提高产量的目的,有利于后作物的及时播种。

适时播种的增产原因,主要有以下几个方面。

#### (一)增加营养物质的积累

适时播种能充分利用当地的光热资源,使植株生长健壮,积累更多的营养物质,供雌穗形成和籽粒灌浆的需要。春玉米适时播种,苗期气温较低,玉米地上部生长缓慢,根系发育良好,幼苗健壮,生长期有所延长,可以制造和积累更多的营养物质,为穗大、粒多打下良好基础;夏秋玉米播种期或移栽期受前作物成熟期的限制,生长期较短,季节紧迫,适时早播能充分利用生长前期的有利温度和光照条件,促进生长发育,避免生长后期低温、早霜的影响,使果穗发育和成熟良好,从而获得高产。辽宁省丹东市农业科学研究所 1972~1973 年春玉米播种期试验和河北省农业科学院农作物研究所 1977 年夏玉米播种期试验结果,都证明适时早播对玉米产量以及经济性状均有良好影响(表 8-5、表 8-6)。

表 8-5 玉米不同播种期与产量的关系

(辽宁省丹东市农业科学研究所, 1973)

播种期(月/日)	丹玉 6 号	丹玉 2 号	丹玉 3 号	黄农乐	白 鹤	丹玉 4 号	丹玉 7 号	白头霜
4/12	812.0	677.2	1006.1	788.2	669.7	995.3	817.8	637.0
4/20	789.4	669.5	1036.1	803.6	719.7	956.1	805.2	687.1
4/28	870.3	746.0	947.2	783.6	625.5	937.5	721.8	677.3
5/6	855.0	773.3	918.0	802.8	651.2	852.6	721.0	646.2
5/14	825.8	635.0	885.9	782.3	528.7	826.5	683.2	676.2
5/22	730.4	613.3	860.6	783.7	560.2	692.6	685.5	511.8
5/30	677.8	581.6	792.5	663.9	522.3	628.0	581.9	492.8

表 8-6 播种期对玉米产量、生育日数及经济性状的影响

(河北省农业科学院农作物研究所, 1977)

播种期(月/日)	品 种	生育期 (天)	积 温 (°C)	日 照 (时)	雨 量 (毫米)	穗 长 (厘米)	穗 粗 (厘米)	出籽率 (%)	千粒重 (克)	亩 产 (斤)
6/1	2597×获白	103	2597	802	455.1	18.4	4.5	91.1	314	969
6/20	2597×获白	96	2327	671	389.2	17.9	4.2	88.9	256	824
差 值		7	270	131	65.9	0.5	0.3	2.2	58	145

东阳玉米研究所 1979 年试验证明, 浙江省的秋玉米播种期, 无论是晚熟、中熟或早熟品种, 其产量均以适时早播的较高。播期推迟, 千粒重降低, 是造成玉米产量下降的主要原因之一(表 8-7)。

表 8-7 秋玉米播种期对产量、产量构成因素的影响

(浙江省东阳玉米研究所, 1979)

品 种	播 种 期 (月/日)	亩 产		每 穗 粒 数		千 粒 重	
		斤	%	粒	%	克	%
丹玉 6 号	7/5	699.9	87.81	475.1	89.10	223.2	98.33
	7/10	797.1	100.00	533.2	100.00	227.0	100.00
	7/15	723.4	90.75	511.3	95.89	213.8	94.19
	7/20	625.4	78.46	483.5	90.68	195.2	85.99
	7/25	467.3	58.63	489.0	91.71	145.2	63.96
浙单 3 号	7/15	831.4	100.00	448.0	100.00	237.6	100.00
	7/20	846.5	99.43	480.0	107.14	220.8	92.93
	7/25	771.4	90.60	479.5	107.03	201.0	84.60
	7/30	574.2	67.44	454.1	101.36	157.5	66.29
	8/4	499.7	58.69	436.9	97.52	143.1	60.23
浙单 1 号	7/20	686.8	98.40	343.1	101.90	200.3	96.62
	7/25	698.0	100.00	336.7	100.00	207.3	100.00
	7/30	615.5	88.18	333.1	98.93	184.9	89.19
	8/4	520.0	74.50	321.1	95.37	172.7	83.31
	8/9	425.0	60.89	301.1	89.43	132.2	63.77

## (二)减少不良气候条件的影响

玉米生长期间, 因不良气候条件造成的灾害有“芽涝”、“卡脖旱”和后期低温早霜等的影响。适时播种, 能使玉米生长发育的重要阶段避开不良气候条件的影响, 获得较高的产量。

“芽涝”是季风气候带夏玉米产区比较常见的灾害。山东省农业科学院气象室的研究表明,山东省一年中三分之二的降水集中在7、8、9三个月,6月份是全年土壤含水量的最低点,土壤通透性良好,对玉米苗期生长有利。以后随着雨季来临,土壤含水量也迅速增加,土壤通透性差,对玉米苗期生长极为不利。如果推迟播种期,玉米苗期正好处在雨季,就会发生“芽涝”,造成根系生长不良,茎叶细弱,产量降低。适时早播,可以使苗期处于雨季以前,争取玉米在6月底前至少长出6~9片叶子,能有效地防止“芽涝”,获得夏玉米丰收。

玉米抽雄前后,对水分极为敏感,如遇高温干旱天气,雄穗不易抽出,即使抽出,也常因参差不齐和花粉活力低,影响授粉,造成灌浆不良,产量降低。这种灾害性天气,群众称为“卡脖子”,在湖北、湖南、广西、四川、贵州等省(区)的春玉米常有发生。特别是无灌溉条件的旱地玉米,以往由于播种期较迟,抽雄期受当地7月下旬至8月中旬“卡脖子”的影响,致使产量不高。因此,应调整播种期,做到适时播种。山东、河北、湖南、湖北、四川等省改麦收后直播玉米为麦行间套种或麦收后移栽;广西、贵州等省(区)把晚熟品种提早到小寒至大寒播种,把早熟玉米品种安排在立春前播种,就能有效地避开“卡脖子”的威胁。

玉米生长后期受低温早霜影响,是产量不高不稳的另一重要原因。这种灾害性天气无论在北方玉米产区,还是在南方玉米产区,都有发生。适时播种,则可充分利用各地的光热条件,促进玉米生长发育,提早成熟,避免生长后期低温早霜的影响。

### (三)减轻病虫害

玉米的主要虫害,在苗期有地老虎、蝼蛄、金针虫和蛴螬等地下害虫为害幼苗,造成玉米缺苗。这些虫害一般都在春暖时发生。我国南北各地,以往春玉米都在春暖以后播种,时间较迟,这时正是地下害虫发生的时候,将给玉米全苗带来很大威胁。各地春玉米适时早播,可以在地下害虫发生之前出苗,至虫害严重时,苗已长大,抵抗力增强,因而可相对地减轻为害。

适时早播还能有效地减轻某些病害。新疆维吾尔自治区以及陕西省延安农业试验站1957年的试验均表明,在低温条件下不利于黑粉病孢子发芽,因此播期愈晚,黑粉病的感病程度也愈重,而适时早播则可减轻或避免玉米发病(表8-8)。

表 8-8 玉米不同播种期黑粉病的发生情况

(陕西省延安农业试验站,1957)

品 种	播种期(月/日)	检查株数	发病株数	病害率(%)	亩产(斤)
金皇后	4/25	94	10	10.64	924.9
	5/5	150	12	8.00	743.3
	5/15	162	22	13.68	556.7
	5/25	137	21	15.33	443.5
延安白	4/25	174	9	5.17	—
	5/5	186	8	4.30	—
	5/15	198	33	16.67	—
	5/25	202	39	19.31	—



河南省的夏玉米以及浙江省的秋玉米, 适时早播均表现有降低玉米大小斑病病情指数的趋势。

#### (四)增强抗倒伏能力

春玉米适时播种, 可使幼苗在较低的温度和干旱的环境条件下经受锻炼, 地上部生长比较缓慢, 地下部根系发达, 茎组织充实, 节间粗短, 有较强的抗旱、抗涝和抗倒伏能力。新疆维吾尔自治区伊犁农业试验站和陕西省延安农业试验站的试验都表明, 适时早播的倒伏面积少, 倒伏程度轻, 每亩产量较高(表 8-9)。

表 8-9 播种期与玉米植株抗倒伏的关系

播种期(月/旬)	新疆维吾尔自治区伊犁农业试验站(1958)			陕西省延安农业试验站(1957)		
	倒伏面积(%)	倒伏程度*	亩产(斤)	倒伏面积(%)	倒伏程度*	亩产(斤)
4/中	0	0	382.23	—	—	—
4/下	25	2~3	399.51	25	1~2	924.90
5/上	10	2	385.63	75	2	743.30
5/中	30	2~3	344.27	85	2	556.70
5/下	30	2~3	307.97	100	2~3	442.50

\* 倒伏程度分四级: 0 为不倒伏, 1 为 30 度以下, 2 为 30~60 度, 3 为 60~90 度。

## 二、确定适宜播种期的依据

玉米的适宜播种期, 主要决定于环境条件、栽培制度和品种特性。

### (一)环境条件

影响玉米播种期的环境因素很多, 主要有温度、水分、日照、地势、土质和病虫害等。

1. 温度 玉米对温度反应极为敏感。低温、春寒不利玉米出苗, 有时还会造成冻害, 而秋霜又往往会使果穗不能正常成熟, 影响玉米产量和品质。在其他条件适宜时, 玉米发芽、出苗速度主要决定于环境温度的高低。如在 6~40℃ 的温度范围内, 水分、氧气适宜, 温度越高发芽出苗越快。反之, 温度低于 10℃ 时, 玉米发芽时常因微生物侵染, 出苗缓慢, 甚至造成烂种缺苗; 倘若推迟播种, 则温度高, 出苗也快。但在生长期较短的地区, 晚播易遭受秋季低温和霜害, 果穗不能正常成熟, 影响产量和品质。所以, 生产上通常把耕作层 5~10 厘米地温稳定达到 10℃ 的时间, 作为玉米开始播种的指标。

我国新疆北部、内蒙古西部和东北各省(区), 春季回暖迟, 秋季低温出现早, 全年无霜期短, 耕作层 5~10 厘米处地温稳定在 8℃ 时, 春玉米就应抓紧进行播种。特别是晚熟玉米如延误播种季节, 玉米生育后期就很易遭受低温冷害, 因此, 适时早播既能使玉米生长健壮, 又能延长玉米生长期, 增加营养物质积累, 使果穗得到充分的发育, 籽粒饱满, 产量增加, 同时还能起到“秋霜早防”的作用。北方地区一年二熟制的夏玉米和南方一年三熟制的秋玉米或双季晚玉米, 生长后期也存有低温和秋季早霜的威胁, 必须抓好适时播种, 以保证在低温

秋霜来临前成熟。

2. 水分 玉米出苗以及整个生长发育都要求有一个适宜的水分环境。我国东北、华北和西北的一些地区,以及广西壮族自治区的百色、田阳一带,春旱严重,土壤含水量不足,往往影响玉米的适时播种。山东省的夏玉米苗期恰逢雨季来临,很易出现“芽涝”,导致减产。湖南、湖北、四川、贵州、新疆、广西等省(区)的春玉米,也常因播种期不当,致使玉米抽雄开花授粉期遇到“卡脖子”的影响,不能丰产。为此,凡因干旱影响玉米不能适时播种的地区,应改变生产条件,进行造墒播种;目前尚无灌溉条件的地区,可根据新疆维吾尔自治区伊犁、巴楚等县和辽宁、内蒙古等省(区)的群众经验,在秋冬进行保墒的基础上,抓紧在早春地温回升、土壤墒情良好之际,适时早播或采取其他抗旱播种措施,以保全苗。南方秋玉米和双季晚玉米的播种季节易旱易涝,既要注意抗旱保苗,又要同时搞好开沟排水工作,防止涝害。对玉米苗期容易发生“芽涝”和抽雄前后容易受“卡脖子”威胁的地区,则应适当提早玉米播种季节,或采取其他措施,创造良好的环境条件,才能保证玉米正常生长。

3. 日照 玉米全生育期的日照时数对生育期长短有一定影响。我国南北纬度不同,日照长短的差异很大,同一品种在不同地区的生育天数,因日照长短而发生变化。根据全国玉米良种区域试验多年的资料表明,南北品种互调时,南种北移生育期延长,北种南移则生育期缩短。我国北方生长季节短,南方品种移至北方种植,一般均不宜晚播;相反,由于南方生长季节长,北方品种移至南方种植时,一般均可以进行春播、夏播,有的还可以秋播。

4. 地势与土质 我国南方和西南玉米产区多分布在丘陵和山区、半山区。同一纬度而不同海拔高度的气候变化,是随着海拔高度的增高,温度愈低,日照愈长,生长季节愈短。同一品种在同一纬度的不同海拔高度种植,海拔愈高,生育期愈长。因此,玉米的播种期必须根据这些特点,作相应的调整。根据1955年和1957年陕西省汉中农业试验站,在凤县海拔1000~1200米的浅山地区和海拔950米的河川地区进行的播种期试验证明(表8-10),由于浅山地区气温和地温较低,土壤解冻较迟,4月11日早播的玉米易遭霜冻寒流的威胁,产量不如4月21日适期播种的高。河川地区气温回升早,则以4月11日播种的产量最高,如延迟播种,产量则显著下降。玉米生育期,浅山地区4月11日播种的到出苗需要18~28天,播种至成熟共需160~175天;而在河川地区则分别是9~15天和109~135天。因此,在同一纬度山区的春玉米播种期,应比平原推迟;夏玉米种在山区,因秋霜低温出现早,播种

表 8-10 不同地势玉米播种期对产量的影响

(陕西省汉中农业试验站)

播 种 期(月/日)	浅 山 地 区		河 川 地 区
	1955 年	1957 年	1955 年
4/11	453.56	367.81	597.18
4/16	407.34	342.30	515.57
4/21	497.73	404.24	512.34
4/26	402.48	400.03	491.21
5/1	417.99	391.19	536.06

期应比平原适当提早。至于高寒山区,由于生长季节短,以选用较早熟的品种为宜。

盐碱地带,由于地势低洼,土壤含水量较高,春季地温比一般土地上升得慢,如果春季播种过早,往往发芽不良,影响全苗,故播种期应比一般土地适当推迟,但也不宜播种过晚。由于气温升高之后,土壤水分蒸发较快,容易将地下的盐碱带到表土层,对种子发芽和保苗不利。通常盐碱地区的春玉米播种,在土壤墒情较好时,春玉米的播种期以耕作层地温达到 $13\sim 14^{\circ}\text{C}$ 时为宜。群众有“播干不播湿”的经验,即雨后不要播种,这是由于雨水能使表土层盐碱浓度下降,而雨后盐碱又会随毛细管水上升到地表,反而增加了盐碱浓度之故。

5. 病虫害 病虫害是影响玉米播种期的生物因素。我国各玉米产区病虫害发生规律和发生时期不甚相同。播种期不同,病虫害为害情况也不相同。春玉米适时早播,地下害虫为害程度降低减轻,玉米黑粉病的发病率也明显减轻;秋玉米和双季晚玉米,适时播种可以减轻小斑病的病情指数。春玉米丝黑穗病却随播种期的提早而加剧,这与出苗缓慢增加了病菌侵入的机会有关。但多数病虫害,适时早播可减轻为害,推迟播种期其为害则加剧。至于玉米丝黑穗病及某些病虫害,如因播种期的提早而加剧时,则不宜为了减轻为害而任意推迟播种季节,只能根据其发生规律,积极开展防治工作。

### (二)栽培制度

我国玉米的栽培制度复杂多样,东北、西北有一年一熟制的春玉米;四川、湖北有一年二熟的春玉米;广西、四川、湖北等有一年三熟制的春玉米;河北、山西、河南、山东有一年二熟制的夏玉米;华北、豫东、苏北有二年三熟制的夏玉米;四川、云南有一年二熟制的秋玉米;湖北、广西、浙江有一年三熟制的秋玉米;广西还有一年三熟制的冬玉米等。

玉米栽培制度不同,播种期亦各异。即使在相同的栽培制度下,各地的播种期也不完全一样。例如一年一熟制的春玉米,全年无霜期短,春季地温低,由于各地土壤温度回升早晚不一,播种季节也就有先有后;夏玉米由于前茬作物的成熟期不同,其播种期也有先后之别。尽管不同栽培制度玉米的播种期不同,但都必须根据当地具体情况,做好玉米的适时播种工作。一年一熟制的春玉米地区,全年无霜期短,春季地温低是早播的主要限制因素。但是,为了预防秋霜,仍应该在耕作层地温稳定在 $10^{\circ}\text{C}$ 之后,抓紧做好播种工作;多熟制的套种玉米,可以采用生育期较长的玉米品种,提早玉米播种期,充分利用前作物生长后期的光热条件,延长生育日数,增加营养物质积累,提高产量。但玉米苗期受前作物荫蔽影响,生长往往较差。因此,两种作物共生期的长短要根据前茬作物的种类,预留行的宽窄,玉米品种特性以及气温高低等因素,进而决定适宜的播种时期。一般应以前作物收获时,套种的玉米正处在拔节始期为好。一年二熟制的夏玉米和一年三熟制的秋玉米,以及双季晚玉米等多熟制的复种玉米,播种期因受前作物收获期的限制,应本着“春争日,夏争时”,“夏播无早,越早越好”的原则,以及秋玉米在“立秋后每晚播一天,即晚收十天”的经验,做到边收获、边整地、边播种,克服夏玉米、秋玉米和双季晚玉米与前作物的季节矛盾。另外,采用育苗移栽,也是行之有效的措施之一。

### (三)品种特性

由于品种特性不同,每个品种即使在同一地区种植,其播种时期也不尽相同。因此,必须根据各品种的特性和各地的具体情况,确定适宜的播种期,才能发挥良种的最大增产潜

力。一般晚熟品种生育期长,增产潜力大,适合于春播;特别是在生长季节比较短的地区,必须强调早播,否则就不能及时成熟。早熟品种和中熟品种因生长期较短,一般可以夏播或秋播。在晚播的情况下,晚熟品种因不能正常成熟,产量反而不如早熟品种或中熟品种,但早、中熟品种仍然要掌握适时播种。为了充分利用季节,夺取玉米丰收,在同一个生长季节里兼用早、中、晚熟品种时,一般应先播晚熟品种,再播中熟品种和早熟品种。因此,不论哪类品种,抓紧季节适时播种,都是同样重要的。

### 三、我国不同玉米产区适宜播种期的范围

我国玉米产区的环境条件复杂,栽培制度多样,各地玉米播种期的差异也很大。如东北和西北地区有4、5月播种的春玉米;华北地区有6月份播种的夏玉米,华中长江流域有7、8月播种的秋玉米;华南地区有11、12月播种的冬玉米。各区适宜的播种期范围如下:

#### (一)北方春播玉米区

本区全年无霜期约130~170天,玉米栽培制度为一年一熟,一般只种一季春玉米。

本区玉米适宜播种期在4~5月份,其中黑龙江省在5月上、中旬,吉林省在5月上旬,辽宁省和内蒙古自治区在4月中旬至5月上旬,宁夏回族自治区和山西、河北、陕西等省北部则宜在4月中旬。

本区由于生长季节短,秋霜来临较早,播种期以适当提早为宜。

#### (二)黄淮海平原夏播玉米区

本区无霜期约170~240天,玉米栽培制度为一年二熟或二年三熟。河北、陕西和山西省中部,江苏、安徽两省北部,多以二年三熟制的春玉米为主,适宜的播种期在4月上、中旬。山东、河南两省及河北、山西两省南部,以一年二熟制的夏玉米为主,也有少量的春玉米。

本区玉米适宜的播种期,山东省的春玉米在4月中、下旬,夏玉米在6月上、中旬;河南省的春玉米在4月上、中旬;河北、山西两省南部的夏玉米,以6月中旬左右为宜。

本区以一年二熟制的夏玉米为主,多种植麦茬玉米,应在麦收之后力争适时早播,以便充分利用生长季节,提高产量。同时,早播早收,有利及时腾茬播种小麦。

#### (三)西南山地玉米区

本区无霜期240~330天,高山区多为一年一熟制的春玉米,低山丘陵区多为二年五熟制的春玉米与一年二熟制的夏玉米,平原多为一年三熟制的春玉米、秋玉米和双季玉米。

本区玉米的适宜播种期,高山区在4月下旬至5月上旬;四川、湖北省的春玉米在3月上旬至4月上旬,夏玉米在5月上旬至6月上旬,秋玉米在7月中、下旬;贵州省春玉米在3月下旬至4月下旬,夏玉米在5月上、中旬;云南省春玉米在3月下旬至4月上旬,双季早玉米在2月下旬至3月上旬,夏玉米在5月下旬套于麦行之中,双季晚玉米在5月中、下旬第一季玉米收获前7、8天套种;至于湖南与湖北南部一年一熟的春玉米,则以4月下旬播种为宜。

#### (四)南方丘陵玉米区

本区全年无霜期240天以上,有些地方终年无霜。玉米栽培制度极为复杂,有一年二熟制的春玉米和夏玉米,一年三熟制的春玉米、夏玉米和秋玉米,还有冬玉米。

本区玉米适宜播种期,高山区在5月上、中旬;江苏、浙江、湖南、湖北、广西和安徽各省(区)有3、4月播种的春玉米,5、6月播种的夏玉米和7月下旬至8月初播种的秋玉米;广西壮族自治区的双季玉米、旱玉米在2月上旬,晚玉米在6月下旬至7月下旬;广东省一般在2月播种春玉米,但湛江、海南岛一带尚有11月份播种的冬玉米。

本区复种指数高,季节性强,秋玉米的生长期短,应在前作物收获后抓紧早播或采用育苗移栽或套种等办法,争取更多的有效生育时间,以期获得高产。

#### (五)西北灌溉玉米区

本区无霜期130~180天,玉米都为一年一熟的春玉米。

玉米适宜播种期,南疆南部和西部为3月下旬至4月上旬,南疆北部和东部为4月上、中旬;焉耆为4月中、下旬;北疆和河西走廊为4月下旬至5月上旬。

## 第四节 玉米的播种技术

播种的具体任务是根据当地农时季节和玉米的适宜播种期,利用合适的播种机具,按照规定的播种密度、播种深度和覆土厚度,争取在尽可能短的时间内,适时地完成播种任务。同时要做到播种均匀,深浅一致,播行正直,行距均匀,地头整齐,不漏播,不重播,为种子发芽和苗全、苗齐、苗壮创造条件。

### 一、播 种 量

播种前要按事先计算好的播种量,备足种子,以免种子不足,影响适时播种,达不到全苗的要求。

#### (一)影响玉米播种量的因素

影响玉米播种量的因素很多,主要有以下几个方面。

**种植密度** 一般种植密度愈大,所需的播种量愈多。

**播种方法** 采用条播时所需的播种量比点播的多,点播又比方形点播的多;直播则比育苗移栽所需的播种量多。

**种子大小和种子的生活力** 玉米千粒重高的比低的所需播种量多;种子生活力低、发芽力弱的,比生活力高、发芽强的所需的播种量要多。

**土壤和整地质量** 土壤质地疏松,墒情适宜,整地精细的播种量可少些,反之则应多些。盐碱地出苗差,容易缺苗,播种量应酌情增加。整地质量差,地下害虫为害较重的,需增加播种量。另外,栽培目的不同,所需的播种量亦不同,如饲用玉米的栽培密度高,播种量亦应比一般的增加3~5成。

#### (二)播种量的确定

玉米每亩所需要的播种量,应根据每亩种植密度、种子生活力和千粒重来确定。穴播播种量可按下式计算:

$$\text{每亩播种量(斤)} = \frac{\text{每亩穴数} \times \text{每穴粒数} \times \text{千粒重(克)}}{500 \times 1000 \times \text{发芽率}}$$

求出每亩播种量后,还要根据影响播种量的因素加以增减,得出每亩实际播种量。目前我国采用的播种量,条播的每亩约6~8斤;点播的约5~6斤;方形点播的约3~5斤;机械化精量点播和育苗移栽的约2~3斤。

## 二、播种方法

我国南北各地由于气候条件不同,玉米的播种方式亦有不同。如东北地区由于温度较低,多实行垅作,以提高地温。为了适应机械化播种需要,平作面积正在增加;黄淮平原雨量较少,多采用平作,以便保墒;南方雨水较多,多采用畦作,以利排水。

无论是垅作、平作或畦作,播种方法主要可以分为条播、点播和方形点播三种。但各地普遍采用的是条播和点播两种方法。

### (一)条播

条播是用开沟器等工具开沟,再把种子撒在播种沟内,然后覆土。这种方法用种量较多,但播种效率较高。根据各地条件和播种工具的不同,条播又可分为机播、耧播、耩种、犁掩和扣种等。

播种机条播,工作效率高,播种均匀,覆土深浅一致,一般每小时可播种10~25亩。

耧播是用耧开沟条播,在土壤水分不足的情况下,采用耧播,可以随播种随覆土,减少土壤水分蒸发,并能把种子直接播在湿土层内,有利种子发芽和出苗,工作效率也较高,平作与畦作栽培的地区均可采用。

耩种与耧种基本上相同,只是所用的播种工具不同。它是用耩耙在垅上开沟条播,后面用拉子覆土,在东北垅作地区较为常见。耧种或耩种必须掌握播种均匀,耩耧时用力要匀,并要掌握播种深度适当,深浅一致。

犁掩主要是在夏玉米播种时采用。黄淮平原夏玉米要在小麦收获后播种,有些地区播种时来不及耕耙整地,因而直接用犁将种子掩在土内,使耕地、播种同时进行。这种方法简便,既能争取适时早播,又能起到耕地的作用。具体办法是,第一犁先开沟,再把种子撒在沟内,随有一犁掩盖种子,一般每隔2~3犁撒一犁种子。

犁沟播种的方法,即先按行距要求用犁开沟,把种子播在沟内,随后用耙顺行将地面耙平,借以覆盖种子。这种方法并不普遍翻耕土层,尚可在沟内施用基肥;在干旱的情况下,还可先在沟内灌水然后播种,有利于抗旱保苗。犁沟播种必须掌握撒种均匀,开沟覆土深浅一致,否则,易造成缺苗或出苗不齐。

扣种适用于春季土壤水分充足的垅作地区,具体方法是:第一犁将前茬垅背破开,亦称破茬,再将种子撒在沟内,第二犁深耕前茬垅沟,将土扣到播种沟上覆盖住种子。如果土壤水分充足,破茬宜浅,避免播种过深;土壤水分不足,扣种对土壤水分的损失较大,不易保墒,易发生缺苗断垅现象,故还是以耩种为好。

### (二)点播和方形点播

点播和方形点播能保证播种质量,节省种子,便于集中施肥和机械化播种、管理等作业。

点播是按计划行距开穴、施肥、播种、覆土。如用点播机点播,不仅工效高,而且可结合完成施肥、投药、除草等工序。在没有点播机的情况下,可以采用开穴点播或犁沟点播的办

法。如果先用犁开沟,再在沟内开穴点播,能使种子与湿土层直接接触,有利种子发芽出苗,以后结合中耕进行培土,能使玉米根系深扎,对玉米抗旱,防止倒伏有明显作用。方形点播的最大优点是玉米植株分布均匀,便于机器纵横中耕及田间操作管理。如用玉米精量点播机播种,幼苗出土整齐,可以节省田间间苗定苗的劳力。据辽宁省盖县红旗公社 1978 年试验,用精量点播机播种的亩产 903 斤,比用一般播种机械播种的亩产 775 斤,增产 16.5%。

玉米进行间作、混作和套作时,如与大豆、马铃薯间作,可采用 2:2 或 2:1 的间作方式;如与甘薯间作,为了减少玉米对甘薯的遮光影响,间作方式一般是每隔两垅甘薯播种一行玉米,玉米可以开穴点播;玉米在其他作物行间套作时,为避免对前作物的机械损伤,最好采用点播的办法;混作时玉米与其他作物(如大豆等)的种子大小一致,可以同时播种;如种子大小悬殊,则应分前后作两次播种。

### (三) 豁沟分碱,深播浅盖

盐碱地播种玉米,出苗较差,不易保苗。可在经过冬耕冬翻的盐碱地上用犁按行距开沟,把盐碱含量高的表土分到沟的两侧,再将种子条播或点播在盐碱含量较低的沟内。但盐碱地一般地温较低,播种后宜浅覆土,以利接受阳光,提高土温,促进种子发芽和出苗。此外,我国劳动人民在长期的生产实践中,还创造了许多抗旱、抗寒播种和育苗移栽的特殊栽培方法,这对抗御自然灾害,夺取玉米丰收具有重要意义。

总之,玉米播种方法,应根据当地播种季节的气候条件、土壤含水量、施肥、农具等具体情况决定。当土壤水分充足时,应先耕地整地后,再进行条播或点播。在土壤水分不足的情况下,最好采用机播和条播,直接把种子播在湿土层内,有利种子发芽出苗。如采用扣种、犁掩的方法,土壤水分损失较多,对玉米出苗的影响较大。此外,在多风的地区,可采用沟内开穴点播的方法,玉米生长期间可以减轻倒伏,提高产量。

## 三、机械化播种

### (一) 播种机械

目前国产播种机可分为谷物条播施肥机和中耕作物播种机两种类型。BF-24 A 施肥播种机, BGF 48 谷物播种施肥机, 2 BLX 11 播种机等,均属谷物条播施肥机类型; BTX-4 通用机架播种机,气吸式播种机, BT-3.9 通用播种机和玉米精量点播机等,均属中耕作物播种机类型。这类播种机,有的在播种时能一次完成开沟、施肥、投药、播种、覆土、镇压、灭草等多种作业。目前我国经常采用的几种主要播种机性能见表 8-11。此外,各地还有自行改装的玉米播种机和国外引进的播种机,同样具有多功能、高效、播量正确的特点。

### (二) 作业前的准备

1. 播种量调整 玉米播种前先将播种机架起,使行走轮能自由转动,并保持种子箱底部呈水平位置,再把种子加入种子箱内,其数量一般不少于种子箱容量的三分之一,然后在每个排种口处挂上盛种用的小布袋,同时按照播种时机车的运行速度,计算出行走轮每分钟的转数,再按此速度转动行走轮,一般约转动 20~30 转之后,再把每个排种口排出的种子收集起来,与实际要求的播种量相比较,如不符合要求,应继续调整到既不少于规定播种量的要求,也不超过标准播种量和各排种口平均播种量的 2~3% 时为止,以使每行种子均匀一

表 8-11 几种主要玉米播种机的特点和性能

型号及名称	播幅(米)	排种器型式	播种方法	开沟器形式	配套机型	生产率 (亩/小时)	连接形式
BGF-48 谷物播种施肥机	3.53	外槽轮式	条播	双圆盘式	不同马力拖拉机 可牵引一台至数台	24.5	牵引式
BF-24A 施肥播种机	3.6	外槽轮式	条播	双圆盘式	不同马力拖拉机 可牵引一台至数台	25	牵引式
BGX-16 悬挂式谷物播种机	2.4	外槽轮式	条播	锄铲式	丰收—27、东方红—28	23.4	悬挂式
2BLX-11 播种机	1.65	外槽轮式	条播	矮脚式	东方红—20、泰山—25	9.2	悬挂式
BT-3.9 通用播种机	条播3.6 点播3.6~3.9	外槽轮式 圆盘式	条播 点播	大小圆盘式 靴式	不同马力拖拉机 可牵引一台至数台	—	牵引式
BTX-4 通用 机架中耕作物播种机	2.4可调	水平圆盘式	点播	靴式	丰收—86 东方红—28	—	悬挂式
气吸式播种机	4.2	双圆盘 气吸式	条播 点播	凸曲面式 靴式	铁牛—55 东方红40/28	—	悬挂式

(引自《国营农场农业技术手册》，1975)

致, 保证播种质量。

行走轮回转 20 转标准播种量的计算方法如下:

行走轮回转 20 转 
$$= \frac{20 \times \text{每亩播种量(斤)} \times \text{行走轮周长(米)} \times \text{播种机工作幅宽(米)}}{666.7(\text{米}^2)}$$
 的标准排种量(斤)

2. 划印器、指印器的安装 为了保证正确的播幅, 使接垅行距一致, 在播种机上必须安装划印器, 并正确调整划印器长度。划印器的长度与播种机的运行方法有关, 计算公式如表 8-12。

表 8-12 划印器臂长的计算

播种机组运行方法	左 边 划 印 器 臂 长	右 边 划 印 器 臂 长
梭形法	$\frac{B+a+M}{2}$	$\frac{B-a+M}{2}$
反时针向心播法	$\frac{B-a+M}{2}$	—
反时针离心播法	只第一趟用左边划印器 $\frac{B+a+M}{2}$	$\frac{B+a+M}{2}$
顺时针离心播法	$\frac{B-a+M}{2}$	只第一趟用右边划印器 $\frac{B-a+M}{2}$
顺时针向心播法	—	$\frac{B+a+M}{2}$

式中:  $B$  为机组工作幅宽;  $a$  为拖拉机两链轨外缘之间的距离或两前轮(中心)之间的距离;  $M$  为机组相邻行间开沟器之间的距离。

划印器臂长为划印器圆盘下端到播种机最外开沟器的距离。用上述公式计算划印器臂长, 作业时应用拖拉机右轨外侧或右前轮中心压印。



指印器是装在拖拉机前端左侧(或右侧)标志划印印痕的工具。它由一可伸缩调节的杆件和垂杆构成。当指印器与划印器联合使用时,如指印器在拖拉机右侧,则可以缩短顺时针离心播法或反时针向心播法的左划印器臂长,缩短梭形播法的右划印器臂长;如果指印器装在拖拉机左侧,则可以缩短反时针离心播法或顺时针向心播法的右划印器臂长,缩短梭形播法左划印器的臂长,其缩短的尺寸,等于由拖拉机右链轨外缘或右前轮中心到指印器垂杆的距离,即指印器的有效长度。这时划印器的臂长,为上列表格的计算值减去指印器的有效长度。如为宽幅机器作业,必须安装指印器。

### (三)田间作业

1. 田间区划 播种第一行时,首先要用标杆打一条端直的标准线,机组即按此线进行播种。第一行播直后,以后各行即可依靠划印器保持播行端直。地块的两端要用单铧犁划出8~10厘米深的起落线,以保持地头整齐,起落线以外是机组转弯地带,其宽度为机组工作幅宽的3~4倍。

2. 机组运行路线 一般用梭形播种法,其优点是只需要靠地边划出一条第一行程标准线,机组即可作业,这样不但可以节省划线和插标杆的次数,而且播种行整齐,不易发生漏播、重播,但地头转弯地带较宽,一般为工作幅宽的3~4倍,不适于较短的地块应用。如用离心播种法,机组从地块中心进入,逐渐向两侧扩展,其优点是转弯地带较窄,适用于较短的地块。加种点的位置一般设在地头一端。如地块较长,种子容量不足一个往返时,可在地块两端加种。为了提高播种质量,加种工作应采用“定量装袋,等距加种,往复核对,班次复核,地块结清”的作业方法。

3. 试播 试播是为了进一步检查播种机具的技术状态,保证播种质量。检查时要注意行距、播种深度是否均匀一致,播种量是否正确等。

行距检查:将相邻两个播种沟扒开,找到种子的位置,并测量两沟种子的垂直距离,要求两台播种机相邻行距误差不超过±1.5厘米,两个播种机组相邻两行距误差不超过±2.5厘米。如果不符合要求,前者应调整播种机在联结器上的牵引点,后者应检查调整划印器的长度。

播种深度不符合要求时,应调整深度调节轮或限深板等。如个别开沟器播种不符合要求,需调整加力杆弹簧的S形销子位置,或更换加力杆弹簧。

播种量检查,可用单位长度(米)落粒检查法和百米流量检查法等。

单位长度(米)落粒检查法,是将实际落粒数与下式计算的落粒数比较,以便校正播种量。

$$\text{单位长度(米)落粒数} = \frac{1000 \times \text{亩播量(斤)} \times 500(\text{克}) \times \text{行距(米)}}{666.7(\text{米}^2) \times \text{千粒重(克)}}$$

百米流量检查法,是在田间划出百米距离,卸下输种管,挂上小布袋,收集机组在百米距离上实际播下的种子数量,看其是否符合下式计算值,允许误差范围同播种量调整的要求相同。检查后应将种子按行补播在这段距离内。

$$\text{百米流量(斤)} = \frac{\text{亩播量(斤)} \times \text{行距(米)} \times 100 \text{米}}{666.7(\text{米}^2)}$$

4. 注意事项 作业时,拖拉机车速不宜太快,一般以二、三速为宜,排挡和油门位置在作业中不宜任意变动,也不要中途任意停车,以免造成播种不匀或缺苗断垅。同时应随时注

意播种质量的检查。玉米出苗后要对缺苗的地块抓紧进行补种。

为了提高播种质量,播前要搞好土地耕作质量和种子精选;特别是精量点播,要求种子大小均匀,发芽率达100%。

#### 四、播种深度

播种深度适宜,深浅一致,是保证玉米苗全、苗齐、苗壮的重要环节。如果播种过深,种子发芽到出苗要消耗很多养分,往往幼苗瘦弱,或者幼芽不易出土而腐烂。特别是整地质量差,土块多,或者由于土壤粘重,幼苗出土困难,常造成缺苗断垅。如果春季播种过浅,不但易受低温影响,而且土壤水分蒸发量较大,表层常易于旱,使种子得不到发芽所需的水分,或因温度不适宜而失去发芽力,有时还会被鸟兽啄食;即便出苗,也常因根系入土较浅,植株不耐干旱,易发生倒伏。因此,玉米播种过深过浅,均不适宜。

适宜的播种深度需根据土壤性质、降水情况以及种子大小来决定。质地粘重、容易板结的土壤,应播得浅些;反之,质地疏松、容易干燥的砂质土,则应深一些。大粒种子发芽时吸水较多,可适当播深一些,小粒种子则应播浅一些。土壤水分充足,能满足种子发芽的需要,播浅一些有利于形成壮苗。土壤水分不足,应把种子播在湿土层内,以保证发芽出苗。

春玉米播种期间,如果温度较低,土壤水分不足,应适当深播,一般可达6、7厘米。夏玉米播种时地温较高,雨水较多,播种深度以5厘米左右为宜。秋玉米播种时常遇干旱,应根据旱情轻重和土壤含水量决定播种深度,一般以5、6厘米为宜。

#### 五、播种后镇压

镇压是在土壤水分较少的情况下,保证玉米全苗的重要技术措施之一。在土壤较干时,播种后由于土壤空隙较大,种子不易吸收水分,玉米往往不能全苗和齐苗。通过镇压,种子与土粒接触面增加,土壤毛细管作用明显,利于土壤下层水分上升,提高上层土壤含水量,使种子能很快地吸收水分而发芽,幼根生出后,也能很快接触到土壤,吸收水分和养分,迅速生

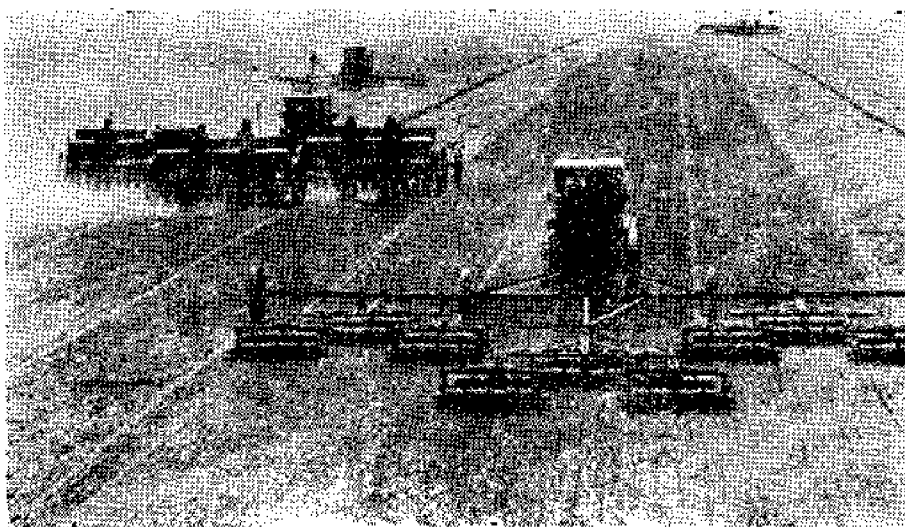


图 8-1 玉米机械播种及播后镇压

长发育。

播种机械,一般均安装有镇压用的部件,有的需在播种后用镇压器镇压(图 8-1)。如以人工和畜力播种时,可采用石砘子压、锄板推、脚踩等方法。

镇压必须在土壤水分适度时进行。播种时土壤干旱,播后要立即镇压;如果土壤湿度较大,镇压反而会招致板结,影响出苗,可在播后地表土壤稍干时镇压。多雨季节或土壤水分充足时,播种后一般不需镇压。

#### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编: 中国玉米栽培, 上海科学技术出版社, 1962。
- [2] 山东省农业科学院玉米研究所主编: 玉米生理 (油印本), 1991。
- [3] 山东省农业科学院作物研究所气象室: 夏播玉米与芽涝, 农业科技通讯, 1978。
- [4] 广西壮族自治区玉米研究所: 玉米高产栽培技术探讨, 广西玉米情况选编, 1975。
- [5] 北京市农业科学院作物研究所: 略谈套种玉米的播种期, 北京农业科技, 1975。
- [6] 刘百韬: 寒地玉米抗低温促早熟高产栽培技术, 农业科技通讯, 1978。
- [7] 农林部农垦局编: 国营农场农业技术手册, 上海人民出版社, 1975。
- [8] 吴绍裘、韩锦峰、石敬之编著: 玉米栽培生理, 上海科学技术出版社, 1980。
- [9] 陈国平编著: 玉米栽培, 农业出版社, 1982。
- [10] 种子工作手册编写组: 种子工作手册, 上海科学技术出版社, 1976。
- [11] 河北省生产经验座谈会: 玉米生产技术建议, 1978。
- [12] 殷为汉: 秋玉米低温冷害及其预防, 农业科技通讯, 1980。
- [13] 浙江省东阳玉米研究所: 秋玉米播种期与生长发育、产量及产量构成因素关系的初步研究, 科学研究总结汇编, 1980。
- [14] 顾慰连等编: 玉米, 科学出版社, 1982。
- [15] M. И. 斯米尔诺娃, И. 康尼柯娃: 玉米的生物化学(顾慰连等译), 农业出版社, 1964。



## 第九章 玉米的种植密度与方式

当前, 在我国的玉米栽培中, 种植密度仍然是生产上的关键问题。四川省农业科学院以成单 4 号为材料, 种植密度每亩 4500~6500 株, 以 6500 株产量最高, 亩产达到 950.1 斤。陕西省农业科学院认为, 陕单 1 号、黄白单交在亩产千斤的条件下, 可种植 3000 株, 陕单 7 号可种植 3500 株。山西省农业科学院玉米研究所的密度试验表明, 忻黄单 54 (Mo17×金 0-9), 种植密度每亩 2500~4000 株, 产量从 1526 增加到 2000 斤。山西省临汾地区农业科学研究所用临单 4 号试验, 密度从 4700~6100 株, 产量由 758.3 斤增加到 852.3 斤, 当密度进一步增加时, 产量开始下降。河南省农业科学院提出, 郑单 2 号每亩产量要获得 500~600 斤, 密度以 3300 株为宜, 要获得 700~800 斤, 密度应为 3300~4000 株; 每亩产量达到 1000 斤, 密度以 4000~4200 株为宜。河北省农业科学院利用京早 2 号等玉米试验, 密度由 3500 株增至 4000 株时, 增产效果明显; 由 4000 株增至 5000 株时, 仍有增产趋势, 但不显著。因此, 中等肥力水平的田块, 密度可以达到 4000 株; 高肥力水平可以达到 5000 株。吉林省农业科学院的试验也同样证明了不同的肥力水平, 种植密度亦应不同; 在亩产 1100 斤的水平下, 密度从 2333 株增加到 4333 株, 以 3000 株产量最高。莱阳农学院以丹玉 6 号为材料, 每亩密度 3500 株和 4000 株的产量分别为 1035 和 1048 斤, 相差无几, 当密度增加到 4500 株时, 产量则下降为 997.2 斤。

我国各玉米产区的种植密度, 最主要的问题还是偏稀。据陕西省农业科学院 1979 年调查, 密度超过 3000 株的只占 2.86%, 2500~3000 株的占 11.4%, 2000~2500 株的占 21.5%, 而 64.2% 的田块不足 2000 株。河北省调查, 冀中南水浇地, 一般收获密度为 1800~2300 株, 有的地区一般只有 1600~1800 株, 估计全省处于偏稀状态, 平均要比合理密度少 500~1000 株。四川省南充地区农技站 1980 年调查了 599 个田块, 平均每亩只有 2787 株, 离高产栽培的适宜密度 3500 株, 尚差 700 多株。山东省不少地区的调查, 也反映密度偏稀。

玉米的种植密度, 概括起来, 主要是受三个方面的因素所制约。一是宇宙因素, 包括光、热、气等资源; 二是土壤环境, 包括水肥条件; 三是品种特性, 即耐密性。由于生产条件的不断改善, 以及品种的逐步改良, 所以在任何地方对密度都没有一个固定模式。所谓适宜密度, 在时间和空间上只是相对的。它总是随着时间的推移, 随着科学的发展, 不断地变化着、发展着。因此, 对栽培密度或栽培方式应该有一个动态的观点, 要根据生产条件的变化和品种的不断改良, 及时地为生产提供合理的密度依据。至于种植方式, 与密度相比, 还是属于第二位的。许多地方所以重视种植方式, 其原因是比较复杂的。

我国玉米密度的早期研究多侧重于密度指标的探讨, 近期多集中于合理的群体结构方面, 如不同密度的群体结构及其发展规律; 不同群体的光能利用规律; 群体与个体的相互关

系;密度与产量的理论方程等,都做了较深入的研究。

## 第一节 玉米的群体结构与光能利用

在光合作用中,能被植物利用的只是  $0.38\sim 0.71\ \mu\text{m}$  波长的可见光。这部分光能,约占太阳总辐射的  $50\pm 3\%$ 。地区之间的数值略有不同,华北多取  $0.49$ ,各地的具体数值可用生理辐射仪测出,或用  $Q=0.43S+0.57D$  公式计算。式中  $Q$  为生理辐射,  $S$  为直射辐射,  $D$  为散射辐射。

但是,  $50\pm 3\%$  的生理辐射,其利用率的高低,完全决定于群体结构及其发展情况。一个丰产群体反射掉的光能约占  $8\%$ ;漏射约占  $6\%$  (中、后期);非光合器官吸收包括细胞壁、细胞质及非光合色素约占  $10\%$ ;光饱和现象也是限制光能利用的因素。但作为玉米群体在正常情况下,不存在光饱和问题;量子效率是影响光能利用的另一个方面。同化一个  $\text{CO}_2$  分子,可固定  $112$  大卡能量,约需  $8\sim 10$  个光量子,取值为  $10$ ,每个光量子为  $50$  大卡,所以量子效率为  $112/50\times 10=0.224$ ;在植物积累的光合产物中,又呼吸消耗掉约  $30\%$ 。

根据上述群体对光能的利用情况,设生物产量潜力(气候生产力)为  $y$ ,太阳总辐射为  $Q$  (卡/厘米<sup>2</sup>),光合有效辐射或称生理辐射占总辐射的比例为  $S$ ,反射率为  $\alpha$ ,漏射率为  $\beta$ ,非光合器官的无效吸收率为  $\rho$ ,量子效率为  $\phi$ ,呼吸消耗为  $\omega$ ;形成一克干物质需要  $4.25$  千卡能量,植物体含无机盐按  $8\%$  计,则生物学生产潜力的通式为:

$$y=QS(1-\alpha)(1-\beta)(1-\rho)(1-\omega)\phi\times 4250^{-1}\times (1-0.08)^{-1}$$

将文中各值代入上式后,  $y=0.204\ Q$  斤/亩,根据各地的  $Q$  值即可估算光能资源的生物学生产潜力。 $Q$  值的大小因时间和地区而异。以南京为例,  $6\sim 9$  月份平均总辐射量为  $40.6$  千卡/厘米<sup>2</sup>,济南为  $56$  千卡/厘米<sup>2</sup>。

由上所述,华北地区  $6\sim 9$  月份的光能资源足以生产  $1$  万斤以上的干物质,除去温度的影响,这期间也足以形成  $8900$  斤生物产量的能量。但是群体的发展并不是完全有效地利用光能,所以实际产量要低得多。于沪宁等曾就河北的光能资源分别计算了春、夏玉米生物产量的理论值,根据计算,春玉米平均光合有效辐射为  $25.488$  卡/厘米<sup>2</sup>,除去群体的反射、漏射之外,可形成生物产量  $7126.2$  斤;夏玉米分阶段做了计算,从出苗到拔节平均有效辐射为  $5.992$  卡/厘米<sup>2</sup>,拔节至抽丝为  $4.748$  卡/厘米<sup>2</sup>,抽丝至成熟为  $6.142$  卡/厘米<sup>2</sup>,能够形成的生物产量为  $4183.6$  斤。上述计算已接近我国最高产量的实际值。

### 一、玉米的群体结构及其发展规律

研究玉米的群体结构,通常是以密度为手段,造成不同的群体,从而对群体的光合性能进行比较分析,找出理想的群体结构模型,作为制订农业技术措施的依据。这方面,过去已做过大量研究。河南省农业科学院认为,夏玉米千斤以上的高产田,其群体结构是:豫农 704 品种,密度为  $4000$  株,叶面积指数拔节期为  $0.9\sim 1.2$ ,抽穗期为  $3.9\sim 4.3$ ,成熟期保持在  $2$  左右;吉林省农业科学院认为,亩产  $1100$  斤,株高  $270$  厘米,叶面积指数为  $3.97$ ,单株叶面积为  $8338.6$  厘米<sup>2</sup>,穗位叶面积为  $786.6$  厘米<sup>2</sup>;四川省农业科学院提出,亩产  $900$  斤,密

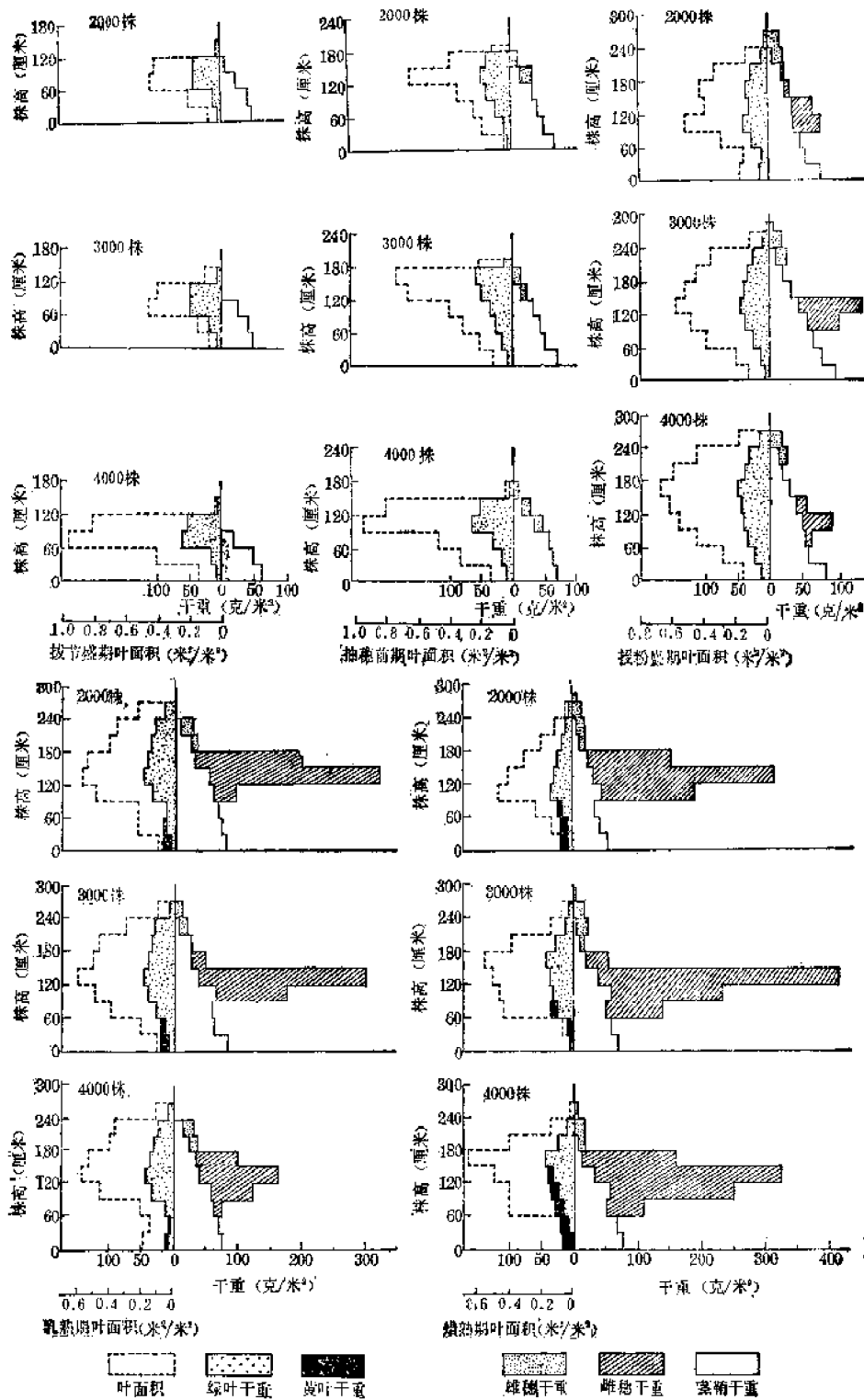


图 9-1 玉米田群体结构的动态变化

(山东省农业科学院, 1963)

度应达到 6500 株, 单株穗数为 0.993 个, 穗行数 13.9, 行粒数 24.2, 千粒重为 213.8 克, 最大叶面积指数为 4.45, 光合势为 17.3 万米<sup>2</sup>·日, 净光合生产率为 5.13 克/米<sup>2</sup>·日, 干物质积累为 1777 斤, 经济系数为 0.432; 山西省农业科学院玉米研究所的资料指出, 亩产 1668.2 斤, 密度为 3049 株, 穗粒数达到 732 粒, 穗粒重 280 克, 千粒重为 388.8 克。

上述研究, 都从不同的方面提出了高产群体的若干指标, 这些指标都有很强的地域性。其所以如此, 是因气候特点所致。1963 年山东省农业科学院曾就不同密度的群体结构作了动态描述(图 9-1)。

研究表明, 不同密度的群体, 其叶面积指数亦不相同, 随着密度的增加而增加, 其增加值与密度不成比例。叶片的空间分布也因密度而变化, 密度越大, 中、上部的叶面积相对增加。例如 2000 株的群体, 最大叶面积层在离地面 90~120 厘米处, 3000 株的群体最大叶面积层上升到 120~150 厘米处, 4000 株的已到 150~180 厘米处。另外, 叶面积的衰落情况也是群体的主要特征之一, 授粉后, 高密度的群体, 下部叶片首先变黄枯死, 蜡熟时, 这种情况尤为突出。干物质的积累也表现出明显的规律性, 在前期, 总干重主要表现在茎叶上, 随密度而增加, 到中、后期, 干物质重量转向果穗, 密度间出现较大差异, 每亩 3000 株的果穗重显著增加。

群体中的光分布为群体结构所左右, 在低密度下, 分布比较均匀, 高密度时光强为上层叶子所阻, 中、下层光照急剧下降(图 9-2)。

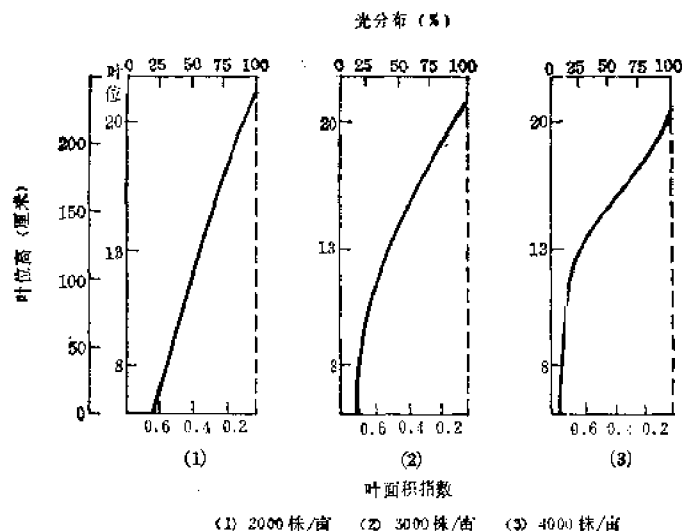


图 9-2 群体内光分布

(山东省农业科学院, 1977)

不同群体对光能的截获率不同(表 9-1)。群体反射率与密度呈正相关, 密度增大时, 反射率由 8.5% 增加到 10.9%, 漏射率由 23.7% 下降到 7.3%, 所以光能截获率由 67.8% 上升到 81.8%, 密度间表现了明显差异。

但是, 光能截获率并不是越多越好。玉米果穗着生于植株中部, 而在形成籽粒产量中, 果穗中部的叶片起着决定性作用, 光的截获率过高, 势必造成中下部光照不足, 引起减产。



表 9-1 玉米群体对光能的截获率(占自然光%)

(山东省农业科学院, 1977)

密 度(株)	反 射 率(%)	漏 射 率(%)	截 获 率(%)
2000	8.5	23.7	67.8
3000	8.5	12.5	78.7
4000	10.9	7.3	81.8

因此, 光能截获率和穗发育的关系十分密切。

由图 9-3 看出, 叶面积指数在 3 以内时, 随着叶面积的增加, 光能截获迅速增加, 但叶面积指数增加到 3~4 时, 光能截获的增长值减少, 自 4 以后增长值更少, 趋向一条渐近线。

雌穗的发育和光能截获率的关系十分密切。当截获率低于 80% 时, 光能截获越多, 雌穗干重越大, 当截获率高于 80% 时, 雌穗干重反而下降, 这与群体底部的光照不足有关。假如, 群体反射率按 10% 计, 群体截获 80%, 故群体底部的光强为自然光强的 10% 左右, 无疑是一个接近补偿点的数值。

玉米群体的自动调节, 对改善光能利用有不可忽视的作用。这种调节性能, 不仅表现在各器官的大小上, 而且表现在叶片的排列和角度上。以角度而论, 随着密度的增加, 茎叶夹角明显变小(表 9-2)。

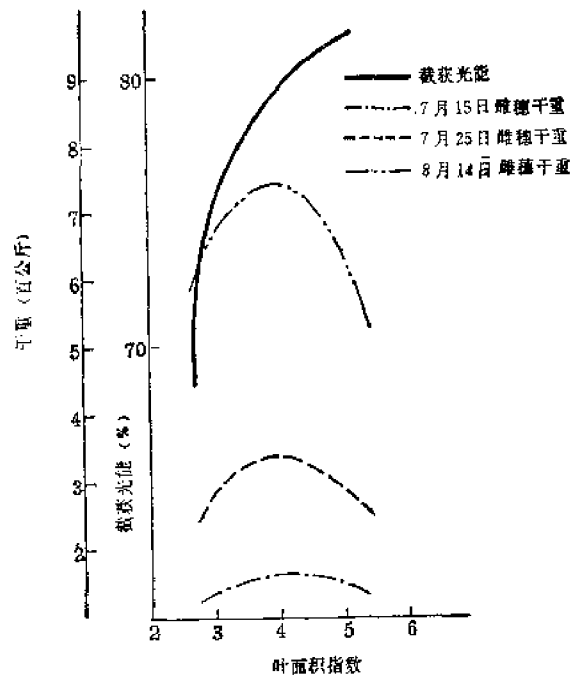


图 9-3 玉米群体光能截获率与穗发育的关系  
(山东省农业科学院, 1977)

表 9-2 不同密度玉米的茎叶夹角

(山东省农业科学院, 1977)

角 度 叶 位	2000 株	3000 株	4000 株	平 均
7	47.3°	43.4°	44.8°	45.17°
9	41.6°	40.2°	39.5°	40.43°
13	43.0°	39.0°	37.7°	39.90°
17	41.0°	36.0°	34.0°	37.00°
平 均	43.23°	39.65°	39.00°	40.63°

密度由 2000 株增加到 4000 株时,茎叶夹角由  $43.23^\circ$  下降为  $39.00^\circ$ ,这种调节作用,对改善密植条件下的光能利用有重要意义。上述资料还表明,角度随叶位的增高而减小,例如第 7 叶角度为  $45.17^\circ$ ,而 17 叶为  $37.00^\circ$ 。但是在不同密度之间,减少的比值又有不同,2000 株的从第 7 叶到 17 叶,叶片角度由  $47.3^\circ$  降为  $41.0^\circ$ ,缩小了  $6.3^\circ$ ,而 4000 株的群体,在同样叶位上却小了  $10.8^\circ$ 。

叶片的空间分布因密度而异。据赵可夫的报道,3000 株的群体,叶片的伸展方向基本上与行向垂直,4000 株的群体,叶片的分布多与行向一致,但 5000 株的群体,又稍有偏离行向。群体叶片的这种自动调节作用,可以有效地减小大田消光系数。山东省农业科学院植物生理研究室报道,同一品种,在 2000~2500 株时,大田消光系数( $K$  值)为 0.7,而在 3000~4000 株时,降为 0.5,从而使高密度群体的光分布得到改善。

## 二、群体叶面积的合理范围与光分布特性的相依性

合理叶面积指数,是指净同化量最大时的叶面积指数。因此,它应该是合理密植的重要生理指标。在生产上,通常用株数来表示密度范围,其优点是应用方便,但受栽培条件影响较大,因而不能反映品种的密度潜力。

密度随生产水平而变化,这种变化的限制因子是肥水条件。而合理叶面积指数的确定是以光照资源为基础的。在一个地区,光照强度是比较恒定的。因此,叶面积指数可以概括一个品种的密度潜力。就是说,在肥力水平较低条件下,密度宜稀,是受肥力条件的限制,并非品种不能密植;在高肥条件下则宜密植,但其密度的最大值也不能超过叶面积指数所能容许的范围。

叶子是形成产量的主要器官。在一定范围内,产量随叶面积的增加而增加。据广西壮族自治区玉米研究所 1979 年资料,当叶面积指数为 2.4~3.1 时,亩产 700~790 斤。叶面积指数达到 3.2~3.9 时,亩产 800~900 斤。当叶面积指数为 4~4.5 时,亩产可达 1000~1200 斤;河南省农业科学院认为,叶面积指数为 2.7~3.0 时,亩产 300~400 斤。叶面积指数为 3.2~3.5 时,亩产 600~700 斤。叶面积指数为 3.7~3.9 时,亩产 800 斤。叶面积指数为 3.9~4.3 时,亩产可达千斤以上;吉林省农业科学院 1981 年的研究指出,当叶面积指数为 2.76, 3.07, 3.61, 3.97 时,其产量分别为 400, 800, 1000, 1100 斤。

上述事例,虽然结果不完全相同,但趋势是一致的。在一定范围内,产量随叶面积的增高而增高。由此可以看出,叶面积的多少,可以作为分析密度合理性的基础。

但是,在生产上也还有另一种情况,即叶面积增加到一定限度之后,由于叶片的相互遮阴,降低了叶子的工作效率,因而其产量不仅不再增加,而且有时还要降低(表 9-3)。

表 9-3 叶面积指数和产量的关系\*

(山东省农业科学院,1976)

最大叶面积指数	2.60	3.16	3.91	4.35	5.39
产量(斤/亩)	690.60	725.25	705.66	678.10	663.19

\* 本试验系 1963 年进行,1975 年发表。品种为双跃 3 号,平展型叶片。

由此可见,要达到高产,叶面积必须有一个合理的范围。从表 9-3 可以看出,当叶面积指数低于 3.16 时,产量不高,但达到 3.9 以上时,产量呈现有规律地下降。证明叶片平展型的品种,叶面积指数的合理范围在 3~4 之间,有些高产地块采用的紧凑型品种,叶面积指数达到 5 以上,与这个范围相适应的密度,便是合理密度。

叶面积的合理范围决定于群体的光分布特性。而光分布特性又决定于群体结构,特别是叶片的立体分布和生长势态。茎叶夹角、叶间距、叶片宽度及长度等等,都影响群体的光分布特性。群体的光分布状况,通常用大田消光系数( $K$ 值)来表示,影响 $K$ 值的诸因素中,茎叶夹角是主要的。试验证明,在同一个品种,同样密度,同样叶面积指数的情况下,茎叶夹角由  $44^\circ$  改为  $30^\circ$ ,群体内的透光率则由 1.84% 提高到 8.10%,增加了 3.4 倍,使群体内光照有了显著改善。

过去的许多研究证明,玉米群体的光分布规律,也同样遵循着比耳-兰伯特定律,即群体内总光强的负对数与叶面积成正比。用公式表示为:

$$I_F = I_0 e^{-KF} \quad (9-1)$$

即:

$$\ln \frac{I_F}{I_0} = -KF$$

式中:  $I_F$  为群体内光强度;

$I_0$  为自然光强度;

$F$  为叶面积指数;

$K$  为消光系数;

$\ln$  为自然对数。

$K$  值的大小代表群体的光分布特性,是入射光通过每层叶面积时所减低的比例常数,其数值越大,越不利于群体的光能利用。山东省农业科学院植物生理研究室测得  $K$  值为 0.7; 顾慰连等在沈阳的研究也取得了同样的结果。据此,光强每通过叶面积指数为 1 时,光强减弱  $e^{-0.7} = 0.50$ , 即减弱一半。通常昼夜平均光照按 2 万米烛光计算,当叶面积指数为 4 时,第一层所接受的光强是 20,000 米烛光,第二层减半后为 10,000,第三层 5000,第四层 2500。根据实际测定,由于叶片的生长状态各不相同,每片叶子所接受的实际光强度大约是该叶位处实际光强度的 70%,所以第四层叶子虽然有 2500 米烛光,但叶片实际受到的光强度,只有 1750 米烛光。根据山东省农业科学院的测定,玉米的光补偿点为 800~1500 米烛光,平均按 1000 米烛光计,已接近光补偿点。

根据过去的研究,比较平展的叶片,消光系数都在 0.7 左右,这个类型的品种叶面积指数不能超过 4。

但是,这几年随着育种工作的进展,在株型上都有不同程度的改进,由水平状态的叶片逐步向直立方向过渡,使茎叶夹角都有不同程度地缩小,因而改变了群体光分布的特性。1980 年山东省农业科学院用矮莫 × 黄早 4 单交种测得,  $K$  值为 0.33, 按此数计算,光强每通过叶面积指数为 1 时,减弱 26%,因此,要使群体内部光强接近补偿点,叶面积指数必须达到 8 (第八层仍有 2430 米烛光)。与平展叶片相比,叶面积指数增加了 4。

山东省掖县后邓大队选育的 107×黄早 4 杂交种,连续多年创造了高额丰产,1980 年春播,亩产达到 1800 斤。107×黄早 4 的株型也属紧凑型,其群体消光系数为 0.5,当叶面积指数达到 5 时,仍有 2714 米烛光,所以尽管植株高大,但其密度仍在 5000 株以上。

叶面积的合理范围,决定于  $K$  值的大小。按光补偿点为 1000 米烛光计算,叶片只利用其叶位处光强的 70%,为了更加稳妥,我们把 2500 米烛光视为群体内有效光强度。据此,把  $K$  值与合理叶面积指数的范围计算如下(表 9-4)。

表 9-4  $K$  值与叶面积指数的合理范围

$K$ 值	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
每经过叶面积指数 1 时光能递减(%)	55.1	50.4	45.1	39.3	31.0	26.0	18.0
合理叶面积指数	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	8.0	11.0

需要指出,  $K$  值的大小为群体结构所决定,与光强无关,但是在同样  $K$  值的群体上,叶面积指数的合理范围则受平均光强的制约。上面所提到的合理范围,是把平均光强限定在 20,000 米烛光的基础上计算的。由于我国幅员辽阔,在同一季节,有的是雨季,有的是旱季,加上地理纬度差异,太阳总辐射差别极大,自然不能用同一标准衡量群体的合理叶面积。

$K$  值确定之后,一个品种的最适叶面积指数就可以计算出来,其合理密度也可粗略地估算。

$$\text{密度} = \frac{\text{合理叶面积指数} \times 666.7}{\text{单株叶面积(散粉期)}}$$

$K$  值的变化受叶片角度的影响最大,叶片平展的玉米群体,不受入射角的影响,在群体中的光分布已如式 9-1 所示。但直立叶的情况就不同,当直射光穿过群体时,太阳的天顶角越大,则太阳光穿过同样群体时所经过的叶子越多,光强减弱越快。所以直立叶群体内部的光强度可用下式表示:

$$I_F = I_0 e^{-\left\{ LAI \cdot \frac{1}{\sin \beta} \left[ \frac{F'}{F} \right]_{\alpha, \beta} \right\}} \quad (9-2)$$

由此式可以推导出直射光的  $K$  值:

$$K = \frac{1}{\sin \beta} \left[ \frac{F'}{F} \right]_{\alpha, \beta} \quad (9-3)$$

式中: LAI 为叶面积指数;

$\alpha$  为叶片的倾斜角,即与水平面方向的夹角;

$\beta$  为光的入射角;

$\frac{F'}{F}$  为叶面积( $F$ )及其在水平面的投影( $F'$ )之比;

$\left[ \frac{F'}{F} \right]_{\alpha, \beta}$  为这种比值的全方位积分的平均值。

当  $\alpha \leq \beta$  时

表 9-8 叶片在水平方向上的投影面积( $F'$ )与实际叶面积( $F$ )之比值

(Witt, C. T., 1965)

太阳角度 $\beta$	子 叶												度					太阳角度 $\beta$	
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°		85°
0°	.000	.088	.111	.165	.218	.269	.318	.365	.409	.450	.488	.521	.551	.567	.598	.615	.627	.634	.637
5°	.087	.087	.124	.173	.223	.273	.321	.367	.410	.450	.487	.520	.550	.575	.596	.613	.625	.632	.634
10°	.174	.173	.171	.199	.240	.284	.328	.371	.412	.450	.486	.517	.546	.570	.590	.606	.618	.625	.627
15°	.259	.258	.255	.280	.304	.324	.341	.379	.416	.451	.483	.513	.539	.562	.581	.596	.606	.613	.615
20°	.342	.341	.337	.330	.321	.335	.351	.391	.421	.451	.480	.506	.530	.550	.567	.581	.590	.596	.598
25°	.423	.421	.416	.408	.397	.383	.389	.407	.430	.453	.476	.498	.518	.536	.550	.562	.570	.576	.577
30°	.500	.498	.492	.483	.470	.453	.433	.432	.442	.457	.473	.489	.504	.518	.530	.539	.546	.550	.551
35°	.574	.571	.565	.554	.539	.520	.497	.470	.461	.464	.471	.480	.489	.498	.506	.513	.517	.520	.521
40°	.643	.640	.633	.621	.604	.583	.557	.527	.492	.476	.471	.471	.473	.476	.480	.483	.480	.487	.488
45°	.707	.704	.696	.683	.664	.641	.612	.579	.542	.500	.476	.464	.457	.453	.451	.451	.450	.450	.450
50°	.768	.763	.754	.740	.720	.694	.663	.628	.587	.542	.492	.461	.442	.430	.421	.416	.412	.410	.409
55°	.819	.816	.807	.791	.770	.742	.709	.671	.628	.579	.527	.470	.432	.407	.391	.379	.371	.367	.365
60°	.866	.863	.853	.837	.814	.785	.750	.709	.663	.612	.557	.497	.433	.389	.361	.341	.328	.321	.318
65°	.906	.903	.893	.875	.852	.821	.785	.742	.694	.640	.588	.520	.453	.393	.355	.304	.284	.273	.269
70°	.940	.936	.925	.908	.888	.852	.814	.770	.720	.664	.604	.539	.470	.397	.321	.270	.240	.223	.218
75°	.966	.962	.951	.933	.908	.875	.837	.791	.740	.683	.621	.554	.483	.408	.350	.280	.250	.233	.228
80°	.985	.981	.970	.951	.925	.893	.853	.807	.754	.696	.633	.565	.492	.416	.357	.285	.255	.234	.229
85°	.996	.992	.981	.962	.936	.903	.859	.816	.768	.704	.640	.571	.498	.421	.341	.268	.233	.207	.205
90°	1.000	.996	.985	.966	.940	.906	.866	.819	.766	.707	.643	.574	.500	.423	.342	.269	.214	.187	.180

$$\frac{F}{F_0} = \cos \alpha \cdot \sin \beta \quad (9-4)$$

当  $\alpha > \beta$  时

$$\frac{F'}{F} = \left[ \frac{2}{\pi} \sin \alpha \cos \beta \sin \theta_0 + \left( 1 - \frac{\theta_0}{90^\circ} \right) \cos \alpha \sin \beta \right] \quad (9-5)$$

式中:  $\theta_0$  为叶片自东而西按顺时针方向的方位角( $\theta$ ), 取值范围为  $0 \sim 90^\circ$ , 满足方程  $\cos \theta = \cot \alpha \cdot \tan \beta$

当  $\alpha$  角比  $\beta$  角小时, 即只有叶片的正面受到直射光, 则消光系数随  $\alpha$  角的增大而变小, 但并不随  $\beta$  角的变化而变化。若  $\alpha$  角比  $\beta$  角大, 即叶片背面也受到直射光, 则随着  $\beta$  角的缩小, 消光系数便增大。 $\alpha$  值越小, 消光系数增大越显著, 若  $\alpha = 0$ , 即水平状态的叶片, 消光系数通常等于 1。

总起来说, 太阳高度越低, 即纬度越高, 叶片角度对消光系数的影响越小; 纬度越低, 叶片倾角的影响越显著。

### 三、群体叶面积的发展及其规律性

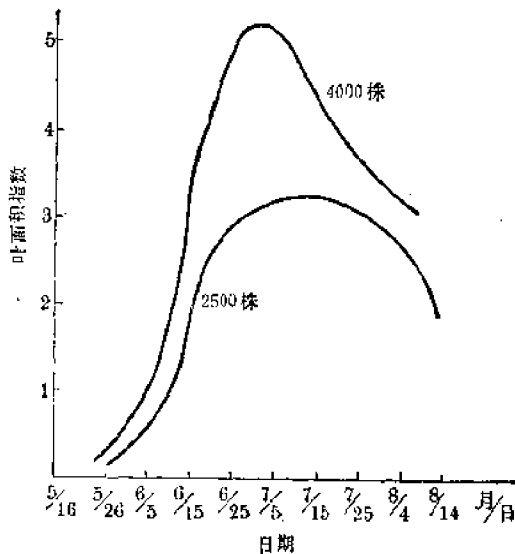


图 9-4 不同群体叶面积动态曲线  
(山东省农业科学院, 1976)

叶面积发展的动态过程, 是衡量群体结构是否合理的依据, 也是决定群体产量的重要指标。密度不同, 叶面积的发展动态也不同。这里引证山东省农业科学院的资料予以说明。每亩密度 2500 株和 4000 株两个群体, 前者单产 725.25 斤, 后者单产 636.19 斤, 这两个群体的叶面积发展如图 9-4。

图中两条曲线表现了不同的特性。我们把它的增长过程分成以下四个时期:

1. 指数增长期 叶面积的增长与时间成指数规律增加。这个阶段, 对春玉米大约是出苗后的 40 天结束, 占整个玉米生育日数的 40%。这一阶段有的称为缓慢生长期, 这种名称上的变化是从不同的方面考虑的。所谓缓慢生长期, 是指叶面积在这一期间的

绝对生长量而言。这期间, 尽管叶子的相对扩展有极高的速度, 但其绝对量是有限的。这一阶段的特点是群体与个体之间未出现矛盾, 群体叶面积与密度成正比, 个体干物质重量与密度无关。

2. 直线增长期 指数增长期之后, 随着进入直线增长期, 这一阶段约 20 天, 占整个生育期的 20%。其主要特点是, 喇叭口到抽穗阶段叶面积发展到最大值, 群体与个体的矛盾突出起来。这一期间的肥水管理十分重要, 对稳定叶面积有不可忽视的作用, 是玉米栽培上的关键时期。

3. 稳定期 叶面积达到最大值后, 在一段时间内保持不变, 或变动很小。这段时间保持的长短, 受两种因素的影响, 一是肥水条件, 二是密度, 实际上是光照条件。当叶面积指数在合理范围以内时, 叶面积的迅速下降与密度无关, 主要原因可能是肥水失调造成的; 当叶面积指数超过合理范围时, 叶面积急剧下降的原因主要是密度过大, 叶片相互遮阴, 底部光照不足, 使叶片过早枯黄造成的。图 9-4 中 4000 株的群体就是如此。根据过去的测定, 与双跃 3 号同一类型的品种, 叶面积指数以 3.5 为宜, 当达到 5 之后, 群体底部的光照已严重不足, 所以很快下降, 几乎没有稳定期。而每亩 2500 株的群体, 其叶面积指数在合理范围内, 群体底部的光照, 不会因不足而枯黄, 所以稳定时期达 20 天之久。这一阶段的特点是玉米已由营养生长转向生殖生长。这期间的光合产物, 绝大部分用于籽粒形成。所以叶面积的多少对产量关系很大。生产上所谓的攻穗肥, 其实质是稳定这一阶段的叶面积, 使它不过早落黄, 延长叶子的功能期。

4. 衰亡期 指叶面积达到最大值之后, 开始下降的阶段。应当指出, 从产量形成来看, 把衰亡期作为叶面积的一个发展阶段是不合理的。许多高产典型证明, 成熟前的叶片衰亡并不是一个必然的过程。成熟时, 保持叶片的绿色状态, 是高产的重要特征。

当我们研究叶面积的动态规律时, 可清楚地看出, 指数增长期长达 40 天, 占整个生育日数的 40%。在此期间由于叶面积太小, 使漏射光高达 60% 以上, 除去反射光, 被群体截获的光能不足三分之一, 这对提高光能利用是一个巨大浪费。但是, 对粮食作物来说, 要增加这一阶段的光能利用, 除了实行间作套种外, 目前还无其他良策。在直线增长期及稳定期, 主要是通过改变株型以提高光能利用, 目前已取得了相当成就。在衰亡期如何保持叶片的功能, 在生产实践上还未引起足够重视。然而, 这个阶段存在着巨大的生产潜力。根据山东省农业科学院 1975 年资料, 玉米授粉后, 净同化率在  $10 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{日}$  左右, 而这时光合产物主要用于产量的积累, 如果合理叶面积指数按 4.5 计算, 时间为 35 天, 总积累量可达 2100 斤。净同化率  $10 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{日}$  的数值不是最高值, 但它是在较好条件取得的。当条件较差时, 一般为  $7 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{日}$  左右, 故产量每亩也能达到 1470 斤。目前群体叶面积后期过小, 是限制产量的重要因素(表 9-6)。

表 9-6 叶面积的发展过程与产量的关系

(山东省农业科学院, 1977, 春播)

密 度 (株/亩)		2000	3000	4000
最大叶面积指数		2.60	3.91	5.39
叶面积发展过程(日数)	指数增长期	30	30	30
	直线增长期	30	30	30
	稳定期	30	10	2~3
	衰亡期	10	30	38
产 量 (斤/亩)		690.6	705.7	663.2

上面的资料说明, 群体产量不仅决定于叶面积的大小, 而且也决定于叶面积的动态过程。

#### 四、光 合 势

叶面积指数及其动态过程,对分析产量的形成过程无疑提供了重要依据。但是,这并不能揭示产量有高低之别的本质。因为叶子在形成产量过程中,决定于两个因素,一是叶子的工作时间,二是叶子的工作效率。同样的产量,因为条件不同,每个因素所起的作用也不同。这就需把整个群体的叶片按它的功能期折成“工作日”——光合势,以便比较检查各个因素在产量构成中的作用。自然,光合势越大,说明群体光合积累的时间越长,其产量也应该越高。光合势与叶面积指数的发展是一致的,随密度而增加,而干物质的积累也是随光合势有规律地增长(表 9-7)。

表 9-7 群体光合势与干物质积累

(山东省农业科学院, 1977, 春播)

光合势(米 <sup>2</sup> ·日)	97,000	118,000	135,000	149,000	171,000
生物产量(斤/亩)	1907.20	2341.26	2885.68	2786.54	2227.71

从上述资料看出,光合势从 97,000~149,000 米<sup>2</sup>·日,生物产量表现了有规律的增加,但是,光合势达到 171,000 之后,生物产量开始下降,这与以往的许多研究是一致的。例如,范福仁在玉米密植程度研究一文中所列举的两个试验表明,生物产量随密度而增加,当达到最大值之后,生物产量又“反馈”到较低的位置上,然后处于稳定值。

在研究产量的构成理论时,光合势是一个重要指标。烟台地区农业科学研究所就不同生产水平的群体作了调查,结果指出,产量随光合势的增加而增加,当光合势为  $7.5 \times 10^4$  米<sup>2</sup>·日时,亩产 476 斤;当光合势为  $9.5 \times 10^4$  米<sup>2</sup>·日时,亩产 603 斤;当光合势达到  $15 \times 10^4$  米<sup>2</sup>·日时,产量达到 900 斤。山东省昌潍地区农业科学研究所 1979 年的研究指出,亩产千斤,总光合势应在 12.8~13.8 万之间,并认为从出苗到散粉阶段应占总光合势的 32.8%;散粉到成熟应占 67.2%。

#### 五、净 同 化 率

密度是影响玉米净同化率的重要因素之一。山东省农业科学院 1977 年的报道表明,每亩 2000 株的玉米,其净同化率为 10.06 克/米<sup>2</sup>·日,3000 株为 9.36 克/米<sup>2</sup>·日,而 4000 株的为 7.85 克/米<sup>2</sup>·日。由此看来,一个高产群体,不仅要有大的光合势,而且要有高的同化率。但在实践上这两者有矛盾,研究密度的目的,在于取得一个协调的群体,使两者都得到较好的发展(表 9-8)。

光合势与净同化率的乘积应是生物产量,折成经济产量还要乘以经济系数。而经济系数在不同密度中当然不会相同,一般是随密度的增加而降低。但是,从上面的数字可以看出,2500 株所以高产,除了较大的光合势以外,还有较高的净同化率;2000 株的群体,虽然净同化率较高,但光合势少了近 2000 米<sup>2</sup>·日;同样,4000 株的群体虽然取得了较大的光合势,但因净同化率低,所以产量也不及 2500 株的高。



表 9-8 光合势、净同化率与产量的关系

(山东省农业科学院, 1976)

密 度	2000	2500	4000
光 合 势(万米 <sup>2</sup> ·日)	9.70	11.80	17.10
净同化率(克/米 <sup>2</sup> ·日)	10.06	10.29	7.85
产 量(斤/亩)	690.60	725.25	663.59

另外, 气候因素对净同化率也有一定影响。例如在济南, 春玉米的产量常常高于夏玉米, 春玉米 700~800 斤, 而夏玉米多在 600 斤左右。其原因, 除病害外, 气候条件也影响了净同化率的提高。夏玉米生长期正处于雨季, 高温多雨、光照不足是影响夏玉米光合积累的主要原因(表 9-9)。

表 9-9 不同密度对春、夏玉米净同化率的影响

(山东省农业科学院, 1976, 品种: 双跃 3 号)

密 度(株)	2000	2500	3000	3500	4000
春 播	9.79	9.97	8.80	8.50	6.66
夏 播	7.76	8.64	7.89	7.15	6.50

玉米的净同化率还为本身的发育时期所决定(图 9-5)。根据净同化率的大小, 可分成三个时期, 即上升期、下降期、回升期。有的分四个时期, 即增加了成熟前因生活机能衰退所表现的下降期。

上升期, 即从出苗至出苗后 40 天结束。大约在 9 片叶子展开时达到顶峰, 净同化率为 14 克/米<sup>2</sup>·日。此时玉米正处在拔节期, 是生长旺盛的阶段, 群体与个体之间的竞争关系还未显露出来。之后进入下降期, 至出苗后的 40~80 天结束, 大约在散粉期达到最低值, 净同化率为 6.8 克/米<sup>2</sup>·日。这一时期, 虽然干物质积累急剧增加, 但由于叶片相互遮阴, 以及叶

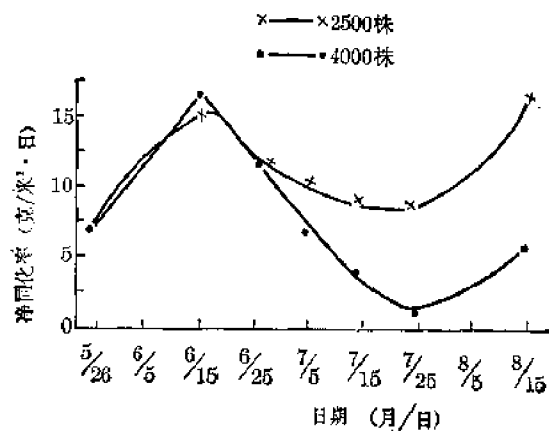


图 9-5 玉米不同群体净同化率曲线

(山东省农业科学院, 1976)

面积迅速扩大,使净同化率下降。回升期,是从籽粒灌浆开始,到成熟结束。净同化率的平均强度为 9.7 克/米<sup>2</sup>·日。生产上应该充分利用后期净同化率升高这一规律。

## 六、经济系数

经济系数是经济产量和生物产量的比值,它是联结生物产量和经济产量的纽带。三者之间的关系可表示为:产量=经济系数×生物产量。可以看出,产量的高低,不仅取决于生物产量,同时也取决于经济系数,两者的乘积最大时,产量达到最高值。为了提高单产,增加生物产量,确定适宜的密度是重要的手段。在正常情况下,密度较低时,生物产量随密度而增加,但是达到一定密度后,生物产量与密度无关,呈渐近状曲线,而经济系数则随密度的提高而降低,所以产量和密度呈抛物状曲线。当抛物线处于上升阶段时,经济系数虽因密度的增加而降低,但生物产量却随密度的增加而急剧增加,所以总产量仍会不断上升。当密度进一步提高时,经济系数继续下降,生物产量逐渐成为一稳定值,因而产量曲线呈下降状态。

经济系数的形成,是玉米品种和环境条件综合作用的结果。就品种而论,经济系数低的只有 0.10,高的为 0.67。据墨西哥国际玉米、小麦改良中心的材料证明,经济系数有很强的地域性。在高纬度温带,玉米一般植株矮小,雄穗小,顶端优势低,经济系数大于 0.5,对前期积累的干物质能充分利用,灌浆期“源”不足是限制产量的主要因子;中纬度温带,经济系数为 0.5,“源”与“库”对产量各限制一半,开花以后的光合产物全部运输到穗部;热带低海拔地带,植株高大,叶片多,雄穗大,顶端优势强,经济系数在 0.3~0.4 之间,开花后积累的干重向穗部输送的只有 80%,产量主要受“库”的限制。

在密度试验中,经济系数下降,主要是“库”的竞争能力受到不同程度的削弱所致。在营养生长期遮光,对“库”的限制作用不大,后期光合产物的分配大体一致,经济系数大体相同。但是,生殖生长阶段,即抽丝前后各 20 天左右,正是决定穗数、粒数、籽粒体积的临界期,即决定“库积”大小的关键时期,此时遮光,“库”强度减小,导致灌浆期“库”的积累减少,所以经济系数显著降低。由于灌浆期的“库积”已经固定,此时遮光的主要作用是减少了光合产物的积累。据 1980 年田海云等报道,粒数是由多种因素造成的。不同密度之间,肥料水平之间,都有显著差别,而且在同一密度和肥力条件下,后期疏株也能改善结实性(表 9-10)。

表 9-10 玉米密度对花、粒发育的影响

(田海云,1980)

土壤肥力	密度(株)	每穗小花数	不完全花	未受瘠花		败育			有效粒数
				顶部	中下部	早	中	晚	
高肥	2166	903.1	21.7	50.6	21.0	26.4	60.1	5.1	709.0
	3000	901.2	18.8	58.5	21.3	109.5	55.0	14.6	617.4
	4333	880.4	18.5	88.6	18.0	144.9	53.8	17.2	533.0
低肥	1833	864.1	32.0	74.8	12.6	201.4	102.3	3.9	433.6
	3666	837.7	37.9	88.6	9.8	283.8	56.9	3.7	354.8

由上表可看出,每穗粒数只是花、粒形成的最后结局。不同密度及不同肥料间,从每穗小花数上即出现了差别,不完全花在密度间虽差别不大,但肥力水平之间差别是很大的。密度和肥力水平,也影响到玉米的授粉过程,尤其是果穗顶部的小花,处理间差别明显,小花受精后的败育,特别是早期败育,是影响粒数的重要因素。在低肥而密度较高的情况下,每穗小花的成粒率只有 42.35%;就是在高肥低密度下,小花成粒率也只有 78.51%。改善光照和营养条件,对增加粒数和体积有重要作用。据李东方 1981 年报道,灌浆初期遮光 4 天,籽粒干重比对照减轻 27.3%,每个籽粒的体积减少了 12.5%;中后期遮光 10 天,籽粒干重减轻 17.9%,体积减少 19.9%。

## 第二节 玉米群体与个体的相互关系

以往,在谈到群体和个体的关系时,多数是以最后的产量来表示,因此,不能揭露群体和个体之间的矛盾规律,尤其不能了解矛盾发展的全过程。而用动态的观点,深入研究群体和个体之间的相互关系,明确其发展规律,对于改进田间管理措施,提高单位面积产量,具有重要意义。

### 一、密度对个体的影响

许多研究指出,玉米单株干物质的积累,并不是等速进行的,它明显地区分为三个阶段。即指数增长期、直线增长期和缓慢增长期。每个阶段所持续的时间,各占整个玉米生育期的三分之一左右。各阶段个体间的竞争状况也不同。前期群体与个体没有明显的矛盾,中期和后期竞争关系逐步激化。

春玉米从出苗至拔节,为第一阶段,约 40 天,干物重的积累是以指数规律增长的,称为指数增长期。根据山东省农业科学院的研究,在这一期间,单株干重由三叶期的 0.23~0.28 克,增加到 38.65~48.60 克,绝对重量虽然增加得不多,但相对重量却增加了 167.04~172.57 倍(表 9-11)。

表 9-11 指数增长期单株干物质的积累(克/株)

(山东省农业科学院,1963)

调查日期 (月/日)	5/16	6/26	6/5	6/15
密 度 (株)				
2000	0.233	1.606	8.940	48.600
2500	0.240	1.740	10.500	44.600
3000	0.280	1.540	8.850	41.600
3500	0.250	1.560	7.080	41.950
4000	0.240	1.560	8.720	38.650

指数增长期干物质的积累过程,可用下式表示:

$$W = AB^x \quad (9-6)$$

式中:  $W$  为某一时期的单株干重,  $A$ 、 $B$  为常数,  $x$  为时间, 其中  $A$ 、 $B$  两常数是需计算的。为了进行回归分析, 对这个方程式施以对数, 则:

$$\log W = \log A + x \log B$$

设  $\log W = y$ ,  $\log A = a$   $\log B = b$  故式 9-6 可以写成如下形式:

$$y = a + bx \quad (9-7)$$

这样把干物质的积累曲线变成对数曲线, 使之直线化, 然后再进行回归统计。

根据上式的计算,  $a$ 、 $b$  两个常数在各处理中, 略有不同(图 9-6), 每亩 2000 株相对生长率的对数值为 0.0771, 3000 株为 0.0734, 4000 株为 0.0737。在高密度下, 生长率稍有变低, 但差异并不显著。

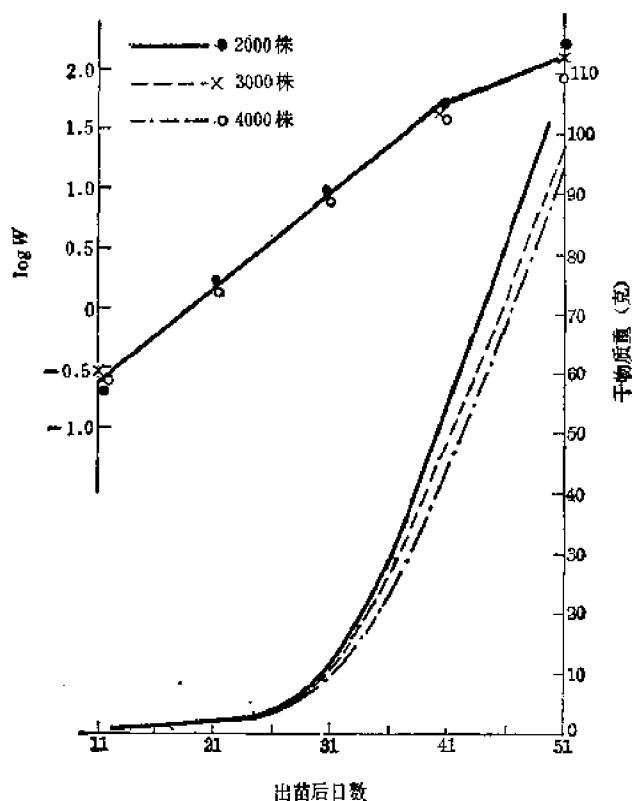


图 9-6 指数增长曲线

(山东省农业科学院, 1963)

由图 9-6 看出, 不同处理, 各期所计算的对数值, 一般都落在回归线上, 但在出苗后的 51 天, 所调查的资料则远远落在回归线下, 从而看出, 玉米干物重的指数增长期, 约在出苗后的 40 天结束。

在此阶段, 玉米群体和个体之间, 并没有表现出明显的矛盾。因此, 两者之间没有相互制约的关系, 单株生长状况与密度无关。这个阶段结束时, 株高已达 1 米左右, 叶数发展到 14 片, 完全展开叶已达 9 片, 穗原基即将伸长, 正处于由营养生长转向营养、生殖生长并进的时间, 伴随着发育上的这种转折, 在营养上也出现了新的要求。所以, 在栽培管理上, 这时正是第一次肥水管理的关键时期。

之后,转入直线增长期,即生长的第二个阶段,从拔节开始,到灌浆为止。

直线增长期,是从6月16日起,到7月15日结束。在这一时期,干物质的积累量,以6月15日为100,到7月15日增加到500左右,其中2000株的为528;2500株的为560;3000株的为548;3500株的为525;4000株的积累最少,仅为484。由于密度不同,其干重的增长率也不同,它们的回归方程如图9-7。

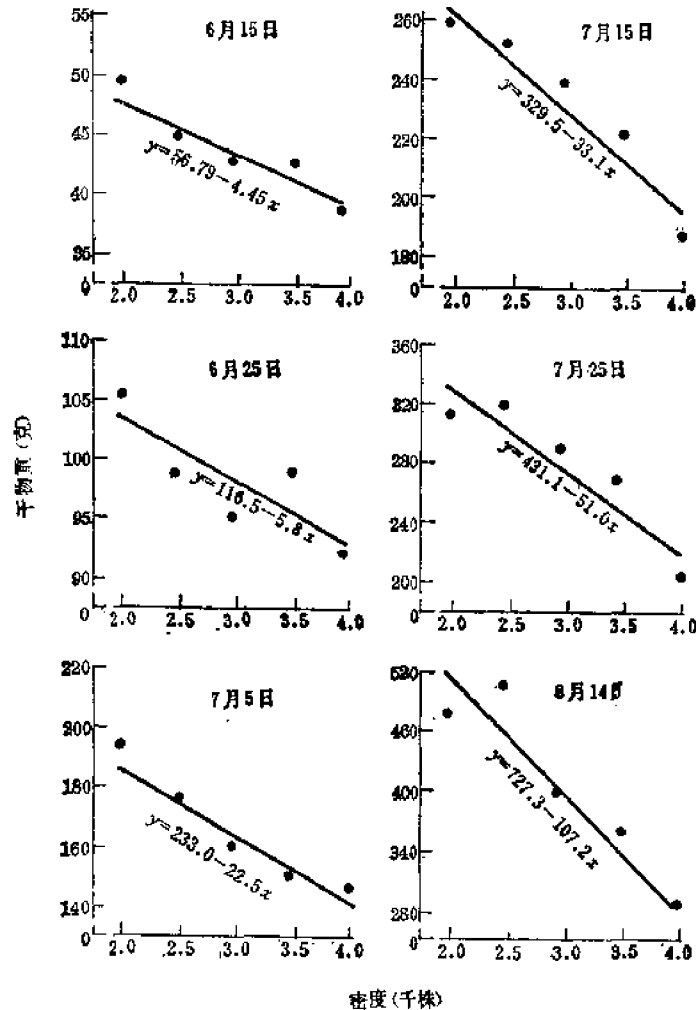


图 9-7 单株干物质积累过程回归曲线

(山东省农业科学院, 1963)

可以看出,每日平均相对增长率,2000株为7.275;3000株为6.203;4000株为5.147。差异十分明显。

在前一阶段,虽然也表现了密度的差异,但不明显。然而在直线增长期,显著的特点之一就是单株重量与密度之间有明显的相关。说明群体和个体之间出现了尖锐矛盾。这一点可以从图9-7中看出。

从拔节到灌浆,正是玉米生长发育最旺盛的时期,群体已发展到最大值。在发育上已由营养生长和生殖生长并进的时期转向生殖生长时期。根据过去的研究,灌浆期对氮的累积

吸收量,已达到一生中的 90% 左右,磷已达到 90% 以上,钾已达到 100%。应该说,群体和个体的矛盾将有所缓和,但事实并非如此,矛盾的发展,不仅没有减少,反而更加剧烈。

从灌浆至成熟,为第三阶段,称为缓慢增长期,这个阶段是从 7 月 16 日开始,直到 8 月 14 日(成熟)结束,由于养分多运往籽粒,因此是产量构成的主要阶段,也是栽培管理上的重点。但是,该期干重的增加速度已经减缓,以 7 月 16 日的干重为 100,到 8 月 14 日约为 140~180,即增加 0.4~0.8 倍。各处理相对增长率差异也很大,每亩 2000 株的,每天按 4.192 克的速率增长,3000 株的减为 3.316 克,4000 株的只有 1.808 克。从而说明,在缓慢增长阶段,生长竞争更为激烈。这在单株重量的回归系数上也反映得十分明显(图 9-7)。

由上述可知,不同阶段,群体和个体的竞争关系,并非完全一致。总地讲,随着生长时间的进展,竞争越加尖锐,同时个体所受的影响,不同器官也因时期而异,前期主要是削弱营养体,后期则主要是影响穗部。

从全株干重的积累看出,指数增长期虽然增加速度较快,但总干物重的积累平均只占整个生长期的 11.03% 左右,直线增长期占 46.84%;缓慢增长期约占 42.13%(表 9-12)。

表 9-12 各期干重积累量占单株总干重的比值

(山东省农业科学院,1963,春播)

密 度(株)	指数增长期(5/16~6/15)	直线增长期(6/16~7/15)	缓慢增长期(7/16~8/14)
2000	10.20	43.70	46.10
2500	8.75	40.00	51.25
3000	11.00	49.00	40.00
3500	11.50	49.00	39.50
4000	13.70	52.50	33.80
平 均	11.03	46.84	42.13

注: 5/16 为三叶期。

从上述资料可以看出,各时期的比值变动十分明显,密度增大降低后期比值的趋势,说明在产量的形成时期,光合器官未能充分发挥作用。

综合群体和个体干物质的积累过程,可以看出,单株干物质的积累,为群体密度所制约。不同密度的积累速度也不相同。玉米和其他作物一样,随着密度的增加,单株的积累速度减慢,表明了个体发育受到抑制,这种差异,愈到后期愈是显著。单株重和密度的函数关系如下:

$$y = a - \beta x \quad (9-8)$$

式中:  $y$  为单株干重;

$a$  为截距;

$\beta$  为回归系数;

$x$  为密度(千株)。

令

$$x = 0,$$

则  $y = a$

因此,就式 9-8 的意义,可以理解为  $a$  是不受密度控制而达到的单株重的最高理论值。 $\beta$  是每增加一千株单株重量所降低的系数。

各期  $\alpha$ 、 $\beta$  两常数如表 9-13。

表 9-13 单株干重不同时期回归系数的变动

日 期	6月15日	6月25日	7月5日	7月15日	7月25日	8月14日
$\beta$	-4.45	-5.80	-22.50	-33.10	-55.00	-107.20
$\alpha$	56.79	116.50	233.00	329.50	431.10	727.30

单株干重的降低系数,随着时间的推移,逐渐增加,明显地反映了群体和个体矛盾的尖锐化。6月15日回归系数为-4.45,10天后,增加到-5.80,从 $\beta$ 值的变化来看,群体和个体的矛盾是从7月5日突出起来的,这时 $\beta$ 值达到-22.5,从这以后,大幅度增加。从上述的数字中看出,个体发育受抑制的主要时期是7月5日以后,这时正值玉米授粉期, $\alpha$ 、 $\beta$ 均随生育期的变动,趋向增加。

从 $\beta/\alpha$ 比值可以粗略地看出两者的增加速度(表 9-14)。

表 9-14  $\beta/\alpha$  比值

日 期	6月15日	6月25日	7月5日	7月15日	7月25日	8月14日
$\beta/\alpha$	0.078	0.050	0.097	0.100	0.118	0.147

由上述各个时间看出,随着玉米的生长, $\beta$ 值的增加速度大于 $\alpha$ 值,说明从6月15日以后,群体和个体之间的矛盾日趋尖锐,个体所受到的密度效应日趋严重。

## 二、密度对群体的影响

就群体而论,虽然群体干物质由单株构成,但在密度过大的情况下,单株发育不良,干物质积累和密度之间便成了曲线关系。根据估算,前期干物质的积累符合直线回归方程,即: $y = a + bx$ 。这就是说,虽然群体和个体之间存在着尖锐矛盾,个体受到削弱,单株干重的积累减少,但是,在总体上并没有影响群体干物质的积累,群体干物质仍然随密度而增加,但到后期,由于生长竞争加剧,个体发育受到更大的限制。所以群体干物质的积累,不再遵循上述关系。比较明显地符合如下的曲线回归:

$$y = a + bx - cx^2 \quad (9-9)$$

式中:  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为常数;

$x$  为密度;

$y$  为群体干物重。

回归线的曲率与  $c$  值有关, $c$  值越大,曲率越大。从7月15日起, $c$  值逐渐增大,例如 7

月 15 日为 -141.36, 7 月 25 日为 -272.74。8 月 14 日为 -356.94, 这是群体和个体矛盾加剧造成的结果(图 9-8)。

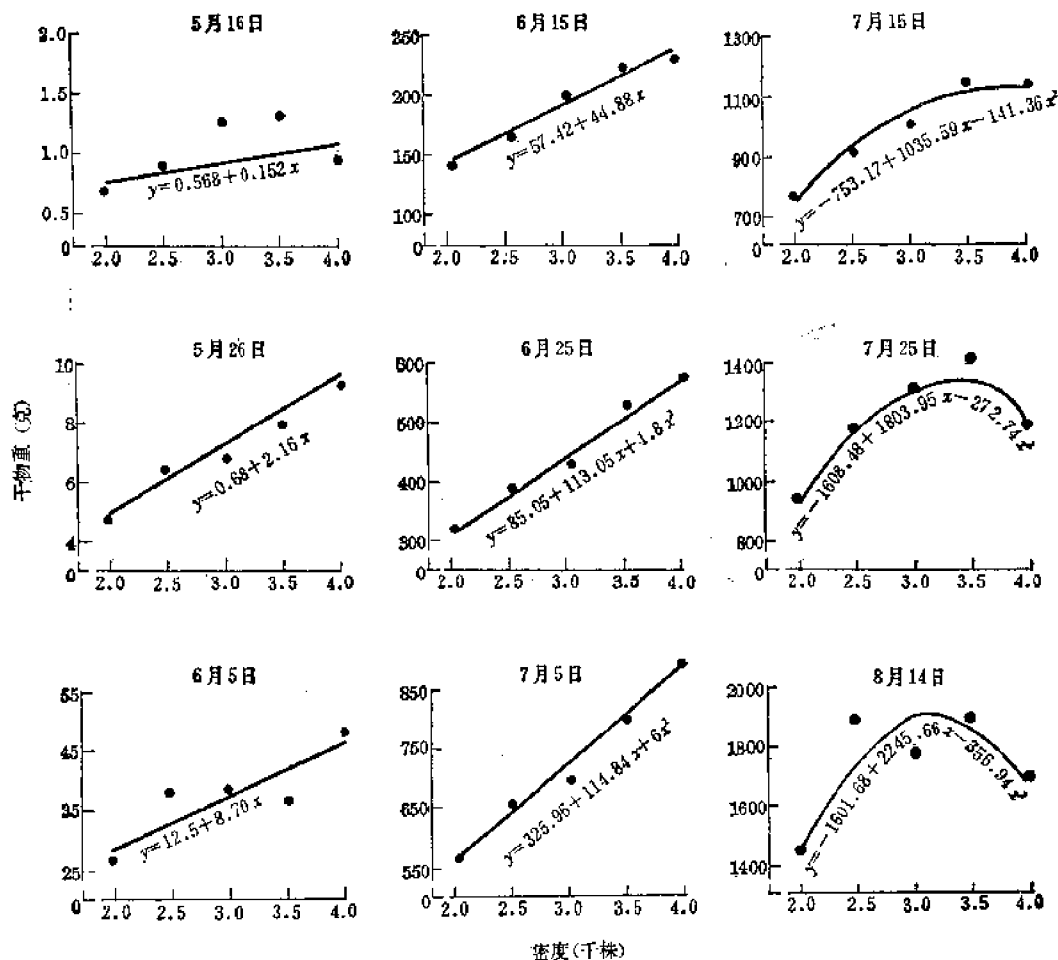


图 9-8 群体干物质积累过程回归曲线(克/米<sup>2</sup>)

(山东省农业科学院, 1963)

在进行回归统计中, 7 月 15 日的回归线有了较明显的弯曲, 但密度 4000 株的还未表现出明显地下降, 随着回归线曲率的增加, 到 7 月 25 日, 4000 株的回归线, 明显地低于 3500 株的高度, 表现了密度效应首先从高密度开始, 然后, 逐渐向低密度推移。

实际上, 指数增长期玉米群体干物质的积累和密度之间有密切关系, 积累量随密度而增加, 两者成比例; 但是, 在进入直线增长期以后, 干物质的积累受密度的影响较大, 虽然干物质的积累和密度有显著相关, 但已不再成比例。进入缓慢增长期, 干物质和密度之间, 不仅不成比例, 而且高密度处理反而有所下降, 以 7 月 15 日为例, 每亩 3500 株的干重为 1156.63 克/米<sup>2</sup>, 4000 株的反而下降到 1123.66 克/米<sup>2</sup>。7 月 25 日和 8 月 14 日测定也都是如此, 只是 4000 株的更低罢了。

从群体而言, 由于个体削弱, 总积累开始下降, 回归线由直线变成曲线。

过去的许多研究认为, 生物产量与密度之间为一渐近状曲线。但是上面所引证的资料



并不遵循这一法则,这方面的例子也是很多的,如黑龙江省嫩江地区农业科学研究所指出,当密度过大时,封垄前群体与个体之间的矛盾较小,群体干物重积累较快,但到封垄以后,通风透光条件较差,群体与个体矛盾加剧,因而群体干物质的相对积累速度也越来越慢。最后,植株细弱,果穗变小,生物产量和经济产量都很低。

高密度下生物产量所以不服从稳定值法则的原因是多方面的,空秆率是主要原因之一。山东省农业科学院 1975 年研究证明,密度由 2500 株增加到 4500 株时,果穗数由 2400 个只增加到 3300 个,穗数的增加少于株数的增加。又在同一试验中调查,低密度区空秆率为 1.6%,而高密度区为 18.2%。研究表明,高密度群体,其前期和中期并未表现生物产量的下降,下降的趋势只是在后期才反映出来,主要是空秆植株停止了干物质的积累,所以生物产量表现下降,其下降幅度与空秆率相一致。

叶面积的急剧下降也是造成群体干物质下降的原因。据试验,同一品种的叶片数基本不变,各节位叶片功能大小的次序比较稳定,但每片叶子的大小及功能期都受到密度的制约。如鲁单 3 号,11 片叶展开前,单株光合势密度间差别不大,但到 13 片叶展开后,行间开始封垄,高密度的各节位叶片的光合势显著下降,以 15 叶为例,高密度比低密度下降 12%,第 22 叶下降 4.5%。

总之,群体和个体间确实存在着矛盾,即所谓生长竞争,而且这种竞争是日益发展的。农作物群体不同于植物群落,可通过自然稀疏的方法缓和矛盾。群体和个体间矛盾的结局,均是随着密度的增加而使个体受到削弱,当个体受影响不大时,群体干物重并不表现降低,但达到一定限度之后,不仅经济产量表现下降,而且生物产量也大幅度降低,这种现象的出现,在很大程度上是空秆率增加引起的。

### 第三节 密度效应

密度效应表现在群体和个体的各个方面,探明这些规律,对认识密度与玉米的生长发育以及产量构成,具有重要意义。

#### 一、密度效应法则

所谓密度效应法则,即玉米单株干物重的倒数与密度呈直线性相关。玉米对密度的反应是十分敏感的,密度由低到高,密度效应逐步增强,它不仅反映在干物质的积累分配上,也表现在器官发育和内部代谢上。

密度的作用,对任何作物都是一样的。无例外地削弱个体的生长,使单株干物质积累减少。单株干重受两个因素支配,一是密度本身,随着密度的增加,个体生长受到的抑制越重;二是时间因素,随着玉米的生长,群体和个体的矛盾益趋尖锐。单株干物重( $W$ )与密度( $x$ )的关系,可表示如下:

$$W = \frac{1}{a + bx} \quad (9-10)$$

取其倒数,则:

$$\frac{1}{W} = a + bx \quad (9-11)$$

式中:  $\frac{1}{W}$  为每个单株形成一个单位重量所需要的株数;

$x$  为密度;

$a, b$  为常数。

上式说明, 单株重的倒数与密度呈直线相关, 即密度越大, 构成一个单位重量的株数越多, 这种关系即所谓密度效应法则, 可由图 9-9 得到证明。

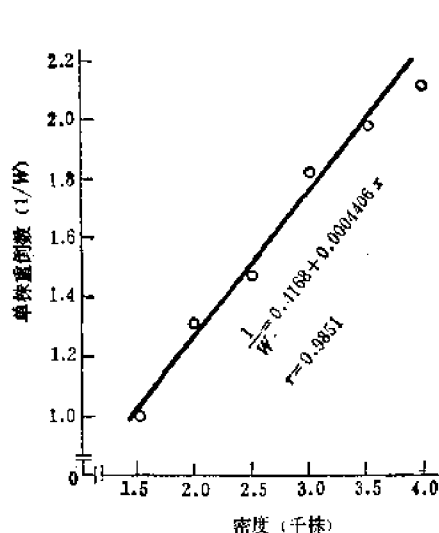


图 9-9 单株干物重的倒数与密度的关系  
(山东省农业科学院, 1964)

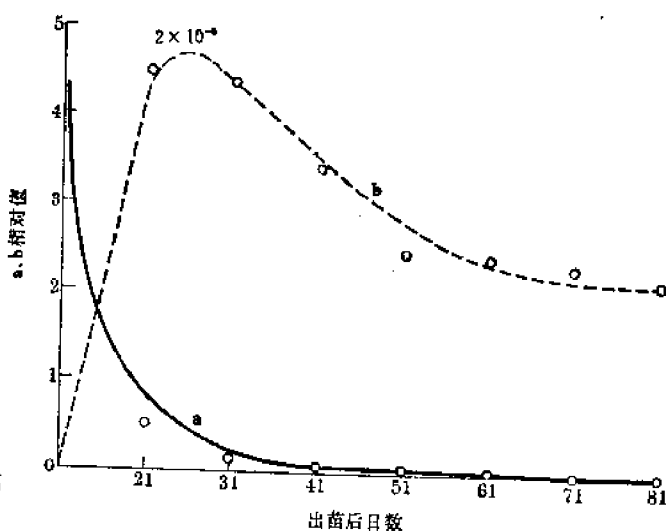


图 9-10 倒数式中  $a, b$  的时间变化  
(山东省农业科学院, 1963)

式 9-10、9-11 中,  $a, b$  两常数是生长期  $t$  的函数, 因而  $a, b$  随生长期的变化而变化。倒数式的线性关系虽然不变, 但其直线的斜率却因时而异。图 9-10 表明了  $a, b$  两常数的时间变化。

可以看出, 两条曲线有着明显的规律性。  $a$  值开始以近似指数的形式迅速下降, 最后趋向于零。  $b$  值在迅速达到最大值之后, 缓慢下降, 最后趋向稳定。

根据图 9-10 中两条曲线的变化, 可以设想, 当  $t$  等于零时,  $x$  不发生密度效应, 因此  $b=0$ , 所以式 9-11 可改写成:

$$\frac{1}{W} = a \quad (9-12)$$

即单株重等于最初的种子重, 当  $t$  增加时,  $b$  值开始增大。当  $t \rightarrow \infty$  时,  $a=0$ , 所以式 9-11 又成为:

$$\frac{1}{W} = bx \quad (9-13)$$

或:  $Wx = \frac{1}{b} = \text{常数}$ 。这意味着群体生物产量与密度无关。

根据式 9-10, 单株生物产量与密度呈双曲线形式(图 9-11)。即开始单株干重随密度的增加降低较快, 但密度达到一定值之后, 单株重亦趋向稳定。a、b 两常数的时间变化, 导致单株干物重的变化, 而且这种变化与 b 值的变化趋向相同。

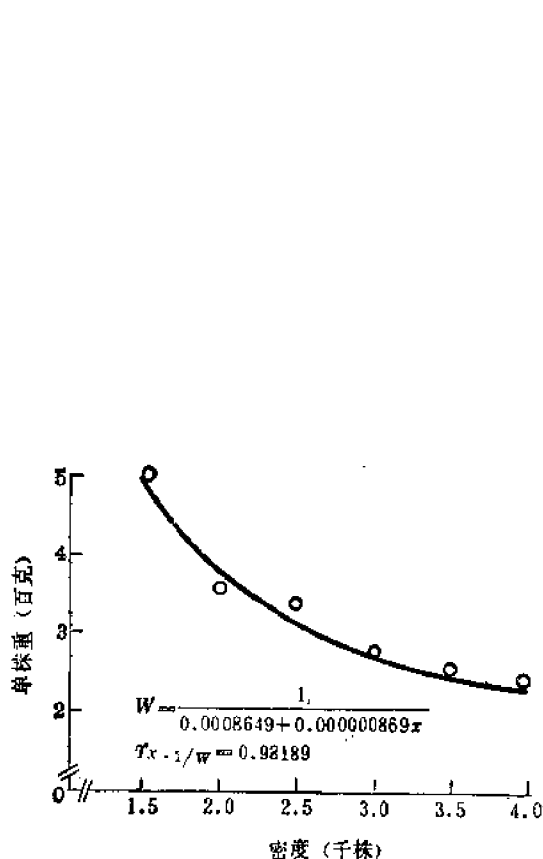


图 9-11 单株重与密度的关系  
(山东省农业科学院, 1964)

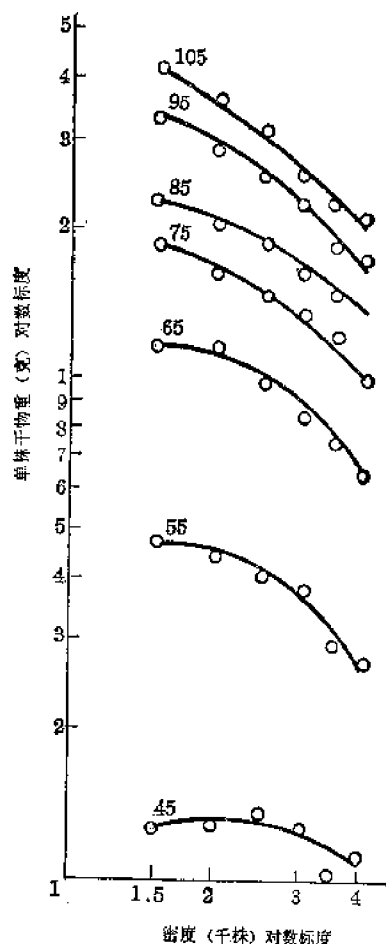


图 9-12 不同密度单株干物重的时间变化  
(山东省农业科学院, 1964)

如果将单株重和密度的关系, 按时间顺序绘在双对数坐标纸上, 便可看到密度对单株干重影响的动态过程(图 9-12)。当生长初期( $t$ )密度效应不明显, 曲线大体呈水平状态, 只是在 3000 株之后有所下降。所以 3000 株之前称为无竞争区, 3000 株之后称为竞争区。但是曲线上的这两个区域, 随着  $t$  的增大, 无竞争区逐渐缩小。例如播后 45 天, 从 1500~3000 株之间, 单株重无明显变化, 但是 55 天之后, 3000 株密度的单株重量显著下降, 整个曲线的斜率增大。最后的一条曲线成为近  $45^\circ$  的直线, 表明无竞争区已消失。

## 二、产量一定值法则

玉米群体生物产量与密度呈渐近状曲线相关, 即呈现产量一定值。这是许多作物的密度试验中, 经常看到的一个现象。群体生物产量与密度的关系, 可由式 9-10 导出, 将密度  $x$  代入, 则群体生物产量与密度的关系为:

$$W = \frac{x}{a + bx} \quad (9-14)$$

式中:  $W$  为群体生物产量;

$x$  为密度;

$a, b$  为常数。

式 9-14 表明, 当密度由低到高逐渐增加时, 开始干物重增长较快, 但是, 随着密度的增加, 效益越来越小, 曲线向  $\frac{1}{b}$  渐近。表现了生物总重量与密度无关(图 9-13)。

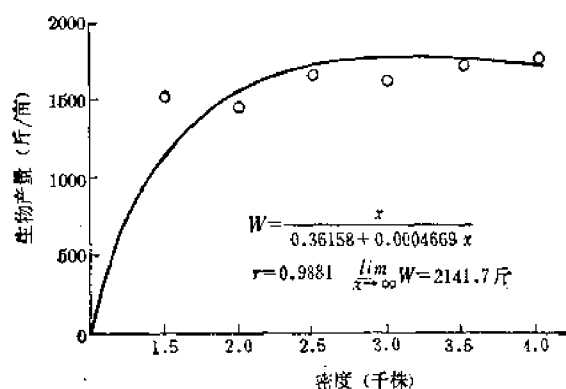


图 9-13 群体生物产量与密度的关系

(山东省农业科学院, 1964)

在该试验条件下,  $\frac{1}{b}$  值为  $\lim_{x \rightarrow \infty} W = 2141.7$  斤。

当群体达到一定密度之后, 生物产量成为一个稳定值。这一现象, 可能的解释是: 在物质生产的循环过程中, 当群体过度发展时, 并不能更多地利用光能, 每一个群体都有其合理的叶面积指数, 超过合理范围, 多余的叶片并不增加物质积累, 这在第一节中已经论述。另外, 肥水条件的限制作用, 群体的发展, 总是和一定的肥水条件相适应的。当肥水条件充足时, 能承担较大的密度, 因此, 曲线向  $\frac{1}{b}$  推进的速度就缓慢。当肥水条件不足时, 密度的合理范围就向偏稀方向转移, 曲线向  $\frac{1}{b}$  推进的速度要快些。

“产量一定值”, 在各种作物中都曾得到证明, 但在玉米的试验中表现了两种不同的反映, 有的品种密度和产量之间呈现渐近状曲线, 表现了典型的产量一定值法则; 但另一些品种, 其密度与产量之间呈抛物状曲线。后一现象的出现与空秆率有关。

### 三、密度与产量性状的关系

#### (一) 密度与穗数的关系

穗数是构成产量的因素之一。无疑, 提高密度可以增加穗数。但密度与穗数的关系是复杂的: 首先, 由于品种耐密性的差别, 在同样密度下, 空秆率不同, 所以穗数的增长比例也

不一样。以山东省农业科学院 1963 年的试验为例,每亩密度由 2000、3000 和 4000 株组成,每亩穗数相应为 2280、2880 和 3320 个,以 2000 株为 100,到 3000 株时,密度增加了 50%,穗数只增加了 26.315%。到 4000 株时,密度增加了一倍,穗数只增加了 45.614%。所以,穗数的增加比率逐渐变小;其次,肥水管理水平对穗数的多少也起着重要作用,同样一个品种,在同样密度下,由于肥水管理水平不同,表现也不完全相同(图 9-14)。

图 9-14 是根据山东省农业科学院 1963、1964 两年的试验资料绘制的,品种为双跃 3 号。由于栽培条件不同,密度对穗数的关系形成了两种不同的曲线,一条近似直线,一条近似渐近线。

品种的耐密性,对提高密度效果有重要作用。根据陕西省农业科学院试验,陕单 7 号在 2500~4000 株的不同密度下,穗数未表现密度效应,穗数的增长与密度的增长十分一致(表 9-15)。

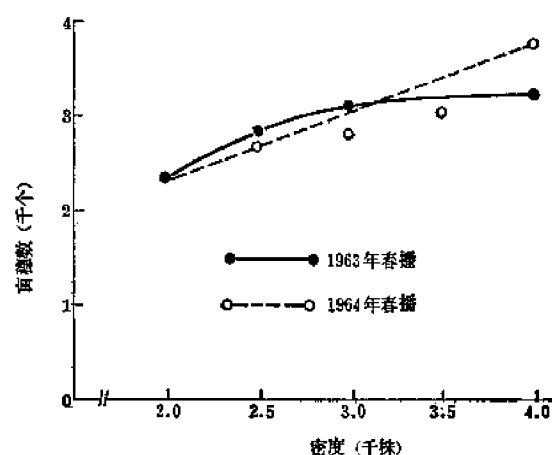


图 9-14 密度与穗数的关系  
(山东省农业科学院, 1964)

表 9-15 陕单 7 号在不同密度下产量因素的变化

(陕西省农业科学院, 1980)

密 度(株)	穗 数(个)	行 粒 数(粒)	千 粒 重(克)
2500	2542	37.63	347.5
3000	3014	35.50	335.9
3500	3500	34.65	328.5
4000	4000	33.43	321.0

可以看出,当低密度时,双穗率不高,但在高密度下,也没有空株,出现了密度与穗数同步增长的趋势。

密度和穗数的关系,过去曾有过许多研究,在许多研究资料中,曾把两者之间的关系用  $y = a + bx$  方程式来描述。式中  $y$  为穗数,  $x$  为密度,  $a$ 、 $b$  为常数。即穗数和密度呈直线相关。另一种是用变形双曲线,可用  $y = \frac{x}{a + bx}$  来描述,即随着密度的增加,穗数的增长比数越来越小,最后表现一稳定值,呈渐近线。在密度试验中,出现哪一类情况,决定于品种特性和试验条件。根据山东省农业科学院的资料,1963 年的试验用  $y = \frac{x}{a + bx}$  来描述,显著提高了配线的精确度,1964 年的试验,似乎用直线方程描述更好一些(表 9-16)。

表 9-16 中的相关系数( $r$ )尽管都达到显著标准,但仍可反映各方程式的配线精度。1963 年的试验用双曲线方程比用直线方程更好些,而 1964 年的资料正好相反,即穗数和密度呈

表 9-16 密度与穗数的关系

(山东省农业科学院, 1963、1964)

密 度(株)		1500	2000	2500	3000	3500	4000
穗数(个)	1963	—	2280	2825	2880	3115	3320
	1964	1958.7	2266.7	2650	3040	3430	3853
相关分析值	1963	$\frac{x}{y} = a + bx$ 式		$r_{x, \frac{x}{y}} = 0.9766$	$a = 0.49018$	$b = 0.0001788$	
		$y = a + bx$ 式		$r = 0.9532$	$a = 1462$	$b = 0.7629$	
	1964	$\frac{x}{y} = a + bx$ 式		$r_{x, \frac{x}{y}} = 0.9532$	$a = 0.65514$	$b = 0.0001034$	
		$y = a + bx$ 式		$r = 0.9990$	$a = 768.3$	$b = 0.7629$	

直线相关, 相关系数  $r$  达到 0.9990, 而  $r_{x, \frac{x}{y}} = 0.9532$ 。

但是,  $y = a + bx$  方程, 是一种无理描述, 因此, 无法作更大范围的估测。例如, 当  $x \rightarrow 0$  时,  $\lim_{x \rightarrow 0} y = a$ ; 又如  $x \rightarrow \infty$  时,  $\lim_{x \rightarrow \infty} y = bx = \infty$ 。以上表为例, 当密度为零时, 1963 年试验的  $a$  值为 1462 穗, 1964 年的  $a$  值为 768.3 穗; 而密度  $x \rightarrow \infty$  时, 穗数又呈直线增长, 没有极限。因此,  $y = a + bx$  式, 只能做一个范围不大的具体试验的估测, 而不能作更深入的理论分析。

$y = \frac{x}{a + bx}$  方程, 是从原点出发, 当  $x \rightarrow 0$  时,  $y = 0$ ; 当  $x \rightarrow \infty$  时, 其穗数有极限值。以图 9-15 为例, 其极限值  $\lim_{x \rightarrow \infty} y = \frac{1}{b} = 5592.8$ 。

空秆和双穗率的升降, 是影响密度效应的因素之一。在密度与穗数的关系中, 穗数之所以不随密度按等比规律增加, 其原因即在于此。空秆和双穗率的升降, 其消长规律总是随密度的增减而增减。但其升降比率与密度之间没有固定关系。同样品种, 同样密度, 不同年

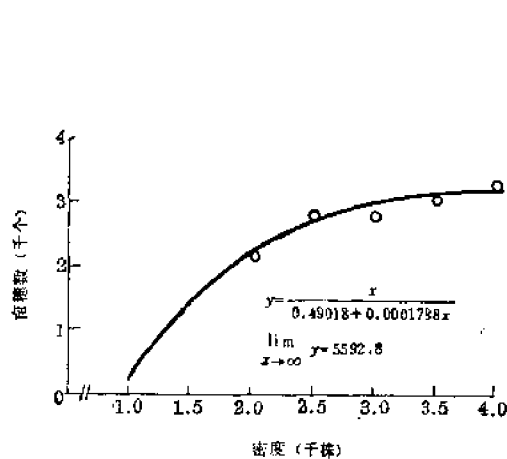


图 9-15 密度与穗数的关系  
(山东省农业科学院, 1964)

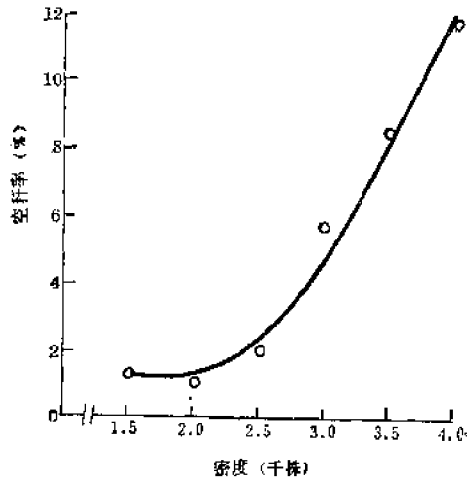


图 9-16 空秆率与密度的关系  
(山东省农业科学院, 1964)

份之间, 高低相差数倍之多(表 9-17)。如空秆率, 从 1500~2500 株时差别不大, 最高是 3.91%, 但 4000 株时, 变动幅度为 5.78~21.48% 高低之间相差 3.7 倍; 双穗率的变化比空秆率为大, 当低密度时, 双穗率达到 31.81%, 但 2000 株时, 双穗率下降为 13.51~15.31%, 2500 株时更降为 6.17~12.12%, 3000 株以后, 品种的双穗特性已基本消失。如果把上表制成图 9-16, 即可明显地看到一种现象, 空秆率总的趋势是随着密度的增加而增加, 但从曲线的形状可清楚地分为两个明显的区域。一个为稳定区, 一个为直线区。在该试验条件下, 2500 株是这两个区域的分界线。在 2500 株之前, 空秆率虽然也随着密度而增加, 但变化不大。从 2500 株之后, 空秆率的提高则是直线式的, 空秆率的变化是对密度合理性的反应。两个区域的分界点, 应该是密度的合理界限。

表 9-17 不同条件下空秆和双穗率的变化

(山东省农业科学院)

密 度	1500		2000		2500		3000		3500		4000	
	空秆(%)	双穗(%)	空秆(%)	双穗(%)	空秆(%)	双穗(%)	空秆(%)	双穗(%)	空秆(%)	双穗(%)	空秆(%)	双穗(%)
1963春播	—	—	0.87	13.51	3.91	12.12	8.71	6.57	17.10	4.31	21.48	2.44
1963夏播	—	—	2.20	14.34	1.50	6.88	6.33	2.42	5.94	2.25	8.54	0.85
1964春播	1.4	31.81	0.27	15.31	0.74	6.17	2.54	3.65	2.89	0.90	5.78	2.17
平 均	1.4	31.81	1.11	14.39	2.05	8.39	5.86	4.21	8.64	2.49	11.93	1.82

品种: 双跃 3 号

双穗率与空秆率不同, 当低密度时, 即接近于指数的形式大幅度下降, 最后缓慢地趋向于零(图 9-17)。由曲线可以看到, 双穗性是不稳定的特性, 对密度异常敏感, 这说明双穗性是稳产性状。当密度低时, 以双穗性弥补株数的不足; 当密度增大时, 又减少了多余“库”的建成。这种自动调节, 是以单株光合产物的多少为基础的, 是单株“库”、“源”相适应的结果。

## (二) 密度与穗粒数的关系

密度与穗数的关系存在两种情况, 一种符合  $y=a+bx$  方程; 一种适于  $y=\frac{x}{a+bx}$  方程。但是无论哪一种情况, 穗数的增加并不保证产量的持续增长, 其原因就是密度效应降低了穗粒数和千粒重。

穗粒数虽是重要的产量性状之一, 但其表现与穗数不同, 它总是随着密度的增加而减少。肥水条件可以缓和减少的幅度, 但不能改变减少的趋势(图 9-18)。

密度和穗粒数的关系见图 9-18。此图仍然符合  $y=\frac{x}{a+bx}$  方程, 式中  $y$  为每穗粒数,  $x$  为密度,  $a$ 、 $b$  为常数, 密度越大, 每穗粒数越少。 $x$  与  $x/y$  呈正相关, 相关系数达 0.9966。图 9-18 表明, 当  $x \rightarrow \infty$  时,  $\lim_{x \rightarrow \infty} y = \frac{1}{b} = 414.29$  粒。

在密度试验中, 穗粒数的降低, 仍然有栽培条件和品种特性的差异。图 9-18 的资料指

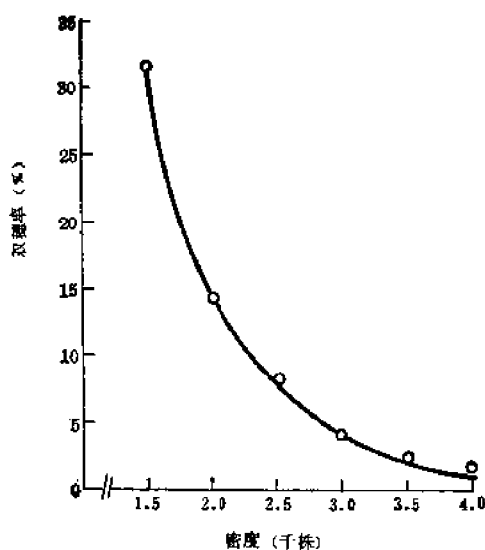


图 9-17 双穗率与密度的关系

(山东省农业科学院, 1964)

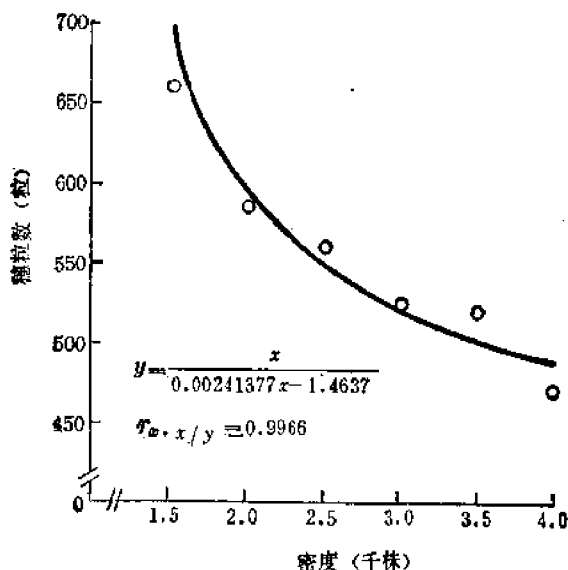


图 9-18 密度与穗粒数的关系

(山东省农业科学院, 1984)

出, 从 1500 株到 4000 株, 每穗粒数变幅为 472.3~661.6 粒, 相差 189.3 粒, 高低之间相差 40.1%。另外, 山东省农业科学院 1981 年的试验表明, 品种改用齐 33×黄早 4, 密度从 3000 株增加到 5000 株, 产量之间的差异主要表现在千粒重上, 穗粒数差别很小, 其幅度为 452.2~480.4 粒, 相差 28.2 粒, 高低之间只有 6.24% 的差异。

必须指出, 由于产量是穗数、穗粒数和千粒重的函数, 任何一个因素都不能离开另外的因素独立发挥作用。因此, 穗粒数的多少和产量之间, 不一定都呈显著相关。最高产量, 往往不是出现在穗粒数最高的田块。例如山西省农业科学院玉米研究所 1979 年的密度试验证明, 当密度从 2500 株增加到 4000 株时, 每穗粒数由 724 粒降低到 611 粒, 但产量却由 1526 斤增加到 2000 斤, 单产最高恰恰是穗粒数最少的群体。所以, 穗粒数的多少, 不能代表产量的高低。就是每亩总粒数的多少, 也同样不能代表单产的增长趋势。莱阳农学院 1977 年的资料认为, 丹玉 6 号亩产 800~1000 斤, 每亩总粒数应达到 200 万粒; 根据黑龙江省嫩江地区农业科学研究所 1975 年的资料计算, 当每亩总粒数 265.5 万粒时, 产量达到 1510 斤, 总粒数 272.6 万粒时, 单产反而下降为 1430 斤, 总粒数再增加到 274.4 万粒时, 单产又下降为 1366 斤。

### (三) 密度与千粒重的关系

千粒重是构成产量的又一重要因素, 但同样是一个易变因素。在密度试验中, 它毫不例外地随着密度的增加而降低。过去的研究, 对密度和千粒重的关系, 也有两种描述方法: 一种认为, 千粒重和密度是一个负直线相关关系, 仍然采用直线回归方程来概括。另一种意见认为, 在密度试验中, 千粒重开始下降较快, 但随着密度的增加, 千粒重的下降速度有减慢的趋势。因此, 它的变化规律符合双曲线方程。

为了进一步明确密度和千粒重的关系, 我们把几个单位的试验资料绘于图 9-19,



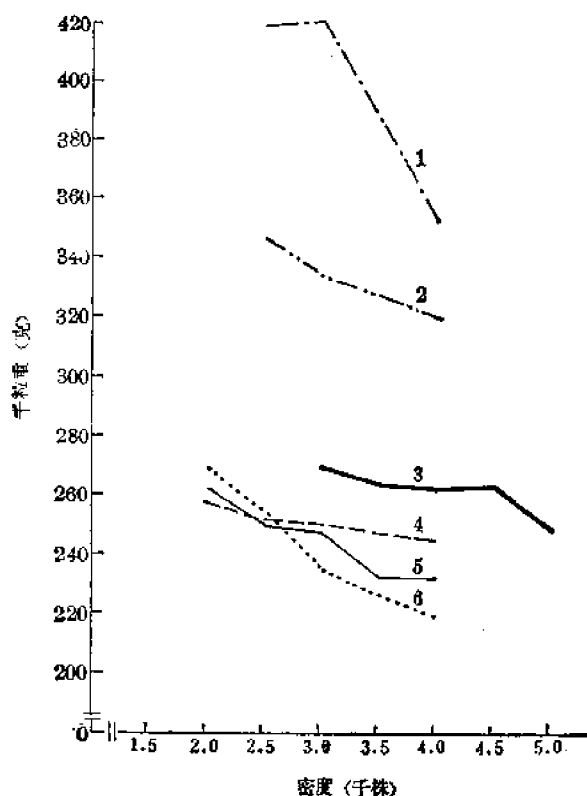


图 9-19 密度与千粒重的关系

- (1) 山西省玉米研究所, 1979 年资料;
- (2) 陕西省农业科学院, 1980 年资料;
- (3) 山东省农业科学院, 1981 年资料;
- (4) 山东省农业科学院, 1963 年春播;
- (5) 山东省农业科学院, 1963 年夏播;
- (6) 山东省农业科学院, 1964 年春播。

表 9-18 密度与千粒重的关系

千粒重 (克) \ 密度 (株)		1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
资 料 来 源	山西省玉米研究所(1979) (1)			419.60	421.30	386.50	363.90		
	陕西省农业科学院(1980) (2)			347.50	335.85	328.50	320.96		
	山东省农业科学院(1981) (3)				271.20	264.80	263.40	263.20	248.00
	山东省农业科学院(1963春) (4)		258.00	252.90	250.30	247.30	245.50		
	山东省农业科学院(1963夏) (5)		263.00	250.60	247.30	232.50	232.00		
	山东省农业科学院(1964春) (6)	272.80	270.00	255.00	236.30	227.00	220.50		

相 关 分 析	资料顺序号	用 $y = \frac{x}{a+bx}$ 式			用 $y = a + bx$ 式		
		a	b	$r_{y, \frac{x}{y}}$	a	b	$r_{y, y}$
	(1)	-3.3193	0.003593	0.9907	546.33	-0.04644	-0.9365
	(2)	-1.5822	0.0035056	0.9999	339.73	-0.01739	-0.9932
	(3)	-2.052	0.004356	0.9963	300.33	-0.00956	-0.8890
	(4)	-0.794	0.00427	0.9999	269.16	-0.00312	-0.9333
	(5)	-2.213	0.004872	0.9989	293.25	-0.01605	-0.9680
	(6)	-2.6683	0.00515	0.9980	311.24	-0.02338	-0.9330

间的竞争使植株有增高的趋势。但是,当密度进一步增加时,株高反而下降。当然,下降的原因,不是竞争的消失,而是营养不足造成的(表 9-20)。

表 9-20 不同密度对植株性状的影响

(山东省农业科学院, 1964)

密 度(株)	1500	2000	2500	3000	3500	4000
株 高(厘米)	245.25	250.45	255.58	254.18	248.68	249.40
茎 粗(厘米)	3.18	2.98	2.74	2.64	2.45	2.44
穗位高(厘米)	103.65	105.60	104.25	114.98	111.53	115.68
倒伏度	1	1	1	2	2~3	3
倒伏率	17.29	27.85	25.05	43.05	42.65	50.01

茎粗与株高不同,它在很大程度上反映植株的健壮程度,密度越稀,单株生长越健壮。在密度试验中,茎粗总是随密度的增加而降低。

穗位升高是一个不良的农艺性状。但是,随着密度的增加,似乎又是一种难以避免的趋势。

倒伏是生产上经常遇到的问题,表 9-20 指出,随着密度的增加,不仅倒伏率急剧增加,而且倒伏度严重。高密度下倒伏的原因是多方面的,茎秆纤细,穗位升高,以及细胞结构等方面,都与倒伏有关。中国农业科学院的研究表明,提高密度时,茎秆表皮细胞变薄,机械组织内厚壁细胞和维管束周围的纤维细胞减少,而薄壁细胞增大,因而植株的坚韧性差,削弱了抗倒伏能力。

根系与密度的关系,随着密度的增加,单株根系数和着生根系的节数逐渐减少,因而吸收能力也显著降低(表 9-21)。

表 9-21 密度对根系的影响

(许章全, 1964)

试验年份	品 种	密度(株/亩)	单株根系数(条)	生根节数(节)	根层深度(厘米)	吸收强度(克/株·小时)
1960	淮杂 I 号	2000	70.6	9.2	45	4.38
		3000	57.6	7.4	—	2.78
		4000	51.6	7.2	38	2.00
1962	二 伏 糯	1500	56.5	7.1	40	0.73
		4000	40.7	6.6	25	0.74
		6000	34.0	6.4	20	0.32

玉米的气生根兼有吸收和支持两种作用,生长旺盛的田块,中、后期的气生根比较发达。但是,不适当的密度,有削弱这种功能的作用。昌潍农业专科学校报道,着生气生根的株数、气生根层数、气生根条数,都随密度的增加向不利的方向发展。

雌雄穗分化同样受密度的影响。通常雌雄穗发育,不论是早晚还是大小,均先从低密度开始,而后进入高密度。

范福仁曾将玉米各个性状与密度之间的关系概括为三种类型:

第一类是随密度的提高而数量增加的性状,如每亩穗数,每亩粒数,每亩根数,叶面积指数,空秆率,倒伏率,黄叶率,果穗秃顶度,群体光合势,群体干物重,群体耗水量等,它们和密度的关系基本上可用下式表述:

$$y = \frac{x}{a + bx} \quad (9-15)$$

式中:  $y$  为各性状的量,  $x$  为密度,  $a$ 、 $b$  为常数。这类项目的倒数和密度的倒数呈线性相关,可写成  $\frac{1}{y} = b + a\frac{1}{x}$ 。如每形成一个果穗所用的面积(每亩穗数的倒数)和每株占有的面积(每亩株数的倒数)呈正相关。另外,上述各项目的统计表明,  $a$  为正值,  $b$  在大多数情况下,  $1 > b > 0$ , 个别情况  $< 0$ , 当  $b$  为正值时,表明曲线渐近于  $x$  轴,平行于横线。由于  $b < 1$ , 当  $x$  较小时,  $y$  值随  $x$  的增加而迅速增加,当  $x$  进一步增加时,  $y$  值增加量趋向减缓。并且向  $y = \frac{1}{b}$  渐近  $\left( \lim_{x \rightarrow \infty} y = \frac{1}{b} \right)$ 。

当  $b$  为负值时,表明该曲线渐近于  $y$  轴,成一纵线,并且向  $x = -\frac{a}{b}$  的纵线渐近。即随着密度的增加,  $y$  值的增长越来越快。

第二类是随密度的提高而数量减少的性状,诸如单株生物产量,单株粒重,每株穗数,每株粒数,每穗粒数,每穗粒重,千粒重,穗长,穗粗,穗轴粗,茎粗,每株根数,根系深度,比叶重,净同化率,经济系数,单株最大叶面积,叶绿素含量,单株光合势,单株耗水量等,描述这些项目与密度关系的方程式有三个。

一是,当密度成等差级数增加时,数量开始下降较快,以后逐渐减缓,可用下式描述:

$$y = \frac{1}{a + bx} \quad (9-16)$$

上式可写成  $\frac{1}{y} = a + bx$ , 其倒数与密度呈线性相关。符合上式的性状有: 单株生物产量, 每株穗数, 每株根数, 根系深度, 茎粗, 穗粗, 比叶重, 单株最大叶面积, 叶绿素含量, 单株光合势, 单株耗水量等。

二是, 当密度成等差级数增加时, 数量成等比级数下降, 可用下式表示:

$$y = ae^{bx}, \quad (a > 0, \quad b < 0) \quad (9-17)$$

上式可改写成  $\ln y = \ln a + bx$

由上式可知, 各项目的对数值与密度呈线性负相关。符合该式的项目有: 单株粒重, 单株粒数, 每穗粒数, 每穗粒重, 净同化率, 绿叶率等。

三是, 当密度成等差级数增加时, 数量亦成等差级数下降, 可用下式表示:

$$y = a + bx, \quad (a > 0, \quad b < 0) \quad (9-18)$$

符合上式的有:千粒重,穗长等,有时经济系数也符合上式。

第三类是数量和密度的关系不明显的性状,如株高,穗位高,籽粒出产率,容重,每株叶数等。

## 第四节 密度与产量的理论方程

关于密度与产量的关系,已有大量研究,探讨的中心是密度与产量的基本规律。在已往的研究中,除密度的合理指标外,有三个问题值得指出,一是不同密度下产量曲线是怎样发展的;二是如何用数学方法去概括密度和产量的关系;三是如何从一个具体试验中得到更多的信息。

对第一个问题似乎已有结论,密度和产量之间的相关曲线总是一条抛物线。所以,目前更多的力量是集中在第二、三个问题方面。

### 一、常态产量曲线

对密度-产量的数学概括方法,已提出了许多数学模型。如许章全等根据密度和产量的相关关系,建立了曲线回归方程:  $Y = a + bx - cx^2$ 。王天铎、雷宏叔曾就密度和产量的关系,提出了  $W = bW_0 - ab(a + \beta x)$  方程。范福仁等也提出用  $W = [(aa + \beta)x + abx^2] \left( -\frac{1}{a + bx} \right)$  来描述密度和产量的关系。以后,莫惠栋又把产量和密度的关系概括成等差模型、等比模型、混合模型三种类型,并把玉米的产量和密度的关系归于等比模型中,按照他的见解,玉米的栽培密度( $x$ )按等差级数变化时,其个体重量的倒数( $\frac{1}{y}$ )是按等比级数变化的,就是说, $x$ 每增加一个单位,形成一个单位产量所需要的株数,是一个几何常数,则  $\ln \frac{1}{y}$  和  $x$  的关系为直线。其函数式为:

$$\frac{1}{y} = ae^{bx} \quad (9-19)$$

或  $\ln \frac{1}{y} = \ln a + bx$

式中:  $a, b$  为常数( $a > 0; b > 0$ ),  $\ln$  为自然对数,

$e \approx 2.71828$ , 自然对数之底。

令  $a = \frac{1}{a}$ , 其物理意义为无竞争群体可能接近的单株最高产量, 则式 9-19 又可转化成:

$$y = ae^{-bx} \quad (9-20)$$

而密度与产量的回归方程为:

$$Y = axe^{-bx} = ae^{-bx + \ln a} \quad (9-21)$$

对式 9-20 求导得:

$$\frac{dy}{dx} = -abe^{-bx} < 0 \quad \text{和} \quad \frac{d^2y}{dx^2} = ab^2e^{-bx} > 0$$

$$\text{又} \quad \lim_{x \rightarrow 0} y = a \quad \lim_{x \rightarrow \infty} y = 0$$

故知, 当个体不受密度影响时, 单株产量  $y$  可达最大值  $a$ ; 以后随密度增大, 单株产量降低, 形成一凹向上曲线; 当密度  $x$  从  $0 \rightarrow \infty$  时,  $y$  相应从  $a \rightarrow 0$ 。

对式 9-21 求导得:

$$\frac{dY}{dx} = ae^{-bx}(1-bx) \quad \text{和} \quad \frac{d^2Y}{dx^2} = abe^{-bx}(bx-2)$$

$$\text{令} \quad \frac{dY}{dx} = 0 \quad \frac{d^2Y}{dx^2} = 0 \quad \text{可分别解得} \quad x_{opt} = \frac{1}{b} \quad x_1 = \frac{2}{b}$$

$$\text{又} \quad \lim_{x \rightarrow 0} Y = 0 \quad \lim_{x \rightarrow \infty} Y = 0$$

故知:

1. 当  $x$  取区间  $(0, \frac{1}{b})$  时,  $Y$  随  $x$  的增加而增加。
2. 当  $x = x_{opt} = \frac{1}{b}$  时,  $Y$  达最大值,  $Y_{max} = \frac{a}{2.71828b}$ 。
3. 当  $x$  取区间  $(\frac{1}{b}, \infty)$  时,  $Y$  随  $x$  的增加而减少。
4. 当  $x$  取区间  $(0, \frac{2}{b})$  时, 曲线凸向上。

应用式 9-20, 9-21 必须满足如下条件: 有一个明显的最高产量密度, 过高过低的密度, 产量明显地下降; 相关系数值必须达显著水平。

$$r_{\log y, x} = \frac{n \sum (x \log y) - (\sum x)(\sum \log y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum (\log y)^2 - (\sum \log y)^2]}} \quad (9-22)$$

$a$ 、 $b$  的最小平方估计式为:

$$-b = \frac{n \sum (x \log y) - (\sum x)(\sum \log y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \times 2.302585 \quad (9-23)$$

$$\log a = \frac{\sum \log y}{n} + \frac{b \sum x}{2.302585 n} \quad (9-24)$$

为了进一步了解上式的应用方法引用表 9-22 予以说明。

将表中数字代入 9-22 式得  $r_{\log y, x} = -0.997$ , 为极显著, 故表 9-22 中  $x$  和  $Y$  的关系可用式 9-21 表示。由式 9-23、9-24 算得

$$b = 0.286605 \quad \hat{a} = \text{anti log } 2.318380 = 208.152$$

该试验的产量-密度方程则为:

$$\hat{y} = 208.152 e^{-0.286605x}$$

$$\hat{Y} = 208.152 x e^{-0.286605x}$$

表 9-22 玉米不同密度的籽粒产量

(莫惠栋, 1980)

密度(千株/亩) $x$	籽粒产量(公斤/亩) $Y$	单株产量(克/株) $y$	$\log y$
1	151.5	151.5	2.180
2	250.0	125.0	2.097
3	275.5	91.8	1.963
4	262.0	65.5	1.816
5	229.0	45.8	1.661
6	215.0	35.8	1.554
8	178.0	22.3	1.348

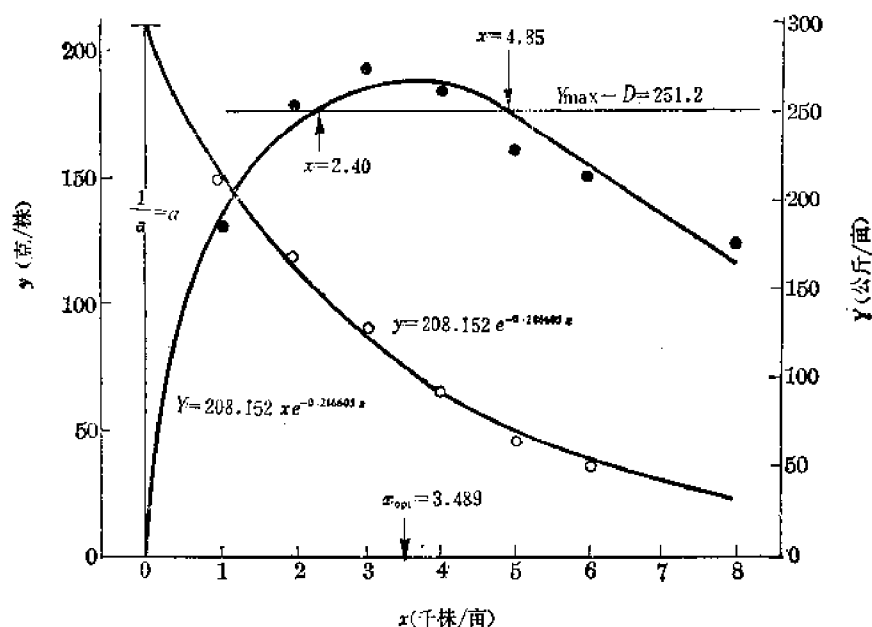


图 9-20 玉米种植密度和籽粒产量的关系

(莫惠栋, 1980)

在研究工作中, 无论什么类型的实验, 总是在一个实验中力求得到更多的信息, 概括更多的规律性的知识(图 9-20), 这除了精密的试验设计和观察外, 还必须借助数学方法去分析。根据式 9-20、9-21, 对表 9-22 的计算可作出如下几点结论。

(1) 单株最高产量不会超过  $\alpha$  值 = 208.152 克;

(2)  $\hat{x}_{opt} = \frac{1}{b} = 3.489$  千株/亩;

(3)  $\hat{Y}_{max} = \frac{\alpha}{2.71828 b} = 267.2$  公斤/亩;

(4) 可以确定产量无显著差异的密度范围, 上述试验曾得到密度间的 5%  $LSD=16$  公斤, 即在  $Y>267.2-16=251.2$  公斤的各密度皆无显著差异。这个范围的确定方法是在图 9-20 纵坐标  $Y$  为 251.2 处, 作一条与  $x$  轴平行的直线, 该线与曲线相交的两点即该范围的上下限。此范围为 2.40~4.85, 虽然 3489 株可获得最高产量, 但在 2400~4850 株之间, 产量无显著差异。

上面的叙述可以清楚地看到, 式 9-19 在处理产量-密度的研究资料时, 比其他方程式有力得多。这不仅表现在它是有理描述, 能较好地拟合产量曲线, 而且它给出的信息也多。

但是, 丁昌龄认为, 式 9-19 虽然在描述产量和密度关系时符合实情, 但计算比较复杂。因而他提出另一个产量-密度方程, 即:

$$W = \frac{x}{A+Bx+Cx^2} \quad (9-25)$$

该式的理论基础是产量 ( $W$ ) = 每亩穗数 ( $y$ )  $\times$  每穗粒数 ( $w$ )。因表示每亩穗数的方程式是  $y = \frac{x}{a+bx}$ ; 而每穗粒数又用  $w = \frac{x}{a+bx}$  表达, 所以, 式 9-25 是根据上述两式推导而得。其中,  $W$  为产量,  $x$  为密度,  $A, B, C$  为常数。该式的基本特性是:

(1)  $x=0$ ,  $W=0$

$$W = \frac{x}{A+Bx+Cx^2} = \frac{0}{A+0+0} = 0$$

说明曲线通过原点, 没有基本苗便没有产量。

(2)  $x=0$ , 一次微分大于零

$$\frac{dW}{dx} = \frac{A-Cx^2}{(A+Bx+Cx^2)^2} = \frac{A-0}{(A+0+0)^2} = \frac{A}{A^2} = \frac{1}{A} > 0$$

说明曲线从原点出发, 随着密度的增加产量上升。

(3)  $x=0$ , 二次微分小于零

$$\begin{aligned} \frac{d^2W}{dx^2} &= \frac{-2AB-6ACx-2C^2x^3}{(A+Bx+Cx^2)^3} \\ &= \frac{-2AB-0-0}{(A+0+0)^3} = \frac{-2AB}{A^3} = \frac{-2B}{A^2} < 0 \end{aligned}$$

说明在低密度时, 产量随密度迅速上升, 曲线凸向上; 随着密度的不断增长, 增产幅度越来越小。

(4) 函数有极大值, 其条件是, 一次微分等于零, 二次微分小于零

$$\frac{dW}{dx} = \frac{A-Cx^2}{(A+Bx+Cx^2)^2} = 0$$

解之, 并弃去负值, 则最适密度

$$x_{opt} = \sqrt{\frac{A}{C}}$$

再求函数二次微分, 并将  $x_{opt} = \sqrt{\frac{A}{C}}$  代入, 则

$$\frac{d^2 W}{dx^2} = \frac{-2A(B+2C\sqrt{AC})}{\left(2A+B\sqrt{\frac{A}{C}}\right)^3} < 0$$

函数在  $x = \sqrt{\frac{A}{C}}$  时, 二次微分小于零, 说明这一密度时的产量为理论上的最高产量,

可用  $W_m$  表示, 将最适密度  $x_{opt} = \sqrt{\frac{A}{C}}$  代入:

$$W_m = \frac{x}{A+Bx+Cx^2} = \frac{1}{2\sqrt{AC}+B}$$

(5)  $x \rightarrow \infty$  时,  $W \rightarrow 0$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} W = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x}{A+Bx+Cx^2} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{A}{x}+B+Cx} = 0$$

说明  $ox$  轴是曲线的渐近线, 在极端密植时, 产量很低, 趋近于零。但曲线与  $ox$  轴无交点, 产量不会小于零。

综上所述, 方程式  $W = \frac{x}{A+Bx+Cx^2}$  的变化规律是: 从原点出发, 没有基本苗便没有产量; 在稀植的情况下, 增加密度能显著提高产量; 继续增加密度, 增产幅度减少; 达到最适密度  $x = \sqrt{\frac{A}{C}}$  时, 产量达到最高值; 密度再增加, 产量下降; 极度密植时, 产量接近于零, 但永远不会小于零。

方程式  $W = \frac{x}{A+Bx+Cx^2}$  中,  $A, B, C$  的解法:

将方程式移项,  $\frac{x}{W} = A+Bx+Cx^2$  根据最小二乘法, 可得出下式:

$$\begin{cases} \sum \frac{x}{W} = NA + B \sum x + C \sum x^2 \\ \sum \frac{x^2}{W} = A \sum x + B \sum x^2 + C \sum x^3 \\ \sum \frac{x^3}{W} = A \sum x^2 + B \sum x^3 + C \sum x^4 \end{cases} \quad (9-26)$$

式中:  $N$  为密度处理数, 利用密度试验的密度 ( $x$ ) 和产量 ( $W$ ) 即可解上述联立方程中的  $A, B, C$  数值。



仍以表 9-22 的资料,用丁昌龄的方程式进行验算。根据表 9-22 的资料:

$$\begin{aligned} \Sigma x &= 29, & \Sigma x^2 &= 155, & \Sigma x^3 &= 953, & \Sigma x^4 &= 6371 \\ \Sigma \frac{x}{W} &= 0.1349, & \Sigma \frac{x^2}{W} &= 0.7494, & \Sigma \frac{x^3}{W} &= 4.7894, & N &= 7 \end{aligned}$$

将上述各值代入联立方程,得出  $A$ 、 $B$ 、 $C$  各值为:

$$A = 0.006318, \quad B = -0.000329, \quad C = 0.0006472;$$

又根据  $x_{opt} = \sqrt{\frac{A}{C}} = 3.124$  (千株/亩)  $W = \frac{1}{2\sqrt{AC+B}} = 269.17$  (公斤/亩)。

可以看出,用式 9-25 来描述这一试验时,曲线的拟合情况也比较良好,所以,计算的  $x_{opt}$  值和  $W_m$  值也与莫惠栋的结果相近。

## 二、非常态产量曲线

上面曾经指出,在研究密度与产量曲线的过程中,对曲线形成过程的研究未引起更多的注意。从近几年的一些资料看密度与产量曲线的形成过程,仍有进一步探讨的必要。在多数情况下,密度与产量之间的关系呈抛物线。但是,也有一些资料表明,曲线没有明显的峰顶(如图 9-21),在一个相当大的密度范围内,产量保持稳定。再如颜景芙 1980 年的试验,也得到类似的结果(表 9-23)。

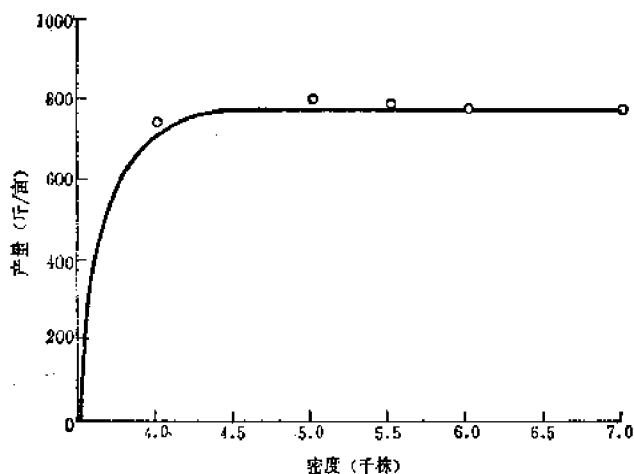


图 9-21 鲁原单 4 号的产量-密度曲线  
(山东省农业科学院原子能农业应用研究所, 1979)

表 9-23 中两组试验表明,在中肥组,密度之间的产量有所不同,但差别不大,尤其从 3000 株到 4000 株是如此。而在高肥组,从 2500~4000 株,密度之间产量差别更加微小,看不出最适密度。密度和产量仍表现一条渐近线。

抛物线的形成,其主要原因是经济系数的不等比下降,即随着密度的增加,籽粒产量的下降速度大于生物产量的下降速度,使经济系数随密度而递减。

表 9-23 密度与产量之间的关系

(颜景天, 1977)

密 度(株)	中 肥 组(斤)	高 肥 组(斤)
2500	866.0	1195.5
3000	935.0	1267.0
3500	968.0	1229.0
4000	954.0	1225.0

就其主体来说, 单株粒重的数值与单株生物产量有关。两者之间的关系可用下式表示:

$$y = HW^h \quad (9-27)$$

即:  $\log y = \log H + \log W^h$

式中:  $y$  为单株粒重;

$W$  为单株生物产量;

$H, h$  为常数。

这一关系的成立可由  $\log y \sim \log W$  的直线关系予以确立(图 9-22)。 $y$  与  $W$  的变化主要是受栽培措施影响, 但这里着重讨论密度( $x$ )的变化所起的作用。这样  $W = W(x)$ 、 $y = y(x)$ , 所以式 9-27 两边对  $x$  微分时, 就得:

$$\frac{1}{y} \frac{dy}{dx} = h \frac{1}{W} \frac{dW}{dx} \quad (9-28)$$

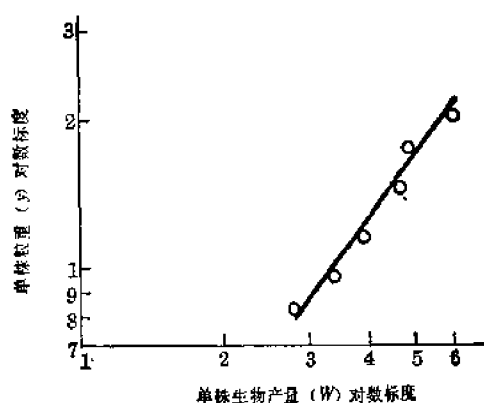


图 9-22 单株生物产量与籽粒重的关系

(山东省农业科学院, 1963)

9-27、9-28 两式说明, 当提高密度时, 籽粒重的减少率, 与单株总干重的减少成比例。比例常数  $H, h$  为微分常数。兹以山东省农业科学院 1964 年的密度试验为例计算如下 (表 9-24)。

根据  $y = HW^h$  方程计算后,  $H = -0.34$ ,  $h = 1.13$ 。 $h$  值的计算, 在各试验中都有所不同, 1963 年的密度试验为 1.17, 对范福仁的试验计算结果为 1.26, 另外, 几组试验的计算结果也与上述差不多, 都大于 1。

表 9-24 不同密度条件下,单株生物产量与籽粒重的关系

密 度(株)	单株生物产量( $W$ )	单株粒重( $y$ )	$\log W$	$\log y$
1500	1.0025	0.4017	0.0011	-0.3961
2000	0.7163	0.3457	-0.1449	-0.4613
2500	0.6795	0.3335	-0.1678	-0.4770
3000	0.5476	0.2398	-0.2616	-0.6201
3500	0.5123	0.2023	-0.2900	-0.6940
4000	0.4747	0.1725	-0.3236	-0.7633

$h$  值的大小与单株经济系数的大小无关,而与经济系数在不同密度中表现的一致性有关。 $h$  值与经济系数的关系为  $\frac{y}{W} = HW^{h-1}$ 。在密度作用下,单株重的大小,显然随密度的增加而降低,籽粒重量也相应降低;如果两者的降低速度保持相同的比例, $h$  值应该等于 1,这时群体籽粒重也同生物产量一样出现稳定值,服从产量一定值法则。但实际上  $h$  值经常是大于 1 的,所以产量呈抛物状曲线。

$h=1$  是品种具有耐密性的表现。这与光合产物的分配有关。通常随着密度的增加,光合产物向果穗中的输送量趋向减少,致使经济系数随密度而降低。但是物质分配规律是品种的遗传特性之一,品种间差别较大,有的品种类型对环境条件比较敏感,很容易改变物质的分配强度;有的品种类型相对稳定些。从物质分配方面考虑品种改良,无疑是育种学家的重要课题之一。

## 第五节 玉米的种植方式

在玉米生产中,密度是一个重要的增产关键,这已被实践所证明。而种植方式,也早为人们所注意。然而,人们对种植方式的重视,并不完全着眼于玉米本身的增产。就现在来看,有如下几个原因:一是耕作制度的要求,例如,有的地方为培肥地力,采取大小行种植,实行粮肥间作;二是与小麦套种,为了适应小麦畦播方式,玉米也就自然形成了宽窄行的种植方式;三是一些高产地区,把种植方式作为一种改善群体结构的手段。

目前我国玉米主要产区,在种植方式上大体分为两类,一类是等行距,条播种植;一类是宽窄行带田条播。此外,双株留苗,撮播,方形穴播等也有一些,但数量不大。

由于种植方式的目的不同,所以种植方式的增产效果也往往不能从一个简单的试验结果来判断。例如实行粮肥间作的地区,宽窄行种植,单从当季玉米的产量来看,可能不如等行距种植的产量高,但从全年总产或几年统算,宽窄行则是必要的。再如麦田套种,是耕作制度本身的要求,只有实行宽窄行种植,才有利于小麦增产。所以,玉米的种植方式,并不完全决定于玉米本身的产量高低。当然,这方面的内容,已不属于本章讨论的范围,故仅着重对种植方式本身和产量的关系进行讨论。

### 一、玉米等行距和宽窄行对产量的影响

在相同的密度下,行距不同,其产量亦有差异。但各地的试验结果并不完全一致。以宽窄行为例,在许章全的13个试验中,有11个表现比等行距减产,2个表现不规则;在他的21个考查材料中,有15个表现等行距产量高,其余无明显差异。因此得出了宽窄行减产的结论。范福仁通过大量的试验证明,在每亩3000~4000株范围内,每穴1株,宽行不超过3尺,与2尺等行距相比,有增产趋势。但每穴增加到2株以上时,几乎有减产的趋势。山西省临汾地区农业科学研究所以临单4号为材料,密度为4700株,等行距种植的亩产776斤,宽窄行的758.3斤,也表现宽窄行减产。

但是,河南省洛阳地区农业科学研究所1976年的报告指出,宽窄行(宽行2.5尺,窄行1.5尺)比等行距(2尺)植株生长均匀,等行距虽前期生长较好,但后期郁蔽,故宽窄行比等行距增产5.3%;河南省许昌地区农业科学研究所认为,千斤以上的丰产田,一般抓了两项措施,一是密度大,每亩4000~5000株,二是宽窄行,实行了宽行3尺和窄行1尺的种植方式。

由上面的材料看出,几个试验结果存在着明显的矛盾,这可能与以下的情况有关。

一是和地力、生产水平有关。当生产水平低时,限制产量的主要因子是肥水条件;当生产水平高时,则限制产量的主要因子是光、气、热等条件。因此,在地力差的情况下,实行宽窄行种植,会加剧个体之间的竞争,从而削弱了个体的生长。但在高产水平下,肥水条件已不是产量的限制因子,而群体中光照和气体交换已成为限制产量的条件。因此,实行宽窄行种植,可以改善通风透光条件,从而提高产量。所以,宽窄行或等行距,究竟哪一种方式增产,不能笼统地给予肯定或否定。

二是宽窄行的标准没有明确的概念。在许章全的试验中,宽行最小3尺,最大5尺;范福仁的试验中,宽行最小3尺,最大4尺;而河南省洛阳地区农业科学研究所的试验却表明,以宽行2.5尺、窄行1.5尺产量最高,宽行达到3尺以上,产量开始下降。

三是栽培管理不同,尤其在施肥方面,有的集中施肥,有的分散施肥,效果自然不同。

宽窄行种植方式,作为一项增产措施的主要理由是改善了通风透光条件,这一点已得到充分证明(表9-25)。

表 9-25 不同处理不同时期的风速变化(米/秒)

(北京市怀柔县,1980)

处 理	7月21日	8月6日	8月17日	9月10日
宽窄行(宽行2.5尺,窄行1.7尺)	0.34	0.14	0.16	0.14
等行距(2.1尺)	0.31	0.10	0.14	0.13

在同等密度下,行距越大,群体内风速亦越大。根据辽宁省锦西县农业局资料,玉米行距为2.4尺、2.2尺、2尺、1.6尺四种处理,当空间风速为2米/秒时,群体内的风速变化依次为0.537、0.425、0.350、0.275米/秒。群体内风速高,无疑会增加CO<sub>2</sub>的交换量。过去的

大量研究指出,群体中的  $\text{CO}_2$  变化有明显的规律性,一般早晨最高,随着光合作用的进行,  $\text{CO}_2$  量逐渐下降,中午达到最低值,以后又开始回升,一天中的动态变化呈“V”字曲线。这种现象随着作物的生育进展越加明显。在生长初期,叶面积指数不到 1 时,  $\text{CO}_2$  最高最低的变化范围在 300~320 ppm 之间。但是,当叶面积指数达到 4 以上时,中午群体内的  $\text{CO}_2$  含量,可以降到 240 ppm,甚至更低。在一个群体中,  $\text{CO}_2$  的扩散通量与风速之间的关系可用下式表示:

$$P_z = D_{1\sim 2}(C_1 - C_2) \quad (9-29)$$

式中:  $P_z$  为  $\text{CO}_2$  湍流扩散通量( $\text{CO}_2$  克/厘米<sup>2</sup>·秒);

$D_{1\sim 2}$  为  $Z_1$ 、 $Z_2$  高度之间的交换速度(厘米/秒);

$C_1$ 、 $C_2$  为  $Z_1$ 、 $Z_2$  高度处的  $\text{CO}_2$  浓度(克/厘米<sup>3</sup>)。

$D_{1\sim 2}$  的计算方法为:

$$D_{1\sim 2} = k^2(u_2 - u_1) / \left( \ln \frac{Z_2 - d}{Z_1 - d} \right)^2$$

其中:  $u_1$ 、 $u_2$  是  $Z_1$ 、 $Z_2$  处的风速;

$k$  为卡曼常数,等于 0.40;

$d$  为地面修正值。

试验证明,玉米群体内  $\text{CO}_2$  量随风速而改变。因风速的强弱而增减,当风速为 200 厘米/秒时,向玉米群体内输送  $\text{CO}_2$  的量达  $300 \times 10^{-9}$  克/厘米<sup>2</sup>·秒,光能利用率达 4%;当风速降为 120 厘米/秒时,向玉米群体内输送  $\text{CO}_2$  的量为  $180 \times 10^{-9}$  克/厘米<sup>2</sup>·秒,光能利用率仅为 2%。同时还发现,无风时群体出现了光饱和现象,而在风速大时,光强即使达到 1 万英尺烛光,仍然未达到饱和点。

宽窄行可以改善群体内部的光照状况,但是要说明这个问题的利弊关系则是困难的。

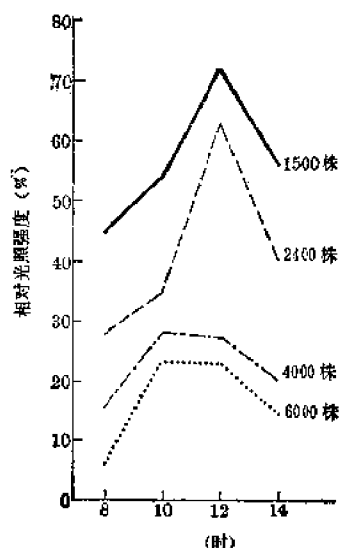


图 9-23 底层光照日变化  
(1962 年 7 月 10 日,二伏糙)  
(许章全,1964)

根据许章全的材料,宽行玉米从上午 8 时至 12 时,光照逐步增加,最高达到自然光强的 90% 以上,而窄行的光强度,一直处在自然光强的 50% 以下,等行距则处在两者之间,在一天中,始终在自然光强的 50~70% 的幅度内变动。

按图 9-23 的资料推算,窄行内的光强度也不低于 8000 米烛光(自然光强度的 40%)。这说明,不仅宽行内的光照处在极大的浪费状态,就是窄行的光能也未充分利用。因此,作为一个不繁茂的群体,把宽窄行种植当作增产措施是无益的。

山东省农业科学院 1976 年做了两种等行距的光分布研究,一是 2 尺等行距,分为 2500 和 4500 株两种密度,二是 4 尺等行距,密度同上(表 9-26)。研究群体内光照状况,是测定的行间漏光面积和阴影面积。可以看出,不同密度之间,行间漏光面积有着显著差别。2500 株的群体,上午 10 时的平均漏光面积为 397.7 米<sup>2</sup>/亩,而 4500 株群体为

223.1 米<sup>2</sup>/亩, 相差 174.6 米<sup>2</sup>/亩。值得注意的是, 由于行距所引起的光分布效应, 不同的群体出现了不同的结果。以上午 10 时为例, 2500 株群体的行间阴影面积, 宽行比窄行小 11.1%, 而 4500 株群体宽行比窄行小 24.2%。随着太阳高度角的变化, 这种关系保持不变。正午 12 时, 2500 株群体的宽行阴影面积占 9.3%, 窄行占 43.0%, 4500 株群体的宽行为 20.0%, 窄行为 76.5%。由此看来, 适当放宽行距, 对改善透光条件是有利的。

表 9-26 不同群体地面漏光面积比较

(山东省农业科学院, 1976)

测定结果 处 理		10 时			12 时			叶面积指数
		见光面积 (米 <sup>2</sup> /亩)	占总面积 (%)	阴影面积 (%)	见光面积 (米 <sup>2</sup> /亩)	占总面积 (%)	阴影面积 (%)	
2500 株	宽 行	434.7	66.2	34.8	604.6	90.7	9.3	3.1
	窄 行	360.7	54.1	45.9	380.1	57.0	43.0	3.8
4500 株	宽 行	303.8	45.6	54.4	533.2	80.0	20.0	5.1
	窄 行	142.4	21.4	78.6	156.6	23.5	76.5	4.8

为了进一步探求宽窄行对光能利用的规律性, 可把宽窄行的种植方式, 看成是一种带状种植。实际上, 不少地方把麦田套种的玉米称为带状种植, 把一个复合群体分成“小麦带”、“玉米带”。麦后直播的玉米, 凡采用宽窄行种植的, 均可视为带状种植, 与套种不同的是没有共生期, 光能分布与利用的关系更为简单。等行距种植, 我们可以把整个群体表面看成是一个均匀介质的表面, 光能是由群体顶部均匀透射下来的; 但宽窄行不同, 整个群体是由若干带组成, 群体表面形成凹凸不平的“瓦楞面”, 从而增加了群体的采光面。

宽窄行比等行距多接收的光能可计算如下:

设带宽为  $n$ , 带长为  $m$ , 带(株)高为  $H$ , 则宽窄行玉米的总辐射收入为:

$$Q_{\text{收入}} = nmQ' + HmQ_1 + HnQ_2 \quad (9-30)$$

为了便于和水平面总辐射强度相比较, 将上式除以水平面积  $nm$ , 则:

$$Q = Q' + \frac{H}{n}Q_1 + \frac{H}{m}Q_2 \quad (9-31)$$

式中第三项, 因带高  $H$  与带长  $m$  之比值甚小, 故  $\frac{H}{m}Q_2$  项可略去, 于是上式可改写为:

$$Q = Q' + \frac{H}{n}Q_1 \quad (9-32)$$

式中:  $Q$  为带田玉米总辐射强度, 单位是卡/厘米<sup>2</sup>·分;

$Q'$  为水平面辐射强度, 可用下式表示:

$$Q' = I \sin h\theta + D' \quad (9-33)$$

式中:  $I$  为太阳直射光辐射强度;

$h\theta$  为太阳高度角;

$D'$  为水平面散射光辐射强度。

$Q'$  为侧面所接收的辐射强度, 当侧面的直射光照射高度  $H_s \geq H$  时, 根据日射学公式

$$\frac{H}{n} Q_1 = \frac{H}{n} [I \cos h\theta \cos(A-a) + D_1 + D_2] \quad (9-34)$$

式中:  $A-a$  是太阳方位角和带向角的差 ( $A$ : 由南向西计量),  $D_1$  和  $D_2$  是带两侧垂直面上散射辐射强度。

当带间侧面的直射光照射高度  $H_s < H$  时, 则,

$$\frac{H}{n} Q_1 = \frac{n'}{n} I \sin h\theta + \frac{H}{n} (D_1 + D_2) \quad (9-35)$$

式中:  $n'$  为带与带之间的距离, 即宽行的行距。

根据甘肃省武威地区农业气象试验站, 甘肃师范大学地理系、生物系, 武威地区农业科学研究所等单位 1981 年的研究证明, 2 尺宽的玉米带, 带距 3 尺, 即宽行 3 尺, 窄行 2 尺, 生育期的总辐射量, 东西向田块为 99.58 千卡/厘米<sup>2</sup>, 是大田的 143.7%; 南北向田块为 99.83 千卡/厘米<sup>2</sup>, 是大田的 144%。由于玉米与小麦套种, 所以在共生期间, 总辐射量比直播的偏低。南北田比东西田下降更多, 这种状况, 直到麦收后才得到改善 (图 9-24)。

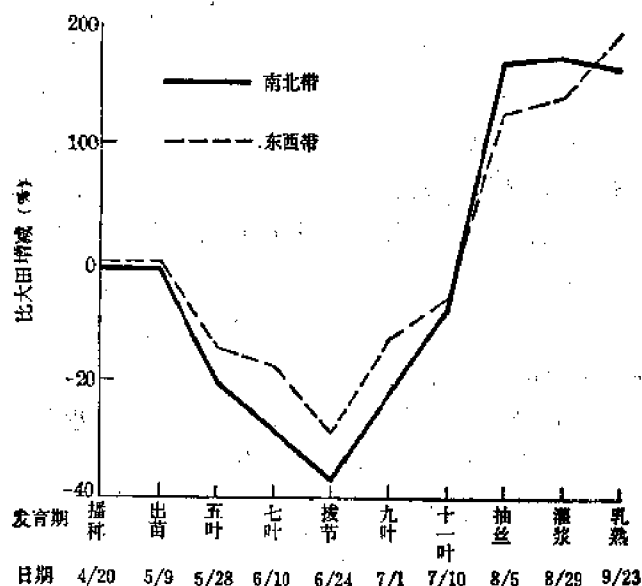
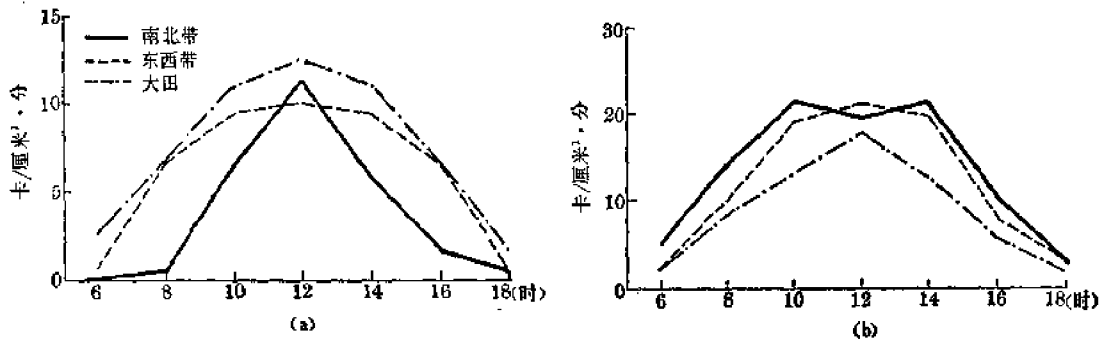


图 9-24 带田玉米全生育期总辐射量的变化曲线

(带幅: 玉米 66 厘米, 品种: 维尔 12, 甘肃省武威地区农业气象试验站等)

辐射量的日变化, 不仅有带田和大田的差别, 也因行向而有所不同。南北向田, 10 时和 14 时分别有一个高峰。东西向田只中午有一个高峰, 其辐射强度与南北向田相差不多, 而上、下午辐射量减少。但日辐射量南北向田比东西向田分布多而均匀。在分布量上, 与小麦、玉米共生期间比较出现了相反的结果 (图 9-25)。

辐射量的日变化, 还与带幅有关。套种玉米共生期间, 玉米带接收的辐射能随带幅的增加而增加, 但带幅最宽不应超过 150 厘米, 否则将失去带田的实际意义。麦收后, 情况又完全相反, 玉米带总辐射量的多少与带幅成反相关, 带幅越窄接收的能量越多, 当带宽在 100



6月11日带田、大田玉米总辐射日变化曲线  
(玉米带宽66厘米,小麦带宽100厘米;  
玉米株高26厘米,小麦株高66厘米)

8月5日带田、大田玉米总辐射日变化曲线  
(玉米株高170厘米,甘肃省武威  
农业气象试验站等,1976)

图 9-25 带田、大田玉米总辐射量的日变化

厘米以内时,每增减10厘米,日辐射能总量增减20~30%,当带幅在100~200厘米时,每变动10厘米,其能量的增减量为4~7%;带幅在200厘米以上时,10厘米的增减量为1.4~1.9%(图9-26)。

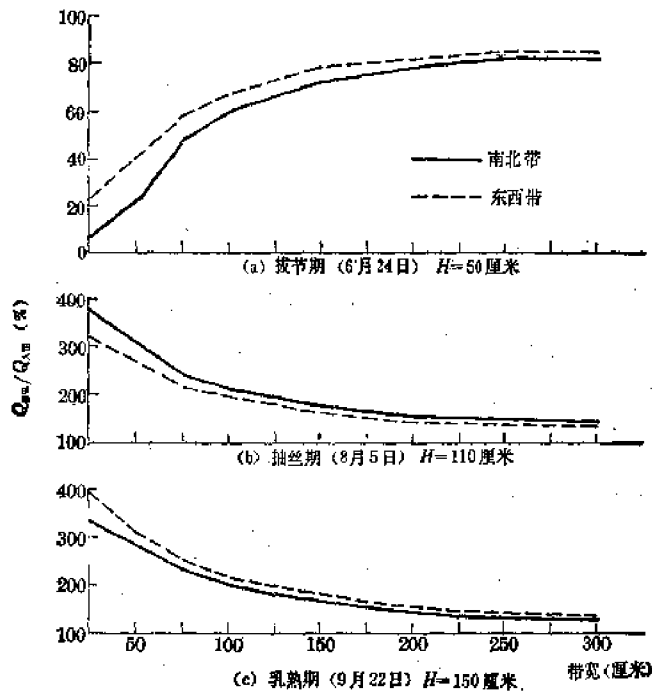


图 9-26 带田玉米不同生育期日总辐射量随带幅的变化

$Q_{\text{带田}}$ : 带田玉米日总辐射量;

$Q_{\text{大田}}$ : 大田玉米日总辐射量;

$H$ : 两作物株高差。

(甘肃省武威农业气象试验站等,1976)

带状方式所以能改善透光条件,主要是增加了侧面来光。侧面光的透射深度是确定带幅的重要依据,可用下式表示:



$$I = H' \cot h\theta \cos B \quad (9-36)$$

因为

$$B = A - a$$

所以

$$I = H' \cot h\theta \cos(A - a) \quad (9-37)$$

式中:  $I$  为侧光可能透射的深度;

$h\theta$  为太阳高度角;

$H'$  为玉米高度;

$a$  为带向偏角, 可用罗盘或日影法测定。

$$I = \frac{\cos h\theta}{\sin h\theta} (\cos A \cos a + \sin A \sin a) \quad (9-38)$$

太阳高度角和方位角可由下式确定:

$$\sin h\theta = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega \quad (9-39)$$

$$\cos A = -\sin \delta \cos \phi + \cos \delta \sin \phi \cos \omega / \cos h\theta \quad (9-40)$$

$$\sin A = \cos \delta \sin \omega / \cos h\theta \quad (9-41)$$

式中:  $\phi$  为所在地点的地理纬度;

$\delta$  为太阳赤度;

$\omega$  为太阳时角。将 9-39、9-40、9-41 式代入式 9-38, 得:

$$I = \frac{H' [\cos a (-\sin \delta \cos \phi + \cos \delta \sin \phi \cos \omega) + \cos \delta \sin \omega \sin a]}{\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega} \quad (9-42)$$

侧光透射深度  $I$  是多种因素的复合函数。当  $\phi$ 、 $H$ 、 $\delta$  一定时,  $I$  值由  $\omega$  和  $a$  所决定。可以看出, 在一天中, 不同带向, 不同时间, 透射深度亦不同。

根据计算, 东西向田, 一天中两侧透射深度为 166 厘米; 而南北向田, 一天中两侧透射深度为 618 厘米。但实际测定结果表明, 南北向田玉米株间 1/2 高度单侧光最大透射深度为 100 厘米, 两侧为 200 厘米, 比理论计算值少了 68%, 按此值推算, 东西向田, 实际透射深度只有 53 厘米, 作为宽窄行形式的玉米带, 其宽度多在 1~2 尺之内, 冠层当然更宽些。无论东西向田或南北向田, 其透射深度已超过带的宽度。

由上述分析可得出如下结论, 宽窄行种植和等行距相比, 产量各有增减, 但差别不大; 宽窄行的实用意义取决于生产水平, 当土壤肥力仍然是产量的限制因素时, 实行宽窄行种植意义不大; 当生产水平达到一定程度之后, 土壤肥力的矛盾已让位于光能的矛盾, 宽窄行种植的效果比等行距要好些。宽窄行的大小以 3 尺和 1.5 尺为宜。

## 二、每穴株数及方式对产量的影响

根据范福仁等 1963 年的研究, 在同等密度下, 每穴株数不同, 其产量反应也不一样。每穴一株前期生长表现健壮, 中、后期, 因叶面积相互遮阴, 籽粒产量不高; 但每穴株数增加过多, 又会使穴内密度拥挤, 影响玉米的正常发育。研究证明, 行株距的大小, 每穴株数的多少, 为每亩密度所制约。在每亩 3000 株时, 以  $2 \times 2$  尺, 每穴 2 株为宜; 4000 株时, 以  $2 \times 1.5$  尺, 每穴 2 株为宜; 当每亩密度在 6000 株时, 则以  $2 \times 1.5$  尺, 每穴 3 株的产量最高。

在范福仁的试验中,就方形、六角形、正矩形、偏矩形、极偏矩形等各种种植方式作了研究,结果指出,在相同密度下,不论六角形、方形、偏矩形、极偏矩形的籽粒产量,都没有趋势一致的明显差异。极偏矩形较同密度的方形减产6%;在相同密度下,茎秆产量,方形和偏矩形相仿;六角形和正矩形较方形有增加的趋势;极偏矩形则较方形减少10.1%。所以,宽行距越大,对籽粒产量和茎秆产量越不利;如每穴营养面积的内切圆面积相等,则每穴的玉米产量,不论籽粒产量和茎秆产量,六角形都比方形为低。他们在研究了各种不同的种植方式之后,得出的结论是:种植方式的增产幅度不大,合适的种植方式,比一般的种植方式,仅增产5%左右,并认为在肥水不足时,仍以等行条播为宜。

所谓穴播,包括正方形穴播、长方形穴播、六角形穴播等。在我国,许多地方多采用 $2 \times 2$ 尺,每穴2株的形式。前几年曾推广过撮播种植法,这是一种扩大了行株距的穴播形式,每穴3~4株。但是,除了 $2 \times 2$ 尺,每穴2株这一形式外,其他形式多因减产而被淘汰。就是 $2 \times 2$ 尺的穴播形式,也因产量不稳,很少当作重要增产措施来推广。但是,目前我国山区由撮播发展而成的坑田种植法,玉米增产效果较好。

方形穴播之所以增产,过去多从便于机械化操作和群体通风透光方面来解释。然而,从发育动力学的观点对穴播的理论研究表明,并未发现这种方式的优越性。这一观点是把生物体与环境条件当做一个系统去考察,把生物体以及水、肥、气、热等因素都归纳在该系统之中,把植物体的新陈代谢,看作是播种地上一个大系统的代谢。

分析指出,在任何植物的生命过程中,包括同化和异化两个截然相反的过程,组成了生命系统的统一体。在这一系统中,生物体依靠这一系统同化环境条件以构成自己的体躯。假定有生物总量 $B$ 的系统处于 $P_0$ 的环境中,这一系统在时间变化上可以用方程式 $\left(\frac{dB}{dt}\right)_a = K_1 P_0 B$ 来表示。式中 $K_1$ 为常数, $t$ 为时间, $a$ 表示同化作用。该式表明,生物总量 $B$ 越大,营养浓度 $P_0$ 越大,则生物体的生长发育越快。而异化作用对时间的变化可表示为 $\left(\frac{dB}{dt}\right)_{is} = -K_2 \int_0^B B dB = -K_3 B^2$ 。式中 $K_2, K_3$ 为常数, $is$ 表示异化作用,该式是关于生物体的任何一个微小部分( $dB$ )与生物体总量( $B$ )都进行相互作用的原理的数学公式。积分的目的是确定异化过程中物质的消耗总量,将上述两式合并,则为:

$$\frac{dB}{dt} = \left(\frac{dB}{dt}\right)_a + \left(\frac{dB}{dt}\right)_{is} = K_1 P_0 B - K_3 B^2 \quad (9-43)$$

这表明,生物体的积累是同化作用与异化作用之差。将式9-43积分即得生物体的变化总量:

$$B = \frac{K_1 P_0 B_0 e^{K_1 P_0 t}}{K_1 P_0 - K_3 B_0 (1 - e^{K_1 P_0 t})} \quad (9-44)$$

式中: $B_0$ 是生命系统中最初的生物量,由上式可以看出,当 $t=0$ 时, $B=B_0$ ,即生物总量等于最初的生物量;当 $t \rightarrow \infty$ 时, $B \rightarrow \frac{K_1 P_0}{K_3}$ ,即生物总量与营养物质浓度成正比,营养物质浓度越高,则生物总量越大。

一个群体,总是对空间、营养、光、空气等进行竞争,这种对抗关系,在数量上,与个体数量的平方成正比,与生物总量成正比。这一对抗关系在动力学上可用  $K_1 N_0^2 BS$  来表示;除此之外,还有个体间相互制约的代谢关系,可用  $K_5 N_0^2 B$  来表示。

现以  $S$  代表群体面积,  $N_0$  为单位面积上的密度,  $B_1$  为单位面积上的生物总量,  $P_0$  为单位面积上的营养物质,  $t$  为时间,因此  $B_1 S = B$ , 即整个群体的生物总量。所以群体发育动力学的表示方式应为:

$$\frac{dB}{dt} = K_1 P_0 B - K_3 \left( \frac{B}{N} \right)^2 N - K_4 N_0^2 B_1 S - K_5 N_0^2 B \quad (9-45)$$

式中  $K_1, K_3, K_4, K_5$  为常数, 而  $\frac{B}{N}$  为单株生物总量。当  $t \rightarrow \infty$  时, 即作物生育结束时, 最后的微分方程的积分值为:

$$B_{\infty} = \frac{1}{K_3} [K_1 P_0 - (K_4 + K_5 S^2) N_0^2] N_0 S \quad (9-46)$$

式中  $B_{\infty}$  为群体的最后产量。

可以看到, 当  $S=0, N_0=0, K_1 P_0 = (K_4 + K_5 S^2) N_0^2$  或者  $S = \sqrt{\frac{K_1 P_0 - K_4 N_0^2}{K_5 N_0^2}}$  时,  $B_{\infty} = 0$ 。

由此可见, 群体产量, 决定于营养物质的数量、密度和播种面积。当播种地的面积大而有效播种面积小时, 产量  $B_{\infty}$  下降, 同样, 密度过大时, 也得不到产量。

播种地的产量, 由于其代谢过程中造成的损耗, 可以通过把播种地划成独立的小区而降低。为了提高播种地的产量, 可以不改变生长条件, 把土地分成彼此独立的部分, 实行所谓的方形播种。但是, 这会导致土地利用率的降低而减产, 从而抵消了因划分独立小区而带来的好处。

设总的播种地面积为  $S$ , 它被分成许多边长只为  $l$  的小正方形, 而在每个小正方形内种植着边长为  $d$  的方形播种簇, 各簇之间有相对的独立性。播种地内正方形的数量为  $\frac{S}{l^2}$ , 正方形的数量与簇的数量相等。按式 9-46 每簇的产量为:

$$(B_{\infty})_1 = \frac{1}{K_3} [K_1 P_0 - (K_4 + K_5 d^4) N_0^2] N_0 d^2$$

整个播种地的产量应为:

$$B_{\infty} = \frac{S}{K_3 l^2} [K_1 P_0 - (K_4 + K_5 d^4) N_0^2] N_0 d^2$$

假定不是方形播种而是均匀播种, 则产量是:

$$B_{\infty} = \frac{1}{K_3} [K_1 P_0 - (K_4 + K_5 S^2) N_0^2] N_0 S$$

因此方形播种和均匀播种两者之间的产量差额是:

$$\Delta B_{\infty} = \frac{K_5}{K_3} N_0^2 S \left( S^2 - \frac{d^4}{l^2} \right) - \frac{1}{K_3} (K_1 P_0 - K_4 N_0^2) N_0 S \left( 1 - \frac{d^2}{l^2} \right)$$

可以看到,当  $d=l$  和  $l^2=S$  时,增产值  $\Delta B_{\infty}=0$ ,这样一来,方形穴播比均匀播种增产是依赖于播种地面积的大小,正方形和簇的大小。假使播种地内,植株之间没有交替过程,而只有个体间的相互影响,则类似的计算可简化为:

$$\Delta B_{\infty} = \frac{d^2}{l^2} (K_1 P_0 - K_4 N_0^2) \frac{N_0 S}{K_3} - (K_1 P_0 - K_4 N_0^2) \frac{N_0 S}{K_3}$$

因为  $d \leq l$ , 则  $\frac{d^2}{l^2} \leq 1$  (簇的面积可能等于或小于正方形的面积), 因而  $\Delta B_{\infty} \leq 0$ 。

这表示,在播种地上划分独立的正方形和簇的任何一种方法,将只能减少播种地的产量。

### 主要参考文献

- [1] 丁昌龄: 密度-产量的理论曲线方程及其商榷, 上海农业科技, 第14期, 1978。
- [2] 山东省农业科学院: 春玉米密度试验, 1963。
- [3] 山东省农业科学院玉米研究所: 玉米密度试验总结, 1981。
- [4] 山东省农业科学院作物研究所: 春玉米密度试验, 1964。
- [5] 山东省农业科学院作物研究所: 夏玉米密度试验总结, 1963。
- [6] 山东省农业科学院玉米研究所编: 玉米生理(油印本, 1981)
- [7] 山东省农业科学院主编: 中国玉米栽培, 上海科学技术出版社, 1962。
- [8] 山东省农业科学院植物生理研究室: 研究报告之一, 1975。
- [9] 山东省农业科学院植物生理研究室: 研究报告之二, 1976。
- [10] 山东省农业科学院植物生理研究室: 研究报告之三, 1977。
- [11] 山东省农业科学院植物生理研究室: 玉米产量构成的生理基础, 中国农业科学, 第2期, 1976。
- [12] 山东省农业科学院原子能农业应用研究所: 鲁原单4号密度与产量试验总结, 1979。
- [13] 山东农学院: 山东农学院科研资料选编, 第2期, 1978。
- [14] 山东莱阳农学院: 夏玉米高产栽培中的几个问题的商榷, 1977。
- [15] 山东省昌潍地区农业科学研究所: 玉米亩产千斤的几个理论指标和营养运输规律的探讨, 1979。
- [16] 山东省昌潍地区农业专科学校: 夏玉米栽培中几个生物学问题的初步研究, 1977。
- [17] 山西省农业科学院玉米研究所: 玉米高产栽培技术的研究, 1979。
- [18] 山西省临汾地区农业科学研究所: 临单4号密度试验总结, 1975。
- [19] 辽宁省锦西县农业局: 玉米大垅栽培群体生态变化及增产效果的调查研究, 1979。
- [20] 广西壮族自治区玉米研究所: 春玉米亩产千斤初步探讨, 1979。
- [21] 北京市怀柔县农业科学研究所等: 麦茬平播玉米种植方式试验总结, 北京玉米生产科研总结选编, 1980。
- [22] 王天铎等: 分析密植试验资料中的几个问题, 作物学报, 第2卷, 第2期, 1963。
- [23] 云南省大理白族自治州农业科学研究所: 杂交苞谷获得了好收成, 1979。
- [24] 甘肃省临夏回族自治州农业科学研究所: 高寒阴湿地区玉米高产栽培研究技术总结, 1980。
- [25] 甘肃省武威地区农业气象站等: 甘肃气象科技文集, 1981。
- [26] 四川省农业科学院: 玉米综合高产栽培的研究, 1981。
- [27] 刘百超: 间作玉米合理密植与种植方式, 1975。
- [28] 吉林省农业科学院机械化耕作研究所: 玉米种植密度及其对果穗发育影响的研究, 1981。
- [29] 许章全等: 春玉米密植定额和种植方式的研究, 作物学报, 第3卷, 第3期, 1968。
- [30] 范福仁等: 玉米密植程度研究, 作物学报, 第2卷, 第4期, 1963。
- [31] 范福仁等: 玉米种植方式研究, 作物学报, 第2卷, 第4期, 1963。
- [32] 河北省农业科学院作物研究所: 夏玉米高产栽培措施, 农业科技通讯, 第5期, 1977。
- [33] 河北省农业大学农学系: 关于河北省夏玉米生产中几个问题的商榷, 1980。
- [34] 河南省农业科学院作物研究所: 合理密植提高玉米产量, 农林科学技术推广题目选编, 1981。
- [35] 河南省农业科学院作物研究所: 郑单2号的适宜密度, 1981。
- [36] 河南省洛阳地区农业科学研究所: 一九七六年夏玉米不同株行距试验总结, 洛阳农业科技, 第2期, 1977。

- [37] 陕西省农业科学院作物研究所: 夏玉米高产栽培技术探讨, 1979。
- [38] 陕西省农业科学院作物研究所: 关于我省夏玉米生产中的几个问题, 1980。
- [39] 高亮之: 作物生产力国际讨论会纪要, 江苏农业科技情报, 第2期, 1981。
- [40] 莫惠栋: 种植密度和作物产量, 作物学报, 第6卷, 第2期, 1980。
- [41] 黑龙江省农业科学院: 不同生态型玉米增产途径及其理论的研究, 1981。
- [42] 吉良竜夫: 作物的产量和栽植密度——关于水稻的密植栽培(沈乃农译), 农业译丛, 第11期, 1965。
- [43] Афанасьев, П. В., Яковлев: 论穴播理论的某些问题(董钻译), 农业译丛, 第4期, 1964。

## 第十章 施 肥

玉米的合理施肥技术,是提高产量和改良品质的重要措施之一。既要保证供给玉米所需要的各种养分,又要保证增强土壤肥力,才能不断地提高生产水平。要做到合理施肥,必须认识与掌握玉米的营养吸收特性、土壤的供肥能力以及其他条件对施肥的影响,按不同肥料的成分和性质,采取合理的施用技术,才能充分发挥施肥的最大增产作用,提高产量,降低成本,增加收入,达到产量高和品质好的目的。

### 第一节 玉米的营养特性

玉米在生长发育过程中,主要从土壤中不断地吸收利用各种养分,合成各种有机物质,建成植株各器官的有机体。玉米所需要的大量营养元素,有碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、硫、镁等,微量元素有铁、锰、锌、铜、硼、钼等。另外,据有关研究证明,硅、铝、镍、钴等元素,也是玉米生长所必需的营养元素。

从玉米的营养特性来说,虽然吸收营养物质数量不同,但是各种营养元素有不同的生理代谢功能,互相联系又互相影响,彼此不能互相代替,存在着重要的规律性。因此,玉米生长中如果缺少一种或几种营养元素,它的生长发育就会受到严重影响,限制产量的提高。

#### 一、玉米不同器官营养成分的分布

玉米吸收各种营养元素,通过光合作用,合成蛋白质、脂肪、纤维素、淀粉等有机化合物,于不同生育期在各器官内进行着有机物质的合成、转移和贮存。玉米成熟后,各种有机化合

表 10-1 玉米植株各器官的化学成分\*

(占干物质重%)

植株器官	水分	粗蛋白	纯蛋白	氮	灰分	醚浸出物	粗纤维	无氮浸出物
叶子	18.40	6.13	5.42	0.71	10.43	1.45	24.40	39.19
苞叶	32.39	3.09	2.42	0.67	2.72	1.03	20.34	40.43
茎秆	50.06	2.28	1.29	0.99	2.82	0.79	17.08	26.42
雄穗	12.45	6.10	5.20	0.90	7.24	1.87	29.00	43.26
穗轴	47.11	1.64	1.35	0.29	1.00	0.36	18.50	31.39
籽粒	30.05	7.85	7.43	0.42	1.11	3.15	1.92	55.92

\* 引自《玉米的生物化学》,农业出版社,1964。

物主要转化成贮存形态,分布在各器官组织中(表 10-1)。

在各种器官组织中,粗蛋白质含量以籽粒、叶子和雄穗中较多,茎秆、穗轴和苞叶中较少。纯蛋白质含量分布与粗蛋白质有相同的趋势。髓浸出物的含量,以籽粒、雄穗、叶子和苞叶中较多,茎秆和穗轴中较少。粗纤维含量以茎秆、叶子、雄穗、苞叶中较多,籽粒中最少。无氮浸出物以籽粒、苞叶、雄穗和叶子中较多,茎秆中最少。灰分含量以叶子和雄穗中较多,茎秆、苞叶、穗轴和籽粒中较少。玉米全株的化学成分含量,以无氮浸出物和粗纤维最多,蛋白质和脂肪较少。

玉米成熟期各器官化学成分的组成和含量,与吸收氮、磷、钾等各种养分有密切关系。根据山东省农业科学院土壤肥料研究所的研究结果(表 10-2),氮素在叶片和籽粒中含量较高,其他器官中含量较少。在玉米生长过程中,氮素先在叶子里合成简单的含氮有机化合物,在籽粒形成期,贮存在营养器官中的氮素逐渐向籽粒中转移,以复合蛋白质的形态贮存起来。磷素在叶片和籽粒中含量较多,其他器官中含量较少。在玉米生长过程中,磷素大多数合成复杂的磷素有机化合物,但在磷素吸收过量的条件下,有时以无机形态积累在营养器官里,在籽粒形成期,磷素向籽粒转移。钾素在茎秆、叶片和雌穗中含量较多,其他器官含量较少。钾素在玉米各器官中呈离子状态,对玉米生长发育有重要的生理功能。

表 10-2 夏玉米成熟期各器官的氮磷钾含量和分布\*

(山东省农业科学院土壤肥料研究所,1982)

器 官		叶 片	叶 鞘	茎 秆	雌 穗	籽 粒	全 株
养 分	氮(N)	1.07	0.61	0.47	0.56	1.41	1.20
	%	0.32	0.09	0.21	0.23	2.25	3.51
磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0.35	0.28	0.12	0.14	0.73	0.49
	克	0.11	0.04	0.06	0.06	1.16	1.42
钾(K <sub>2</sub> O)	%	1.61	1.37	1.80	0.77	0.40	0.84
	克	0.49	0.20	0.81	0.32	0.64	2.46

\* 品种为掖单 2 号,亩产 1277.7 斤。每亩施 N 30 斤,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15 斤,K<sub>2</sub>O 30 斤。

玉米在成熟期,各器官中除含有氮、磷、钾外,也含有钙、镁、硫、铁、锰、锌、铜、钴等营养元素(表 10-3)。但因受品种特性、土壤养分状况和施肥技术等影响,其含量有所变化。总

表 10-3 玉米器官中其他营养元素

器 官	钙(%)	镁(%)	硫(%)	铁(ppm)	锰(ppm)	锌(ppm)	铜(ppm)	钴(ppm)
叶、茎	0.10~0.80	0.1~0.5	0.08~0.30	160~190	50~270	5~80	2~9	0.01
籽粒	0.01~0.05	0.1~0.3	0.04~0.30	25~50	5~19	20	4~17	—

(引自中国科学院南京土壤研究所《土壤理化分析》,1978)

之,玉米对各种营养元素的吸收,既有其内在的规律性,又受生态环境条件的影响。

## 二、春玉米营养元素的吸收动态和数量

春玉米前期处于气温低、雨量少的季节,生长速度较慢,干物质和养分积累较少。抽雄以后,处于高温多雨季节,生长速度较快,干物质和养分积累也较快。由于春玉米的生育期较长,因此同一品种在相同条件下,往往春播比夏播产量高。春玉米生长过程中,干物质和养分的积累动态,表现为前期慢、中期快、后期又变慢的规律性。

春玉米全生育期的干物质积累,与各种养分积累有密切关系。全株干物质积累数量,苗期至授粉期占总干物重的54.22%;授粉至成熟期占45.78%。叶子的干物质积累至授粉期达到最大值。茎秆的干物质积累至授粉期速度较快,授粉期至成熟期略有增多。雌穗干物质积累至乳熟期达到高峰,而后主要是干物质的增加(表10-4)。

表 10-4 春玉米不同生育期各器官干物质累积动态\*

(山东省农业科学院土壤肥料研究所,1963,济南)

生 育 期		叶		茎		雌 穗		籽 粒		全 株	
时期	日数	累积量 (克/株)	累 积 (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)
苗 期	21	0.27	0.29							0.27	0.07
拔节期	42	11.42	12.47	0.80	0.76					12.22	3.07
抽雄期	57	60.24	65.76	24.56	23.42					84.80	21.23
授粉期	74	91.60	100.00	102.79	98.03	21.71	37.79			216.10	54.22
乳熟期	96	90.17	98.44	100.08	95.44	57.45	100.00	88.49	55.71	336.18	84.35
成熟期	110	83.71	91.39	104.86	100.00	51.15	89.03	158.85	100.0	398.57	100.00

\* 品种为“双跃3号”。亩产953斤。每亩施N12斤、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>6斤。生育日数为累计数。

### (一)氮素的吸收动态

春玉米不同生育期各器官的氮素吸收数量和分配,具有动态的规律性。

表 10-5 春玉米不同生育期各器官氮素分配动态

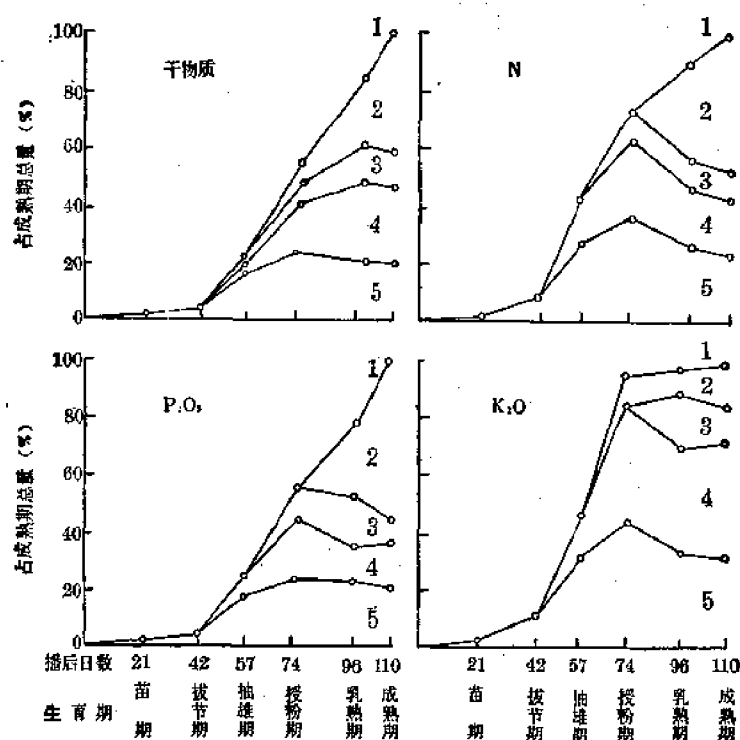
(山东省农业科学院土壤肥料研究所,1963,济南)

生育期		叶			茎			雌 穗			籽 粒			全 株		
时 期	日数	N (%)	累积量 (克/株)	累积 (%)	N (%)	累积量 (克/株)	累积 (%)	N (%)	累积量 (克/株)	累积 (%)	N (%)	累积量 (克/株)	累积 (%)	N (%)	累积量 (克/株)	累积 (%)
苗 期	21	5.00	0.01	0.49										5.00	0.01	0.18
拔节期	42	4.42	0.51	24.88										4.13	0.51	9.24
抽雄期	57	2.74	1.63	79.51	3.19	0.78	53.42							2.85	2.41	43.66
授粉期	74	2.24	2.05	100.00	1.42	1.46	100.00	2.67	0.58	100.0				1.89	4.09	74.09
乳熟期	96	1.81	1.63	79.51	1.06	1.06	72.60	0.30	0.46	79.81	2.09	1.85	62.71	1.49	5.00	90.58
成熟期	110	1.45	1.21	59.02	0.96	1.00	68.49	0.70	0.36	62.07	1.86	2.95	100.0	1.39	5.62	100.00



从全株各生育期来看,氮素吸收的相对含量(占干物重%),苗期至成熟期逐渐降低,这主要是由于木质素、纤维素和半纤维素的合成速度和数量增加。氮素的绝对累积量,从苗期至成熟期逐渐增多。苗期至拔节期的累积量较少且慢,占总氮量的9.06%。拔节至授粉期的氮素积累较多且快,占总氮量的64.85%。授粉期至成熟期的氮素累积量,又趋于缓慢状态,占总氮量的25.91%(表10-5)。

不同生育期各器官与氮素相对含量和绝对累积量之间,存在不同的动态变化。各器官的氮素相对含量,随着多糖类有机物质的积累,从苗期至成熟期,氮素含量逐渐下降。各器官之间的氮素绝对累积量和累积速度,总的趋势是从营养器官向生殖器官转移。一般叶、茎和雌穗至授粉期即达到高峰,从授粉期至成熟期,氮素则急速向籽粒转移(图10-1)。



1.全株; 2.籽粒; 3.雌穗; 4.茎; 5.叶

图 10-1 春玉米不同生育期各器官干物质和养分动态

(山东省农业科学院土壤肥料研究所, 1963, 济南)

## (二) 磷素的吸收动态

春玉米不同生育期各器官的磷素吸收数量和分配动态,与氮素有类似的规律性。

在整个生育期间,植株体内磷素相对吸收量逐渐降低,而绝对累积量则逐渐增加。在苗期,磷的累积量很少,但从拔节期到授粉期间磷在植株体内迅速积累,此后至成熟期磷的累积速度又渐次缓慢(表10-6)。

各器官与磷素相对含量、绝对累积量之间,也存在不同的动态变化。各器官的磷素从授粉期至成熟期,叶、茎和雌穗略有波动。各器官之间磷素累积量和累积速度,总的趋势也是

表 10-6 春玉米不同生育期各器官磷素分配动态

(山东省农业科学院土壤肥料研究所, 1963, 济南)

生 育 期		叶			茎			雌 穗		
时 期	日数(天)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)
苗 期	21	1.07	0.003	0.51						
拔节期	42	0.95	0.11	18.64						
抽雄期	57	0.73	0.44	74.53	0.68	0.17	30.91			
授粉期	74	0.64	0.59	100.0	0.54	0.55	100.0	1.01	0.22	100.0
乳熟期	96	0.65	0.59	100.0	0.32	0.33	80.00	0.32	0.18	81.82
成熟期	110	0.66	0.55	93.22	0.39	0.41	74.55	0.36	0.19	86.36

生 育 期		籽 粒			全 株		
时 期	日数(天)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)
苗 期	21				1.07	0.003	0.12
拔节期	42				0.88	0.11	4.30
抽雄期	57				0.72	0.61	23.88
授粉期	74				0.63	1.36	53.13
乳熟期	96	0.98	0.87	61.27	0.58	1.97	76.95
成熟期	110	0.89	1.42	100.0	0.64	2.56	100.0

由营养器官向生殖器官转移。叶、茎和雌穗同样至授粉期达到高峰, 此后磷素急速向籽粒转移(图 10-1)。

### (三)钾素的吸收动态

春玉米对钾素的吸收量和在器官内的分配, 与氮素和磷素的吸收有着共同性, 又有着特殊性。

玉米在全生育期内, 钾素的相对含量是逐步下降的, 这与贮存形态的多糖类积累有密切关系。钾素的绝对累积量, 苗期到拔节期累积速度较慢, 但从拔节期开始, 植株钾素含量急剧上升, 到授粉期, 钾素累积量占总钾量的 96.07%, 比氮素和磷素的吸收速度要快得多。说明玉米前期对钾素敏感, 生理作用强度大, 对生长发育更为重要, 因此当土壤速效钾缺乏时, 在前期做基肥、种肥或早期追肥, 增产作用显著。在授粉期以后, 植株钾素累积量一般增加很少或略有减少。因钾素由根系外渗和地上部淋失, 所以玉米植株内常表现钾素减少(表 10-7)。

玉米植株器官的钾素相对含量, 基本上是自始至终逐渐降低的, 只有叶、茎和雌穗在成熟期略有波动, 各器官之间, 钾素的总趋势也是由营养器官向生殖器官转移, 但是大部贮存在叶和茎秆内, 籽粒中占的数量较少, 这与氮、磷在植株内的分布有显著的不同。叶和茎

表 10-7 春玉米不同生育期各器官钾素分配动态

(山东省农业科学院土壤肥料研究所, 1963, 济南)

生 育 期		叶			茎			雌 穗		
时 期	日 数	K <sub>2</sub> O (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	K <sub>2</sub> O (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	K <sub>2</sub> O (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)
苗 期	21	4.44	0.012	0.56						
拔节期	42	4.64	0.63	24.88						
抽雄期	57	2.56	1.54	72.30	2.76	0.68	34.17			
授粉期	74	2.33	2.13	100.0	1.94	1.99	100.0	2.40	0.52	85.25
乳熟期	96	1.95	1.76	82.63	1.71	1.71	85.93	1.60	0.61	100.0
成熟期	110	2.09	1.75	82.16	1.74	1.83	91.96	0.09	0.47	77.05

生 育 期		籽 粒			全 株		
时 期	日 数	K <sub>2</sub> O (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)	K <sub>2</sub> O (%)	累积量 (克/株)	累 积 (%)
苗 期	21				4.44	0.012	0.25
拔节期	42				4.64	0.63	10.97
抽雄期	57				3.74	2.22	45.96
授粉期	74				2.53	4.64	96.07
乳熟期	96	0.63	0.56	70.39	1.62	4.64	96.07
成熟期	110	0.50	0.79	100.0	1.33	4.83	100.0

籽到授粉期, 钾素积累达到高峰, 而后向生殖器官转移, 而雌穗则延至乳熟期才达到高峰 (图 10-1)。

#### (四) 生育期间的氮、磷、钾吸收量和比例

春玉米的生长发育可分为营养生长期、营养生长和生殖生长并进期及籽粒形成期。各生育时期对营养元素的需求亦不相同。

从出苗到拔节期, 称为营养生长期。这期间的生长日数约为 40 天左右, 生长器官以根系和叶片为主, 氮、磷、钾的相对含量和比例最高, 氮、磷、钾的绝对含量较少。玉米三叶展开后, 种子胚乳中的营养物质已经耗尽, 根系开始从土壤中吸收养分, 如果这时土壤中缺乏某种营养元素, 将影响整个生长发育过程。由于玉米生长发育的顺序性和相关性, 即使后期再施所缺乏的养分, 也不能弥补已造成的损失。

从拔节到授粉期, 为营养生长和生殖生长并进的时期。这个时期的特点是雄、雌穗开始相继分化和发育成穗, 同时茎、叶营养器官仍在继续迅速生长。这期间的生长日数为 30~35 天, 是营养生长和生殖生长并进的时期, 氮、磷、钾的相对含量和比例也较高, 茎、叶和雌穗吸收养分的绝对量和累积速度则达到高峰。这期间, 根系大量从土壤中吸收养分, 各器官的营养物质迅速输向雌穗, 对形成穗大、粒多有重要作用。因此, 这个时期充分供给玉米所需要

表 10-8 春玉米不同生育期氮、磷、钾吸收量\*

(山东省农业科学院土壤肥料研究所, 1963, 济南)

生育期	生长 日数 (天)	干 物 质		N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O
		斤/亩	%	占干重%	斤/亩	%	占干重%	斤/亩	%	占干重%	斤/亩	%	
苗 期	21	1.35	0.07	5.11	0.07	0.25	1.03	0.01	0.08	4.44	0.06	0.25	5.0:1:4.3
拔节期	42	61.10	3.05	4.21	3.57	9.29	0.90	0.55	4.29	4.38	2.68	11.14	4.7:1:4.9
抽雄期	67	424.00	21.16	2.85	12.03	43.67	0.72	3.05	23.77	2.55	11.24	46.74	4.0:1:3.7
授粉期	74	1080.25	53.90	1.94	20.96	75.73	0.62	6.70	52.23	2.15	23.23	96.59	3.1:1:3.5
乳熟期	96	1680.90	83.88	1.49	25.06	90.56	0.58	9.75	75.99	1.39	23.36	97.13	2.6:1:2.4
成熟期	110	2004.05	100.00	1.38	27.66	100.00	0.64	12.83	100.00	1.20	24.05	100.00	2.2:1:1.9

\* 品种为“双跃 3 号”。亩产 953 斤。每亩施 N 12 斤、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 6 斤。

的营养,可获得最大的效率(表 10-8)。

从授粉期到成熟期,称为籽粒形成期。这期间的生长日数为 36 天左右,生长中心是籽粒,植株氮、磷、钾的相对含量和比例下降。由于营养器官和雌穗其他部位营养物质的转移,籽粒中有机成分增多,同时根系在授粉后仍能缓慢地吸收土壤中养分,这时少量施肥也有一定的增产作用。

春玉米成熟期吸收氮、磷、钾的数量比例,是确定合理施肥技术的重要依据。氮、磷、钾的吸收数量,主要决定于不同产量水平,即产量越高,吸收的养分数量越多。据山东省农业科学院 1963 年研究,当春玉米亩产 953 斤时,需要吸收纯氮 27.66 斤,五氧化二磷 12.83 斤,氧化钾 24.21 斤,氮、磷、钾比例为 2.2:1:1.9。平均每生产 100 斤籽粒,需要纯氮 2.90 斤,五氧化二磷 1.34 斤,氧化钾 2.54 斤。但春玉米的营养元素吸收量,也因品种、产量和生态条件的不同,在一定范围内发生变化。

### 三、夏玉米营养元素的吸收动态和数量

夏玉米出苗后,正处于高温多雨季节,生长速度快,干物质和养分积累的强度大;授粉后正值夏末秋初季节,光照充足,气温较高,昼暖夜凉,叶片不易早衰。因此,有利于生长后期的干物质和养分积累。但在干物质和养分积累上,与春玉米一样,也表现出前期慢,中期快,后期又转慢的规律。

夏玉米全生育期的干物质积累,与各种养分积累有密切关系。从出苗到抽丝期,叶片的干物质积累占成熟期总干物重的 40%;从抽丝到成熟期,时间约占全生育期的一半,而干物质的积累却占成熟时总干物重的 60%,并绝大部分用于籽粒形成。

#### (一) 氮素的吸收动态

夏玉米不同生育期各器官氮素吸收速度和数量,既受本身内在规律的约束,又受不同品种和栽培条件的影响。

从不同生育期来看,苗期到拔节期,吸收氮素甚少,占总吸收量的 8.0~8.5%,拔节期

以后,氮素吸收量显著加快,抽丝期前后达到高峰,占总吸收量的58~64%。从抽丝期到籽粒形成期,占总吸收量的70~80%,只是到乳熟期才出现相对稳定的时期(表10-9)。

表 10-9 夏玉米不同品种间植株体内氮素(N)累积平均值

(傅应春、陈国平,1982,北京)

项 目 \ 生 育 阶 段		三叶展开	苗期至拔节期	拔节期至13叶展开	13叶展开至抽丝初期	抽丝初期至籽粒形成期	籽粒形成期至蜡熟期	蜡熟期至成熟期	全生育期
		7月5日	7月5~17日	7月17~31日	7月31~8月11日	8月11~25日	8月25~9月15日	9月15~27日	累积总量
		7月5日	7月5~17日	7月17~31日	7月31~8月11日	8月11~25日	8月25~9月15日	9月15~27日	累积总量
京早7号	累积量(斤/亩)	0.80	2.50	7.40	12.70	17.60	18.90	20.40	20.40
	累积速度(斤/亩·天)	0.07	0.14	0.35	0.48	0.35	0.06	0.13	0.21
	累积百分率(%)	3.90	12.30	36.30	62.30	86.30	92.60	100.00	100.00
京黄113	累积量(斤/亩)	0.40	1.90	6.40	12.00	14.00	18.20	18.20	18.20
	累积速度(斤/亩·天)	0.04	0.13	0.32	0.51	0.14	0.20	—	0.20
	累积百分率(%)	2.20	10.40	35.20	65.90	76.90	100.00	100.00	100.00

各器官的氮素绝对含量,一般是叶片>茎秆>叶鞘>苞叶>穗轴>雄穗,而成熟时氮素则主要集中转移到籽粒。但各器官在不同生育期对氮的吸收量不尽相同,抽雄、抽丝20天前,是叶片和茎秆吸收氮素最多的时期,这时叶片中氮素占地上部总氮量的47%左右,茎秆占42%左右。营养器官生长结束后,叶片和茎秆内的氮素明显地向生殖器官转移,并一直持续到蜡熟期。雌穗各部位的氮素分配,随抽丝期的延后而变动。抽丝以后,按苞叶、穗柄、穗轴的顺序,进行氮素转移;其中以穗轴中氮素的生长最快,极大值出现在籽粒形成期。抽丝后14天,则按穗柄、苞叶、穗轴、籽粒的顺序进行氮素转移;其中以籽粒内的氮素增加最

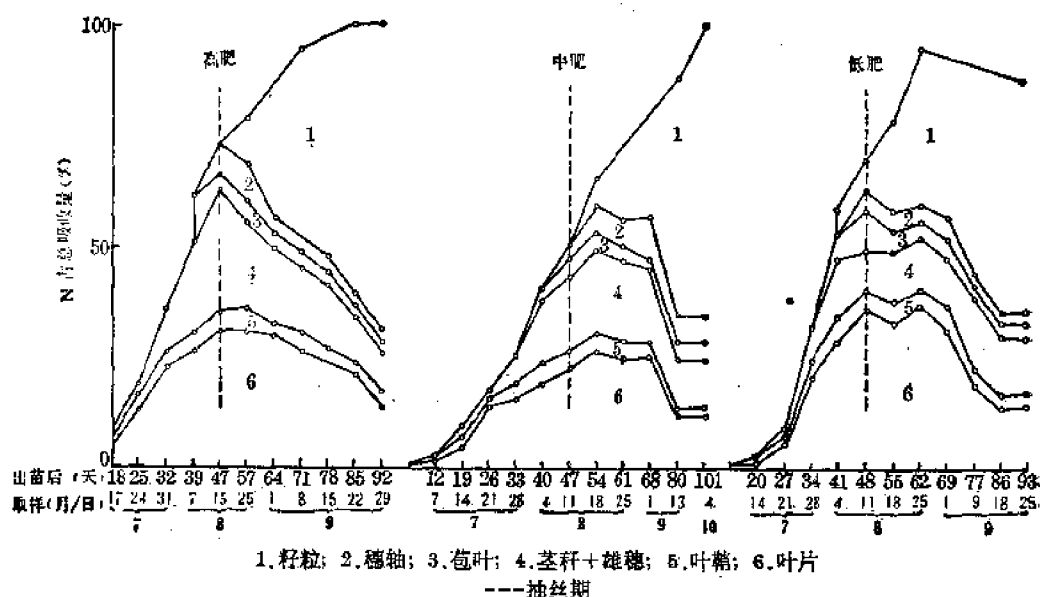


图 10-2 夏玉米不同器官氮素分配动态

(傅应春、陈国平,1982,北京)

快, 极大值出现在蜡熟期(图 10-2)。不同器官向籽粒转移氮素的比率(占植株地上部含氮量%), 以叶子和苞叶的转移率较高, 约占植株地上部含氮量的 47%, 而茎秆和穗轴的转移率比较低, 只有 5% 和 4%。

不同地力水平对氮素吸收量也有很大影响, 总的趋势是氮素总吸收量随着产量水平提高而增加, 而且在肥力充足的条件下, 植株吸收氮的持续时间可以从拔节期延续到蜡熟期。但当土壤供氮不足时, 开花后叶片就很快出现缺氮而早衰, 氮素吸收高峰只能维持到籽粒形成期。因此, 在土壤肥力低的情况下, 早追施氮肥, 对提高千粒重有很大意义。

## (二) 磷素的吸收动态

夏玉米不同生育期各器官的磷素吸收速度和数量, 其动态变化规律与氮素相似, 也受不同品种、土壤供肥状况和栽培条件的影响。在不同生长时期中, 幼苗对磷的吸收很少, 约占成熟期总磷量的 1% 左右, 但这时磷素的相对含量却很高, 是玉米需磷的敏感时期; 到抽雄抽丝时, 磷素吸收达到高峰, 占成熟时总磷量的 38.8~46.7%。磷素吸收速度, 从苗期到籽粒形成期逐渐加快, 极大值出现在乳熟期至蜡熟期, 进入成熟期吸收速度下降。

不同器官磷素的分配状况, 大致与氮素相似, 只是变幅较小, 叶片的磷素吸收高峰, 出现在抽丝前后; 茎秆吸收的磷素在抽丝期和蜡熟期共出现两次高峰, 以籽粒的磷素含量最高。磷在植株内的分配顺序大致是叶片 > 茎秆 > 叶鞘 > 雄穗 > 苞叶 > 穗轴 > 雌穗柄, 最后大部分运转到籽粒(图 10-3)。成熟期籽粒中的含磷量, 占总磷量的 76%。不同器官的磷素向籽粒的转移率, 以叶子和茎秆的转移率较高, 各占总磷量的 36%, 苞叶占 16%, 穗轴占 12%。

玉米植株吸收磷素的数量和分配, 与土壤供氮和供磷状态有密切关系。肥力高的土壤含磷量高, 玉米随着产量水平的提高而增加对磷素的吸收量; 反之, 肥力低的土壤含氮量低, 含磷也较低, 玉米植株磷素的吸收量约占高肥地的一半左右。

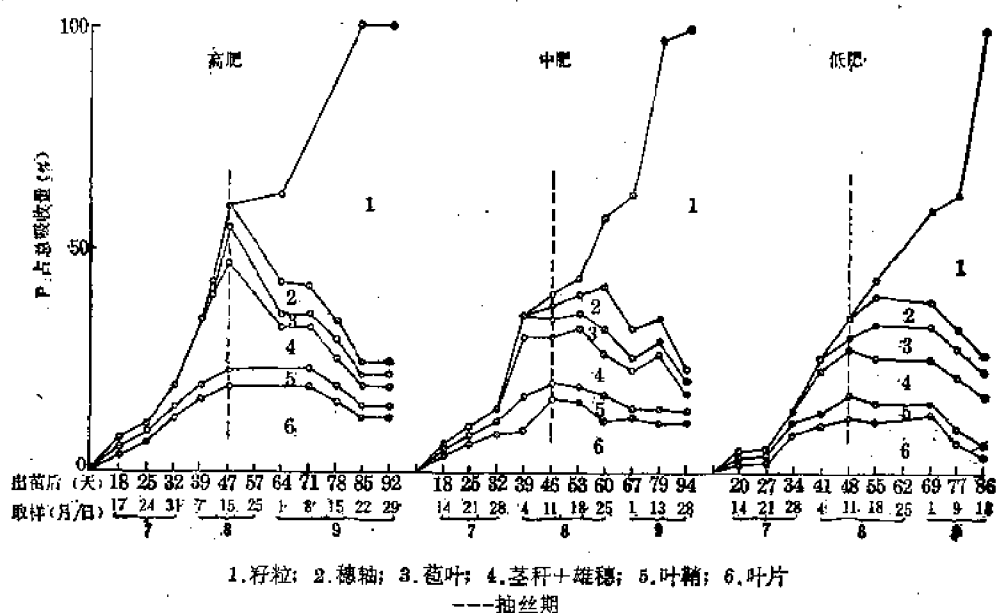


图 10-3 夏玉米不同器官磷素分配动态

(傅应春、陈国平, 1982, 北京)

### (三) 钾素的吸收动态

夏玉米不同生育期各器官的钾素吸收速度和数量, 其动态变化也有规律性, 同时也受不同品种、土壤供肥状况和栽培条件的影响。

在不同生长时期, 钾素主要集中分布在幼嫩组织和新生器官中, 因此在幼苗期的钾素吸收速度快于氮素和磷素, 相对含量和绝对数量都高。三叶展开期的钾素吸收量, 占地上总钾量的2%左右, 拔节以后猛增至40~50%; 到抽雄、抽丝时钾素积累已达总钾量的80~90%。可见在生育前期, 玉米对钾素极为敏感, 对前期各器官生长有重要生理作用。籽粒形成期以后, 钾素的吸收几乎处于停止状态。有时由于钾素的外渗或淋失, 成熟期植株体内的钾素总量有降低的趋势(图10-4)。

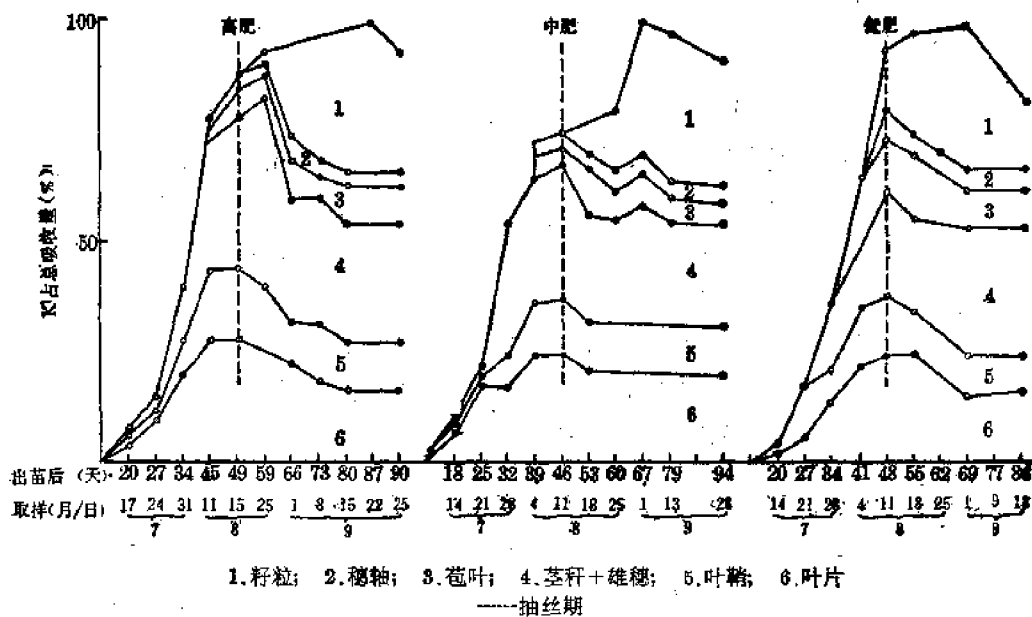


图 10-4 夏玉米不同器官钾素分配动态

(傅应春、陈国平, 1983, 北京)

不同器官钾素的分布状况, 以幼苗期的叶片和拔节期的茎秆相对含钾较高。钾素积累的最快增长期, 从雌穗小花分化期开始到乳熟期出现极大值, 随后趋向降低。抽丝以前, 钾素在各器官的含量顺序, 大致是茎秆>叶片>叶鞘>雄穗>苞叶>穗轴。在籽粒成熟过程中, 不同器官中钾素向籽粒的转移率以茎秆最高, 为42%; 其次是叶片, 为33%; 再次是叶鞘为10%; 苞叶和穗轴的转移率分别为7%和8%。

在不同地力条件下, 玉米植株各生育期和各器官的钾素相对分配动态, 以抽丝期为界限, 高肥地的玉米, 各器官钾素吸收高峰集中在抽丝期, 相对吸收率较高; 中肥地的玉米, 各器官钾素吸收高峰在抽丝期参差不齐, 相对吸收率也低; 低肥地的玉米, 各器官吸收高峰除叶子和茎秆在抽丝期外, 雌穗和籽粒的高峰期推迟到抽丝期以后。不同地力的玉米对钾素的绝对吸收量, 主要决定于产量水平, 产量越高, 钾素吸收总量相应增加。

据山东农学院胡昌浩等 1979 年的研究, 夏玉米对氮、磷吸收的最大强度时期, 出现在小

喇叭口期至大喇叭口期,此期约相当于雄穗小花分化到雌穗小花分化期。大喇叭口期至抽雄期的吸收强度也较大。钾素吸收的最大强度期,出现在大喇叭口期至抽雄期。从氮、磷、钾吸收总趋势看,营养元素吸收强度最大时期,都出现在小喇叭口期至抽雄期(图 10-5)。

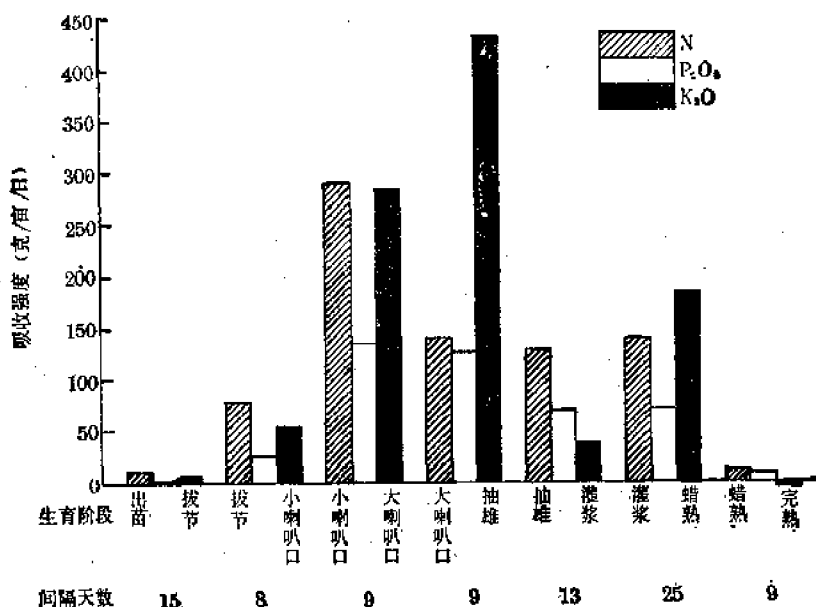


图 10-5 夏玉米不同生育阶段氮、磷、钾的吸收强度  
(胡昌浩、潘子龙, 1979)

因此在这个期间,保证充分供给夏玉米氮、磷、钾养分,对促进生长发育和提高产量有重要作用。此外,从灌浆期至蜡熟期,对养分吸收仍保持较高的强度,氮的吸收强度每日为 149.92 克/亩,磷的吸收强度每日为 75.02 克/亩,钾的吸收强度每日为 187.8 克/亩。可见,无论夏玉米或春玉米,在籽粒形成期,不仅各器官的营养元素向籽粒中转移,而且仍持续地从土壤中吸收养分,所以应注意后期的施肥问题。

在夏玉米的整个生长过程中,由于环境条件的差异,植株对养分的吸收量虽不尽相同,但营养物质吸收的总趋势仍是苗期少,拔节后逐渐加快,抽丝前后达到高峰,后又逐渐减少。通常,氮素在抽丝期前后出现新高峰,到乳熟期则近于停止吸收。磷素吸收的延续时间则较长,高肥地吸收高峰出现在抽丝期,中肥地和低肥地的高峰期推迟。钾素吸收在前期比氮、磷快得多,至抽丝期出现高峰;不同地力条件下有所差异,且成熟前的总钾量有降低的趋势。

夏玉米与春玉米相同,最初各种养分的分配均以生长中心器官为转移,最后大部分输向生殖器官,并在籽粒中合成贮存有机物。

#### (四) 生长期氮、磷、钾吸收量和比例

夏玉米在不同时期,对氮、磷、钾营养元素的吸收可划分为营养生长期、营养生长与生殖生长并进期和籽粒形成期三个主要时期。

出苗至拔节期,为夏玉米的营养生长期。器官的生长中心以根系为主,氮、磷、钾的相对



含量和比例虽高,但吸收量却较少。这时,如果土壤中缺乏某种速效养分,将影响玉米整个生长发育过程,尤其是夏玉米产区大多数不施基肥,应重视施种肥,供给所必需的养分。

拔节至抽雄散粉,是夏玉米营养生长与生殖生长并进的时期。这时期雄、雌生殖器官迅速分化,茎、叶营养器官也继续迅速生长扩大,茎秆、叶和雌穗对营养元素的吸收强度和积累量达到高峰。在这期间,夏玉米不仅从土壤中大量地吸收养分,而且各器官的营养元素开始向雌穗转移,对形成穗多、穗大和粒多有重要作用。因此,这个时期供给玉米所需要的养分,可望取得施肥最大的增产效率。

授粉后至成熟,是夏玉米的籽粒形成期。生长中心是籽粒,此时氮、磷营养元素的绝对吸收量缓慢增长,至成熟期达到最高峰,钾素营养元素的绝对吸收量也同时达到最高。但是,在成熟期有时因养分的外渗和淋失等原因,植株体内总钾量稍有降低,氮、磷、钾的相对含量及比例也稍有降低。籽粒中各种营养元素急速增多,主要是靠其他器官中营养元素的转移,而此时根系仍在缓慢地吸收养分。因此,在缺肥的条件下,这个时期施肥也有一定的增产作用(表 10-10)。

表 10-10 夏玉米不同生育时期氮、磷、钾累积吸收量与比例

(胡昌浩、潘子龙,1979)

生育时期 (月/日)	出苗后 天数	植株干重		N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O
		斤/亩	%	占干重 %	斤/亩	%	占干重 %	斤/亩	%	占干重 %	斤/亩	%	
拔节 (7/13)	15	9.00	0.42	2.789	0.251	1.175	1.033	0.093	0.862	1.933	0.174	0.706	2.70:1:1.87
小喇叭口 (7/21)	23	67.75	3.13	2.549	1.727	8.084	0.874	0.592	5.423	1.712	1.160	4.706	2.92:1:1.96
大喇叭口 (7/30)	32	400.15	18.49	1.799	7.198	33.692	0.755	3.023	27.691	1.623	6.495	26.349	2.38:1:2.15
抽雄 (8/8)	41	726.70	33.57	1.421	10.323	48.320	0.731	5.311	48.649	1.990	14.460	58.661	1.94:1:2.73
灌浆 (8/21)	54	1257.10	58.08	1.089	13.693	64.094	0.562	7.066	64.725	1.214	15.260	61.907	1.94:1:2.16
蜡熟 (9/15)	79	2135.60	98.66	0.992	21.189	99.181	0.507	10.817	99.084	1.154	24.650	100	1.96:1:2.28
完熟 (9/24)	88	2164.60	100	0.987	21.364	100	0.504	10.917	100	1.129	24.428	99.099	1.96:1:2.24

注:品种:鲁原单4号,播种期:6月22日,出苗期:6月28日,亩产828.1斤。

#### 四、玉米的需肥量与施肥量

玉米对氮、磷、钾的需求数量和比例,与土壤所能供给的数量和比例,存在着供需平衡的矛盾,在生产中主要是通过合理施肥进行调节,做到供需平衡,以满足玉米生长发育的需要。因此,明确掌握需肥、供肥和施肥三者的内在联系,才能认识与掌握玉米养分供需规律和经济施肥技术,不断提高玉米的产量。

## (一) 玉米产量水平与氮、磷、钾需要量的关系

氮、磷、钾是玉米植株的重要组成元素,玉米植株对氮、磷、钾的吸收量,常随产量水平的提高而增多。

在不同的生态条件下,春玉米每亩产量在 673.0~953.0 斤的幅度内,需吸收氮 21.96~31.19 斤,磷 10.63~12.83 斤,钾 20.94~26.61 斤;平均每生产 100 斤籽粒,植株需氮 3.60 斤,磷 1.49 斤和钾 3.10 斤。氮、磷、钾比例为 2.4:1:2.1。

夏玉米每亩产量在 400~828.1 斤的幅度内,则每亩需氮 12.8~23.9 斤,磷 7.20~11.8 斤,钾 12.2~24.43 斤;平均每生产 100 斤籽粒,植株需氮 3.09 斤,磷 1.61 斤和钾 2.63 斤,氮、磷、钾比例为 1.9:1:1.6(表 10-11)。

表 10-11 玉米不同产量吸收氮、磷、钾的数量和比例

玉米 种植 类型	试 验 单 位	时间	产 量 (斤/亩)	氮(N)		磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		钾(K <sub>2</sub> O)		N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O
				斤/亩	百斤籽粒 需要量 (斤)	斤/亩	百斤籽粒 需要量 (斤)	斤/亩	百斤籽粒 需要量 (斤)	
春  玉  米	山东省第一农事试验场	1933	673.0	23.50	4.24	10.63	1.59	22.95	3.41	2.7:1:2.1
	山东省农业科学院 土壤肥料研究所	1963	704.0	31.19	4.43	10.63	1.61	26.61	3.78	2.9:1:2.5
			779.3	21.96	2.82	11.66	1.50	20.94	2.69	1.9:1:1.8
			953.0	27.66	2.90	12.83	1.35	24.05	2.52	2.2:1:1.9
平 均			777.3	27.33	3.60	11.45	1.49	23.64	3.10	2.4:1:2.1
夏  玉  米	北京市农业科学院 作物研究所,北京师 范学院生物系	1932	720.0	22.4	3.11	11.80	1.64	18.4	2.56	1.9:1:1.6
			690.0	20.4	2.96	11.70	1.70	18.4	2.67	1.7:1:1.6
			400.0	12.3	3.20	7.20	1.80	12.2	3.05	1.8:1:1.7
	山东省农业科学院 土壤肥料研究所	1963	677.3	23.9	3.53	10.03	1.48	14.2	2.10	2.4:1:1.4
			657.3	21.3	3.24	10.26	1.56	16.6	2.50	2.1:1:1.6
			595.2	19.32	3.25	10.29	1.73	14.2	2.39	1.9:1:1.4
			472.3	13.54	2.87	7.90	1.67	13.2	2.79	1.7:1:1.7
	山东农学院	1979	828.1	21.36	2.58	10.92	1.32	24.43	2.95	2.0:1:2.2
平 均			630.0	19.33	3.09	10.01	1.61	16.45	2.63	1.9:1:1.6

玉米平均每生产 100 斤籽粒,植株所需要的氮、磷、钾数量和比例,可以作为计划产量指标需肥量的参考依据,并按当地生产条件和产量水平适当调整,以制定施肥技术。

## (二) 确定玉米施肥量的方法

在设计玉米计划产量的需肥量时,主要应根据玉米品种的需肥状况、土壤性质、肥力基

础、保肥能力,肥料种类、性质、成分,以及雨量、温度变化和各地群众施肥经验来确定。我国玉米产区大部分土壤肥力较低,氮、磷、钾等主要营养元素不能充分满足玉米生长的需要,必须通过增施肥料,才能保证达到预期的产量水平。

在计算玉米施肥量时,首先要考虑到各种矿质养分供给量,以及所需要施入的矿质养分的利用率,然后按下式计算出需要施入养分的数量。

$$\text{肥料用量} = \frac{\text{计划产量对某种养分的需要量} - \text{土壤对某种养分的供给量}}{\text{肥料中某种养分含量} \times \text{肥料利用率}(\%)}$$

例如:夏玉米的计划产量为600斤,按表10-10所示,平均每生产100斤籽粒,需氮3.09斤,而假定土壤每亩可供氮8斤,不足之数,以含氮量为20%的硫酸铵来补给,氮素利用率为50%,则硫酸铵的施用量应为:

$$\text{硫酸铵用量} = \frac{18.54 - 8}{20\% \times 50\%} = 105.4(\text{斤})$$

各种肥料的利用率,不仅因肥料种类和形态而不同,而且与氮、磷、钾用量和比例,施用时间和施用方法,以及土壤养分和水分状况,都有密切的关系。各种肥料因成分和性质不同,一般都有相当数量残留在土壤中,或有一定的损失。这里所指的硫酸铵的氮素利用率,仅是当季所能吸收利用的数量。

由于玉米需肥、土壤供肥和补充施肥,是玉米栽培中较为复杂的技术,故需要深入进行系统研究,找出三者之间的各种参数,制定出数学模式。采用电子计算机进行计算,将有助于进一步提高施用技术。

## 第二节 施肥与栽培条件的关系

玉米产量水平与施肥有密切关系,一般产量越高,需肥量也愈大,因此,增施肥料是保证提高产量的重要措施。在确定玉米氮、磷、钾的施用量和比例时,不仅要考虑计划产量指标,还必须根据土壤供肥能力、品种特性、栽培技术和气候条件,做到全面兼顾、经济用肥和合理施肥。

### 一、土壤供肥条件与施肥的关系

玉米产区的各种土壤供肥能力不同,施肥量和施肥技术也就有所差别。土壤肥力低,应当多施肥料,土壤肥力高,就应根据土壤供肥情况,酌情施用。

我国主要玉米产区,土壤养分含量的总趋势是普遍缺氮和缺磷,部分土壤缺钾和微量养分。一般土壤全氮含量0.04~0.10%,全磷含量0.05~0.30%,全钾含量1.0~3.0%。但土壤中可为当季玉米所利用的养分,主要是速效氮、速效磷和速效钾,因此土壤中有效养分是判断施肥量的重要指标。就全国玉米主要产区的氮、磷、钾速效养分含量,与玉米需肥的供需平衡关系看,土壤中氮、磷缺乏以及部分土壤速效钾的不足,是影响玉米产量的重要因素。经各地多年研究结果,现已基本上确定,当土壤中速效养分含量中的碱解氮低于20 ppm,速效磷低于10 ppm,速效钾低于50 ppm时,玉米生长发育即将受到严重影响,此

时增施氮、磷、钾肥料,都有显著的增产效应。反之,在上述指标界限上,速效养分含量越高,施用氮、磷、钾的肥效则越低。例如,在目前生产条件下,每亩产量在600~800斤时,土壤中碱解氮 $>80$  ppm以上,速效磷(碳酸氢钠浸提法) $>30$  ppm以上,速效钾(火焰光度计法) $>100$  ppm以上时,一般施用氮、磷、钾肥料,增产效果不明显或无增产效果。应当说明,随着生产条件的发展,栽培技术的改进和产量水平的不断提高,速效养分的临界指标,也将会有所变化。

玉米是需氮较多的作物,而土壤中全氮和速效氮又普遍缺乏,所以,一般应以增施氮肥为主。然而,若土壤中同时存在速效磷或者速效钾不足,由于受到最小养分律的限制,这时增施氮肥的增产作用就会降低,甚至减产。在这种情况下,实行氮、磷或氮、磷、钾配合施用,才能提高氮素养分的利用效率,提高产量。据近年各玉米产区研究表明,现在增施氮素肥料的增产效果比50年代有所降低,而施用磷素肥料的效果显著提高,钾素肥料的施用效果和施用面积也逐渐提高和扩大。表明在过去玉米低产和低氮量的条件下,长期偏重增施氮肥,玉米按氮、磷、钾吸收比例从土壤中大量带走了速效磷或速效钾养分,造成磷、钾养分的相对缺乏,因而施用磷、钾的增产效果越来越显著。

不同土壤类型的物理和化学性质各异,特别是各种养分的化学形态、养分的转化和养分的有效性,与玉米吸收养分和施肥技术有密切关系。例如,砂质土壤的透气性强,昼夜温差大,养分解快,但保肥能力低,供肥能力差,速效养分容易淋失,应当多施有机肥料,改良土壤理化性质,稳定肥效;而增施速效肥料应分期施用,减少每次用量,做到少施或勤施,不使玉米在生长中脱肥,以提高产量。粘质土壤的质地紧密,透气性不良,肥料分解慢,但保肥和保肥能力强,因此用同量的速效肥料,施用次数应当减少,每次用量可以增多,有利于提高施肥的效果。

玉米嗜中性和弱酸性土壤,适宜的pH值为6.6~7.0,但在pH值5~8时也可以种植,若在pH值3.3~5.0的强酸性土壤中,就会严重地阻碍玉米生长。由于各种土壤的pH值不同,在施肥时应注意肥料性质对土壤pH值和对玉米生长的影响。例如,在酸性土壤上,施用硫酸铵、氯化铵等生理酸性肥料作种肥时,就会引起根际周围的暂时酸化,不利于幼苗生长(表10-12)。所以在酸性土壤上最好选用生理碱性肥料作种肥。对酸性土壤,还应施用石灰来降低酸度,改良土壤,促进土壤有益微生物的活动强度,加速土壤有机质的矿化,提高土壤供肥能力。在碱性土壤上,则应当施用石膏或采用其他方法,改良土壤,以提高产量。

表 10-12 玉米在酸性土壤上对不同形态氮肥的生长反应

氮源	干重(克)*	原来 pH 值	最终 pH 值
$\text{NaNO}_3$	0.405	5.2	6.8
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.273	5.1	4.1

\* 15 天幼苗干重。

土壤的化学性质,能影响各种养分的化学形态、转化和有效性,与玉米吸收养分有直接关系。南方玉米产区的红壤和黄壤土类,含有活性铁、铝和锰的氧化物,与磷酸生成暂时难溶性磷酸盐,降低土壤速效磷的有效性。北方的潮土和褐土等土类,含有活性的钙、镁化合物,也能与磷酸生成难溶性磷酸盐,降低有效磷的增产作用。在这些土壤上,多数缺磷严重,因此增施磷肥是提高玉米产量的重要措施。

## 二、肥料性质、成分与施肥的关系

玉米在整个生长发育过程中,不仅需要吸收大量的氮、磷、钾养分,并且各生育期对养分的需求量也有很大差异。肥料施入土壤后,玉米只能吸收其中的一部分,被吸收的数量占总施用量的比例,称为肥料利用率。据研究证明,各种有机肥料的当季利用率,氮素约为15~45%,磷素约为20~60%,钾素约为50~60%,它们的利用率高低,与有效成分含量、腐熟好坏和施用方法有关。

化学肥料的利用率因成分而不同,一般氮素化肥利用率40~50%,钾素化肥利用率40~60%,磷素化肥利用率10~25%。因此,在制订合理施肥技术时,应根据玉米需肥的数量和比例,土壤供肥的数量和比例,以及计划产量所需的各种营养元素,按肥料的利用率算出应施的氮、磷、钾数量,并运用合理的施肥技术,才能获得最大的施肥效益。

玉米从苗期开始,就能吸收所需要的各种养分,特别是磷素和钾素对幼苗根系生长有明显的促进作用。因此,在缺磷和缺钾的土壤上,将磷肥、钾肥作基肥和种肥,能提高肥效。磷素化肥中的速效磷酸,在酸性土壤和中性土壤中,都会被阳离子固定一部分,变成难溶性的磷酸盐,不利于玉米吸收而降低肥效。因此,磷肥宜集中施用,以降低土壤对磷的固定作用。由于磷酸在土壤中移动性小,当根系超过磷肥施用部位时,就难以发挥磷肥的作用,所以,磷肥施用时应均匀分布于耕层,并结合种肥集中施用,这样效果较好。磷肥与生理酸性铵态氮肥混合施用,能显著地提高磷素利用率。这是因为铵态氮可以增加植株体内的阳离子数量,促进对磷酸阴离子的吸收,硫酸根又会增强磷素的有效性,提高玉米对磷的吸收利用。因此,氮、磷混合施用后,玉米植株总磷的51.4~67.0%,被分配和转移到雌穗里;而氮、磷分施,植株总磷量的37.1~42.1%被分配和转移到果穗中。又据中国农业科学院江苏分院研究,硫酸铵与有机肥料混合施用,也可以提高氮的利用率。

## 三、气候和栽培条件对施肥的影响

影响施肥的气候因素主要是温度和雨量。一般在地温25℃左右,土壤湿度在持水量60~80%的情况下,最适宜土壤有益微生物的活动,施入土壤中的有机肥料亦易于分解。土壤干旱或地温在0℃以下时,微生物即停止活动,有机肥料不能分解,肥效不能发挥。气候因素的变化,不仅影响肥料的分解,同时也影响玉米对养分的吸收,若温度降低,就减弱了玉米对养分的吸收能力。在温度低时,玉米对磷、钙的吸收能力更低。在干旱的情况下,玉米生理机能降低,养分的吸收能力也随之减低,尤其对氮和钾的吸收能力降低更为显著。由此可知,气候条件对玉米吸收养分的影响是很大的,在确定玉米施肥技术时,应当考虑当地的气候变化情况。在旱、涝年份和土壤缺钾的条件下,增施钾肥有明显的增产效果。这是由于

旱、涝年份玉米根系发育不良,不能广泛吸收土壤中的钾素,另一方面也是由于玉米对钾的吸收主要靠钾向根系流动和扩散,使玉米在不良气候条件下可以获得更多的钾素。

栽培条件与施肥也有密切关系。品种、种植密度、耕地深度、灌溉技术以及栽培制度,都会影响到玉米的施肥量和施肥技术。

对于成熟期不同的玉米品种来说,由于雄、雌穗各阶段分化时期长短存有差别,在确定肥料施用时期时,就应该注意品种的生长发育特点。品种之间耐肥能力也有很大的差别,耐肥性强的品种,其产量一般是随氮肥施用量增多而增加,而耐肥性弱的品种,当氮肥施用量超过适宜界限,或氮、磷、钾配合不当时,反会引起产量降低。据研究,植株体内的可溶性氮与蛋白氮的比值,可以用来反映品种的耐肥性,即比值小,耐肥性强,比值大,耐肥性弱。所以在确定合理的施肥量时,还应注意到品种的耐肥能力,以免造成浪费和损失。

玉米在增加密度时,由于单位面积上株数的增多,能够充分利用土壤养分。但为了满足植株生长发育的需要,应适当增加施肥量,以利发挥合理密植的增产效果。

适当增加耕层深度,有利于根系发展和扩大养分的吸收面积。这就需要相应地增施肥料,改进施肥技术,达到肥土相融,以利于生土熟化,培养地力。

合理施肥与合理灌溉是密切关联的,在干旱条件下,有灌溉条件的地区,在增施肥料的同时,应结合灌溉,才能得到显著的增产效果。

我国地域辽阔,栽培制度比较复杂,特别是由于套种玉米面积的迅速扩大,在施肥技术上发生了很大变化。过去一般采用“前轻后重”的施肥方法,而套种玉米则采用“前重后轻”的施肥方法,这对保证套种玉米的壮苗,促进幼苗的生长,增强苗期的抗逆能力都起着重要作用。春玉米和麦后复种的夏玉米,在基肥足、地力好的情况下,仍然以“前轻后重”为宜。但在地力差、施肥量不足或种植密度偏稀时,“前重后轻”施肥法,也是一种重要的增产措施。

### 第三节 施肥技术

玉米的合理施肥技术,除了根据其营养特性、土壤供肥能力,以及当地肥料供应种类和性质,确定合理的施肥数量、时期、次数和方法外,还要配合其他栽培措施,才能充分发挥施肥对玉米的增产作用,提高肥料利用率。

各地多年来的经验说明,玉米的基肥应以有机肥料为主,种肥和追肥则以速效的化学肥料为主。有机肥料可增加土壤有机质,经土壤微生物的分解和合成作用,形成不同的腐殖质,以改良土壤,并供给玉米所需要的养分,提高土壤肥力水平。因此,它不仅可以肥苗,而且可以肥土,使用地与养地相结合。化学肥料的养分含量高,肥效快,能供给玉米迅速生长发育所需要的养分,但是因其所含养分较单纯,故在施用时应注意氮、磷、钾等各种养分的配合比例,以防各种养分比例失调。总之,只有将有机肥料和化学肥料合理配合施用,才能达到提高土壤肥力、增加产量的目的。

## 一、基 肥

玉米在播种前施用的肥料,称为基肥。基肥的增产作用,在于使有机肥料等施入土里,分解释放出有效养分,在玉米出苗后,就能吸收利用,为壮苗打下基础;同时在玉米各个生长阶段,也能不断地供给养分,以保证其正常地生长发育。我国各玉米产区的自然条件和栽培制度不同,基肥的施用技术也有差异。

### (一)基肥的种类

家畜家禽粪、杂草堆肥、各种绿肥和土杂肥等,都可用作基肥,由于其有机质含量较高,各种养分齐全,对提高土壤肥力和增产玉米,都有重要作用。在各种家畜粪尿中,以猪、羊粪较好,含有机质、氮、磷、钾等数量较高,比用同等数量的其他家畜粪作基肥,增产效果大。据山西省长治市阴城试验站 1959 年的试验结果(表 10-13),基肥用猪粪比土杂肥增产 68.3%;羊粪比土杂肥增产 36.9%;猪粪又比羊粪增产 22.9%。但是,各种家畜粪的增产效果,与家畜饲料种类、掺土多少和腐熟程度等有密切关系。积造有机肥料时,如掺土过多,则会降低肥料质量,影响产量。

表 10-13 不同基肥对玉米产量的影响

(山西省长治市阴城试验站, 1959)

肥料名称	施肥量(斤/亩)	产量(斤/亩)	增 产	
			斤/亩	%
猪 粪	8800	885.0	359.0	68.3
羊 粪	8800	720.0	194.0	36.9
厩 肥	8800	609.5	53.5	15.9
杂 肥	8800	526.0	—	—

绿肥含有较多的有机质和氮、磷、钾等多种养分,碳氮比例比家畜粪低,腐解较快,有显著的增产效果。我国南方玉米产区,素有种植绿肥作基肥的经验,“一年红花草(紫云英),三年地脚好”,说明绿肥对提高产量和培肥地力有重要作用。据江苏省海门县 1958 年的资料,用绿肥作基肥的,玉米亩产为 675.0 斤,比休闲地种玉米的,增产 18.4%。在北方玉米产区,因地制宜地种植适宜的绿肥作基肥,也能显著地提高玉米籽粒和秸秆的产量。据山东省各地试验结果(表 10-14),每亩翻压苕子 2000 斤左右,不仅玉米植株高度增加,叶色深绿或浓绿,千粒重高,当季增产 30.2~48.5%,且秸秆产量也较高,并保留一定的残效。在一般麦田间种苕子作夏玉米基肥,是一些地区玉米与绿肥间作的一条途径,对低产田玉米能大幅度地提高产量。例如山东省茌平县 1972 年试验,间作苕子作夏玉米基肥的,亩产为 500.0 斤,比麦茬种夏玉米,每亩多收玉米 275.0 斤,增产一倍多。据辽宁、吉林、陕西等省的经验,在玉米不同栽培制度下,扩种绿肥作基肥,需要因地制宜地改变轮作制度和栽培技术,改变玉米株行距,选用适宜的绿肥品种,实行以粮为主,粮肥兼顾,以增加玉米基肥的肥源。

表 10-14 苕子绿肥对春玉米生育性状和产量的影响

(山东省农业科学院作物研究所, 1976)

苕子用量 (斤/亩)	株 高 (厘米)	叶 色	秸秆产量 (斤/亩)	千粒重 (克)	籽粒产量 (斤/亩)	增 产	
						斤/亩	%
冬闲	235.0	黄绿	1843	231.2	388.3	—	—
1946	236.0	深绿	2216	235.6	505.6	117.3	30.2
2115	237.0	深绿	2334	244.1	506.2	117.9	30.4
2683	239.0	浓绿	2824	244.8	576.7	188.4	48.5

我国玉米产区土壤类型复杂, 氮、磷、钾等养分含量不同, 有些养分含量很低的瘠薄地, 可以选用不同化肥种类, 于播种前作基肥施用。在缺氮土壤上, 以碳酸氢铵、氨水、液氨等易挥发的氨态化肥作基肥, 深施土中, 既能增加土壤氮素养分, 又能防止或降低氮素的挥发流失, 提高增产效果和利用率。在缺磷或严重缺磷的土壤上, 采用磷素化肥作基肥, 使磷肥在耕层分布均匀, 可扩大玉米根群吸收磷肥的范围, 更好地发挥磷肥的效果, 特别是钙镁磷肥、脱氯磷肥、骨粉等较迟效的磷肥品种, 更适于在缺磷的土壤上作基肥施用。

## (二) 基肥的施用数量

玉米基肥的施用数量, 因肥料种类和质量而异。各种有机肥料作基肥的施用数量, 一般每亩施土杂肥 2000~6000 斤, 绿肥 1000~3000 斤。增加基肥施用量, 能相应地提高产量。根据北京市农业科学院 1959 年的试验结果(表 10-15), 亩施基肥 5500 斤的比亩施 3000 斤的每亩增产玉米 71.3 斤, 比亩施 1000 斤的每亩增产 174.3 斤。但是, 增加施肥量, 其增产效率并非按比例上升, 如每亩施基肥 3000 斤, 比亩施 1000 斤的平均每千斤基肥增产 51.5 斤; 亩施基肥 5500 斤, 平均每千斤基肥增产 38.7 斤, 比亩施 3000 斤的增产效果下降 12.8%。因此, 有机肥料作基肥时, 要注意提高肥料质量和大面积均衡施肥, 以提高施肥的增产效率。

基肥的施用数量, 因不同地区 and 不同栽培条件而异。南方玉米产区, 温度高, 雨量多, 土壤水分比较充足, 有机肥料在沤制和施用中分解快, 含速效养分较高, 容易被玉米吸收利用, 一般基肥用量较少, 故有适施基肥的经验。北方玉米产区, 气温低, 雨量少, 土壤水分不足, 有机肥料在沤制和施用后分解比较慢, 往往影响玉米对养分的吸收利用, 所以有多施基肥的经验。

表 10-15 基肥用量与玉米产量的关系

(北京市农业科学院, 1959)

基肥用量(斤/亩)	产 量(斤/亩)	增 产	
		斤/亩	%
5500 斤	733.3	174.3	31.2
3000 斤	662.0	103.0	18.4
1000 斤	559.0	—	—



在春玉米、夏玉米和秋播玉米中,基肥的施用数量也有差异。一般春玉米的基肥用量较多,而套种玉米、夏玉米和秋玉米的基肥用量较少,有的因实行抢种而来不及施用基肥,故需施用种肥和增施追肥,以供给玉米充足的养分。

### (三)基肥的施用方法

基肥的施用方法,有撒施、条施和穴施。这些方法,应视基肥数量、种类和播种期的不同而灵活运用。

在基肥数量较少的情况下,多采用集中条施或穴施,使肥料靠近玉米根系,由于根际微生物的作用,能加速有机成分的分解,从而转化成速效性养分,被玉米吸收利用。农谚中“施肥一大片,不如一条线”,说的就是这个道理。据河北省农业科学院和山西省农业科学院研究,基肥集中条施或穴施,都比撒施增产(表 10-16)。无论条施或穴施的肥料,施用前应充分捣细。基肥用量较多时,可在耕地前将基肥按适当的间隔距离,运至田间,均匀地撒在地面上,结合耕地将肥料翻入土内。如采用氮、磷化肥作基肥时,应按当地机具和劳力情况,尽量集中条施或穴施。用量较多时,可以一种化肥单施或两种化肥混合撒施,并耕翻入土,以防氮素挥发损失,降低肥效。

表 10-16 基肥不同施用法与玉米产量的关系

试 验 单 位	方 法	产 量(斤/亩)	增 产	
			斤/亩	%
河北省农业科学院	撒 施	243.1	—	—
	条 施	302.5	59.4	24.43
山西省农业科学院	撒 施	578.5	—	—
	撒施 $\frac{1}{2}$ , 穴施 $\frac{1}{2}$	666.3	87.8	15.18

在一般情况下,有机肥料作基肥应尽早施用。北方春玉米产区,可在冬耕时结合施基肥,翌年进行春耕,浅松土壤即可播种,不仅可以保蓄土壤水分,还能提高肥效,调剂劳力。夏玉米、麦田套种玉米或秋玉米产区,因前作物收后需及时抢种,给运输和施用基肥造成困难。解决的办法是,在种植前茬作物时,增施有机肥料以作后茬玉米的基肥,对增产有一定作用;也可在前茬作物收获前,采用早运地头粪,以保证施足基肥,又不延误适期播种;如系麦田套种玉米,更可在播种之前将基肥条施在玉米播种带中,也能保证施上基肥。在无法施用基肥的情况下,还可增施种肥和追肥,以保证玉米生长良好。

## 二、种 肥

播种时施用的肥料,称为种肥,亦称窝粪、盖粪或口肥。种肥对玉米生长发育有重要作用,如果养分供给不足,会给产量带来不可弥补的损失。对于土壤养分贫乏、基肥用量少或不施基肥的夏玉米、套种玉米和秋播玉米,更需要施用种肥,以保证苗齐苗壮,为增产打下良好的基础。

### (一) 种肥的种类

玉米种子出苗后, 幼苗根较少, 吸收养分的能力弱, 因此应选用含速效养分多的肥料作种肥, 以利玉米根系吸收利用。适宜作种肥的肥料较多, 应按当地土壤供肥能力和肥料供应情况, 因地制宜地选用。

1. 农家肥料 多选用腐熟优质的人粪尿、家畜粪作种肥。据南方玉米产区的经验, 在复种指数高的轮作制度下, 多施农家肥料作种肥, 可以补充或代替基肥。浙江省金华地区以稀人粪和优质的家畜粪作种肥, 施用量占总施肥量的 40% 左右, 并结合分期追肥, 都能取得玉米增产。北方玉米产区, 也素有施用农家肥料作种肥的经验, 这是保证玉米幼苗期生长良好的一项重要施肥措施。

2. 氮素化肥 在土壤缺氮、基肥用量少或不施基肥的情况下, 采用氮素化肥作种肥, 能使玉米幼苗生长健壮, 具有明显的增产效果。但是, 如果氮肥用量过多, 也会妨碍种子发芽, 造成出苗迟缓, 缺苗断垅, 根系发育不良, 影响后期籽粒形成, 导致减产。据黑龙江省红兴隆农场管理局农科所 1977~1978 年的试验调查, 曙光试验站分别亩施尿素 10 斤、20 斤、30 斤做种肥, 肥粮比以亩施尿素 10 斤的效果最好(表 10-17)。

表 10-17 种肥用量与玉米产量的关系

(黑龙江省红兴隆农场管理局农科所, 1977~1978)

尿素用量 (斤)	成熟期 (月/日)	株 高 (厘米)	空 秆 (%)	秃顶长 (厘米)	每穗粒数	千粒重 (克)	产量 (斤/亩)	增 产 (%)	肥粮比
对照	9/1	205	2.5	2.6	790	221	755.9	—	0
10	8/31	215	0.6	1.5	720	203	919.7	17.0	1.7
20	9/2	230	1.3	1.3	685	220	955.2	21.5	1.1
30	9/2	228	1.3	1.4	748	217	928.1	18.1	0.6

各种氮素化肥, 因其化学性质、含氮形态和数量不同, 有的适宜作种肥, 也有的不能作种肥。就含氮形态来说, 固体的硝态氮和铵态氮肥, 只要用量合适, 施用方法恰当, 作种肥施用是安全可行的。硝态氮能为玉米根系直接吸收, 只要用量不过多, 一般无危害作用。铵态氮也能被玉米直接吸收, 并能被土壤胶体吸附, 适量的铵态氮对玉米也无危害作用, 但用量过多, 能使玉米根部细胞遭受氨中毒, 影响幼苗生长; 如通过土壤胶体吸附作用, 或转化成硝态氮, 能避免或减轻氨的毒害作用。据各地实践和研究证明, 以硫酸铵、硝酸铵等氮素化肥作种肥, 比较安全。而以石灰氮、液氨、氨水、碳酸氢铵、尿素等氮素化肥作种肥, 往往会妨碍种子发芽, 故不宜施用。

3. 磷素和钾素化肥 在缺磷或缺钾的土壤上, 以磷肥作种肥, 不仅能促进玉米根系生长, 使幼苗健壮, 而且还能促进雄、雌穗分化; 以钾肥作种肥, 能供给幼苗期充足的钾素养分, 对幼苗生长发育有重要作用。据黑龙江省牡丹江农业试验站研究(表 10-18), 施用磷肥和钾肥, 幼苗生长状况均优于未施种肥的。

磷肥作种肥, 采取集中施用, 既能减少与土壤的接触面, 减轻磷素被土壤固定, 又能使肥料靠近玉米根系, 便于吸收利用, 并借根系分泌的有机酸, 来提高磷肥利用率和增产效果。

表 10-18 磷肥和钾肥作种肥对玉米幼苗的影响\*

(黑龙江省牡丹江农业试验站, 1958)

处 理	鲜 重(克)	苗 高(厘米)	叶 长(厘米)	叶 宽(厘米)
对 照	26.8	55.1	40.5	4.6
磷肥作种肥	51.0	64.0	49.0	7.0
钾肥作种肥	35.0	56.5	41.9	5.3

\* 土壤系生草灰化土, 每亩过磷酸钙 6 斤, 硫酸钾 6 斤, 各与 1000 斤马粪混合作种肥施用。对照区只施 1000 斤马粪。品种为白头霜, 5 月 6 日播种, 6 月 26 日调查。

同位素示踪测定结果, 玉米在幼苗期, 主要吸收磷肥中的磷素, 后期根群超出施肥位置, 主要吸收土壤中的磷素。因此, 磷肥作为种肥施用, 增产效率较高。

在土壤中缺氮又缺磷的情况下, 磷肥作种肥的效果, 与是否施用氮肥有密切的关系。用磷肥作种肥, 再配合施用氮肥, 更能提高磷肥的增产效率。据贵州省农业科学研究所试验 (表 10-19), 在酸性黄壤土上, 每亩施用基肥圈粪 3000 斤、硫酸铵 30 斤的条件下, 分别施用各种磷肥 6 斤作种肥, 都获得了高产。同时, 不同磷肥品种, 增产效果亦不同。颗粒过磷酸钙比粉状过磷酸钙平均每斤肥料增产玉米 16 斤, 比熔成磷肥平均每斤肥料增产 12.9 斤。在酸性黄壤土上, 各种磷肥的肥效, 其高低次序是: 颗粒过磷酸钙、熔成磷肥、开阳磷矿粉、粉状过磷酸钙、骨粉。说明磷矿粉在酸性土壤上有效。磷肥作种肥的效果, 不仅与土壤缺磷程度和磷肥施用方法有关, 而且还与磷肥品种, 肥料配合有关。

表 10-19 不同磷肥作种肥对玉米的增产效果

(贵州省农业科学研究所, 1958)

处 理	千粒重(克)	产 量(斤/亩)	增 产(斤/亩)	每斤五氧化二磷增产(斤)
颗粒过磷酸钙	312.9	944.3	325.8	54.3
粉状过磷酸钙	291.3	848.1	229.6	38.3
熔 成 磷 肥	315.7	867.1	248.6	41.4
骨 粉	292.2	809.6	191.1	31.9
开阳磷矿粉	303.2	855.2	236.7	39.5
不 施 磷 肥	279.9	818.5	—	—

## (二) 种肥的施用数量和方法

种肥的施用数量, 应当根据土壤肥力、基肥用量以及春玉米、夏玉米和秋玉米的产量水平, 来确定适宜的用量。

在土壤肥力高和施用基肥多的条件下, 可以少施或不施种肥。在土壤肥力低和少施或不施基肥的条件下, 可以适当增加种肥数量。据各地经验和研究结果, 一般用人粪尿 500 斤左右, 或人粪干 100 斤左右; 如以氮素化肥作种肥, 每亩用纯氮 3 斤左右, 过多容易妨碍种子发芽出苗; 用磷素化肥作种肥, 以含水溶性磷的过磷酸钙等较好, 每亩用五氧化二磷 3~6

斤,严重缺磷的土壤,还可以适当增加施用量;以钾素肥料作种肥,每亩可用草木灰 100~200 斤,硫酸钾或氯化钾 10~15 斤,使其与种子隔离或与土壤混合,以防烧种缺苗。如果以氮、磷、钾化肥混合作种肥,或以复合化肥作种肥时,施用数量要比单施的酌减,并尽量与土壤混合,以防施用过量而影响出苗。

种肥的施用方法,应按肥料性质和当地情况,适当选用,一般以集中条施或穴施较好。各种化肥用量较多时,应尽量把种肥与种子隔离开来,以防烧种而影响出苗。据江苏省淮阴专区农业科学研究所试验结果(表 10-20),以穴施在种子下面覆土播种、穴施在种子两侧和沟施后播种的肥效较高。种肥的不同施用方法与不施种肥的进行比较,幼苗生长和产量,都表现出显著差异。由于各地的劳力、机具和播种方法不同,所以应当因地制宜地采用比较省工,效果较好的施用方法。

表 10-20 种肥不同施用方法对玉米幼苗和产量的影响\*

(江苏省淮阴专区农业科学研究所,1958)

处 理	幼苗鲜重(克/株)	增重(%)	产量(斤/亩)	增产(%)
对照(不施种肥)	3.75	—	236.1	—
撒施在土壤表面	4.69	25.1	576.8	144.3
穴施在种子下面覆土	7.81	108.3	618.1	159.7
穴施在种子下面不覆土	5.63	50.1	586.9	127.4
穴施在种子上面播后覆土	5.31	41.6	544.5	130.6
穴施在种子两侧,隔一寸	6.55	74.7	596.3	152.6
沟施后	5.63	50.1	588.8	149.4

\* 各处理均未施基肥。种肥每亩施厩肥 1000 斤,过磷酸钙 86.6 斤,硫酸铵 10 斤。各处理在抽雄时每亩追施硫酸铵 10 斤。

### 三、追 肥

玉米出苗以后施用的肥料,称为追肥。由于玉米需肥特性与土壤供肥速度不协调,单靠施用基肥和种肥,仍不能充分供给各生育期所需养分;特别在玉米雌穗形成期间,吸收各种养分速度达到高峰,是施用追肥的最大效率期,更需要及时追肥,才能取得高产、稳产和低成本。

玉米追肥,必须根据当地土壤供肥能力,与玉米各生育期需肥特性和生长情况,确定合理的追肥技术。施用追肥的效果,与肥料种类、数量、次数、方法以及其他栽培措施,都有密切的关系。生产实践证明,采用看天、看地和看苗的诊断方法,分别选用不同肥料种类,进行攻秆、攻穗和攻粒的追肥技术,是保证玉米丰产的重要措施。

#### (一)追肥的种类

用作玉米追肥的种类,应以速效氮素化肥为主,因地制宜地配合追施磷、钾等速效化肥。如将人类尿等较速效肥料作追肥,增产效果也很明显。据华北农业科学研究所试验结果(表 10-21),每亩施纯氮为 8 斤的硫酸铵、人粪干、人尿作追肥时,无论对春玉米还是夏玉米,都

表 10-21 玉米追施不同肥料的增产效果

(华北农业科学研究所, 1949)

肥料名称	春 玉 米			夏 玉 米		
	产量(斤/亩)	增产(斤/亩)	每斤氮增产(斤)	产量(斤/亩)	增产(斤/亩)	每斤氮增产(斤)
硫酸铵	594.0	301.0	37.6	416.0	198.0	17.3
人粪干	480.0	137.0	23.4	376.0	98.0	12.3
人 尿	691.0	298.0	37.3	418.0	140.0	17.6
不施氮肥	293.0	—	—	278.0	—	—

有增产效果, 而且追施人尿的增产效果与硫酸铵相似, 并优于追施人粪干。同时还可看到, 春玉米的增产效果大于夏玉米, 其原因可能与品种、生长期和土壤养分等有关。

在我国玉米产区土壤普遍缺氮的情况下, 追施各种氮素化肥都有显著的增产作用。但是, 因各种氮素化肥性质不同, 各地土壤性质和养分含量不同, 所以其增产效果也有高低之别。例如中国农业科学院土壤肥料研究所在全国各玉米产区的统一试验结果(表 10-22), 每亩追施纯氮 6 斤, 在各玉米产区的不同土壤和不同栽培条件下, 施用硫酸铵、硝酸铵、氯化铵、硝酸铵钙、尿素作追肥, 平均增产 50% 左右, 说明都有显著的效果。唯有碳酸氢铵和石灰氮的效果较低, 因为碳酸氢铵的化学性质不稳定, 容易分解损失, 特别是在撒施或浅施不盖土的情况下, 其中的氨态氮未被土壤胶体吸附而保存, 能变成氨气而挥发损失; 石灰氮施入土壤后, 水解成游离氰氨, 经过转化变成碳酸铵, 也能变成氨气而损失。所以这两种氮肥

表 10-22 各种氮素化肥对玉米的增产效果

(中国农业科学院土壤肥料研究所, 1958)

试验地点	对照产量 (斤/亩)	增 产 (%)						
		硫酸铵	硝酸铵	氯化铵	硝酸铵钙	碳酸氢铵	尿 素	石灰氮
山西省长治	277	75.8	68.8	72.6	—	—	75.9	16.9
辽宁省大连	247	40.8	44.5	28.7	—	10.5	—	—
内蒙古呼和浩特	256	37.2	—	—	—	—	29.8	29.4
山东省莱阳	327	26.3	—	18.2	27.8	20.2	27.5	5.6
贵州省贵筑	560	34.4	39.6	—	23.3	—	—	—
黑龙江省哈尔滨	283	82.3	92.9	83.0	81.8	61.1	80.2	32.5
山东省菏泽	135	106.7	—	120.7	123.7	—	123.0	46.7
河北省沧县	336	20.3	20.7	16.8	—	—	16.8	7.6
河南省南阳	372	42.3	41.3	—	—	—	27.9	—
江苏省淮阴	418	—	38.2	36.2	35.2	—	33.2	20.1
平 均	324	51.8	49.5	53.7	58.2	30.6	51.8	22.7

在施用时,应当特别注意深施入土,才能提高肥效。

氨水是一种液体氮肥,容易被玉米吸收利用,作追肥施用有显著的增产效果。据各玉米产区施用经验和研究结果证明,只要施用方法恰当,与同氮量的硫酸铵增产效果相似。平均每斤纯氮增产玉米 13.2~13.8 斤(表 10-23)。液氨也是一种含氮量很高的氮肥,随着运输、贮存和施用机械的发展,也适于作玉米基肥或早期追肥。

表 10-23 氨水作玉米追肥的增产效果\*

(山东省 菏泽专区 烟台专区 农业科学研究所,1960)

试 验 单 位	处 理	产量(斤/亩)	增产(斤/亩)	增产率(%)	每斤氮增产(斤)
山东省菏泽专区农业科学研究所	对 照	306.7	—	—	—
	硫酸铵	432.0	125.3	40.9	12.5
	氨 水	444.4	137.7	44.9	13.8
山东省烟台专区农业科学研究所	对 照	434.2	—	—	—
	硫酸铵	535.3	101.1	23.3	16.9
	氨 水	513.2	79.0	18.2	13.2

\* 菏泽专区农业科学研究所,每亩均施纯氮 10 斤;烟台专区农业科学研究所,每亩均施纯氮 6 斤。

在土壤缺磷、缺钾的条件下,采用早期追施磷、钾肥,对玉米生长发育和提高产量,均有明显效果。据浙江省六处试验结果,在拔节期每亩用 4.5 斤氧化钾作追肥,平均增产 12.2%,每斤钾肥增收玉米 5.5 斤。追肥施用的磷肥品种,应选用含水溶性磷的过磷酸钙或重过磷酸钙等;钾肥应选用硫酸钾或氯化钾,也可以选用含有磷、钾养分的复合化肥。随着玉米产量的提高和氮素化肥用量的增加,施用时应还注意早期配合追施磷、钾速效肥料。

## (二)追肥的数量、次数和时期

确定玉米的追肥数量,应力求经济合理,以施用较少的肥料,取得较高的产量为宜。在不同产量水平下,追肥量一般随产量的提高而增加。但是,由于各种因素的限制,随着追肥量的增加,肥料的增产效率逐渐降低,因此应该在力争高产稳产的前提下,把有限的肥料在大面积上进行均衡追肥,以提高肥料效率。

1. 追肥的数量 根据不同玉米产区在不同栽培条件下的试验结果(表 10-24),可以看出,一般随着氮肥数量的增加,能相应地提高产量,但是每斤纯氮的增产效率与籽粒增产数量,并不成比例增长,当超出一定数量范围时,氮肥的增产效率便开始下降,甚至表现不增产。例如山西省雁北试验,对照产量每亩仅 211 斤,说明当地气候、土壤和栽培条件较差,增加氮肥追肥数量,能相应地提高产量,但每斤氮肥增产效率下降,其他试验也有共同的趋势。河南省商丘试验,对照产量每亩为 503 斤,反映出当地气候、土壤和栽培条件较好,施用氮肥的增产效果偏低,当每亩追施纯氮 16 斤时,每亩增产数比追施 12 斤的减少 35.3 斤,与追施纯氮 8 斤的增产数量相同,但每斤纯氮增产效率降低 50%。这说明限制玉米增产的因素,可能与土壤缺磷或缺钾等有关。当土壤中碱解氮  $>100$  ppm、速效磷  $>30$  ppm、速效钾

>150 ppm 时,即使不增施肥料,玉米也往往可达亩产 800 斤以上的产量水平,这与土壤速效养分基本能满足玉米需要有关。在这种情况下,玉米高产的限制因素,就可能与其他生态条件有关。

表 10-24 氮素化肥施用量对玉米的增产效果

(中国农业科学院土壤肥料研究所,1958)

试 验 地 点	对照产量 (斤/亩)	纯氮(斤/亩)		4		8		12		16	
		项 目		增产 (斤/亩)	每斤氮 增产 (斤)	增产 (斤/亩)	每斤氮 增产 (斤)	增产 (斤/亩)	每斤氮 增产 (斤)	增产 (斤/亩)	每斤氮 增产 (斤)
山西省雁北	211	84.4	21.1	132.9	16.6	—	—	—	—	—	—
山西省长治	305	146.4	36.6	213.5	26.7	231.8	19.3	286.7	17.9	—	—
河南省洛阳	484	—	—	224.8	28.1	222.6	18.6	232.3	14.3	—	—
河南省商丘	503	35.5	5.9	40.2	5.0	75.5	6.3	40.2	2.5	—	—
黑龙江省哈尔滨	382	248.3	62.1	278.9	34.9	—	—	324.7	20.3	—	—
黑龙江省牡丹江	407	81.4	20.4	93.6	11.7	—	—	—	—	—	—

玉米生长发育过程中,光照、温度、水分和养分等外界条件,对玉米各生长期和不同器官的形成,都有控制和促进作用,并决定着最终的籽粒产量形成。在光照、温度和水分与玉米生长协调的情况下,如土壤中各种养分含量和比例失调,则养分是限制增产的因素,所以在土壤缺氮、磷、钾等养分时,除增施氮肥作追肥外,按比例配合施用速效磷、钾肥,不仅能提高氮肥效率,而且增产效果更为显著。如早期出现缺磷、钾征状时,应尽早酌情追肥补救。

2. 追肥的次数 玉米生长期间追肥的次数,与追肥的数量和肥料品种有密切关系。一般速效性磷、钾肥最好在早期一次施用。氮素化肥在追施数量较多的情况下,往往造成养分过剩,促使茎叶徒长,使碳水化合物过多地消耗于蛋白质的合成,纤维素和木质素减少,从而导致细胞壁薄,茎秆和叶鞘的机械组织柔弱,引起倒伏减产。追施适量的氮肥,不仅直接增进碳素同化作用,增大叶面积,而且加速了光合产物的合成和运转,使各器官依次建成,提高籽实产量。

玉米追肥次数,与土壤供肥能力、基肥和种肥用量也有密切关系。据黑龙江、辽宁、吉林等省的经验 and 研究表明,在土壤肥力高,施用基肥或种肥的春玉米产区,如果植株生长正常,宜晚追肥或减少追肥次数;反之,则应早追肥或增加追肥次数。在土壤肥力低,不施基肥,种肥用量又少的夏玉米或秋玉米产区,当植株生长瘦弱,叶色淡黄时,应早追肥或增加追肥次数;另外,在砂性土壤和降水或灌水量多的条件下,也需要早追肥或分次追肥,以防氮素流失而降低肥效。

各玉米产区的追肥经验和研究说明,一般在每亩追施氮素低于 4 斤时,以集中一次在抽雄前追施的肥效高。每亩追施氮素高于 4 斤时,以玉米抽雄前重施的肥效较高。据河南省新乡专区农业科学研究所试验结果(表 10-25),在每亩施用基肥草粪 6000 斤和不施种肥的条件下,玉米抽雄前 8 天集中一次追肥,比拔节期和抽雄前分二次追施,每亩多增产玉米

表 10-25 夏玉米追肥次数和数量与生育性状和产量的关系\*

(河南省新乡专区农业科学研究所, 1968)

追肥次数	纯氮数量(斤/亩)				每株有效穗数	每穗粒数	每穗粒重(克)	千粒重(克)	产量(斤/亩)	增 产(%)
	幼穗期 (出苗20天)	拔节期 (出苗27天)	抽雄前 (出苗35天)	合计						
3	—	2	2	4	1.05	260	84.5	214.0	460.0	13.0
1	—	—	4	4	1.50	—	79.0	202.7	472.0	16.0
2	2	—	4	6	1.03	275	97.5	216.0	485.0	19.2
3	2	2	2	6	1.06	279	92.8	219.4	462.5	13.6
对照	—	—	—	—	0.98	273	87.5	202.0	407.0	—

\* 品种为干白顶, 未浇水, 中耕三次, 抽雄期8月6日。

12.0 斤; 每亩追施氮素 6 斤时, 以玉米抽雄前重施追肥的产量高, 比分三次追肥的多增产玉米 22.5 斤。又据山东省烟台地区农业科学研究所联合试验结果(表 10-26), 在不施基肥和种肥用量相同的条件下, 每亩追施氮素 6 斤以下时, 在雌穗生长维伸长期, 集中一次追施的效果较好; 每亩追施氮素 12 斤时, 以集中在拔节期或抽雄前追施的肥效较高; 每亩追施氮素 16 斤时, 以分期追施抽雄前重施穗肥的增产效果高。

表 10-26 夏玉米氮素追肥数量和次数对产量的影响\*

(山东省烟台地区农业科学研究所, 1974)

氮素数量(斤/亩)	追 肥 期				产 量 (斤/亩)	增 产	
	种肥	拔节	抽雄前	抽雄后		(斤/亩)	(%)
8	2	—	6	—	605.7	123.0	25.5
12	2	—	10	—	638.1	155.4	32.2
12	2	4	6	—	642.1	159.4	33.0
16	2	4	10	—	631.5	148.8	30.8
16	2	4	7	3	674.0	191.3	39.6
对照	—	—	—	—	482.7	—	—

\* 品种为烟三6号, 氮肥用硫酸铵。

3. 追肥的时期 玉米追肥的时期, 应当依据其不同生育期的需肥规律, 以及当地土壤供肥能力和肥料供应情况来确定。

(1) 攻秆肥: 玉米定苗后至拔节期所施用的追肥, 称为攻秆肥。这个时期距出苗时间, 因不同品种而异, 一般 15~30 天。此时玉米的营养器官生长旺盛, 雄穗开始分化, 对养分的需要量开始增长, 因此适时适量地追施攻秆肥, 是保证玉米增产的一个重要措施。据河南省新乡专区农业科学研究所研究(表 10-27), 夏玉米播种后 30 天, 每亩用 15~30 斤硫酸铵作攻秆肥, 能提高每株有效穗数、每穗粒重和千粒重。当土壤肥力高、基肥和种肥多、玉米生长



表 10-27 攻秆肥对玉米生育性状和产量的影响\*

(河南省新乡专区农业科学研究所, 1958)

硫酸铵(斤/亩)	单株穗数	每穗粒重(克)	千粒重(克)	产量(斤/亩)	增产(斤/亩)	增产率(%)
30	1.28	91.3	206.8	480.0	72.5	17.8
15	1.33	92.5	205.9	452.0	44.5	10.9
对照	1.13	87.5	202.0	407.5	—	—

\* 夏播玉米 6 月 15 日播种, 种后 30 天施攻秆肥。

旺盛时, 攻秆肥应少施或不施; 反之, 应多施或早施。如苗期植株表现黄瘦, 更要注意早施。

南方玉米产区, 在植株生长正常时, 应适当控制施用攻秆肥。浙江、江苏等省玉米施肥的经验证明, 控制施攻秆肥, 能防止茎叶徒长, 提高籽粒产量。

北方春玉米产区, 雨水少、气温低, 肥效慢, 如玉米前期施肥量少时, 应早施或多施攻秆肥。

攻秆肥以速效氮肥为主, 特别是氨水、碳酸氢铵等容易挥发的肥料, 更应在这期间追施。在施磷、钾肥有效的土壤上, 应配合氮肥混合施用。

(2) 攻穗肥: 系指玉米在雄穗抽出以前所用的追肥, 有的称为蒲肥或抽雄肥。这个时期距出苗的天数, 因品种而异, 晚熟种较长, 早熟种较短, 一般在 40~50 天。这时正值玉米雌穗小花分化盛期, 营养生长和生殖生长并进, 需要养分和水分数量较多, 是决定雌穗粒数多少的关键时期。因此, 不论春玉米、夏玉米或秋玉米, 也不管是土壤肥瘦和栽培条件不同, 只要适量施用攻穗肥, 都能获得显著的增产效果。

在土壤肥力高, 既施基肥又施种肥的情况下, 如果追肥数量少, 应掌握适宜的时机, 一

表 10-28 玉米穗肥不同施用时间的增产效果\*

(殷为汉, 1978)

施用时间(月/日)	出苗后天数	可见叶片数	展开叶片数	产量(斤/亩)	增产(%)
8/20	28	13.6	8.6	807.0	10.05
8/22	30	13.3	9.3	836.7	14.10
8/24	32	14.5	9.6	803.7	9.60
8/26	34	15.4	10.2	786.5	7.25
8/28	36	16.6	11.3	770.0	5.00
8/30	38	17.2	11.7	769.0	4.37
9/1	40	18.0	12.8	756.7	3.19
9/3	42	19.1	14.4	745.1	1.62
9/5	44	19.8	15.6	739.3	0.82
9/7	46	20.0	17.4	733.3	—

\* 品种为浙单 3 号。7 月 28 日出苗, 7 月 29 日移栽, 8 月 22 日有 50% 的植株露出穗位叶, 8 月 26 日全部植株都露出穗位叶。种植密度每亩 4000 株。亩施纯氮 20 斤, 五氧化二磷 10 斤, 氧化钾 10 斤。穗肥占 66.70%。

次追施攻穗肥,增产效果显著。如浙江省东阳玉米研究所殷为汉的试验结果,8月22日(即有50%的植株露出穗位叶时)追施穗肥,增产作用最大,以后每晚追2天,玉米产量依次递减(表10-28)。

在土壤肥力低,不施或少施基肥、种肥的条件下,前期植株生长往往瘦弱,如分期追施攻秆肥和攻穗肥,则比集中只施攻穗肥的效果好。由于玉米前期缺肥,生长不良,既影响营养器官内的有机养分向生殖器官运输,又影响根系吸收养分的能力,所以后期即使再增加追肥,也无法弥补前期缺肥而造成的损失,致使产量降低。因此,必须于玉米生长前期保证植株生长良好,才可能发挥攻穗肥的增产作用。

攻穗肥一般采用速效氮肥,施用攻穗肥不仅能提高产量,而且能改良籽粒品质,提高蛋白质含量。根据华北农业科学研究所试验结果(表10-29),施用不同氮素化肥,比不施的每亩产量提高17.7~27.1%,蛋白质含量提高1.56~2.20%。攻穗肥一般不需要施用速效磷肥和钾肥,除非植株出现严重缺磷、钾的征状时方才施用。因为磷肥或钾肥早期追施比晚期追施的肥效高,而在攻穗肥中施用磷肥或钾肥就显得较晚,因而增产作用也不显著。

表 10-29 玉米施用氮肥对产量和蛋白质含量的影响

(华北农业科学研究所,1957)

处	理	产量(斤/亩)	增 产		蛋白质(%)
			(斤/亩)	(%)	
硫酸铵(N 8 斤)	基 肥	529.0	93.0	21.3	11.86
	追 肥	554.0	118.0	27.1	11.61
氨水(N 10 斤)	基 肥	513.0	77.0	17.7	11.22
	追 肥	529.0	93.0	21.3	11.40
对 照		436.0	—	—	9.66

(3) 攻粒肥:玉米在授粉后所施用的肥料称为攻粒肥。这个时期玉米进入籽粒形成过程,其所需要的养分主要靠营养器官内有机营养向籽实运转,同时还从土壤中吸收无机养分。因此,追施攻粒肥仍有一定的增产作用。

玉米生育前期如生长良好,植株健壮,叶色正常,可不施攻粒肥。如玉米前期生长瘦弱,

表 10-30 玉米施攻粒肥的增产效果\*

(北京市玉米协作组,1974~1976)

处	理	千粒重(克)	穗粒重(两)	产 量(斤)	增 产(%)
攻粒肥 15~20 斤		323.5	2.1	459.5	14.5
对 照		303.9	1.8	401.4	—

\* 表中数字系5个试验点平均数。

植株矮细,叶色浅绿或黄绿,特别是下层叶片已开始枯萎时,应当施用攻粒肥以增加穗粒重,从而提高产量。据北京市玉米协作组试验(表 10-30),在亩施碳酸氢铵 70 斤以上的条件下,每亩增施攻粒肥 15~20 斤,穗粒重平均增加 0.3 两,每亩增产 14.5%。

攻粒肥应掌握早施或少施的原则。玉米在雌穗授粉以后,籽粒中有机物质的合成和贮存,以前期速度较快,所以早施比晚施的效果高。攻粒肥一般应选用速效氮肥,用量约占总氮量的五分之一。攻粒肥虽能发挥玉米的增产潜力,但生长正常的玉米,或在前期追肥量多的,应当不施攻粒肥,以防费工和降低肥效。所以,攻粒肥是低产田在特殊条件下的补救措施。

### (三)追肥的方法

玉米追肥方法,应根据不同肥料性质,采用适宜的施用技术。人粪干、饼肥和厩肥等有机肥料,除要注意早期追施外,必须施入离根系较近的土层里,并覆盖好,便于吸收利用;人粪尿可以开穴或开沟浇施。

氮素化肥作追肥,不论是固体还是液体状态,都应尽量做到施入湿土层内,以充分发挥肥效,提高氮素利用率。据我国各地玉米产区研究,氮素化肥改撒施土壤表面为深施,增产效果有所提高。如山东省烟台地区农业技术推广站联合试验(表 10-31)证明,各种氮素化肥深施,都比地面撒施增产。以氨水、碳酸氢铵和尿素深施的增产幅度大,追施深度以 3.3~9.9 厘米 为宜;追施深度超过 13 厘米,各种氮素化肥的增产效果都有下降的趋势,其原因有待研究。

表 10-31 氮素化肥追施深度对玉米产量的影响\*

(山东省烟台地区农业技术推广站,1974)

氮肥名称	试验次数	地面撒施产量	3.3 厘米增产		6.6 厘米增产		9.9 厘米增产		13.2 厘米增产	
		(斤/亩)	(斤/亩)	(%)	(斤/亩)	(%)	(斤/亩)	(%)	(斤/亩)	(%)
氨 水	4	532.5	102.3	19.2	125.5	23.6	173.8	32.6	42.1	7.9
碳酸氢铵	6	576.0	27.3	4.7	75.6	13.1	69.6	12.1	38.0	6.6
尿 素	5	539.2	34.4	5.8	54.7	9.3	59.6	10.1	17.4	3.0
硫 酸 铵	10	674.9	28.2	4.2	53.4	7.9	67.2	10.0	25.8	3.8
氯化铵	2	647.6	23.8	3.7	59.9	9.3	51.4	7.9	16.9	2.6

\* 系不同土壤上施用相同数量氮肥的结果。

氨水、碳酸氢铵和尿素,都能挥发损失,应当强调深施覆土。氨水是液态氮肥,挥发损失更为严重,除运输和贮存中应防止挥发外,在施用中还应进行稀释和深施。氨水浓度越大,氨的挥发损失越多,而用水稀释能减少挥发损失,提高肥效。土壤胶体能吸附氨态氮而起保存作用,其效果大小与土壤代换量、接触面和施用深度有密切关系。一般在浓度高、施用过浅、覆土层薄、接触面小时,氨的挥发损失较多。根据山东省烟台、昌潍地区农业科学研究所试验结果(表 10-32),每亩氨水用量折合纯氮 6 斤,用水稀释,倍数以 10~20 倍为宜;施用深度以 10 厘米左右效果较好。在有水浇条件的地块上,氨水可以结合浇水施用,从容器中用导管将氨水引进水面以下,随水冲入地里。但施用时要均匀,用量也不宜过多,以防浓

表 10-32 氨水追肥浓度和深度对玉米产量的影响

(山东省烟台地区农业科学研究所, 1960)

处 理	产 量(斤/亩)	增 产(斤/亩)	增 产率(%)
对 照	434.8	—	—
稀 释 10 倍	517.8	83.0	19.1
稀 释 20 倍	520.3	85.5	19.7
深度 5 厘米	409.0	—	—
深度 10 厘米	495.1	86.1	21.1
深度 15 厘米	419.3	10.3	2.5

度过大而灼伤叶子,造成减产。在旱地条件下,施用各种氮肥,都应适当增加施肥深度,或在培土时结合追肥,把肥料严密地掩入土中。

### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编:中国玉米栽培,上海科学技术出版社,1962。
- [2] 山东省第一农事试验场:农业化学部试验成绩报告(内部资料),1933。
- [3] 山东省农业科学院土壤肥料研究所:玉米需肥特性与施肥技术研究(内部资料),1968。
- [4] 山东省农业科学院植物生理研究室:玉米产量形成的生理基础,中国农业科学,第2期,1976。
- [5] 山东省农业科学院作物研究所:绿肥作物栽培技术与利用,山东人民出版社,1976。
- [6] 山东省烟台地区农业科学研究所:夏玉米氮素追肥的研究(内部资料),1974。
- [7] 山东省农业科学院土壤肥料研究所:氨水的肥效和施用技术,土壤,第1期,1962。
- [8] 山东省烟台地区农业技术推广站:玉米试验推广考察汇编(内部资料),1974。
- [9] 中国科学院南京土壤研究所:土壤理化分析,科学出版社,1978。
- [10] 中国农业科学院土壤肥料研究所:全国肥料试验网试验总结(内部资料),1958。
- [11] 中国科学院南京土壤研究所:中国土壤,科学出版社,1978。
- [12] 中国农业科学院土壤肥料研究所:中国肥料概论,上海科学技术出版社,1960。
- [13] 北京市农业科学院:北京市郊区玉米生产调查总结(内部资料),1959。
- [14] 任其云:玉米不同生长阶段“生长中心”和“供长中心”的探讨,植物学报,第17卷,第2期,1975。
- [15] 朱光琪:农家肥料肥效的研究,土壤学报,第7卷,第3、4期,1959。
- [16] 江苏省淮阴专区农业科学研究所:玉米肥料试验施用方法总结,1958。
- [17] 华北农业科学研究所:玉米追施不同肥料的增产效果,1949。
- [18] 刘毅志、吴建明、陈子乔:作物养分供需平衡与磷肥增产作用,土壤肥料,第2、3期,1980。
- [19] 西北农学院:玉米栽培论文摘要汇编,1981。
- [20] 张瑞岐:夏玉米栽培中几个生物学问题的初步研究,山东农业科学,第2期,1977。
- [21] 河北省农业科学研究所:玉米硫酸铵施用时期试验,1957。
- [22] 河南省新乡地区农业科学研究所:玉米试验研究总结,1958。
- [23] 郑丕堃:夏玉米“黄113”某些生物性状的观察,北京农业大学学报,第1期,1980。
- [24] 胡昌浩、潘子龙:夏玉米同化产物积累与养分吸收分配规律的研究,中国农业科学,第1期,第2期,1982。
- [25] 贵州省农业科学研究所:在黄壤上几种主要作物氮、磷、钾肥料增产效果,1960。
- [26] 顾慰庭等编著:玉米,科学出版社,1982。
- [27] 浙江省东阳玉米研究所:1978~1979年科学研究总结汇编,1980。
- [28] 傅应春、陈国平:夏玉米需肥规律的研究,作物学报,第8卷,第1期,1982。
- [29] 黑龙江省牡丹江农业试验站:玉米三要素肥料试验总结,1958。
- [30] 常鸿:玉米耐肥性的研究,农牧科技情报,1981。



## 第十一章 灌溉与排水

玉米植株高大,叶片宽厚,而且其生育期多处高温条件下,蒸腾量大,因而需水的绝对量也较多,必须根据玉米需水规律进行合理灌溉,才能满足玉米生长发育对水分的要求;但玉米的耐涝性较差,降雨过多时,必须排除地面积水,才能保证高产稳收。因此,水分对玉米的生长发育及其产量有着重要的关系。

### 第一节 玉米灌溉的生理基础

#### 一、水分在玉米生命活动中的作用

##### (一)水是原生质的重要组成部分

活的原生质含水量在 80% 以上。只有在水分充足的条件下,细胞才能进行分裂、生长、代谢等生命活动。水分较多,原生质呈溶胶状态,代谢活动旺盛;水分较少,原生质向凝胶转变,代谢活动降低。大多数成熟种子的原生质都呈凝胶状态,因而休眠种子的生命活动很弱;玉米的幼嫩组织含水多时,则处于旺盛代谢状态,如果失水,可能造成代谢紊乱,甚至死亡。

##### (二)水是玉米植株体内一切代谢过程的介质和媒介

玉米在其生命活动的代谢过程中,必须以水为介质。例如,有机质的合成和分解,离子的交换,都必须在水中进行。而水分的多少,又影响着代谢的强度和方向。

玉米对一切营养物质的吸收、运转也需要以水作为媒介。如矿质元素,必须先溶解于水中,才能被吸收;营养物质的运输也多以水作溶媒,以溶液状态运送到植株的各个部位上去。

##### (三)水可以维持玉米植株茎叶的固有姿态

玉米体内有了水,才能保持细胞和组织的紧张度,加速水分在体内的运转,使植株处于膨胀状态,从而维持茎叶的固有姿态,对保证光合作用、呼吸作用等生理功能的正常进行,以及分生组织的正常分裂生长,具有重要作用。如果缺水,则细胞紧张度减弱,以致植株萎蔫,影响生理过程的进行。

##### (四)水可以调节玉米植株的体内温度

水由于具有较高的比热和导热性,所以玉米在炎热气候条件下,通过水在叶片汽化散失的过程,能散发体内过高的热量,保证植株的正常体温。

由此可见,水是玉米生命活动的必要条件。“没有水,便没有生命”。

## 二、玉米的吸水方式

玉米为了维持其生命活动,需要吸收大量的水分,其吸收水分的方式主要有种子和细胞吸水以及根系吸水两种。

### (一)种子和细胞吸水

1. 吸胀吸水 玉米种子萌发时,细胞原生质、细胞壁和土壤都是亲水胶体,它们对水分都有很大的亲和力,所以水分就可以被吸附在这些结构的周围。细胞和土壤的亲水胶体,都能借吸收水分使体积膨胀,因此细胞和土壤的这种吸水动力称为吸胀压。玉米种子萌发的初期阶段是靠吸胀压吸水,但是靠这种方式所吸收的水分,最多相当于种子自身的重量。随着细胞中大液泡的形成,原生质吸附的水分已经饱和,就不能再靠吸胀作用来吸水,而是靠渗透进行吸水。

2. 渗透吸水 液相中水分的扩散,必须有水的浓淡梯度。这种梯度的产生是一部分水中溶解一些物质,而另一部分则是清水,这样清水的水分子就向溶液中扩散,溶液被稀释。溶液中的物质分子也缓慢地向清水中扩散,最后使浓度与清水的界限不易分清。如果在清水和溶液间放置一张只能让水透过的半透膜,同时把溶液和一压力计连接在一起,这时由于清水的水分子向溶液扩散,压力计的水位就上升。这种液态水在浓度梯度(即浓度差)下向溶液中扩散,溶液的负水势则称为渗透压,一般溶液浓度越大,渗透压也越大。当细胞内的渗透压大于细胞外界溶液的渗透压,细胞便从外界吸收水分,这就是玉米种子萌发时的第二种吸水方式。

### (二)根系吸水

玉米根系吸水的动力,主要有两种:一种是主动吸水,其动力来自根系本身的生理活动;另一种是被动吸水,其动力来自蒸腾拉力,玉米所吸收的绝大部分水是靠这种方式吸收的。不论是主动吸水,还是被动吸水,都属于细胞的渗透吸水。

1. 根系的渗透吸水 根表皮细胞的细胞液有一定的渗透浓度,并具有一定的渗透压。当细胞液的渗透压大于土壤溶液的渗透压时,水就进入细胞;反之,土壤溶液的渗透压大于细胞液的渗透压时,水分就由根细胞中向外渗透,致使玉米根系死亡。

2. 根系的主动吸水 主动吸水可由“伤流”和“吐水”来说明。当一株玉米从近地面的基部切断时,就会从切口处流出大量汁液,这种现象称为“伤流”,流出的汁液叫“伤流液”。如在切口上套一橡皮管与压力计相连接,便可见到伤流能产生一定的压力。这种靠根系的生理活动使伤流沿导管上升的力量,就是根压,一般它不超过1~2个大气压(巴)。

当一株玉米生长在土壤水分充足、土壤温度较高、空气湿度较大的环境条件下,早晨常可看到叶尖或叶缘的水孔吐出水珠,这种“吐水”现象,也是由根压引起的。因此,根压是根进行代谢活动而产生的力量,也是玉米吸水和运输水分的重要动力,通常把这种与根系生命活动有关的吸水称为主动吸水。

3. 根系的被动吸水 玉米根系吸收的水分,有相当大一部分是从叶片和茎表面以气体状态散失掉,这种过程称为蒸腾作用。当玉米植株强烈蒸腾失水时,植株细胞内水分即出现不饱和状态,直接与空气接触的细胞,缺水最重,因而细胞汁液浓度最大,且具有较大的渗透

压,依靠这种较大的渗透压,又从相邻细胞内吸水;这种吸水力,经过多次传递的机械作用,最后传递到根系,使根系细胞也处于水分不饱和状态,而从外界吸水。因为根系的这种吸水力是来自蒸腾牵引力,故也称蒸腾拉力。由蒸腾拉力引起的植物吸水,称为“被动吸水”。

由上所述即知,玉米根系的吸水过程,首先是由于根细胞的渗透力使水分进入根部,再由根压把水压入导管,导管中的水因为有巨大的内聚力而成为连续不断的水柱;水柱由于叶片的蒸腾拉力而上升,于是根压和叶子的蒸腾拉力同时起作用,从而保证植株不断地得到水分。

### 三、玉米水分的散失

玉米植株一般均由根系从土壤中吸收水分,又通过茎、叶蒸腾散失水分,而使玉米一生处于吸水和失水的动态平衡过程中。要维持这种动态平衡,就需要大量的水分。通常一株玉米一生需水约 400 斤以上,在旺盛生长期,一昼夜需水约 3~7 斤,而每生产一克干物质,则需吸收水 368 克左右。假如这种干物质是碳水化合物,则其一半为碳,一半为水,这样玉米所消耗的水分只有 0.13% 用于组成植物体,其余 99.87% 的水均由蒸腾而散失。所以蒸腾作用在玉米的水分代谢过程中,具有重要意义。

#### (一)蒸腾作用是玉米吸收和运转水分的主要原动力

玉米植株高大,如果没有蒸腾作用,玉米的被动吸水过程便不能产生,因此植株较高的部分也就无法获得水分。

#### (二)蒸腾作用有利于玉米对矿质营养元素的吸收和在体内的转移

玉米由于蒸腾拉力引起的上升液流,能使溶解在水里的各种矿质盐类,随水流动而分布到植株各个部分。

#### (三)蒸腾作用可调节植株的生长,增强抗倒伏能力

玉米通过蒸腾可降低植株含水量,抑制徒长,有利于形成较坚韧的机械组织;同时由于蒸腾水分亏缺,使细胞生长缓慢,造成糖和其他溶质的积累,从而增加细胞壁的厚度,加强植株的抗倒伏能力。

#### (四)蒸腾作用可以调节玉米植株的体温

玉米一般在 20°C 的气温条件下,每蒸腾 1 克水,需要散失 584 卡的汽化热。在炎热夏天的直射阳光下,叶面吸收大量辐射能,有增温过高的可能,但通过叶面蒸腾可调节植株体温。

### 四、水分代谢与玉米生长的关系

玉米的水分平衡状况,受外界条件影响而变化。这些变化有以下三种情况:

#### (一)水分的进入超过水分的消耗

玉米吸收水分过多,在短时间内,对生长的影响不大;如果时间较长,则会造成玉米的植株徒长,而严重影响其生长发育。

#### (二)水分的进入等于水分的消耗

玉米体内吸收进的水分和蒸腾散失所消耗掉的水分相等时,称为不亏缺平衡。这种情



况对玉米的生长发育最为有利。

### (三)水分的进入少于水分的消耗

玉米体内水分的进入少于水分的消耗,这种情况称为亏缺现象。由于玉米细胞水分亏缺而丧失膨压,组织失去紧张度,叶和茎的幼嫩部分即下垂,植株呈暂时萎蔫或永久萎蔫状态。

1. 暂时萎蔫 在夏季炎热的白天,蒸腾强烈,水分进入根系的速度小于蒸腾的速度,这时仅叶片萎蔫,但植株其他部分仍含有较多的水分;傍晚蒸腾转弱,即使不浇水,叶子也可恢复原状,此即暂时萎蔫。这样的水分亏缺,称为昼间水分亏缺。

2. 永久萎蔫 玉米由于土壤已无可资吸收的水分而萎蔫,虽在夜间,玉米仍不能恢复原状,进行正常的生理活动,此即为永久萎蔫。这样的水分亏缺,称为过度水分亏缺。

萎蔫对玉米生长的影响,主要表现在萎蔫之后影响原生质的胶体性质,引起胶体过早衰老,胶体的亲水性和膨胀能力降低。另外,萎蔫可使新陈代谢发生变化,使叶片中酶的水解作用占优势,因而叶片内积累较多的可溶性物质,细胞渗透压提高,抑制光合作用,有机物质的合成降低。萎蔫超过一定限度,合成作用即完全丧失。

玉米发生萎蔫时,叶子绝对干重降低,同化器官生长速度受到抑制,呼吸增强,物质运输变慢,影响玉米的生长和产量的提高。

玉米在其水分代谢过程中,为了达到水分平衡,必须根据其需水规律、需水量,在萎蔫发生之前即应合理灌溉。

## 第二节 玉米的需水量和需水规律

### 一、玉米的需水量及其影响因素

#### (一)玉米的需水量

玉米在整个生育期间,进行各项生理活动所消耗的水分以及叶面蒸腾散失的水分,称为玉米的需水量。而在整个生育期间,由于生理活动、叶面蒸腾和棵间蒸发所消耗的降水、灌溉水和地下水的总量,则称为玉米的田间需水量。

玉米生育期间多处于高温季节,叶面蒸腾和棵间蒸发要消耗大量的水分。其需水量(主要指田间需水量,下同)因品种、自然环境、栽培条件和产量高低而不同。我国各地的历年试验结果表明,玉米每亩需水量的变化范围约在150~360立方米之间。

玉米的需水量与产量的高低有着密切关系,在正常气候条件和合理的农业技术措施下,玉米的需水量随着产量的提高而增加,一般在同一地区的栽培水平和气候条件大致相同的年份,生产每斤籽粒的需水量,也大致维持在一个相应的水平上。这说明需水量是影响产量高低的重要因素之一(表11-1)。

实行合理灌溉,正确运用农业技术,玉米的需水量虽然随着产量的增加而提高,但形成每斤籽粒所需要的水量,还表现有减少的趋势。表11-1的资料表明,凡在玉米需水量不足的情况下,如果田间管理技术配合得当,需水量增加,产量也随之提高。但当需水量增加到

表 11-1 春玉米需水量与产量的关系

试 验 单 位	年 份 类 型	需水量 (立方米/亩)	需水量增减 (%)	产 量 (斤/亩)	产量增减 (%)	生产 1 斤籽粒需水量 (斤)
新疆生产建设兵团农 六师	1956 春 玉 米	176.3	—	474.3	—	742.6
		184.1	4.4	574.7	21.0	640.7
		255.8	45.1	632.0	33.1	809.5
		255.0	45.2	471.3	-7.4	1086.4
	1958 春 玉 米	270.3	—	422.3	—	1260.1
		304.1	12.5	474.8	12.4	1281.0
		313.4	16.0	447.4	5.9	1401.0
		356.7	32.0	528.0	25.0	1331.1
	1961 春 玉 米	226.0	—	797.1	—	567.1
		227.3	5.8	854.2	7.2	532.2
		266.7	18.0	941.5	13.1	566.5
		309.5	37.0	907.4	13.8	632.2
	1963 春 玉 米	232.7	—	571.1	—	314.9
		271.4	16.6	612.3	7.2	386.5
		285.8	22.8	629.7	10.3	907.7
新疆生产建设兵团农 七师车排子农业试验站	1958 春 玉 米	238.0	—	674.8	—	705.4
		318.2	33.7	738.2	9.4	862.1
		359.2	50.9	757.7	12.2	948.1
山东省水利科学研究 所寿张工作组	1958 春 玉 米	199.7	—	381.3	—	1047.5
		210.9	5.6	420.0	10.2	1004.3
		243.9	22.1	536.0	40.6	910.1
		263.4	31.9	497.0	30.4	1060.0
江苏省徐州专区农业 科学研究所	1959 春 玉 米	303.5	—	725.5	—	842.2
		314.2	2.8	792.8	9.3	792.6
		321.8	5.3	813.7	12.9	786.1
		327.4	7.2	785.6	8.3	833.5
山东省水利科学研究 所德州灌溉试验站	1958 夏 玉 米	166.3	—	467.8	—	796.5
		191.9	3.0	516.9	10.5	742.5

(续上表)

试 验 单 位	年 份 类 型	需水量 (立方米/亩)	需水量增减 (%)	产 量 (斤/亩)	产量增减 (%)	生产1斤籽粒需水量 (斤)
陕西省渭惠渠灌溉试验站	1954 夏 玉 米	211.7	—	619.4	—	683.6
		296.4	40.0	892.6	44.1	664.1
		409.4	93.4	655.4	5.8	1249.3
陕西省泾惠渠灌溉试验站	1963 夏 玉 米	174.5	—	358.5	—	973.5
		182.1	4.4	519.2	-14.5	1162.8
		206.4	18.3	456.7	27.4	903.9
		212.9	22.0	426.0	18.8	999.5
		247.2	41.7	515.5	43.8	959.1
河南引黄忠义试验农场	1974 夏 玉 米	183.3	—	930.0	—	394.2
		206.1	12.4	980.0	5.4	420.6
		218.6	19.3	950.9	2.2	460.2
	1975 夏 玉 米	226.1	—	709.0	—	635.0
		241.2	7.2	728.0	2.7	662.6
		250.0	11.1	750.0	5.8	666.7

一定限度后, 产量增加的比值就要减少。当需水量继续增加超过适宜限度时, 产量反而会降低, 而生产每斤籽粒的需水量则明显增加。例如, 1958年山东省水利科学研究所寿张县台前人民公社所作春玉米需水量试验, 当每亩需水量由199.7立方米增加到243.9立方米时, 产量则由每亩381.3斤增加到536斤。但当需水量提高到每亩263.4立方米时, 产量反而降低为每亩497斤, 而生产每斤籽粒的需水量则增大为1060斤。又如1954年陕西省渭惠渠灌溉试验站夏玉米需水量试验的结果, 每亩需水量由211.7立方米增加到296.4立方米, 产量由每亩619.4斤提高到892.6斤。但当需水量继续增加到每亩409.4立方米时, 产量反而降低为每亩655.4斤, 而生产每斤籽粒的需水量则增大为1249斤。从各地试验结果还可看出, 在同一地区的不同年份里, 虽然灌溉量大致相同, 但产量却相差很大。例如春玉米区的新疆建设兵团农六师, 在需水量均为270立方米左右的情况下, 1958年亩产为422.3斤, 而1961年亩产则达941.5斤; 又如夏玉米区的河南引黄忠义试验农场, 在需水量约为220立方米左右的情况下, 1974年亩产为950斤, 而1975年则降为709斤。

总之, 提高玉米产量, 增加灌水量是一个重要的环节。但不能单纯地依靠灌水, 必须掌握玉米需水量的变化规律, 因时因地制宜, 实行科学用水, 并配合其他农业技术, 减少灌溉水的无益消耗, 才能不断降低生产每斤籽粒的需水量, 充分发挥灌溉效益, 提高玉米产量。

## (二)影响玉米需水量的因素

玉米需水量变化幅度较大, 这是因为影响玉米需水量的因素比较复杂, 即凡能影响玉

米棵间蒸发、叶面蒸腾和引起耗水量变化的一切自然因素和人为因素,都能使需水量发生变化。

1. 品种特性 不同的玉米品种,由于生育期长短,营养体大小,生产力高低和抗旱性等方面的不同,对棵间蒸发和叶面蒸腾的影响也不一样,因此需水量也各异。一般地说,晚熟品种植株高,叶片多,叶面积大,生育期长,棵间蒸发和叶面蒸腾持续时间长,需水量则较多。而早熟品种生育期短,植株矮小,叶面积不大,需水量则较少。另外,品种的抗旱性不同,需水量也有差异,在产量近似的情况下,抗旱性强的品种,需水量较少,抗旱性弱的品种,需水量则较多。高产玉米杂交种需水量一般也往往多于农家品种。

2. 自然因素 影响玉米需水量变化的自然因素,主要是气候条件和土壤条件。

(1) 气候条件: 凡能影响玉米棵间蒸发和叶面蒸腾的气候条件,都能使玉米的需水量发生变化。在相同的栽培条件下,如气温高,风速大,日照时间长,空气相对湿度低,降水量多时,均会使蒸发和蒸腾量加大,因此,玉米的需水量也随着增加,反之,需水量则相应减少。影响玉米需水量变化的气候条件虽然比较复杂,但是试验证明,水面的蒸发量可以集中反映各气候条件对玉米需水量变化的影响,即水面蒸发量愈大,玉米的需水量也愈大;反之则愈小。据陕西省水利科学研究所武功地区试验,1954年和1959年玉米生长期水面蒸发量分别为431.4立方米和502.3立方米,需水量为295.7立方米和329.8立方米;1960年水面蒸发量是417.6立方米,需水量则相应降低到279.3立方米。陕西省人民引泾灌区的试验资料也说明了这一规律(表11-2)。

表 11-2 玉米生育期间水面蒸发量与玉米需水量的关系

试 验 单 位	年 份	水面蒸发量(立方米/亩)	玉米需水量(立方米/亩)
陕西省水利科学研究所	1954	431.4	295.7
	1959	502.3	329.8
	1960	417.6	279.3
陕西省人民引泾灌区	1957	454.0	332.5
	1959	406.0	322.7
	1960	270.0	275.3

(2) 土壤条件: 土壤的性质、湿度及地下水位的高低,都能影响玉米的需水量。

土壤性质 不同性质的土壤因其孔隙度不同,故保水能力亦各异。一般砂土的保水力最弱,壤土次之,粘土最强,因而砂土栽培玉米需水较多。盐碱土的吸湿力比一般土壤为强,所以需水量也较多。

土壤湿度 在其他条件相同的情况下,土壤湿度愈高,玉米叶面蒸腾和棵间蒸发愈大,需水量也愈多。陕西省洛惠渠管理局1959年试验表明,当土壤湿度从46.5%增加到51.5%时,玉米的需水量约净增加24立方米;土壤湿度从51.5%继续增加至54.1%时,需水量再次净增加44立方米。但从湿度增加5%,耗水量增加值上看,灌水比旱作的增加比例明显(表11-3)。

表 11-8 玉米生长期不同土壤湿度与玉米需水量的关系\*

(陕西省洛惠渠管理局, 1959)

项 目		最高	最低	平均	平均增加	湿度增加 5%, 耗水量增加的值 (立方米/亩)
旱 作	湿 度(%)	47.4	45.6	46.5	—	—
	需水量(立方米/亩)	204.606	156.096	180.351	—	—
灌一次水	湿 度(%)	53.8	49.1	51.5	5.0	24.11
	需水量(立方米/亩)	238.606	170.315	204.461	24.11	
灌二次水	湿 度(%)	54.1	54.0	54.05	7.55	44.970
	需水量(立方米/亩)	249.706	246.806	248.256	67.905	

\* 湿度为水分占孔隙度%。

**地下水位** 地下水位高低能影响土壤含水量和玉米植株对地下水的利用量。因此, 也影响玉米的需水量。据 1959 年河南省引黄灌溉济卫管理局灌溉试验场的试验结果, 当地下水位深度为 1 米时, 玉米对地下水的利用量每亩为 20.83 立方米, 占需水量的 16.25%; 地下水位深度为 1.5 米时, 利用量每亩为 17.65 立方米, 占需水量的 11.11%; 地下水位深度为 2 米时, 利用量每亩为 5.79 立方米, 占需水量的 3.47%。说明玉米对地下水的利用量, 随地下水位的提高而增加。一般地下水位愈高, 土壤湿度愈大, 叶面蒸腾和棵间蒸发量亦愈大, 因而需水量也就增多。反之, 地下水位愈低, 土壤湿度愈小, 需水量也愈少。但是因地下水位高而引起的玉米需水量增多, 不一定需要增加灌水量。因为地下水可源源不断地上升到玉米根系分布层及土壤表层, 从而补充了所增多的耗水量。此外, 随着地下水位的提高, 土壤中空气逐渐减少, 温度逐渐降低, 土壤表层的盐分也不断地积累增多, 以致引起玉米生长发育不良, 产量显著下降。据中国科学院及水电部水利水电科学院 1959 年在河南引黄人民胜利渠忠义试验农场的研究结果, 在玉米生育期间, 地下水位不宜高于 1.5 米, 最好控制在 2 米以下, 才不致对玉米产生不利影响。

3. 栽培条件 耕作、施肥、密度和田间管理等栽培条件, 都是影响玉米需水量变化的重要因素, 正确运用栽培技术措施, 可以相对减少玉米需水量, 达到经济用水, 提高产量的目的。

(1) 加深耕层: 适当加深耕层能改变土壤结构, 增加土壤孔隙度与土壤渗透能力, 减少毛细管水的蒸发强度, 提高土壤蓄水保墒能力, 因而能降低土壤水分的蒸发和田间的需水量。1959 年山东省水利科学研究所绣惠渠灌区的研究资料表明, 无论在多肥或少肥的情况下, 深耕都表现有降低玉米需水量的作用(表 11-4)。

但是必须指出, 在南方地下水位高、降水量多而没有相应排水系统的地区, 深耕后引起土壤贮水过多, 湿度过大, 则不利于玉米的生长发育。

(2) 增施肥料: 在一般情况下, 增施肥料以后, 有利玉米的旺盛生长和产量的提高, 但其需水量也随之增加(表 11-4)。由于增施肥料, 土壤中养分增加, 玉米在吸收利用同样数

表 11-4 深耕施肥对玉米需水量的影响

(山东省水利科学研究所, 1959)

深耕深度(尺)	需 水 量 (立方米/亩)			
	亩施肥 7500 斤	亩施肥 15,000 斤	亩施肥 30,000 斤	平 均
0.6	312.94	330.04	329.09	324.02
1.5	299.36	313.54	326.89	314.93
3.0	295.76	299.17	308.99	301.81
平 均	302.69	315.92	321.66	—

量养分的过程中, 需水量也较不施肥者为少。特别在增施有机肥料的情况下, 土壤结构得到改善, 增强了土壤的保水能力, 因而在肥沃的土壤上, 玉米的需水量还有减少的趋势(表 11-5)。

表 11-5 玉米施肥量与需水量的关系

试 验 单 位	亩 施 肥 量	需 水 量 (立方米/亩)	高肥较低肥减少用水量	
			%	立方米/亩
陕西武功灌溉试验站, 1959 年	厩肥 1000 斤, 氮素化肥 15 斤	211.2~228.7	—	—
	厩肥 20,000 斤, 氮素化肥 30 斤	202.7~221.0	3.4~4.0	7.7~8.5
陕西人民引泾渠灌溉 试验站, 1959 年	厩肥 20,000 斤, 油渣 100 斤, 过 磷酸钙 30 斤, 氮素化肥 20 斤	286.1	—	—
	厩肥 67,000 斤, 油渣 800 斤, 过 磷酸钙 90 斤, 氮素化肥 66 斤	273.5	12.6	4.4

(3) 种植密度: 随着玉米种植密度的增大, 单位面积上的叶面积也随之增加, 因而蒸腾量也相应增多。由于叶面积增大, 田间覆盖程度增加, 棵间蒸发有所减少。但是, 随着密度的提高, 叶面蒸腾量大于棵间蒸发量时, 玉米的需水量增加; 如果密度过大, 株间环境条件恶化, 造成玉米生育受阻或倒伏时, 需水量也可能减少。1959 年山西省农业科学院试验, 植株高大的金皇后玉米在每亩 3000 株的密度范围内, 亩产量与需水量均随密度的增加而提高。

表 11-6 种植密度对玉米需水量的影响

(山西省农业科学院, 1969)

种 植 密 度	需 水 量 (立方米/亩)	产 量 (斤/亩)
2500	397.10	870.00
3000	417.80	888.40
3500	422.40	726.90
4000	381.20	690.30

密度增加到每亩 3500 株时,需水量虽然继续提高,但因玉米的个体发育不良,产量反而降低。当密度提高到每亩 4000 株时,则因枯叶增多,产量与需水量均表现减少(表 11-6)。

(4) 田间管理水平: 玉米田间管理水平的高低,对玉米需水量也有很大影响。例如,下雨或灌溉后及时中耕松土,有减少土壤蒸发,提高土壤保蓄水分的能力。西北农学院土壤农化系土壤教研组,于 1961 年在院内教学实习农场测定,以雨后第三天进行中耕的保墒效果最好,其结果是 0~30 厘米土层水分损失累积为干土重的 14.86%;雨后第一天进行过早中耕的损失为 18.28%;雨后第五天进行晚中耕的损失为 22.42%;而不中耕的损失高达 31.75%。1962 年他们又盆栽进行中耕深度试验,结果表明,凡进行中耕的土壤,都可以减少土壤水分的损失,但中耕的效果以 4 厘米较好(表 11-7)。

表 11-7 土壤中耕状况对水分蒸发量的影响\*

(西北农学院农化系,1962) 单位: 克

试验次序	起止日期(月/日)	表面疏松 4 厘米深	表面疏松 2 厘米深	对照(不中耕)	水面蒸发量
第一次	5/23~6/3	678.0	732.2	888.0	851.0
	6/3~6/8	198.2	184.9	159.9	727.5
	5/23~6/8总计	876.2	917.1	1047.9	1578.5
第二次	8/17~9/1	856.6	886.7	999.7	935.0

\* 钵钵内土柱高 19 厘米,蒸发面积为 200 平方厘米,试验开始时,土壤加水达到饱和持水量,在自然环境下蒸发,每天称重,重复三次。

土壤表层的湿度很高时,土壤蒸发量往往大于水面蒸发量。因此,雨后或灌溉后及时进行中耕,有利于保墒,降低玉米的需水量。此外,灌溉技术与需水量也有密切的关系。不适当地增多灌水量、灌水次数以及不科学的灌水方法,都会增加需水量。

总之,玉米需水量的变化,是内在和外在各种因素综合影响的结果。要以最低的需水量获得最高的产量,必须充分掌握品种特性和生育期间环境条件的变化情况,运用一系列有效的农业技术措施,遇早要保蓄水分,减少蒸发,并结合灌溉,以充分满足玉米整个生育期对水分的需要。遇涝要及时排除积水,克服不利因素,才能达到经济用水、合理用水、提高产量的目的。

## 二、玉米的需水规律

玉米不同生育阶段对水分的要求不同。由于不同生育阶段植株大小和田间覆盖状况不同,由此而引起的叶面蒸腾量和棵间蒸发量的比例及其总量都有较大的变化。玉米生育前期,植株矮小,地面覆盖率低,田间消耗的水分主要为棵间蒸发;生育中、后期植株较大,田间覆盖率高,土壤水分消耗则以叶面蒸腾为主。在玉米生育过程中,应设法减少棵间蒸发,保证必要的叶面蒸腾,以减少水分的无益消耗。一般玉米发芽的需水量,仅为种子本身干物质重量的 44%~50%,但播种层的土壤湿度,必须保持在田间持水量的 60~70%,才能出苗良好。幼苗期间,植株矮小,生长缓慢,叶面蒸腾量小,但根系发育很快,如果土壤表层干燥,下

层湿润,则有利于根系向纵深伸展和幼苗的健壮生长。如苗期上层土壤水分过多,影响根系下伸,其根则多分布在土壤表层,而且根系不发达。华北地区群众有玉米“蹲苗”的经验,即在幼苗期时,实行多次中耕松土,保持表层土壤疏松干燥,控制根系发育层的土壤水分在持水量的60%左右,对促进玉米茎秆粗壮,减轻倒伏和提高产量有一定的作用。若土壤过于干旱,影响幼苗正常生长发育时,也应进行适当灌溉,以利幼苗健壮生长。一般从播种至拔节,春玉米平均每日每亩需水量为1.2~1.6立方米,夏玉米为1.8~2.5立方米;玉米拔节以后,随着植株的迅速增长,需水量逐渐增多。无论春玉米或夏玉米,从拔节到灌浆间的需水量,都占全生育期总需水量的一半左右(43~62%),平均每日每亩需水量约为2~3立方米。玉米抽雄穗前后是需水量最多而最为敏感的时期,此即玉米的需水“临界期”,如果这一时期水分不足,不仅影响雄穗正常开花和雌穗花丝抽出,而且会造成玉米授粉不良,秃顶

表 11-8 春玉米各生育期的需水量

地点 (年份)	山东省寿张(1959)				陕西省榆林(1962~1966)				吉林省农业科学院(1967~1967)			
	需水量 (立方米/亩)	占总 需水量 (%)	天数	平均每日 需水量 (立方米/亩)	需水量 (立方米/亩)	占总 需水量 (%)	天数	平均每日 需水量 (立方米/亩)	需水量 (立方米/亩)	占总 需水量 (%)	天数	平均每日 需水量 (立方米/亩)
播种~拔节	50.80	20.88	31	1.64	66.20	18.61	54	1.23	55.94	19.60	51	1.10
拔节~抽穗	72.20	29.66	25	2.89	83.60	23.50	27	3.10	69.00	22.07	19	3.32
抽穗~灌浆	33.60	13.78	10	3.36	112.50*	31.62	27	4.17	105.67	37.01	27	3.91
灌浆~收获	87.30	35.79	37	2.36	99.50**	26.23	41	2.28	60.87	21.32	31	1.96
合 计	243.90	100.0	103	2.37	355.80	100.00	149	2.39	285.48	100.00	128	2.23

\* 为抽穗至乳熟的需水量。

\*\* 为乳熟至收获的需水量。

表 11-9 夏玉米各生育期的需水量

地点 (年份)	山东省德州(1959)				河南省新乡人民胜利渠忠义 试验场(1974~1978)				陕西省武功(1955~1961)			
	需水量 (立方米/亩)	占总 需水量 (%)	天数	平均每日 需水量 (立方米/亩)	需水量 (立方米/亩)	占总 需水量 (%)	天数	平均每日 需水量 (立方米/亩)	需水量 (立方米/亩)	占总 需水量 (%)	天数	平均每日 需水量 (立方米/亩)
播种~拔节	51.70	21.68	21	2.46	77.08	36.65	30	2.57	54.01	18.46	30	1.80
拔节~抽穗	53.80	23.41	16	3.49	57.52	27.35	21	2.74	88.28	30.17	20	4.41
抽穗~灌浆	66.29	27.81	20	3.31	41.54	19.75	21	1.98	90.65*	30.98	26	3.49
灌浆~收获	64.60	27.10	34	1.90	34.18	16.25	26	1.31	59.68**	20.40	30	1.99
合 计	238.39	100.00	91	2.62	210.32	100.00	98	2.15	292.62	100.00	106	2.76

\* 为抽穗至乳熟的需水量。

\*\* 为乳熟至收获的需水量。



缺粒,产量大幅度降低。因此,这一阶段适宜的土壤水分应保持在持水量的70~80%。进入乳熟和蜡熟阶段是籽粒产量形成的重要时期,需要大量的水分以保证叶面进行光合作用和营养物质的转化与运输。灌浆至收获阶段的需水量,约占全生育期总需水量的15~35%;其中绝大部分为灌浆至蜡熟期所消耗,蜡熟以后需水量约占全生育期总需水量的4~10%,而且对产量的影响较小(表11-8、表11-9)。

### 第三节 玉米的灌溉

#### 一、玉米灌溉的意义

玉米需要的水分,主要是靠自然降水供给。但是我国各玉米产区的降水量相差悬殊,降水季节的分配也极不均匀,而且年度间的变幅较大。在自然降水较少的地区,灌溉还是很有必要的。

南方丘陵玉米区和西南山地玉米区,一般年降水量多在1000毫米以上,有的地区多至1700毫米,而且季节间分布比较均匀,对玉米的生长有利。西北内陆玉米区降水量极少,年

表 11-10 玉米各生育期降水量与耗水量比较表

地区及 试验单位			年 份	生 育 阶 段 项 目	播种~拔节	拔节~抽穗	抽穗~盛花	盛花~乳熟	乳熟~收获
关 中 西 部	渭惠渠灌 溉试验站, (武功)	1955~1961	日期(月/日)	6/16~7/15	7/16~8/5	8/6~8/13	8/14~8/31	9/1~9/30	
			耗水量	54.01	88.28	40.65	50.00	59.68	
			降水量*	68.37	48.78	15.12	65.94	75.30	
			降水量与耗 水量之差	+14.36	-39.50	-25.53	+15.94	+15.62	
关 中 东 部	泾惠渠灌 溉试验站, (泾阳)	1959~1960	日期(月/日)	6/15~7/13	7/14~8/4	8/5~8/13	8/14~9/5	9/6~9/30	
			耗水量	54.54	69.33	31.31	82.59	61.21	
			降水量	50.90	35.98	12.30	34.56	58.70	
			降水量与耗 水量之差	-3.64	-33.35	-19.01	-48.03	-2.51	
	洛惠渠灌 溉试验站, (大荔)	1961~1962	日期(月/日)	6/26~7/4	7/5~7/20	7/21~8/10	8/11~8/27	8/28~9/12	
			耗水量	27.48	46.43	91.19	57.24	95.03	
			降水量	29.40	53.00	36.20	53.00	37.60	
			降水量与耗 水量之差	+1.92	+6.57	-54.99	-4.24	-57.43	

\* 降水量系1951~1970年平均值。

降水量较多的地区只有 200 毫米左右,降水量少的地区仅 50~60 毫米,部分地区甚至常年无雨。黄淮海平原夏播玉米区,一般年份降水量均在 500~600 毫米以上,较多的年份达到 700~800 毫米;但由于季节上分布不均,玉米生育期间需水较多的时候,往往发生季节性干旱。例如山东、河南及河北省的南部地区,往往有春旱秋涝、晚秋又旱的现象。所以春玉米从播种、拔节到抽穗期间,降水量有时不能满足种子发芽、出苗以及拔节后植株迅速生长的需要;陕西省关中地区夏玉米从 6 月中旬播种到 9 月底以前收获,每亩共要消耗 270~300 立方米左右的水,但同期降水量只有 200~280 立方米左右。由于降雨不及时和前茬夏收作物对水分的大量消耗,玉米播种后土壤水分往往不足,影响出苗;及至抽穗开花前后,又常常出现“伏旱”,对产量的影响也很大。陕西省的资料表明,关中地区的夏玉米在拔节至灌浆期间,降雨量较少,一般较难保证玉米生长发育的需要(表 11-10)。因此,在降水较少的地区或雨季分布与玉米需水时期不吻合时,以及由于其他原因造成土壤水分不足的情况下,必须进行灌溉,弥补土壤水分的不足,才能满足玉米对水分的要求,提高玉米产量。

随着农田水利事业的发展,我国玉米灌溉面积不断扩大,对干旱的抵御能力显著提高,玉米产量不断增加。河南省引黄灌溉济卫管理局灌溉试验场 1959 年试验,玉米灌 1 次水亩产 280 斤,灌 2 次水亩产 389.6 斤,灌 3 次水亩产 393 斤,比不灌水亩产 218 斤的增产 4.6~80.8%。从吉林省农业科学院 1974~1979 年喷灌试验看出,玉米生育期间以喷灌 7 次的产量最高,每亩为 1443 斤;喷灌 5 次和 3 次的分别为 1313 和 1024 斤,不进行喷灌的每亩仅 894 斤,产量最低。生产实践证明,玉米在关键时期遇旱进行灌溉,增产幅度是比较大的。

## 二、玉米的合理灌溉

正确掌握玉米的灌溉技术,是保证适时适量满足玉米对水分的要求,达到经济用水,提高玉米产量的重要手段。如果灌水不当,不但消耗了较多的水分,而且玉米产量也不高。例如山东省水利科学研究所 1959 年在寿张县台前人民公社所作春玉米灌溉试验,播种时土壤水分为田间持水量的 80% 左右,拔节、抽穗、乳熟三期灌溉的比在幼苗、抽穗、乳熟三期灌溉的增产 7.8%,而田间持水量反而减少 7.4%。

### (一)玉米不同生育时期灌溉的作用

1. 播前灌溉 玉米种子发芽、出苗时,一般土壤水分应保持在田间持水量的 60~70% 左右。陕西省渭惠渠灌溉试验站的试验结果,田间持水量达到 70% 时,玉米出苗率为 97%;田间持水量为 63% 和 78% 时,出苗率均可达到 90%;田间持水量下降至 56% 和 48% 时,出苗率分别降低为 6% 和 1%;田间持水量为 41% 时,玉米则不能出苗。吉林省农业科学院 1958~1967 年的试验,也取得了类似的结果(表 11-11)。

结果表明,当土壤湿度低于 14% 时(田间持水量 50%)玉米难于全苗;当土壤湿度高于 25% (田间持水量 95%) 时,发芽率为 50% 左右,也严重地影响出苗;土壤湿度为 16~20% (田间持水量约 60~75%),对发芽有利,一般可达 80% 以上。适宜的土壤水分,不但能保证玉米适时播种,做到一次播种一次全苗,而且也能为幼苗生长和“蹲苗”创造了有利条件。

春玉米播前灌溉的适宜季节最好在冬季。山西省农民的经验是“冬灌半年湿”。在秋天深耕的基础上,冬灌后只要来年早春及时耙耱镇压,进行保墒,便可贮存大量的土壤水分。

表 11-11 不同土壤湿度对玉米出苗率的影响

(吉林省农业科学院农业气象研究所, 1958~1967)

土 壤 湿 度(%)	田间持水量(%)	发 芽 率(%)
10	37.5	0
13	49.0	7
15	58.0	53
16	60.0	88
18	67.5	84
20	75.0	100
23	93.5	54
30	112.5	52

冬灌不仅可以改良土壤结构, 冻死土中越冬的害虫, 避免因春灌而降低地温, 影响适时播种, 而且还可预防春旱, 保证苗全。根据山西省农业科学院 1959 年试验, 冬灌比春灌有较好的增产效果(表 11-12)。

表 11-12 播前不同时期灌溉对玉米产量的影响

(山西省农业科学院, 1959)

灌 溉 时 间	产 量 (斤/亩)	产 量 百 分 比
冬 至	628.8	112.1
春 分	572.5	102.1
清 明	560.8	100.0

春玉米地区, 如果不能冬灌, 在早春土地解冻后, 应及时进行春灌, 以免降低地温或播种时土壤过湿, 影响播种期和玉米的发芽出苗。

夏、秋玉米地区, 播种时气温高, 土壤水分蒸发快, 加上前茬作物对土壤水分的消耗, 一般土壤墒情较差。据陕西省渭惠渠灌溉试验站武功地区测定: 1954~1957 年和 1960~1962 年的 7 年中, 在前茬小麦收获后, 田间 0~20 厘米土层的水分, 仅有 1954 和 1957 年两年分别达到 69.4% 和 63.2%, 能满足玉米播种的要求外, 其余年份田间持水量均在 60% 以下, 如不灌溉则很难苗全。但待前茬作物收获后再行浇灌, 又往往贻误播期, 造成玉米减产。采用灌“麦黄水”和早播渗墒灌溉, 比浇后播种的有一定优越性。“麦黄水”一般在小麦收获前 10 天左右(约在小麦蜡熟初期)浇灌, 它对增加小麦粒重, 保证玉米早播全苗有双重作用。据陕西省武功灌溉试验站 1961~1962 年试验, 灌“麦黄水”可使小麦千粒重增加 1~2 克, 玉米的播期可提早 3~5 天, 增产 47.8%。早播渗墒灌水的方法是, 在前茬作物收获后, 立即在播种行先犁一条播种沟, 在沟内播种, 然后再翻一犁覆盖种子, 行间暂不翻耕, 播种后及时利用覆盖种子时所留下的犁沟, 进行灌水渗墒。在宜耕期耙耱保墒。耙耱前或出苗后及时渗墒进行行间浅犁, 灭茬松土, 然后再耙耱或中耕一次。这一方法的优点是用水量较少, 种

子的需水量能得到保证,覆土层疏松通气,易于发芽出苗。

2. 苗期灌溉 玉米出苗至拔节约 30 天左右,如土壤不甚干旱,则不需灌溉,以利控制玉米地上部生长和促进根系向纵深发展,扩大吸收范围,达到幼苗健壮。这一阶段,土壤水分应保持在田间持水量的 55~60% 左右。但是如果底墒不足,又遇连续干旱时,就需要及时进行适量灌水。陕西省水利科学研究所 1972 年在渭南县试验,“蹲苗”比“不蹲苗”的玉米增产 23.9%;1973 年又在土壤湿度同田间持水量 90% 的情况下进行试验,由于出苗后“蹲苗”时间短,土壤水分含量下降较少,故效果不够显著。但玉米长出 12 片叶子时,土壤水分下降至 57.6% 时才开始供水,其产量最高;延迟到长出 14 片叶子时,土壤水分下降至 53.8% 才恢复供水,其产量反而下降(表 11-13)。

表 11-13 玉米幼苗期土壤湿度与产量的关系

(陕西省水利科学研究所,1972~1973)

玉米叶片数	播种期土壤持水量(%)	苗期土壤水分下降程度(%)	供水后土壤水分上升程度(%)	产量(斤/亩)
6	90	68.2	88.2	389.3
10	90	61.4	81.4	428.1
12	90	57.6	77.6	481.7
14	90	53.8	73.8	391.3

3. 拔节期灌溉 玉米开始拔节,雄穗和雌穗即先后开始分化,同时茎叶迅速生长,干物质大量积累,这一阶段气温较高,玉米叶面蒸腾量大,对水分和养分要求较多。拔节期结合追肥进行灌溉,使土壤水分保持在田间持水量的 65~70% 左右,可以不同程度地提高玉米产量(表 11-14)。

表 11-14 玉米拔节期灌溉对产量的影响

类 型	试 验 单 位 (年份)	处 理	产量(斤/亩)	增产(%)
春玉米	山东省临沂专区农业科学研究所(1959)	灌	634.8	36.87
		不灌	463.8	—
	山西省农业科学院(1959)	灌	804.5	17.96
		不灌	682.0	—
	陕西省延安专区灌溉试验站(1965)	灌	596.3	5.78
		不灌	563.7	—
夏玉米	山东省水利科学研究所德州灌溉试验站(1959)	灌	433.3	42.30
		不灌	304.5	—
	河南省新乡地区引黄人民胜利渠忠义灌溉试验场(1974)	灌	980.0	5.38
		不灌	930.0	—

拔节期灌水的主要作用,是促进玉米形成较大的叶面积,增加光合势,以利干物质积累,为雌、雄穗分化创造良好条件。陕西省水利科学研究所 1962 年试验,灌水的单株干物质重较不灌水的增加了 55.9%;其中茎叶部分只增加 9.1%,而果穗部分却增加 67.5%,单株籽粒产量增加 65.6%(表 11-15)。从果穗与总干物质的比例看,不灌水的果穗干物质仅占全株总干物质的 58.28%,说明拔节孕穗期合理灌溉,是确保玉米增产的关键。

表 11-15 孕穗期灌水对玉米干物质积累的影响

(陕西省水利科学研究所, 1962。单位: 克)

项 目	不 灌 水	灌 水	灌水较不灌水增加(%)
单株干物质重	169.0	263.5	55.9
茎秆干物质重	32.0	36.4	13.8
叶片干物质重	38.5	40.5	5.2
茎叶干物质重	70.5	76.9	9.1
穗轴苞叶干物质重	23.0	40.0	73.9
籽粒干物质重	75.5	125.0	65.6
果穗总干物质重	98.5	165.0	67.5
果穗占总干物质重(%)	58.28	62.62	4.34

4. 抽雄期灌溉 玉米抽雄开花期对水分的反应极为敏感,土壤水分应保持在持水量的 70~80%。保证玉米抽雄开花期对水分的需要,能缩短雌、雄穗抽出的间隔时间,改善田间小气候,增加田间湿度,提高花粉和花丝的生活力,防止“晒花”,保证授粉正常进行,减少果穗秃顶长度,促进玉米穗大粒多(表 11-16)。在干旱年份里,玉米拔节以后,特别在抽雄前后受到干旱,会造成严重减产。例如陕西省武功一带,1971 年夏玉米生长期总降水量

表 11-16 玉米抽雄期灌溉对产量的影响

类 型	试 验 单 位 (年份)	处 理	产 量(斤/亩)	增产(%)
春玉米	陕西省延安专区灌溉试验站(1964)	灌	682.4	31.06
		不灌	563.7	—
	山西省农业科学院(1959)	灌	901.0	32.11
		不灌	682.0	—
	浙江省东阳县安文人民公社(1959)	灌	503.3	63.25
		不灌	308.3	—
夏玉米	陕西省水利科学研究所(1964)	灌	717.6	20.99
		不灌	593.1	—

为 179.2 毫米, 低于当地夏玉米需水量 350~550 毫米的下限。拔节后直到抽雄期, 降水仅 23.7 毫米, 造成该县无灌溉条件的 10 万亩夏玉米颗粒无收。农谚说, “开花不灌, 减产一半”, 可见抽雄期灌溉的重要。

5. 灌浆期灌溉 玉米受精后到蜡熟期, 营养物质在种子内不断积累。这一时期内叶片形成的和茎叶内贮存的可溶性营养物质, 大量向正在发育的种子输送。华北地区有“春旱不算旱, 秋旱减一半”的农谚, 说明玉米开花授粉以后, 干旱对产量影响很大, 在此期间, 土壤水分应保持在田间持水量的 75% 左右, 以避免叶片过早衰老, 保证光合作用顺利进行和植株体内所贮藏的营养物质向籽粒输送, 使籽粒饱满, 增加粒重, 提高产量。据河北农业大学 1962 年试验, 灌浆期灌溉, 进入果穗中的营养物质, 较不灌的增加 2.4 倍, 千粒重增加 18.3~36.7 克, 增产 13~25%。

玉米灌浆期灌溉的增产作用, 一般是春玉米大于夏玉米, 其原因是这些地区的春玉米灌浆期常遇干旱, 而夏玉米此期正值雨季, 因此灌溉后取得的效果不尽相同(表 11-17)。

表 11-17 玉米灌浆期灌溉对产量的影响

类 型	试 验 单 位 (年份)	处 理	产 量(斤/亩)	增产(%)
春玉米	山西省太行堤灌区(1969)	灌	718.30	25.10
		不灌	574.20	—
	山西省农业科学院(1959)	灌	839.00	23.02
		不灌	682.00	—
	陕西省商洛地区农业科学研究所(1961)	灌	369.50	60.33
		不灌	230.60	—
夏玉米	河南省百泉农业试验站(1957)	灌	486.43	2.02
		不灌	476.80	—
	河南省新乡地区引黄人民胜利渠忠义灌溉试验场(1973)	灌	830.00	2.85
		不灌	807.00	—

## (二) 玉米适宜灌溉时期的确定

玉米在生产中往往由于灌溉时期选择不当, 贻误有利时机而达不到应有的效果。黑龙江省龙江县哈拉海公社红旗试验站 1976 年试验, 适时灌溉的玉米亩产 800 斤, 灌水过早的亩产 767 斤, 灌水过晚的亩产 700 斤, 适时灌水的比对照不灌的增产 50%, 比过早、过晚灌水的分别高 4.4% 和 14.3%。

实践证明, 确定玉米的适宜灌溉时期, 必须根据玉米当时对水分要求的程度, 近期的气候变化, 特别是降水状况以及土壤供水状况等因素, 加以综合考虑, 才能得到较好的结果。我国农民有“看天、看地、看庄稼”确定灌溉时间的经验, 科技工作者在这一方面也做了不少工作。

1. 根据玉米生长发育状况确定灌水时期 玉米苗期阶段需水较少,一般不进行灌溉。抽雄穗前后一个月的“需水临界期”,要求勤灌、多灌。但是由于玉米生长发育各阶段降水情况不同,还应灵活掌握。

土壤供水情况必然在植株上有所反映。因此,玉米的外部形态表现及体内生理变化,可作为判断是否缺水的重要依据。一般认为晴天中午玉米叶片呈现弧形或半圆形卷缩时,则表示已经缺水,应及时灌溉。如果出现圆筒形卷缩,并有凋萎现象发生,而且直到傍晚还不能恢复时,表示已经严重缺水,再行灌溉已经嫌晚。黑龙江省农业科学院嫩江地区农业科学研究所的研究表明:晴天中午玉米下部叶片出现萎蔫,而黄昏前能够恢复时,即应及时灌溉。

目前反映玉米水分生理状况的指标,有叶子的水势、细胞汁液浓度、根伤流量、气孔开闭度,以及叶面温度与气温之差等,都可作为确定灌溉时期的生理指标。玉米在抽雄开花前5~6层叶的叶脉细胞汁液浓度为4~5%,第10层叶为8%;乳熟期第5层叶的叶脉细胞汁液浓度为5~6%,第8~10层叶为8~10%,超过以上指标,即应进行灌溉。黑龙江省农业科学院嫩江地区农业科学研究所研究表明,用叶片吸水力(水势)可作为确定玉米灌溉时期的指标。即在晴天上午7~9时,玉米开花前最上部功能叶片或开花后雌穗下第一叶片的吸水力为7~8个大气压时,为适宜灌溉时期。

各种指标,在生产中往往因品种特性,发育状况,试验地点,测定时间和取样方法等的不同,而表现出较大的差异。因此,应根据当地情况进行试验,以取得适用于当地的某些形态和生理指标。

2. 灌溉要结合当时的土壤墒情 确定灌溉适宜时期,应分别在不同类型的玉米田内设置观测点,进行定点观测。要求每隔3~5天测定土壤湿度一次,根据土壤湿度的实际变化,以判断适宜灌水时期。黑龙江省农业科学院嫩江地区农业科学研究所,根据土壤含水量预测预报,具体确定灌水日期,其计算公式如下:

$$Ty = \frac{mf - my}{B}$$

式中:  $Ty$ ——从测定之日起到灌水之日的天数;

$mf$ ——0~20厘米耕层土壤实际含水量;

$my$ ——需要灌水时的土壤含水量;

$B$ ——耕层土壤日耗水系数。

例如,某玉米田内,实测耕层土壤含水量为19%,要求在土壤含水量降到16%时开始灌溉,设当地耕层土壤日耗水系数为0.8~0.9,该玉米田应灌溉的日期为:

$$Ty = \frac{19 - 16}{0.8 \sim 0.9} = 3 \sim 4(\text{天})$$

即该玉米应在3~4天后进行灌溉。

在地下水比较浅的地区,确定适宜灌溉时期,应考虑地下水的利用情况。一般灌溉时期可以适当推迟。

3. 灌溉要结合降雨情况 根据天气预报,了解和掌握天气变化趋势,是决定灌溉时期

的另一重要参考因素。如天气炎热干燥,预计近期无雨,可以提前灌水;若气象预报近期内有较多降水时,应适当延迟灌水时期,以免灌后遇雨,造成田内水分过多而导致玉米倒伏等不良后果。

此外,水源比较缺乏的地区,为了保证产量,必须根据玉米生育情况进行分类排队,按照缺水程度,依次灌水,有的也可在需水关键时期尚未到来之前,提前灌水,这样对扩大受益面积,保证玉米全面增产,十分有利。

### (三)灌水量的确定

玉米具体灌水量,应根据不同地区、不同年份的自然降雨、土壤含水,以及玉米需水状况等因素加以确定。

1. 玉米全生育期总灌水量的确定 玉米全生育期的总灌水量,必须根据常年田间需水量,设计年有效降水量及对地下水利用情况来确定。其计算公式如下:

$$W = E - 0.667 \times K_p \times P - W_1 + W_2 - W_3 \quad (11-1)$$

式中:  $W$ ——全生育期总灌水量(立方米/亩);

$E$ ——玉米田间需水量(立方米/亩);

$K_p$ ——降水有效利用系数;

$P$ ——设计年玉米生育期间降水量(毫米);

$W_1$ ——播种前土壤计划层储水量(立方米/亩);

$W_2$ ——收获后土壤计划层储水量(立方米/亩);

$W_3$ ——玉米生育期间对地下水利用量(立方米/亩)。

上式中田间需水量  $E$  的计算公式为:

$$E = \alpha E_0 \quad (11-2)$$

式中:  $\alpha$ ——玉米需水系数;

$E_0$ ——设计年玉米生育期间水面蒸发量(立方米/亩)。

玉米的需水系数为试验所得田间需水量与 80 厘米直径蒸发皿测得同期水面蒸发量的比值。

播种前或收获后土壤计划层储水量,需在灌底墒水以前和收获后进行测定。计算公式为:

$$W_{1,(2)} = 666.7 \times H \times r \times B_r \quad (11-3)$$

式中:  $W_{1,(2)}$ ——播种前(或收获后)土壤计划层储水量(立方米/亩);

$H$ ——计划层深度(米);

$r$ ——土壤容重(吨/立方米);

$B_r$ ——播种前(或收获后)土壤计划层含水率(干土重%)。

玉米生育期间地下水的利用,根据陕西省人民引洛渠观测,地下水位距地面 1 米时,利用地下水的量占需水量的 33.2%;地下水位距地面 2 米时,利用地下水的量占总需水量的 20.8%。另据苏联研究,地下水位深度小于 2.5 米时,粮食作物对地下水利用量为田间需水量的 5~25%。大于 2.5 米时,该值小于 5%,大于 3 米时该值更小,一般可以不计。对地下



表 11-18 不同土壤,地下水位深度与玉米利用地下水量的关系(立方米/亩)

地下水利用量 地下水位(米)	土壤类别				
	轻砂壤土	轻粘壤土	中质粘壤土	重粘壤土	粘土
1.0~1.5	50~60	60~80	80~100	100~130	130~200
1.5~2.0	—	30~60	40~80	80~100	100~130
2.0~2.5	—	—	—	30~60	60~100

(引自《中国玉米栽培》, 1962)

水的利用量,随着地下水位的深度和土壤的不同而有差异(表 11-18)。

例如某地区为砂壤土,土壤容重 1.5,地下水位深度 3 米,预计今年干旱,玉米生育期间降水量约 280 毫米,水面蒸发量约 600 立方米/亩。据以往经验,已知玉米需水系数为 0.5,降水有效利用系数为 0.7。播种前土壤计划层深度 0.6 米,含水率为 15%。预计玉米收获后土壤计划层 0.6 米深度内,仍保持 15%的土壤含水率,以便后作适时播种。因此,玉米全生育期总灌水量可按上列公式,先求出以下数字:

- (1)  $E = 0.5 \times 600 = 300$  (立方米/亩);
- (2)  $W_1 = 666.7 \times H \times r \times B_r = 666.7 \times 0.6 \times 1.5 \times 15\% = 90$  (立方米/亩);
- (3)  $W_2 = 666.7 \times 0.6 \times 1.5 \times 15\% = 90$  (立方米/亩);
- (4) 地下水( $W_3$ )利用量,因地下水位超过 3 米,可以不计。

再将已知数代入公式,即:

$$W = 300 - 0.667 \times 0.7 \times 280 - 90 + 90 = 169.3 \text{ (立方米/亩)}。$$

2. 玉米不同生育期灌水量的确定 玉米不同生育时期的灌水量,应根据该时期土壤计划层深度和灌溉前土壤水分状况确定。每次灌水量与灌溉前土壤储水量之和,不能超过土壤计划层内田间持水量的范围。否则土壤水分过多,会影响透气性,或使多余的水量渗入地下,抬高地下水位,引起土壤次生盐渍化,对玉米生长不利。适宜的阶段灌水量,可以下式计算:

$$W_T = (B_m - B_r) \times r \times H \times 666.7 \quad (11-4)$$

式中:  $W_T$ ——阶段灌水量(立方米/亩);

$B_m$ ——计划层土壤持水量(%);

$B_r$ ——灌溉前土壤含水率(%);

$r$ ——土壤容重(吨/立方米)。

例如,某地为砂壤土,玉米生育期间,土壤灌溉计划层深度 0.6 米,土壤容重为 1.5,持水量为 24%,灌溉前土壤含水率为 14%,其阶段灌水量按下式计算:

$$W_T = (24\% - 14\%) \times 1.5 \times 0.6 \times 666.7 = 60 \text{ (立方米/亩)}$$

喷灌玉米每次适宜的喷灌量,也可应用上式计算。据吉林省农业科学院试验,每次喷水量,黑土以 25~30 毫米、干旱砂土以 30~40 毫米为宜。

#### (四)玉米的灌溉制度

玉米的灌溉制度,是指在一定自然条件和农业技术措施下,根据玉米的需水规律,为获得高产稳产所规定的灌溉次数、灌水时间、灌水定额(每亩每次灌水量)和灌溉定额(玉米全生育期各次灌水量的总和)而言。灌溉制度一般是通过总结群众灌溉经验,运用土壤水平衡原理,总结分析当地试验结果而制定出来后,经过生产和科研实践不断完善而逐步形成的。合理的灌溉制度,既可以适时适量保证玉米对水分的需要,又不致造成对土壤结构的不良影响,而且有利于计划用水、节约用水和扩大灌溉受益面积。因此,它是实现玉米科学灌水的重要依据。

表 11-19 玉米的灌溉制度

玉米类型	省 份	水 文 年	灌 水 时 期		灌水定额 (立方米/亩)	灌溉定额 (立方米/亩)
			灌水次数	生育期或月、旬		
春          玉          米	黑 龙 江	湿润年	—	出 7~10 叶	30~35	30~35
			1	出 7~10 叶	30~45	70~90
		一般年	2	抽穗前后共 30 天	40~45	
		干旱年	1	出 5~6 叶(定苗后)	30	120~140
			2	拔节期	30~40	
			3	抽穗前后共 30 天	40	
			4	灌浆期	20~30	
	新 疆*	一般年	1	6 月中旬~7 月上旬	50~55	170~185
			2	7 月上旬~7 月下旬	60~65	
			3	7 月下旬~8 月中旬	60~65	
		干旱年	1	6 月中、下旬	50	220
			2	7 月上、中旬	60	
夏          玉          米	河 南	一般年	1	播种(6 月上旬)	50	140
			2	拔节(7 月上旬)	45	
			3	灌浆(8 月中旬)	45	
			4	收获(9 月中旬)	45	
		干旱年	1	播种(6 月上旬)	50	185
			2	拔节(7 月上旬)	45	
			3	孕穗(7 月下旬)	45	
			4	灌浆(8 月中旬)	45	

\* 4 月中旬至 5 月上旬播种。

我国玉米分布范围较广,各玉米产区的气候(降水量及其年度和季节间的变化、温度、空气温度、风力等),土壤(保水力、肥力、地下水状况等),水源,栽培制度及生产技术水平均有较大的差别,因而玉米的灌溉制度也各不相同。

我国北方各玉米产区,因降雨量不足或季节分布与玉米需水规律不相一致,要达到高产,一般必须进行灌溉,其灌溉制度因地区不同而有较大的差别(表 11-19)。

玉米灌溉制度应因地制宜。以陕西省为例说明如下:

1. 陕北地区 该区属北方春播玉米区,位于乔山、黄龙山以北,海拔 800~1800 米,年平均气温 10°C 左右,年降雨量 400~600 毫米,年平均相对湿度为 50~65%,年蒸发量为 1600~1900 毫米,属暖温带半干旱气候。土壤以黄绵土为主。玉米一般从 4 月下旬到 5 月上旬播种,9 月中下旬收获。由于生长期长,气候干燥,土壤砂性,蒸发量高,玉米需水量也大。该区玉米全生育期需水量在 310~430 立方米之间,但同期降雨量只有 281 立方米(延安)至 220 立方米(榆林)。因此,全生育期灌水次数要多一些。但由于土壤保水性能差,每次灌水量不宜过大,以免造成土壤水分的深层渗漏,应采用小定额的勤灌浅灌(表 11-20)。

表 11-20 陕西省陕北地区春玉米灌溉制度

(陕西省水利科学研究所,1976)

地区 水文年份 生育期 灌水定额 (立方米/亩)	风 沙 区			丘陵沟壑区			高原沟壑区		
	干旱年	一般年	湿润年	干旱年	一般年	湿润年	干旱年	一般年	湿润年
播 种	50	50	50	50	50	50	50	50	50
幼 苗	30	30	0	30	0	0	30	0	0
拔节孕穗	30								
	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	30	30	30	30	30	30	30	30	30
抽雄开花	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	40	40	40	40	40	40	40	40	40
成 熟	30	30	30	30	30		30	30	0
	30	30	30	30	30	30	30	30	0
灌溉定额(立方米/亩)	310	280	250	280	250	220	250	150	120
灌水次数	9	8	7	8	7	6	7	4	3

秀

玉米

丁

2. 关中地区 该区属黄淮海平原夏播玉米区,位于陕西省中部秦岭以北,乔山、黄龙山以南。一般海拔为 325~900 米,平均温度 12~17℃,年降雨量 600~750 毫米,年平均相对湿度为 65~70%,年蒸发量为 1100~1800 毫米,属暖温带半湿润气候,土壤主要有坡土、白善土、淤泥土和黑垆土。栽培玉米以夏播为主,一般于 6 月上、中旬播种,9 月下旬到 10 月上旬收获,生长期降雨量在 300~400 毫米之间,由西向东递减,差异显著,且年度间变化较大。由于东部地区的气候干燥,气温高,多风而且降雨量少,蒸发量大,土壤保水力也差,玉米的需水量则大于西部地区。例如,东部的需水量为 320 立方米左右(大荔),而西部的需水量只有 290 立方米左右(武功)。关中地区的夏玉米,由于前茬作物收获后,一般土壤水分较差,进行播种前的灌水是必要的。至于生育期间的灌水时间和次数,则因地区内和年际间降雨量的变化而有所不同。玉米苗期一般不需要灌水,只有东部地区,而且干旱的年份植株表现缺水严重时,才进行灌水。拔节孕穗期与抽雄开花期是灌水的重要时期,此期常有“伏旱”发生,对产量影响极大,应保证及时灌水。成熟期如遇干旱,一般也应灌水(表 11-21)。

表 11-21 陕西省关中地区夏玉米灌溉制度

(陕西省水利科学研究所,1976)

灌 水 定 额 (立 方 米 / 亩)  生 育 期		关 中 东 部			关 中 西 部		
		水 文 年 份					
		干 旱 年	一 般 年	湿 润 年	干 旱 年	一 般 年	湿 润 年
播 种		50	50	50	50	50	0
幼 苗		30	0	0	0	0	0
拔 节 孕 穗		45	45	45	45	45	45
抽 穗 开 花		45	45	45	45	45	45
成 熟		30	30	0	30	0	0
灌 溉 定 额 (立 方 米 / 亩)		200	170	140	170	140	90
灌 水 次 数		5	4	3	4	3	2

3. 陕南地区 该区属西南山地玉米区,位于秦岭以南,大巴山以北,海拔一般为 500~800 米。年平均气温在 14℃以上,年降雨量 700~900 毫米,年平均相对湿度为 70~80%,年蒸发量为 1100 毫米左右,大部分地区属亚热带湿润气候。土壤有黄泥土、石渣土和水稻土。夏玉米一般于 6 月上、中旬播种,9 月下旬收获。生育期间的常年降雨量约在 350~650 毫米,可以满足或超过夏玉米对水分的要求。但是年度间降雨量变幅较大。如夏玉米 6 月份播种,平均降雨量为 80.3 毫米,降雨量 1956 年多达 217.3 毫米,而 1962 年仅 10.2 毫米,彼此相差 20 多倍。该地区的土壤透气性较差,对降雨的利用量少。因此,除湿润年份外,一般都要进行播种期灌水。玉米生育期间,降雨量分布不够均衡,在 20 年中连续出现 20 天以上干旱的年份有 15 年。为此,在玉米生育期间,应灌水 1~2 次(表 11-22)。

表 11-22 陕西省陕南地区夏玉米的灌溉制度

(陕西省水利科学研究所, 1976)

灌水定额(立方米/亩) 生育期	水文年份		
	干旱年	一般年	湿润年
播 种	50	0	0
幼 苗	0	0	0
拔节孕穗	45	45	45
抽穗开花	45	45	0
成 熟	0	0	0
灌溉定额(立方米/亩)	140	90	45
灌水次数	3	2	1

合理的灌溉制度,给合理用水提供了一定的依据,但是农业生产常因时、因地发生较大的变化。因此,在执行玉米灌溉制度的过程中,必须从实际出发,灵活运用,才能得到应有的增产效果。

### 三、玉米的灌水方法

因地制宜采用科学的灌水方法,可以充分发挥灌溉水的效益。玉米的灌水方法,分为地面灌溉、喷灌、滴灌和地下灌溉等;其中地面灌溉在目前生产中应用较广。近年来,我国玉米喷灌技术已开始在生产中推广应用。滴灌和地下灌溉还处在试验示范阶段,生产中应用较少。

#### (一)地面灌溉

地面灌溉是利用沟渠将水引入玉米田内,水借助重力和毛细管的作用浸湿土壤,供玉米根系吸收。常用的地面灌溉方法又分为畦灌和沟灌两种。

1. 畦灌 畦灌是在玉米播种前后,按一定长度和宽度在田间先行筑畦,灌水时将水引入畦内,水在畦内沿着畦长的方向流动,并在畦面形成水层。灌溉水便逐渐下渗,浸润土壤。

采用小畦灌溉比大畦灌溉(漫灌)容易控制水量,可避免因水的流量过大而造成表土板结,肥料流失,一般可节约用水量 30% 左右,提高灌水效率近一倍。1956 年山西省农业科学院试验,玉米采用小畦灌溉,比大畦灌溉增产 28%。

灌水畦的长度和宽度,应根据地面坡度、土壤透水性、玉米的行距、农机具作业的幅宽以及引水量的大小而定。

(1) 畦的长度:在渠灌区,土质为壤土和轻壤土,地面坡降在 0.001~0.002 范围内,畦的长度一般为 50~100 米;土质为砂土和轻砂壤土;地面坡降在 0.003~0.004 范围内,一般为 10~20 米;在小型抽水灌区和井灌区,土壤为轻壤土,地面坡降在 0.005 左右,一般为 5~15 米。

(2) 畦的宽度：渠灌区的畦宽多为 2~3 米，种植玉米 4 行或 6 行；玉米与马铃薯进行间作时，一般为 1.8~2.2 米；井灌区一般为 1.3~1.8 米。

灌入畦内的水流量，也应根据地面的坡度和土壤透水性强弱来确定，一般以达到灌匀灌透，不冲不淹为原则。河南省引黄灌区的畦田灌水技术，对畦长、畦宽及其流量的要求如下（表 11-23）。

表 11-23 河南省引黄灌区畦田的灌水要素

土壤种类	<0.002			0.002~0.01			0.01~0.025		
	畦长 (米)	单宽流量* (公升/秒)	畦宽 (米)	畦长 (米)	单宽流量 (公升/秒)	畦宽 (米)	畦长 (米)	单宽流量 (公升/秒)	畦宽 (米)
强透水性的土壤	50~50	5~6	3.0	50~70	5~6	3.0	70~80	3~4	3.0
中透水性的土壤	50~70	5~6	3.0	70~80	4~5	3.0	80~100	3~4	3.0
弱透水性的土壤	70~80	4~5	3.0	80~100	3~4	3.0	100~130	3	3.0

\* 单宽流量即每一米畦宽单位时间内所通过的水流量（引自《农田水利》，1972）

畦内要掌握好进水的数量，否则会造成畦尾积水或畦埂跑水。因此，灌水时要因地制宜，按水流浸漫畦面的程度，确定改水时间。一般在轻壤土地区，地面坡降在 0.001~0.003 时，可采用“二、八”改水，即水流至畦长的 80% 时，堵住进水口，再改灌另一畦；地面坡降在 0.004~0.006 时，采用“三、七”改水；地面坡降小时，可适当增大单宽流量，采用“一、九”改水，以保证灌水均匀，节约用水。

2. 沟灌 沟灌在我国各玉米产区中普遍采用。这种方法是先在玉米行间开沟，灌水时，将水引入沟内，水在流动的过程中，通过毛细管作用浸润沟的两侧，同时以重力作用浸润沟底部的土壤（图 11-1）。

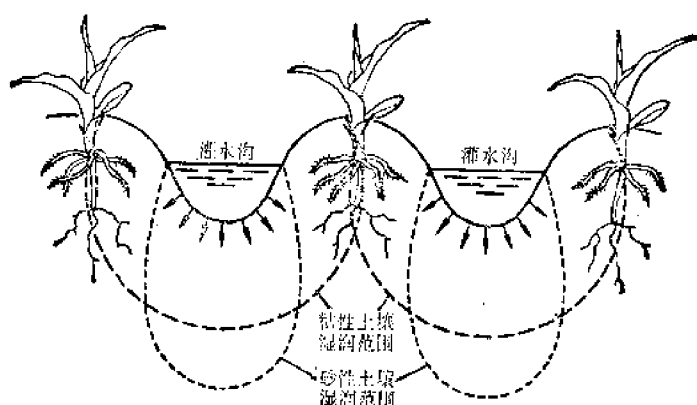


图 11-1 灌水沟两侧土壤湿润范围示意图

沟灌是地面灌溉中最好的一种方法，与畦灌比较，具有以下优点：

第一，缩小水流与地表的接触面，减轻土壤团粒受水力破坏的程度，因而玉米根部的土

壤疏松,通气良好,不但有利于保墒抗旱,而且有利于玉米的生长发育,一般地表 20 厘米土层内的空隙率,沟灌比畦灌高 3.5~6%。

第二,沟灌可以按不同地形、地面坡度、土壤透水性,采用相应的沟长和沟形,灌水时还可以根据玉米的需要,采用隔沟灌、灌半沟水等方法控制灌水量,因此易于实现定额灌水,保证灌水均匀,从而能够减少灌溉水的下渗和由此而引起的地下水位升高以及肥料的流失。

第三,开沟时将行间的熟土翻盖于玉米的根部,形成高垅,有利于根系的发育和防止倒伏。1973 年陕西省咸阳市红旗公社三队畦灌玉米倒伏 12%,而沟灌的仅倒伏 2%。

此外,灌水沟在遇到雨涝时,还可以利用它进行排水。由于沟灌具有以上优点,生产中一般较畦灌玉米增产 16% 左右。陕西省人民引渭渠 1973 年在兴平县试验,沟灌较畦灌增产 13%。1959 年山西省洪洞县分西晋理区和霍泉灌区的试验证明,沟灌较畦灌增产 18~41%。田间需水量减少 24.6%。

灌水沟的长度,也要根据地面坡降和土壤透水性状况去确定。为保证灌水均匀,在不同情况下,还应考虑沟中水流量的大小(表 11-24)。

表 11-24 不同土壤、不同坡降沟长与沟中水流量的关系

(河南省引黄灌区)

土壤类别	透水性	沟底坡降	灌水沟长(米)	单沟中水流量(升/秒)	沟中水深
粘壤土	弱	0.01~0.004	90~120	0.2~0.4	1/3 以下
		0.004~0.002	80~100	0.4~0.5	1/3 以下
		<0.002	50~80	0.5~0.6	2/3 以下
砂壤土或轻粘壤土	中	0.01~0.004	80~100	0.4~0.6	1/3 以下
		0.004~0.002	70~90	0.5~0.6	1/3 以下
		<0.002	40~60	0.7~1.0	2/3 以下
砂土或轻砂土	强	0.01~0.004	60~80	0.6~0.9	1/3 以下
		0.004~0.002	40~60	0.7~1.0	2/3 以下
		<0.002	30~40	1.0~1.5	2/3 以下

(引自《农田水利》,1972)

灌水沟的间距,除考虑玉米的行距外,主要应视土壤质地而定。在轻质土壤上,灌水沟内两侧土壤浸润的范围,一般较重质土壤小。因此,灌水沟的沟间距离,应因地制宜,轻质土壤以 50~60 厘米,中质土壤以 65~75 厘米为宜,沟深一般以 15~20 厘米为宜。

为了适应不同的田间情况,提高灌水质量。灌水沟在田间的布置形式可以有所不同,主要有以下三种。

(1) 直形沟:适用于地面平整,坡降小于六百分之一的田块。沟长因土壤质地不同而异,粘土和粘壤土,因透水性较差,一般沟长为 50~100 米;砂壤土透水性强,一般沟长为 30~60 米。其灌水方法可分:

**直沟灌法** 田间布置简单, 开沟效率高(图 11-2)。灌水时单沟每秒引入水量为 0.8~2.0 公升, 两个灌水员为一组, 可同时开放 3~7 条灌水沟, 每人 12 小时可浇地 8~12 亩。采用“三、七”或“二、八”改水, 灌水定额一般为 35~45 立方米。目前, 这种沟是灌区采用和推广的主要形式。

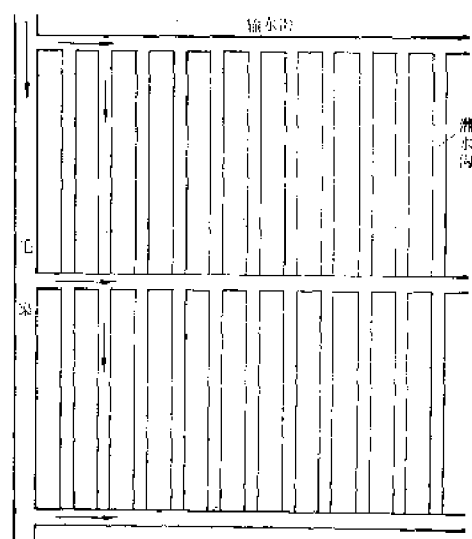


图 11-2 直形沟示意图

**“八字沟”灌法** 是在直形沟的基础上形成的(图 11-3)。它能较好地控制沟内水量, 提高灌溉质量和灌溉效率; 省工、省水, 管理方便。这种方法是在已开好灌水沟的地段, 靠近引水渠(或输水沟)的一端选适当位置先开一条与引水渠相接, 将另一端开成“八”字形的两条斜沟。斜沟与灌水沟相连, 每一个“八”字沟可控制 7~9 条灌水沟。灌水沟的尾端可互相连接, 以使水流相互交替。水引入后, 再分别流入各灌水沟。灌水沟的水流量, 可用调节进水口大小的方法加以控制, 使其大小均匀, 快慢一致。

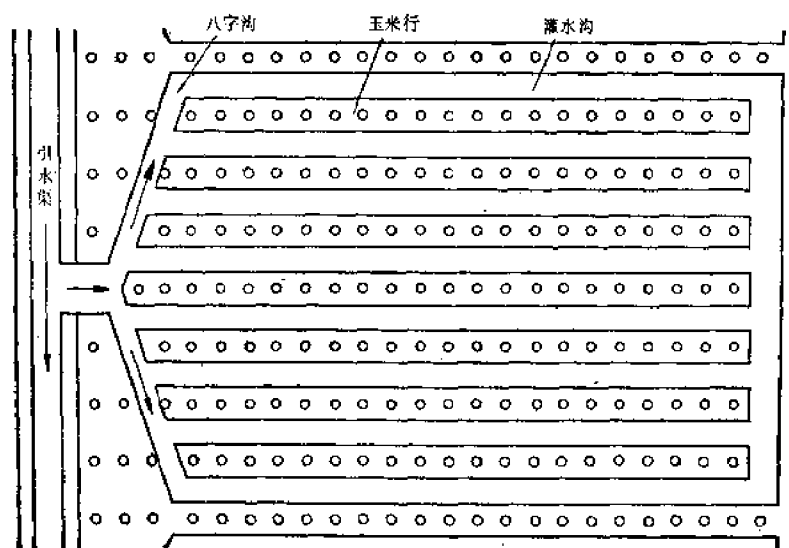


图 11-3 “八字沟”示意图

**细流沟灌法** 在地面坡度较大, 土壤透水性差的地区, 可以采用细流沟灌法。其方法是用直径为 0.5 寸左右的虹吸管代替临时修筑的灌水沟与引水渠(或输水沟)之间的引水口。灌溉时先在管内盛满水, 以手堵住两头管口, 将其一端浸入引入渠的水内, 另一端放在灌水沟内, 利用虹吸作用, 将水缓慢引入灌水沟, 每沟一管。停止灌水时, 将虹吸管拿起即可断水(图 11-4)。据陕西省泾惠渠灌溉试验站的经验, 单沟水流量以每秒 0.2~0.5 公升为宜。



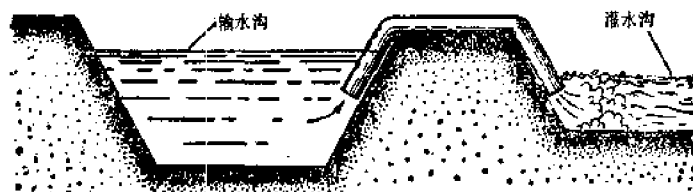


图 11-4 虹吸管

(2) 方形沟：适宜于地面坡降在五十分之一至二百分之一，地形比较复杂的田块。其做法是先在作物行间开出长沟，再根据地形横向将长沟拦截为若干个较短的灌水沟组，短沟的长度依地面坡降的大小而定，一般 2~10 米，每组 3~6 个短沟。由于田间布局近似正方形，所以叫方形沟(图 11-5)。沟组间用输水沟连通。开沟和灌水都比较费力，只宜在地形复杂、尚未平整好的土地和新开的灌区推广应用。该法灌水时，人随水走，沿输水沟一侧由上而下灌至地尾，再沿另一侧，自下而上，退回到地头。然后将水再改放入另一输水沟，以此类推，每个灌水沟组引入流量为每秒 10~15 公升。灌水时两人一组，同时掌握 1~2 个输水沟，在沟内水深达到三分之二至五分之三时改水。灌水定额一般为 40~45 立方米。

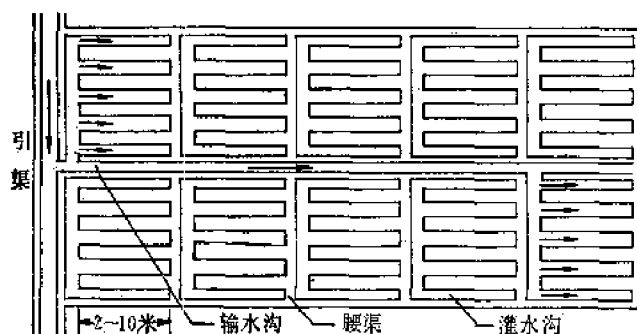


图 11-5 方形沟示意图

(3) 锁链沟：一般适宜于坡降在二百分之一至六百分之一，土壤透水性较弱的地块。这种灌水沟，可以延长水流入渗时间，增大灌水定额。它是在直形沟的基础上，将相邻两直形沟交错截堵成小段，并在各段中部横向开口再互相连通而成，有一个直形沟开口与输水沟相接，形似锁链，因而得名。短沟的长度依坡降大小而定，一般沟长为 6~10 米(图 11-6)。

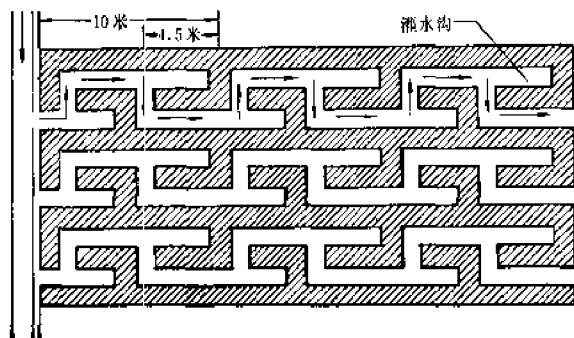


图 11-6 锁链沟示意图

灌溉时,由一个短沟上口引水,先灌满一个直形沟的第一个短沟,水便自动通过沟中部的连通口回灌入另一个直形沟的第一短沟,按照这样的顺序灌溉直至两个直形沟的末端。每个引水口引入的流量为每秒 1~2 公升。两个灌水管每次可同时开三个水口,六个直形沟。

玉米行间开沟的时间不宜太早或太晚,太早,幼苗矮小,容易埋苗,并增加蒸发面积,造成水分大量损失;太晚,玉米过于高大,开沟时易受损伤。一般以玉米苗高 1~1.5 尺,灌拔节水前 2~3 天,结合追肥、培土,进行开沟为宜。此外,盐碱地区,因水分蒸发,沟顶容易返盐,影响玉米生长,故一般不宜采用这种灌溉方法。

## (二) 喷灌

喷灌是以一定的压力将灌溉水经过田间的管道和喷头喷向空中,使水散成细小的水珠,然后象降雨一样均匀地洒在玉米植株和地面上,进行灌溉(图 11-7)。

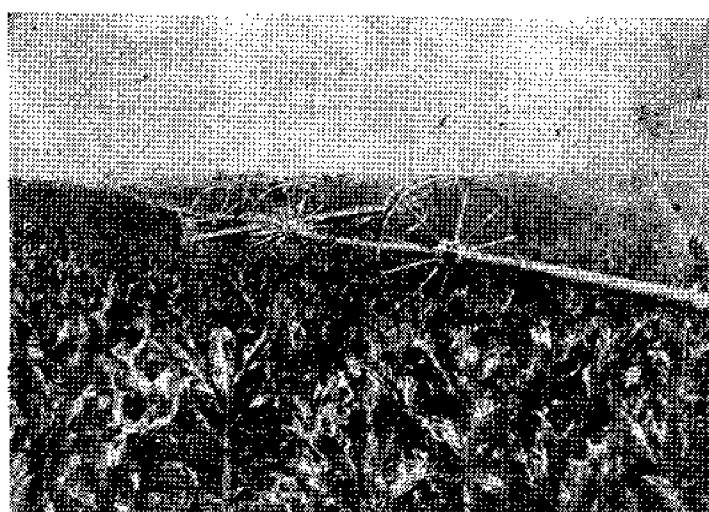


图 11-7 玉米喷灌

喷灌是一种先进的灌水技术,七十年代以来,国内外得到较快的发展。实践证明,喷灌具有以下优点。

第一,节约用水。喷灌基本上不产生深层渗漏和地表径流,而且灌水比较均匀。一般可较地面灌溉省水 30~50%。在透水性强、保水能力差的砂质土壤地区,可省水 70~80%。1974 年陕西省水利科学研究所西北农学院教学实习农场进行玉米喷灌与畦灌对比试验,在产量相等的情况下,喷灌较畦灌减少用水量 50% 以上(表 11-25)。因此,在气候干旱、水源短缺的地区,实行喷灌有着重要的意义。

表 11-25 玉米喷灌、畦灌用水量比较

(陕西省水利科学研究所,1974)

项 目 灌水方法	灌水次数	灌溉定额 (立方米/亩)	喷灌较畦灌省水		产 量 (斤/亩)
			立方米/亩	%	
喷 灌	4	72.78	83.92	53.6	603.9
畦灌	3	156.70	—	—	607.2

第二,提高产量。喷灌可以有效地改善玉米生长发育条件。采用较小的灌水定额进行浅浇勤灌,不易破坏土壤团粒结构,使玉米的根系生长在水、肥、气、热状况良好的耕作层中,表层土壤的肥力也可较好地得到利用。据吉林省农业科学院 1976 年在通化县孔家公社测定:灌水后耕层 0~20 厘米的土壤容重,喷灌较畦灌低 7.5%,地表形成的硬壳厚度和龟裂的缝隙宽度都较畦灌小(表 11-26)。

表 11-26 不同灌溉方法对土壤表层的影响

(吉林省农业科学院,1976)

处 理	0~20厘米土壤容重(克/厘米 <sup>3</sup> )	硬壳厚度(厘米)	龟裂缝宽度(厘米)
喷 灌	1.23	1.2	2.1
畦 灌	1.33	2.0	3.0
不 灌	1.10	—	—

在玉米容易发生“晒花”的情况下,喷灌可以增加地表空气湿度,降低气温,有效地防止这一自然灾害的发生。在水温低于气温时,喷灌可以提高水温,增加地温,促进玉米生长发育,提早玉米的成熟期。吉林省农业科学院 1976 年测定,在井水温度 8.6℃,气温 27.6℃的情况下,畦灌后的水温为 20.6℃,而喷灌落在地上的水温为 22.7℃。灌水后 5~20 厘米的地温,喷灌比畦灌高 2.1℃,比不灌水的地温仅低 0.4℃。此外,喷灌可以冲掉玉米茎叶上的尘土,有利于玉米光合作用的进行。因此,实行喷灌较地面灌溉的玉米,一般可增产 10~30%(表 11-27)。

表 11-27 灌水方法对玉米产量的影响(1976)

试 验 单 位	灌 水 方 法	产 量(斤/亩)	产量百分比(%)
吉林省农业科学院	喷 灌	909.0	108.7
	沟 灌	836.0	100.0
	不 灌	709.0	84.8
吉林省通化县孔家公社*	喷 灌	959.2	108.4
	畦 灌	885.1	100.0
	不 灌	737.0	83.3

\* 为水电部万亩喷灌试验点。

第三,节约劳力、土地。喷灌可以减少因地面灌溉所需修筑畦沟等方面的占地;如果将化肥或农药溶于灌溉水中再进行喷灌时,还能节约更多的劳动力。另外,喷灌还具有防止土壤冲刷、控制地下水位升高和避免土壤次生盐碱化的作用。

目前,我国玉米喷灌多采用可移动的喷灌系统,喷头为中压或低压式。据吉林省通化县万亩喷灌试验点 1976 年试验,在玉米七叶期、拔节期和乳熟期各喷灌一次,每次喷水量

以 30 毫米的效果为最好。第二年进一步试验的结果表明：在每次喷水量为 30~40 毫米的情况下，玉米亩产 800 斤时，需要在拔节、抽雄穗和乳熟期各喷灌一次；亩产 1000~1200 斤时，需在五叶、拔节、抽雄穗、灌浆和乳熟期各喷灌一次。

喷灌的设备投资较高，在风速大于 3~4 级，严重影响喷灌均匀度时，以及在空气相对湿度过低，蒸发损失过大时，则会影响喷水的均匀度或造成土壤深层墒情不足，都不宜进行喷灌，因此也存在着一定的局限性。

### (三) 滴灌

滴灌是利用一种低压管道系统，将灌溉水经过分布在田间地面上的每一个滴头，以点滴状态缓慢地、经常不断地浸润玉米根系最发达的区域。其主要优点是：

第一，能湿润玉米根部耕层土壤，避免因渗漏、棵间蒸发、地面径流和喷灌时水滴在空中蒸发飘移等造成的损失。吉林省农业科学院 1976 年在玉米抽雄至乳熟期进行不同灌水处理的结果表明，滴灌不但产量高，而且较喷灌省水 30%，较沟灌省水 50%（表 11-28）。陕西省水利科学研究所 1977 年在陕西省吴堡县试验中看出，在亩产千斤的情况下，滴灌比沟灌用水量减少 62.2%。滴灌的省水特点，在气温高的干旱地区，表现更为突出。

表 11-28 不同灌水方法、灌水量与玉米产量的关系

（吉林省农业科学院，1976）

灌水方法	灌水次数	灌水定额(立方米/亩)	灌溉定额		产 量	
			立方米/亩	%	斤/亩	%
滴 灌	3	6~7	23	100.00	1000.0	119.6
喷 灌	2	16~17	33	143.50	909.0	108.7
沟 灌	1	46	46	200.00	836.0	100.0
不 灌	0	—	—	—	709.0	84.8

第二，滴灌的水滴对土壤冲击力小，不易破坏土壤结构，能使根系一直处在比较适宜的环境中，有利于玉米的生长发育。从新疆维吾尔自治区昌吉自治州农垦局农业科学研究所 1976~1978 年的试验结果看出，滴灌较沟灌的土壤容重小 16.7%，土壤空隙度、表层状况以及土壤养分含量等都不同程度地有所改善，亩产达到 1060 斤。而沟灌玉米的产量仅 786 斤（表 11-29）。

表 11-29 不同灌水方法对土壤理化性状的影响

（新疆昌吉州农垦局农业科学研究所，1976~1978）

灌 水 方 法	项 目	0~10 厘米 土壤容重 (克/厘米 <sup>3</sup> )	孔 隙 度 (%)	土壤表层状况		土壤养分含量(0~20 厘米)			
				硬壳厚 (厘米)	龟裂缝 (厘米)	有机质 (%)	含量(%)		速效性(ppm)
							N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
滴 灌		1.01	60.9	0.55	0.18	2.241	0.112	0.132	16.17
沟 灌		1.21	53.4	5.89	1.28	2.189	0.103	0.106	14.78

第三,可以利用矿化水灌溉。滴灌可以使根系周围的土壤经常保持湿润,盐分一直处于稀释状态,随着毛管水的运动,盐分向离根较远的干土区移动,即使灌溉水中含盐量较多,玉米亦能正常生长。国外在利用矿化水灌溉玉米时,以滴灌产量最高,水中含盐量每公斤高达3克时,也不致受到影响。但是在灌溉季节末期,必须及时用低矿化水进行冲洗灌溉,以降低土壤中盐分的含量。在滴灌期内,如果遇到降雨,也不宜停止滴灌,以免地表盐分冲淋至根系生长层。

此外,滴灌还易于实现灌水作业自动化而显著提高劳动生产率。但是滴灌尚存在单位面积上的投资较大,管道和滴头容易被堵塞等缺点,尚需研究改进。

#### (四) 地下浸润灌溉

地下浸润灌溉是利用人工铺设暗管,开凿“鼠洞”等地下灌水设施,使灌溉水借助于土壤毛细管作用,由地下上升到玉米根系分布层。这种灌水方法,我国劳动人民早在几百年前就已经在生产上应用。

管道式是利用竹管或粘土烧制成的瓦管、瓦片埋在地下40~60厘米处,管径5~15厘米,管道间距因土壤性质而异。在有压力的情况下,壤土一般1.5米左右,宽者可达3~3.5米;砂土、粘土可分别比壤土的间距适当缩小或加大。管道长度一般宜在100米内。浸润管道和输水渠道修建时要安装防淤防堵设备,以保证灌水流畅、通气良好,从而延长使用寿命。

鼠道式是用拖拉机或绳索牵引机牵引钻洞器,钻成一排排的地下土洞,形似鼠道。1958年水电科学院和河南引黄灌溉管理局试验,鼠道深度以40~50厘米为宜,过浅易被机具压坏。鼠道间距一般为60厘米,洞的直径,粘土7~8厘米,深翻地或轻质土壤可增加到10~12厘米。为了防止水冲刷,可适当增加鼠道深度或采用多层鼠道,前期使用上层,以后逐步改用下层,这种方法在干旱地区,不但具有浸润灌溉、蓄水保墒、有效地利用雨水的作用,而且在雨水较多的地区,还能及时排走地表积水,避免作物受渍。但在坚固性较差的轻质土壤上,或在北方寒冷地区的冬春期间,土壤冻融交替,易使鼠道塌陷,因此在使用上有很大局限性。

总之,不论管道式还是鼠道式地下浸润灌溉,虽然具有省水、省地、增产、便于中耕和其他田间作业、能有效地控制土壤表面水分的蒸发等优点,但也有缺点,即在盐碱土区,土壤盐分易随水上升,引起返碱。毛细管作用较弱的轻质土壤,表层有效水含量较低,难以满足玉米苗期的需水要求,因此均不宜采用地下浸润灌溉。另外,这种灌溉系统造价较高,易被泥沙堵塞,检修也不方便,所以在生产上还很少大面积应用。

## 第四节 排 水

### 一、淹涝对玉米的危害

土壤淹涝对玉米的危害,并不在于水分本身,而主要是由于以下情况引起。

#### (一) 氧气不足

土壤孔隙中充满水分时,空气便不能自由进入土壤,因而根部缺乏氧气,呼吸困难,致使

水分和矿质元素的吸收受到阻碍。

### (二)嫌气性细菌活跃

土壤缺乏氧气时,使硝酸细菌和硫细菌等的活动受到限制,影响矿质元素的供应。由于嫌气性细菌如丁酸细菌等的活动增强,致使土壤酸度增大,影响玉米生长发育。

### (三)有毒物质的积累

在受涝的土壤中,因土壤细菌的作用常产生硫化氢等有毒物质,易使根系中毒。例如,在长时间渍水的地块上,玉米根系变黑或发生烂根,就是由于这种原因造成的。

## 二、玉米排水的重要性

玉米的耐涝性较差,在土壤湿度超过田间持水量的 80% 时,对玉米的生长发育便产生不良影响。我国大部分玉米产区,玉米生长发育期都处在雨季,易形成田面积水而使玉米遭受涝害。北京市农业科学院 1978~1980 年试验,在玉米种子吸水膨胀至主胚根露尖阶段,受水淹 2 天和 4 天时,出苗率分别为对照的 50% 和 30%。三叶期受涝后,如不及时排水,则营养生长受到抑制,使生育期推迟,由于灌浆时间不足,千粒重明显降低;拔节期受涝害,穗粒数和单株粒数都明显减少;小花分化期和乳熟期受涝害,可使千粒重变少。山东省小清河流域的夏玉米成熟期间,田面积水在 10 厘米的情况下,积水 3 天约减产 20%,积水 5 天约减产 40%。积水层加深,损失更大。玉米在抽雄期前后,田间最大积水深度为 8~12 厘米,积水时间不宜超过 1~2 天;地下水位一般不宜浅于 50~60 厘米。

我国因受季风气候的影响,玉米产区的降雨量多集中在 6~8 月份。北方春播玉米区,在低温多雨的年份,玉米拔节至抽雄前后易受涝害,特别在低洼和排水不良的地方更为严重。黄淮海平原夏播玉米区,如河北、山东、河南一带,雨季来临早的时候,夏玉米正值发芽出苗或幼苗生长阶段,易造成“芽涝”而使玉米根系发育不良,生长缓慢。陕西省关中地区的夏玉米,在秋雨较多的年份,玉米灌浆成熟阶段往往遇到低温、涝害,影响灌浆,甚至造成玉米青枯早亡。因此,生产中采取有效措施,做好排水防涝工作,十分重要。各地排水措施,虽因自然条件和栽培条件的不同而异,但对增产都起到一定作用。1955~1956 年黑龙江省农业科学研究所和克山、佳木斯、呼兰等农业试验站进行的玉米垅作与平作对比试验结果看出,垅作比平作的玉米生育前期地温高,昼夜温差大,雨季便于排水防涝,玉米增产 15.6~25.7%。1957 年浙江省东阳县巍山人民公社蔡宅生产队由于玉米苗期降雨过多,在栽培条件相同的玉米地上,清沟排水的增产 7.1%。

## 三、排 水 方 法

### (一)畦作排水

畦作是我国南方栽培旱地作物普遍采用的一种方法。因为南方多雨,地下水位高,畦作便于排水。畦的大小,畦沟的宽度和深度,应根据当地具体情况决定。在畦的长度较大或地势不平、排水不良的地块上,应开设几条与畦沟垂直的腰沟,在地块四周开围沟,再在整片耕地上,每隔一定距离由高向低开设一条深的主沟,直通附近的池塘或河流,这样就形成一套完整的排水系统。

畦作玉米,在地势较高、土壤排水良好的地上,畦宽以6~8尺,沟宽1~1.2尺,沟深1尺左右,每畦种植玉米4~6行为宜。在地势较低、地下水位高、土壤排水较差的地上,则应深沟高畦,将畦幅缩小到3~5尺宽,畦沟宽1尺左右,深1.5~2尺,每畦种植玉米2~4行为宜。

为了在雨季顺利地排出玉米田间积水,要求做到畦平沟直,腰沟深于畦沟,围沟深于腰沟,主沟深于围沟;同时在玉米生长期,要经常注意雨后清沟排水,达到“沟沟相通,雨到随流,雨停水泄,田无积水”,才能有效地排除田间积涝,降低土壤湿度,为玉米健壮生长创造良好条件。

### (二)高垅种植

垅作是我国东北常用的一种栽培方式。东北地区春季地温低,秋季雨量比较集中,采用垅作,春季既可提高地温,保墒保苗,秋季又利于排涝;特别在地下水位高,气候寒冷的北部,更有利于玉米的生长发育,是保证丰收的好方法。

垅作,一般垅底宽1.5~1.8尺,高4~5寸,垅沟宽3~4寸。垅沟与排水系统结合,即能顺利排水。

### (三)台田栽培

台田是我国北方部分低洼和盐碱地区,为了排水防涝,排水洗碱,抗拒灾害的良好栽培方式,山东、河北、黑龙江等省都有采用。一般是在一定面积的土地上,四周开排水沟,沟土翻叠堆铺于中部播种地段上,修筑较高的高畦。将玉米以带状方式种在高畦上,可以避免播种地段积水,并有减轻碱害和改善通风透光条件的作用。台田的面积和高低,须根据地势、土质等具体情况决定。在特别低洼的地区,台田面积应小而高;积水情况较轻的地方,台田面积可以加大并减低高度。台田的高度,一般高出地平线4~5寸,四周沟深1.5~2尺,沟宽3尺左右。台田面积则根据地形、地势和便于耕作管理等条件确定。

### (四)修筑堰下沟

在丘陵地区,由于土层底部有岩石,加上土层较薄,蓄水量少,即使在雨量不很多的情况下,也会造成重力水的滞蓄。重力水受岩石的顶托,不能下渗,便会形成小股潜流,由高处向低处移动,这种潜在水流,群众称为“渗山水”。丘陵地上开辟的梯田,因土层厚薄不匀,上层梯田渗漏下来的“渗山水”往往使下层梯田出现半边涝现象。堰下沟就是在受半边涝的梯田里堰挖一条沟深低于活土层0.5~1尺、宽1.8~2.4尺的明沟,承受和排泄上层梯田下渗的水流,并结合排除地表径流。这种方法用工少,收效大,在山东东部丘陵地区多被采用,它是解决山区梯田涝害的有效措施。

### (五)灌排结合

灌溉和排水结合起来,是控制地下水位上升的有效措施,而且也兼顾了地面水的排除,在盐碱含量较高的土地上,灌排结合尤为重要。陕西省的泾惠灌区,河南省的人民胜利渠灌区,山东省的打渔张灌区,都是采取灌溉和排水相结合的办法,基本上控制了地下水位的升高,防止了玉米的涝害。

## 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编: 中国玉米栽培, 上海科学技术出版社, 1962。
- [2] 刘百福编: 玉米栽培生理(农业部中等专业学校作物栽培师资培训班讲义), 1981。
- [3] 吉林省农业科学院土壤肥料与耕作研究所: 大田作物喷灌试验总结(内部资料), 1976。
- [4] 许志方主编: 灌溉计划用水, 中国工业出版社, 1963。
- [5] 沈阳农学院主编: 农田水利学, 农业出版社, 1980。
- [6] 吴绍赞等编: 玉米栽培生理, 上海科学技术出版社, 1980。
- [7] 武汉水利电力学院编: 农田水利, 人民教育出版社, 1972。
- [8] 姜成后等编: 作物栽培的生理基础, 科学出版社, 1980。
- [9] 陕西省水利科学研究所主编: 玉米的灌溉, 陕西人民出版社, 1976。
- [10] 潘瑞炽等编: 植物生理学, 高等教育出版社, 1968。





## 第十二章 田间管理

田间管理,是按照玉米的生长发育规律,针对各个生育阶段的特点,发挥人的主观能动作用,运用肥水管理等措施,进行适当的促控,满足玉米不同生育时期对水分养分的需求,克服低温、干旱、病虫、风雹和杂草等自然灾害,避免空秆、秕粒、秃顶、倒伏等不良现象,使个体与群体协调发展,充分发挥其增产潜力,达到高产、稳产、低成本、高效率的目的。

玉米的田间管理,主要分为苗期、穗期和花粒期三个阶段。各个生育阶段,均有其不同的特点和要求,研究、分析玉米各生育时期对环境条件的要求及其主要矛盾,探求其解决的途径,做好间苗定苗、中耕除草、追肥灌溉、去蘖培土、防止倒伏和防治病虫害等一系列田间管理工作,对保证苗全、苗齐、苗壮和壮秆、攻穗、增粒,争取玉米丰收,均有重要作用。

### 第一节 苗期管理

玉米苗期是指从出苗到拔节,这段时间的长短,春、夏、秋玉米和早、中、晚熟品种有所不同,一般约需经历 25~40 天。因此根据玉米苗期的生长特点,保证苗全、苗齐、苗壮,是苗期管理的关键。

#### 一、苗期生长特点

玉米幼苗的生长,开始时主要依靠种子内的营养物质,当种子内养分耗尽时,幼苗的根、茎、叶均已分化形成,即开始独立生活。此时,玉米根系发育较快,但茎叶的生长却很缓慢。据 1963 年山东省农业科学院同位素研究室测定,玉米出苗到拔节,单株茎叶日增重平均为 0.04 克,单株根日增重平均为 0.05 克,由此可见,苗期植株根系比地上部生长快。据 1978 年沈阳农学院测定,丹玉 6 号拔节期根的重量为茎叶的 59~79%,到籽粒形成期,根的重量仅为茎、叶、籽粒的 18~27%。而拔节之前,叶子却占地上部总干重的 99%。说明苗期地上部是以叶片生长为主。

玉米根系发育和地上部的生长是相互制约的。地上部生长良好,根系也相应地比较发达;根系发育健壮,又可保证地上部的良好生长。但它们均受外界环境条件影响。当土壤板结,表层水分过多,透气性差,光照不足时,首先是玉米根系发育不良,影响吸收土壤中的矿质营养元素,进而影响茎叶的正常发育。所以,保证玉米根系发育良好,防止地上部茎叶徒长,是苗期管理的主要任务。

## 二、苗期管理的主要目标

苗全、苗齐、苗匀、苗壮,是玉米丰产的基础。没有足够的苗数,难以获得较高的产量。

玉米靠主茎成穗,分蘖一般不能形成果穗,如果缺苗断垅,就难以保证合理密度,缺苗附近的植株个体虽然发育较好,但却不能弥补因缺苗而造成的减产损失。其次,玉米对营养面积反应甚为敏感,幼苗分布不均,生长不齐,易产生大苗欺小苗现象;特别是玉米封垅以后更为明显。由于小苗细弱,生长缓慢,即使能够成穗,也往往果穗较小,籽粒不多。所以苗全、苗匀、苗壮,是保证每亩穗数和产量的基础。

壮苗的标志从生产的观点衡量,要求出苗快,群体整齐,分布均匀,根系发达,叶面积扩展迅速,叶色深,鞘茎扁,粗壮墩实;光合能力和根的吸收作用强,并具有抗逆力强的群体,才能为玉米丰产打下基础。

## 三、管 理 措 施

玉米播种前首先要选籽粒饱满、发芽势强、发芽率高的种子,适期播种,以提高播种质量。玉米出苗后,要抓紧进行查苗补栽,早间苗,匀留苗,防治虫害,中耕除草,以及适当蹲苗等工作。

### (一)保证全苗

为保证单位面积上有足够的苗数,不缺行、断垄,无小苗、弱苗,出苗前后主要应抓好以下几项措施。

1. 播后镇压 我国北方春季降水量较少,播种时往往因土壤不足或播后干旱,土壤空隙增大,种子不易吸水,影响玉米的全苗和齐苗。进行播后镇压,可增加种子与土粒的接触面,增强土壤毛细管作用,利于下层土壤水分上升,提高播种层的土壤含水量,以利种子吸水。待发芽出苗,幼根生出后,即可吸收足够的水分和养分,迅速生长发育,形成壮苗。

2. 播后浅灌 为了抢时间播种夏、秋玉米,在土壤水分不足时播种,或播后干旱无雨的情况下,种子往往不能出土,造成严重缺苗。播后及时进行浅灌,可以争取农时,减少缺苗,保证全苗。例如1960年浙江省金华县双龙公社在干旱的情况下,播种后灌水的缺苗率仅1.0%,而未灌水的缺苗率则达11.2%。所以,玉米播种后进行浅灌水,是干旱地区保苗的重要措施之一。但春播玉米则应足墒播种,一般不宜采用播后浅灌的方法,以免降低土壤温度,造成烂种、缺苗和延迟出苗日期。

3. 破除地面板结 玉米播种后出苗前如降雨量较大,易形成土面板结,妨碍通气,造成出苗困难,形成缺苗,产生弱苗。在雨后及时进行浅中耕或浅耙地,划破地皮硬壳,可助苗出土。但松土时不要损伤幼芽。陕西省农民的经验,用耙或“葵藜谷铧”破土,能提高松土质量,节省人力。

4. 防治虫、鸟、兽害 玉米苗期地下害虫严重的地区,播种时可施用毒谷防治,出苗以后如有地老虎和蛴螬、金针虫等为害,要及时进行人工捕捉或毒饵诱杀,否则会造成严重缺苗。乌鸦等鸟类,在玉米播种、出苗期间,往往啄食种子和刚出土的幼苗,形成缺苗。老鼠和獾等野兽,在玉米出苗期间也时常进行为害。贵州省山区农民在播种玉米时,有用桐油石灰

拌种防治鸟兽害的经验,其比例为 100 斤种子用 2.5 斤桐油和 8 斤石灰,由于拌过的玉米种子具有特殊气味,故鸟兽多不采食。

### (二)查苗、补苗

玉米在播种出苗过程中,常由于种子发芽率低,种肥施用不当而“烧苗”,或因漏播,种子落干,坷垃压苗,雨后表土板结,以及地下害虫及鸟害等原因,造成玉米缺苗。据辽宁省丹东市农业科学研究所 1978 年调查,一般大田玉米的缺苗率为 10 %左右,高者达 20 %,这是造成玉米减产的主要因素之一。所以玉米出苗后,应立即进行查苗补苗,补种的种子采用浸种催芽的方法,可以提早出苗。

玉米补种后,如赶不上原播幼苗时,可采用移苗补栽的办法。补栽用的苗,可在播种时于行间多播数行玉米,以备移栽应用。也可在间苗时用行内多余的幼苗移栽。补栽苗龄以 2~4 叶期为宜,愈早愈易成活,但补栽苗一般应比缺苗田的幼苗多 1~2 片叶子。补栽苗最好在下午或阴天带土移栽,以利返苗,提高成活率。土壤干燥,移苗前可在预备苗的根际浇一些水,再用小铲等工具将苗带土掘起,以防起苗时根部土壤脱落,然后将苗栽入预先在缺苗处挖好的穴中。栽后浇水,待水渗入土中,再覆土至幼茎基部白绿色部分处。成活后追施少量速效性化肥,并进行松土,促苗生长。

玉米缺苗不很严重时,可采用借苗法,在四邻处进行双株留苗。这种方法简便易行,亦可保证每亩株数。玉米与大豆间作地区,也可补种大豆,以保证作物的总产量。

### (三)间苗、定苗

间苗、定苗要根据品种、地力、肥水条件和栽培管理水平,确定合理的密植范围,再先间苗(疏苗)后定苗,以保证每亩种植密度。

适时进行间苗、定苗,可以避免幼苗拥挤,相互遮光,节省土壤养分和水分,以利培育壮苗。间苗、定苗的时间,一般以 3~4 片叶进行为宜。由于玉米在三叶期前后,正处于“断奶”期,要求有良好的光照条件,以制造较多的营养物质,供幼苗生长,如果苗期过分拥挤,株间根系交错,争水争肥,而且幼苗叶片彼此相互重叠,不但影响光合作用,而且也易发生“苗荒”,导致减产。据 1975 年河北省平谷县大庄户大队试验,套种玉米麦收后晚定苗 10 天,每亩减产 92 斤,成熟期延迟 5 天(表 12-1)。山东省莱阳农业学校 1973 年试验,夏直播玉米 5~9 片叶比 3~4 片叶定苗的幼苗长势弱,节根条数少,地上部和地下部的鲜重、干重均较轻,每亩减产 14~27 % (表 12-2)。

旱地穴播或播量较大时,更应极早间苗、定苗。但是在春播干旱、虫害较重的地区,间苗过早,不但幼苗小,费工多,而且很易遭受虫害、干旱等威胁,造成缺苗。为了保证全苗,可

表 12-1 玉米早定苗的增产效果

(河北省平谷县大庄户大队,1975)

定苗期(月/日)	成熟期(月/日)	穗粒数(粒)	千粒重(克)	产量(斤/亩)
6/16	9/10	354.5	351.5	469.9
6/26	9/15	329.6	342.8	377.9

表 12-2 夏玉米不同定苗期对幼苗生育及产量的影响

(山东省莱阳农业学校, 1973)

定苗期	项目	株高(厘米)	节 根		地上部(克)		地下部(克)		产量 (斤/亩)	比对照减产 (%)
			层次	数日	鲜	干	鲜	干		
3~4片		40.16	1.9	13.75	121.25	20.35	9.7	2.18	617.14	—
5~6片		38.3	2.75	13.38	96.7	15.5	9.6	2.03	528.25	14.4
6~7片		39.8	3.5	13.25	93.2	15.3	10.5	2.1	487.77	20.96
8~9片		39.0	4.25	12.5	78.8	14.75	7.4	1.64	450.74	26.96

在3~4片叶时间苗,剔除拥挤在一起的弱苗和劣苗,适当把定苗时间推迟到5~6片叶时进行。夏、秋播玉米播种后正处于高温条件下,幼苗生长较快,则宜在3~4片叶时一次定苗,以减少幼苗争光、争肥的矛盾,有利培育壮苗。河南省滑县秦刘拐大队的夏玉米管理,有“三叶间,五叶定,七至九叶控,十叶以后一直攻”的经验,值得参考。

麦田套种玉米,麦收时,人畜践踏,易伤幼苗。一般晚套的玉米应在麦收后及早定苗,套种早的应在麦收前3~4片叶时间苗,麦收后定苗。

间苗、定苗应在晴天下午进行。由于病苗、虫咬苗以及生育不良的苗,经中午日晒后易发生萎蔫,便于识别淘汰,故可选留大小一致、株距均匀、茎基扁壮的苗。苗矮叶密,下粗上细而弯曲,叶色黑绿的丝黑穗侵染苗,应彻底拔除。双株留苗时,要选留两苗之间相距3~4寸,长势、大小一致的壮苗。定苗后还要结合中耕除草,破除土壤板结,促进根系发育,达到壮苗早发的目的。

#### (四)蹲苗促壮

蹲苗是我国劳动人民在长期生产实践中,根据苗期生长发育的特点,通过控制土壤水分解决苗期地上部与地下部生长的矛盾,从而控制地上部生长,促进根系发育,扩大根的吸收范围,增强玉米抗旱能力的一种有效措施。内蒙古自治区敖汉旗小河沿公社小河沿大队,在干旱的1972年和正常的1973年试验,蹲苗比不蹲苗的玉米分别增产8.9%和9.0%。

##### 1. 蹲苗的方法

(1) 控制浇水:玉米苗期底墒充足时,采用控制浇水、加强中耕的方法,使表层土壤疏松干燥,通气良好;下层土壤湿润,可使根系向纵横生长,以控制植株地上部徒长。但是当底

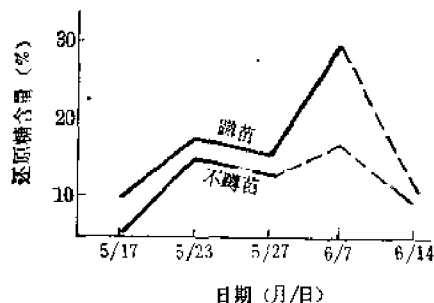


图 12-1 蹲苗和不蹲苗玉米叶片中还原糖含量  
(北京农业大学试验站, 1960)

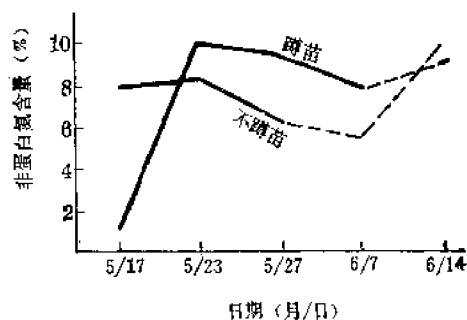


图 12-2 蹲苗和不蹲苗玉米叶片中非蛋白氮含量  
(北京农业大学试验站, 1960)

墒不足,土壤持水量降至最大持水量的55%以下,早晨玉米叶尖不见露珠,中午大部分叶片卷缩萎蔫,傍晚仍不能复原时,则应浇水。据北京农业大学试验站1960年试验,蹲苗的玉米植株,茎叶中还原糖和非蛋白氮的含量都较对照为高,而蛋白质则相应减少(图12-1、图12-2)。

由于茎叶中蛋白质含量减少,不仅地上部不致过旺,而且也有利于根系生长。另外,蹲苗的玉米叶片中叶绿素含量高,保水能力强,这对增强玉米植株的抗旱、耐旱能力,均具有一定作用。

(2) 扒土晒根:在华北地区,扒土晒根也是蹲苗的一种措施。一般在雨水较多、气温较高、幼苗徒长的情况下,结合定苗扒开根标表土层,使幼苗靠近地表的第一层根露出地面,经过阳光曝晒,以促使下层根迅速生长,控制地上茎叶徒长。据北京农业大学试验站1960年试验,扒土晒根,可以除去幼苗附近的杂草,提高地温约 $1^{\circ}\text{C}$ 左右,增加硝态氮2~4%,玉米节间变短,后期植株变矮,可以增强抗倒能力。但是,扒土晒根最为重要的是不要碰伤节根;晒根时间一般约进行半个月左右。辽宁省在1976年低温冷害时期扒土晒根的实践证明:一般以4~5叶期扒土,露出第一层节根,晒10~15天,至苗长出7~8片叶时即停止晒根为宜;低洼地在三叶期时扒土,晒7~8天,当第3~4层节根突破茎皮1厘米时停止晒根为宜。

(3) 深刨晒窝:1969年山东省黄县西北隅大队,在玉米定苗后,于两苗之间的向阳面处刨一个深2.5寸的土坑,一般土壤晒1天,涝洼地晒2~3天,然后在坑中追肥覆土埋窝,亦可起到蹲苗的作用。

2. 蹲苗原则 玉米的茎节在苗期已经分化确定,蹲苗期间进行中耕深刨,控制给水,可以提高地温,控制基部茎节过度伸长,使果穗以下节间粗短,从而降低穗位,减轻倒伏。但是,蹲苗时要本着“蹲黑不蹲黄,蹲肥不蹲瘦,蹲湿不蹲干”的原则。也就是说玉米苗色深,长势旺,地力肥,墒情好时应进行蹲苗;地力薄,墒情差,幼苗黄瘦时不宜蹲苗。夏、秋玉米播种较晚,生长季节较短,而且苗期又值雨季来临时期,不宜蹲苗,而应偏肥管理,适当中耕。麦田套种玉米在共生期间,玉米幼苗处于小麦行间,光照条件较差,缺肥缺水,幼苗生长受到抑制,比较黄瘦,也不宜蹲苗,应及早加强肥水管理,中耕松土,促苗生长。

蹲苗时底墒一定要充足,缺墒时应浇水。

3. 蹲苗时间 应视地力、品种和苗情灵活掌握。晚熟品种种植密度较高,在肥沃土壤上幼苗长势较旺,蹲苗时间宜长;早熟品种种植密度较低,土质较薄,幼苗较弱,蹲苗时间宜短。一般均应在拔节前结束蹲苗,以免影响幼穗分化和正常的生长发育,造成“小老苗”,株矮穗小,导致减产。

#### (五)中耕

中耕是玉米田间管理的一项重要工作。中耕的作用在于疏松土壤,流通空气,提高地温,消灭杂草,减少水分、养分的消耗以及病虫害的中间寄主,促进土壤微生物活动,满足玉米生长发育要求,使玉米根系活动层的土壤持水量保持在最大持水量的60~80%,土壤中的适宜氧气含量在10~15%,土壤适宜温度在 $23\sim 25^{\circ}\text{C}$ ,才有利于玉米幼苗生长。温度低于 $23^{\circ}\text{C}$ 、氧气含量低于3%,根的吸收能力降低,土壤微生物活动缓慢,有机质分解较差,会

影响根系生长;当气温降至 $4.5^{\circ}\text{C}$ 时,玉米根系即停止生长。

我国东北及华北地区春季地温上升慢,玉米根系发育迟缓;尤其是地势低洼、土壤水分较多的春玉米地,幼苗往往细弱,叶片发紫,根系发育迟缓。东北地区采用起垅栽培,使地面能充分接受阳光,苗期早中耕,勤中耕以及实行深松耕法,均可提高地温,促进苗期根系发育,加强根的吸收作用和抗倒伏能力,保证地上部生长健壮。中耕能切断土壤表层毛细管,改善水分状况,保墒抗旱;雨后中耕,又能起到散墒防涝的作用。因此“锄头上面有三宝,发苗、防旱又防涝”的农谚,具有一定的科学道理。

玉米苗期中耕,一般可进行二、三次。定苗以前,幼苗矮小,进行第一次中耕时,要避免压苗,耕层宜浅,一般 $1\sim 1.5$ 寸为宜,以保持土壤墒情,增加土壤温度。拔节以前,第二、三次中耕时,苗旁宜浅,行间宜深,中耕深度以 $3\sim 4$ 寸为宜。此时行间深中耕虽会切断部分细根,但可促进新根发生,控制地上部生长。玉米中耕要因地因苗制宜。春玉米苗期地温偏低,出苗时间较长,为了提高地温,防除杂草,玉米出苗现垅时,即可进行浅中耕。据黑龙江省红星农场1976年试验,玉米苗期深松垅沟,可提高土温 $0.6^{\circ}\text{C}$ 。套种玉米播前无法耕地,土壤比较板结,麦收后应在麦苗行间深刨或深锄,去掉麦茬,破除板结,使幼苗由弱转壮。山东省黄县下丁家大队,1975年于麦收后立即在套种玉米行间用耢或耘锄深松灭茬,玉米的单株节根增加5.5条,气生根增加6.8条,茎秆粗壮,每亩产量增加118斤,增产14%。夏、秋播玉米,苗期已进入雨季,深刨深锄后遇到大雨,蓄水过多,易造成“芽涝”,因此要浅中耕,待幼苗基部变圆,具有一定的抗涝性能后,再适当进行深中耕。

盐碱地土壤容易板结,玉米出苗或降雨以后要及时中耕松土,防止盐碱随着土壤水分的蒸发而带到土表,为害幼苗。采用开沟分碱播种的玉米,苗期第一次锄草时,不要普遍松土,防止盐碱土压苗。

#### (六)苗期施肥

玉米苗期由于地势低洼,土壤干旱,肥力不足,覆土过深,以及病虫害等原因,往往会出现弱苗,为此必须结合土壤肥力状况看苗施肥,实行单株管理。近几年国内虽已进行玉米营养诊断研究,但在生产上尚未应用,目前仍按玉米外部长相进行施肥管理。

1. 外部诊断 玉米长相是作物体内生理生化过程的反映。缺少的营养元素不同,其外部长相也不一样。当土壤氮素供应不足时,植株下部老叶中的氮素由于供给新生幼叶的生长,而使下部老叶叶尖发黄,并逐渐向叶的中脉扩展,呈楔形,严重时上部叶也开始变黄,幼苗明显表现出营养不良症状[图版3-(1)]。但是,如果施用氮肥过多,则可促进蛋白质的合成,而大量消耗碳水化合物,抑制纤维素、果胶质的合成,致使植株生长柔嫩,不但抗倒、抗病能力降低,而且由于营养体过于繁茂,相互遮阴,还会影响光合作用,抑制生殖器官的发育。

玉米缺磷最主要的特征是根系发育不良,生长缓慢而细弱,叶片呈暗绿色,缺少光泽,边缘呈现紫色,再逐渐扩展到整个叶片[图版3-(2)]。由于磷易移动,所以缺磷症状也首先表现在下部老叶上。如果苗期严重缺磷,也会由于影响植株对氮素的吸收,而表现缺氮症状。玉米施用磷素过多时,叶片失绿,植株营养生长阶段缩短,易过早成熟。此外,土壤中磷素含量过多时,还会由于营养元素间的拮抗作用而诱发玉米缺铁、缺锌症状[图版3-(5)、3-(7)]。

玉米缺钾,植株下部老叶中的钾向新生组织转移,先是老叶尖端与叶缘呈黄褐色,进而整个叶片变成黄褐色,甚至干焦枯死。但叶片中脉有时仍保持绿色[图版3(3)]。玉米植株缺钾,茎秆机械组织发育不良,茎节处积累有铁化物,阻碍养分向根部输送,限制根系范围的发展,出现未熟先衰现象。严重缺钾时,玉米生长矮小,节间缩短,果穗发育不良,顶端缺粒,籽粒小,千粒重下降。因此,玉米施用钾肥,可提高植株的抗逆能力,增加籽粒产量。据浙江省近几年570多项钾肥肥效试验,施用钾肥能增强玉米抗茎腐病、大、小斑病和抗旱、抗寒的能力,增加果穗籽粒行数,减少秃顶,籽粒产量提高11.4%,平均每斤氧化钾增产玉米4.79斤。

2. 看地、看苗施肥 苗期施肥要根据土壤养分的丰缺情况,及时补施所缺乏的营养成分。我国甘肃、陕西、四川、山东、新疆、吉林、云南、湖北等地近年来的试验表明,在缺锌的土壤上施用锌肥,对玉米都有良好的增产效果。据江苏省睢宁县姚集公社农科站1974~1975年试验,玉米用硫酸锌浸种、拌种,在砂土上比在淤土、两合土上效果明显,其增产幅度为7.3~13.9%(表12-3)。

表 12-3 锌肥对玉米的增产作用

(江苏省睢宁县姚集公社农科站,1974~1975)

供试土壤	处 理	产量(斤/亩)	增 产	
			斤/亩	%
淤 土	种肥4斤/亩	848	47	5.8
	对照	801	—	—
两合土	种肥2斤/亩	1000	28	2.9
	拌种 (2克 $ZnSO_4$ /斤种子)	1022	50	5.1
	喷施 (0.2% $ZnSO_4$ 溶液)	1034	62	6.3
	对照	972	—	—
砂 土	浸种 (0.2% $ZnSO_4$ 溶液)	964	118	13.9
	拌种 (2克 $ZnSO_4$ /斤种子)	939	93	11.0
	喷施 (0.2% $ZnSO_4$ 溶液)	908	62	7.3
	对照	846	—	—

苗期施肥还要根据幼苗外部长相,结合田间实际情况进行。苗期生长不匀,营养不足的三类苗以及补种苗、移栽苗,应追施“偏肥”,促使弱苗加速生长。追施偏肥时,宜采用硫酸铵、硝酸铵、人粪尿等速效性肥料。套种玉米以及抢茬播种的夏、秋玉米,在未施基肥或种肥时,定苗后要抓紧追施速效性氮素化肥或腐熟的有机肥料,作为“提苗肥”。追肥之后,要结合灌水,以充分发挥肥效。



### (七)防治虫害

玉米苗期害虫主要有地老虎、粘虫、蚜虫等。地老虎是一种杂食性害虫,玉米幼苗易被其咬断基部而造成缺苗断垅,应及早采用药物治疗或进行人工捕杀;粘虫幼虫孵化后多聚集在玉米心叶等避光处为害,三龄以后的幼虫,白天潜伏在土中,夜间出来为害,阴雨天白昼也照常为害玉米叶片,暴食期可将叶片全部吃光,严重威胁着玉米生产,因此要在其三龄以前消灭之;蚜虫在干旱年份的夏播或套种玉米苗期发生量较大,受蚜虫为害的玉米心叶生长慢,叶片短,田里大小苗参差不齐,易形成“小老苗”,且能传播玉米病毒病。最好在小麦乳熟期,百株蚜虫量达到500头时,及时防治(防治方法见第十四章)。

## 第二节 穗期管理

### 一、穗期的生育特点

玉米穗期是指从拔节到抽出雄穗,一般约经历25~35天。这一时期的生育特点是营养生长和生殖生长并进,茎叶生长旺盛,雄穗、雌穗已先后开始分化。玉米从开始拔节时已具有节根4~5层,展开叶占总叶片数30%以上,茎节及叶已分化完成,吸收肥水的能力增大,光合作用加强。而且拔节到大喇叭口期是玉米一生中生长最快的时期,茎秆由地表开始逐个节间伸长,叶面积迅速扩大。据沈阳农学院1978年测定,丹玉6号苗期地上部单株干重仅8.3克,到抽穗前8天单株干重为88.66克,比苗期干物质增加10倍以上,这一时期为玉米干物质增重最快的时期。

玉米拔节到抽穗期,随着地上部茎节的伸长,一般还能增生节根3~4层,因此根系不断向四周和纵深扩展,吸收肥水的能力和需要量增加。玉米抽出雄穗后,根系即基本停止生长,所以该期是根量增长的主要时期。另外,玉米拔节后,植株内部雄、雌穗花器迅速分化,体内新陈代谢旺盛,生长发育由营养生长逐渐转向以生殖生长为主,体内营养物质在拔节初期输向茎叶和雄穗的分配比例为5:1,至雌穗分化后其分配比例则变为1:1,雌穗进入小穗分化时,雌穗中的营养物质约占地上部的50%,此期茎叶生长与穗分化之间,争夺养分的矛盾比较突出。因此,可以运用肥水管理来满足营养生长和生殖生长的需要,并使其协调发展,才能获得玉米高产。

### 二、穗期管理的目标

玉米穗期的生育特点,是营养生长和生殖生长同时并进。因此,田间管理的目标是控秆、促穗,为植株健壮、穗大粒多打下基础。玉米植株应墩实粗壮,根系发达,气生根多,基部节间短,节横切面呈椭圆形,叶色深绿,上部叶片生长集中,挺拔有力,并能迅速形成大喇叭口,才是丰产的长相。

穗期玉米,如果肥水条件不能满足营养器官生长的需要,则茎叶细,叶面积小,光合作用积累的物质少,营养器官生育不良,必然影响幼穗分化发育。如果前期肥水过多,茎叶徒长,后期脱肥,雌穗发育不良,易形成高株、小穗的低产株型。合理进行施肥、灌水,及时中耕、除

草、去蘖、培土、治虫等田间管理措施,可以协调营养生长与生殖生长的矛盾,保证营养物质的合理分配,以达到株壮、穗多、穗大、粒多的目的。

### 三、穗期管理措施

#### (一)去蘖

玉米拔节前,茎秆基部可以长出分蘖,但分蘖多少,既与品种特性有关,也和环境条件密切相关。一般当土壤肥沃、水肥充足、稀植早播时,其分蘖则多,生长亦快。由于分蘖比主茎形成得晚,通常不结穗或者结穗很小,而且晚熟,有的分蘖虽在顶部能结少数籽粒,但产量极低,并且与主茎争夺养分,对产量的影响很大。因此,应及时拔除,以利主茎生长。

去蘖时间,可根据具体情况而定。一般第一次在开始长出分蘖时进行,第二次在第一次去蘖后的10~15天进行。去蘖宜早不宜迟,否则会消耗大量土壤养分与水分。去蘖时最好选晴朗天气,这样有利于伤口的愈合,减少病害侵染机会,并要防止松动主茎根系或将主茎拔起。

饲用玉米多具有分蘖结实特性,如多穗玉米、甜玉米等,应该保留分蘖,以提高饲料产量和籽粒产量。

#### (二)中耕

玉米穗期对养分、水分、光照和氧气等要求强烈。中耕可疏松土壤,改善通气和肥水供应状况,促进根的层数和根的数量,并能清除杂草,蓄水保墒。因此,中耕是穗期管理的一项重要措施。

穗期中耕一般进行两次。在拔节至小喇叭口期,可结合施攻秆肥进行深中耕,将肥料混入土内,随即灌水,以发挥肥效。中耕深度一般以2~2.5寸为宜。适当深中耕虽然会切断部分根系,但可促使发生大量新根,扩大吸收面积,小喇叭口期至大喇叭口期,茎叶生长迅速,玉米封行以前,可结合重施攻穗肥,进行中耕,一般行间宜深,根旁宜浅,每次中耕要适当向根旁拥土,以利地面茎节发生节根和气生根,从而增强植株的抗倒伏能力。

#### (三)培土

培土是我国农民栽培玉米的传统经验。做法是将行间的土壤培在玉米根部形成土垄,能增加表土受光面积,减轻草害,提高肥效,防止玉米倒伏。土层较薄的田块,培土后增厚了玉米根部的土层,有利于气生根的发生和伸展,同时也便于灌溉和排水;天旱时可顺沟灌溉,保证水流畅通,水量均匀;雨后可迅速排水,避免涝害。因此,在沿海多风及低洼易涝地区,玉米培土显得尤为重要。

培土的方法,一般是结合中耕进行。东北垄作地区玉米采取铲耢结合的方法,做到三铲三耢,即每铲一次,接着就耢地培土。平播后起垄或玉米与马铃薯套种的要早铲早耢,当马铃薯收获后,即应及早培上大垄。华北地区中耕结合培土,一般垄高3~4寸,垄底宽1尺左右。南方潮湿多雨地区,一般采用高畦栽培,中耕结合培土,能防涝散墒。玉米因风倒伏,也应及时扶直,进行培土。

玉米培土最好在大喇叭口期进行。培土过早,根际土温低,空气不足,抑制了节根的产生和生长,因而影响玉米产量。据莱阳农学院1975年试验,玉米在12~14片可见叶时培

土,比拔节期 8~9 片叶时培土的,节根平均增加 6.41 条,穗粒数增加 11.1 粒,百粒重增加 1.1 克,倒伏率降低 20.5%,每亩增产 21.2 斤。另外,在雨后土壤粘重时,培土也不宜过早、过厚,以免根际土温低,空气不足或感染茎腐病,因此宜待表层土壤干后再行培土。

干旱地区或无灌溉条件的丘陵地区不宜强调培土,因为培土会扩大表土的受光面积,从而提高地温,增加土壤水分的蒸发,对玉米生长反而不利。

中耕培土的机具,目前我国多采用畜力牵引的三齿轻便耘锄或中耕培土机,拖拉机牵引的中耕器或 2 BZ-4/6 型播种、中耕通用机也较常用。通用机上换装不同的专用工作部件,可用于播种、中耕、培土、追肥和起垄等作业。中耕时要求拖拉机顺行直行,速度不宜太快,以免压苗、伤苗,影响作业质量。玉米穗期,由于植株较高大,多用畜力牵引三齿轻便耘锄培土,或把犁去掉犁镜,拴上草把,然后在垄的中间耕一犁,将土培到玉米根部。小块土地,也可直接用镢、锹等农具培土。

#### (四)施肥灌溉

玉米穗期是营养器官增长与生殖器官分化、建成的时期,也是吸收养分和水分最快、最多的时期,因此,进行合理的追肥与灌溉,才能形成茎叶繁茂、穗多、穗大的植株。

1. 施肥 玉米对氮、磷、钾三要素的吸收,以穗期为最多。特别是钾素营养,从出苗到抽穗,几乎达到一生的总需要量,所以钾肥多用作种肥和基肥,早期施用。关于磷素营养,到大喇叭口期,玉米已吸收总需要量的 65% 左右,但磷肥的效果比较缓慢,宜作基肥、种肥施用。至于氮素营养,从出苗到拔节,玉米约吸收总需要量的 10% 左右,而到抽穗开花期则已达到 50% 以上。所以氮肥,尤其是速效性氮肥,宜在穗期一次或分期追施,这是增产的关键性措施。但由于我国各地玉米种植制度不同,故而春、夏、秋玉米和套种玉米的穗期追肥,要因地制宜进行。

(1) 春玉米追肥:春玉米前期温度较低,生长迟缓,吸收肥料速度较慢,若基肥充足,地力肥沃,玉米生长健壮,拔节前后应轻施攻秆肥,以有机肥料为主,配合磷、钾肥,并适当控制速效氮肥的用量,避免前期氮肥过多而导致茎叶徒长,秸秆细弱,穗位提高,造成倒伏。待玉米长至大喇叭口期前后,则应重施攻穗肥,以速效氮肥为主。据辽宁省岫岩县农业科学研究所 1977 年试验,春玉米苗期轻追攻秆肥,大喇叭口期重施攻穗肥,追肥量占总追肥量 60% 以上的玉米茎秆粗壮,籽粒产量较高(表 12-4)。

表 12-4 春玉米追碳酸氢铵的时期、次数与产量的关系

(辽宁省岫岩县农业科学研究所, 1977)

处 理	穗长(厘米)	穗粒重(克)	千粒重(克)	产量(斤/亩)
拔节期 30 斤 + 大喇叭口期 30 斤	13.95	132.5	220	785.1
拔节期 50 斤 + 大喇叭口期 30 斤	14.55	122.5	230	735.6
大喇叭口期 80 斤	14.68	125.0	245	751.6

注:品种为丹玉 6 号。

(2) 夏、秋玉米追肥: 夏、秋玉米生长期短, 前期一直处于高温多湿季节, 生长发育和吸收肥料较春玉米快, 因此追肥要以速效性氮肥为主, 并尽量争取早施。如果追肥量多, 则可采取“前重后轻”的两次追肥法。若土质肥沃, 种肥较足, 而且植株生长健壮, 但密度较大, 追肥量少时, 可在雌穗小花分化开始时一次集中追肥, 增产效果较好。据山东农学院 1973 年夏播中熟品种烟三 6 号试验结果表明: 每亩追施硫酸铵 50 斤, 雌穗小穗分化期施肥的亩产 975.2 斤, 雌穗小花分化期施肥的亩产 940.6 斤, 雄穗小穗分化期施肥的亩产 936.2 斤, 均比对照不施肥的增产。如果在雄穗小穗分化期和雌穗小花分化期分两次追肥, 效果更好(表 12-5)。

表 12-5 追肥期与产量的关系

(山东农学院, 1973)

追肥时期和数量	产 量 (斤/亩)	增 产 (斤/亩)	增 产 (%)
雌穗小穗分化期 50 斤	936.2	58.1	6.62
雌穗小穗分化期 50 斤	975.2	97.1	11.06
雌穗小花分化期 50 斤	940.6	62.5	7.12
雌穗小穗分化期 20 斤 雄穗小花分化期 30 斤	994.9	116.8	13.30
对照(不追肥)	878.1	—	—

土壤地力薄, 基肥少, 植株生长较弱, 拔节前可先追施少量肥料提苗, 到拔节后雌穗分化开始时, 再重施一次攻穗肥, 效果更好。例如, 1978 年广西壮族自治区博白县龙潭公社冬玉米在 5~6 片可见叶时, 每亩施粪水 30~40 桶, 硫酸铵 10~15 斤或尿素 5~8 斤, 使有机肥料与无机肥料相结合, 施肥后松土, 以增气保肥; 10~15 片可见叶时, 即雌穗小穗分化期重施攻穗肥, 每亩施硫酸铵 30~40 斤或尿素 15~20 斤, 取得了冬玉米的大面积高产。

(3) 套种玉米追肥: 小麦套种玉米一般很少施用基肥和种肥, 玉米在和小麦共生期间, 因受小麦的荫蔽, 相互争夺肥水, 玉米幼苗往往弱而不齐。麦收后由于气温较高, 生长迅速, 很快就进入穗期, 需要供给大量养分, 但是土壤中的肥料大部分已被小麦消耗, 为了及时补给玉米养分, 促苗早发, 套种玉米穗期追施氮肥, 以“前重后轻”、早追多施拔节肥为宜, 至大

表 12-6 套种玉米追施化肥结果

(河北省顺义县农林局, 1973)

化肥总量 (斤/亩)	追 施 情 况		株高 (厘米)	穗粒数	穗粒重 (克)	干粒重 (克)	亩 产 (斤)	增 产		
	拔 节 (7月2日)	大喇叭口 (7月28日)						斤	%	每斤化肥增产 (斤)
50	35	15	261.0	328.0	144.0	245.0	576.0	180.0	45.5	3.6
50	15	35	254.0	264.0	126.5	275.0	502.0	106.0	26.8	2.1
不施	—	—	228.0	263.9	105.0	175.0	396.0	—	—	—

注: 供试品种: 小八穗; 播种期: 5月25日。

追肥种类: 碳酸氢铵。

喇叭口期再追施攻穗肥,以保证穗大粒多。据1980年山东省掖县西由公社后吕大队科研队试验,套种玉米每亩施硫酸铵10斤作种肥,追肥按“前重后轻”方式,于麦收后每亩施硫酸铵63斤、大喇叭口期每亩施硫酸铵27斤的,亩产1200.5斤,比“前轻后重”施肥的每亩增产69.7斤。1973年北京市顺义县农林局套种玉米追肥联合试验结果,也以“前重后轻”方式的增产效果较好(表12-6)。

追肥方法,开沟深施可以减少肥料流失,如追施尿素,开沟深施3~5厘米时,平均每亩每小时损失0.06克,而深施15厘米时,损失仅为0.018克。

2. 灌溉 玉米苗期植株小,生长量亦少,在正常的水分供应下,短时间干旱对产量的影响不大,一般可以不灌水。拔节开始至抽穗期间,气温升高,植株生长迅速,幼穗分化加速,叶面蒸腾量增大,要求及时供应水分,此期需水量一般约占总需水量的40~50%。玉米在10~12片叶时,开始进入雌穗小穗分化期,这时是决定穗长、穗粗的关键时期。所以,拔节到大喇叭口期及时满足玉米对水分的需要,植株才能正常生长,使雌、雄穗抽出的间隔时间缩短,雌、雄开花协调,增加果穗粒数。因此,拔节后应结合追肥,浇拔节水,使土壤水分保持在田间持水量的65~70%为宜。从大喇叭口期到抽穗期,是花粉粒形成和雌穗小花分化与性器官形成阶段,为需水的临界期,对水分反应敏感,应结合追施攻穗肥,重浇攻穗水,使土壤水分保持在田间持水量的70~80%;若干旱缺水,土壤水分低于田间持水量的40%,就会造成“卡脖旱”而不能正常抽雄,雌穗发育也将受到影响,散粉、抽丝间隔时间延长,将会造成授粉不良,秃顶缺粒。因此应及时灌溉,中耕松土,破除板结,消灭杂草,使肥、水、土、气相融,以充分发挥水、肥的作用。

玉米拔节后,抗涝性虽比苗期增强,但土壤湿度超过田间持水量的80%,通气和根系生长均会受到影响。土壤水分过多,又未及时排涝,不但土壤中缺乏氧气,而且土温也低,玉米植株发黄,影响幼穗发育,很易增加空秆率,甚至造成倒伏。因此,这一时期既要适量浇水,又要注意排涝。

#### (五)防治穗期虫害

玉米穗期害虫,主要是玉米螟,其次是蚜虫和棉铃虫。玉米螟成虫产卵在距离地面2尺左右高的植株嫩叶背面,孵化后幼虫为害玉米顶部心叶和茎秆、穗轴的输导组织,影响营养物质合理分配,造成果穗发育不良而减产。因此,要本着治早、治小、治了的原则,搞好预测预报,抓住心叶末期的有利时机,及时防治。在大气干旱季节,玉米抽穗、开花和成熟时期,蚜虫多集聚到雄穗上为害,雄穗枯萎时则转入雌穗苞叶内为害,影响玉米正常授粒和籽粒发育。可及时采用药物防治(防治方法见第十四章)。

#### (六)雹灾后的补救

玉米在不同生育期遭受雹灾后,表现有不同的恢复能力。种子萌发时遭受雹灾,虽然出苗期延长,发芽生长不够整齐,但因玉米苗期茎生长点处于地下,只要及时排除积涝,进行中耕,松土通气,提高地温,幼叶很易恢复生长。

穗期玉米生长旺盛,遭受冰雹后,对玉米的影响甚大。但是只要玉米残苗茎秆顶端的生长点呈白色,而且比较坚实,就可采取加强田间管理的方法,促其恢复生长发育,产量一般比翻种的要高。1975年山东省宁津县6月29日有八个公社遭受雹灾20分钟,当时春玉米已

有13~14片叶,套种玉米有7~8片叶,茎叶被打成乱麻状,镜检玉米茎顶生长点呈白色透明状,尚具有生活力,故灾后及时中耕松土,追施速效肥料和炕洞土,玉米很快恢复生长,正常成熟。其中虎皮张公社杜家阁大队有60亩夏玉米,在7~8片叶时受到雹灾,灾后亩施土粪5车,亩产玉米250斤,而翻耕改种的亩产仅200斤。王歧山大队一队有25亩春玉米,在13~14叶时受到雹灾,灾后亩施炕洞土5车,亩产达180斤,而翻耕改种的亩产仅150斤。对于灾后缺株严重的地块,则应补种早熟的绿豆或小豆等作物,以增加全田总产量。

### 第三节 花粒期管理

玉米花粒期管理,是指从开花至成熟玉米生长后期的田间管理。在这一段时间内,玉米经历了籽粒形成期、乳熟期、蜡熟期、完熟期四个时期。

#### 一、玉米后期的发育特点

玉米后期的发育特点是营养体增长结束,植株进入开花、散粉、受精结实的生殖生长期。当玉米雄穗上的花粉散落到雌穗花丝上,约经5~6小时即萌发出花粉管,伸入花丝内壁,约经24小时达到子房胚囊内壁,此即受精过程。

**籽粒形成期** 玉米受精后,新种子开始发育形成,叶片等器官制造的营养物质源源不断地输向果穗,种子体积和重量随之增加。一般在受精后15天内,穗轴和苞叶生长较快,果穗接近正常长度,穗粗已达到正常粗度的88%,种子各部分逐渐分化,并具有发芽能力。但胚乳含水较多,达92~88%,而干物质仅占总干物质的5%。这一时期是决定穗粒数的时期。

**乳熟期** 受精后15~35天,约经历20天左右。种子内含物的特点是:胚乳开始呈乳状,干物质增长快,逐渐由乳状转为浆糊状,含水量开始下降,籽粒达到最大体积。此时含水量与干物质同时增加,是决定玉米产量的关键时期。这一时期绿色叶面积的数量对产量影响很大,必须保证有充足的养分、水分、光照和适宜的温度,使玉米秆直不倒,根系活力强,叶色深绿,并保持有较大的绿色叶面积,才能制造大量有机物质。据莱阳农学院1970年剪叶试验表明,玉米的粒重90~95%是授粉后叶片光合作用的产物,前期营养器官中贮藏的有机物质,只占5~10%。可见后期合成有机物质的数量与籽粒容纳量,是玉米经济产量高低的决定因素。因此,这一时期稳定绿叶面积,延长叶片的功能期,对玉米产量的影响很大。

**蜡熟期** 受精后的36~45天或50天,经历时间10~15天,植株茎叶和果穗苞叶由绿色逐渐变为黄绿色,籽粒处于脱水阶段,含水量逐渐降低,为45~40%,干物质增加速度减缓,胚乳由浆糊状逐渐变为软蜡状,最后呈蜡状,故称蜡熟期,但此时籽粒尚未达到完全成熟阶段。

**完熟期** 玉米籽粒继续脱水,至含水率在40%以下,即停止灌浆。此时籽粒变硬,具有光泽,干重达到最大值。因此玉米后期管理,应以乳熟期以前为重点,力争增加粒重,实现高产。

## 二、管理措施

为获得玉米高产,后期管理应根据植株形态,适当增施攻粒肥,及时灌溉、排涝,进行人工辅助授粉、去雄促熟和防止倒伏等管理措施。

### (一)增施攻粒肥

玉米籽粒产量,决定于籽粒的容量和受精至成熟期间光合产物的数量,以及早期贮存于茎秆、叶鞘和根部的可利用性碳水化合物。因此,保持叶片功能旺盛,防止脱肥早衰,及时补追速效氮素肥料,极为重要。但追肥量不宜太多,一般约占总追肥量的10%左右。攻粒肥亦可应用腐熟的人、畜粪尿。1980年四川省江津县璧山农场试验,春玉米抽丝前每亩追施畜粪尿2000斤作为攻粒肥,增产效果明显(表12-7)。

表 12-7 春玉米追攻粒肥的增产效果

(四川省江津县璧山农场,1980)

品 种	处 理	穗长(厘米)	秃顶长(厘米)	千粒重(克)	产量(斤/亩)	增产(%)
鲁三0号	施攻粒肥	18.56	2.72	241.0	823.0	5.6
鲁三9号	对 照	17.36	2.82	232.0	779.0	—
郑单2号	施攻粒肥	15.64	0.25	322.0	794.0	36.2
郑单2号	对 照	15.52	0.8	208.0	583.0	—

玉米雌穗开花到乳熟期时,喷施1~2%尿素能提高玉米对磷的吸收,对蛋白质合成也有一定作用。根外喷施500~800倍磷酸二氢钾或2~5%过磷酸钙浸出液,亦能提高产量,减少蛋白质中玉米醇溶性蛋白的比例,改善蛋白质品质,延长植株上部叶片的功能时间,制造更多的营养物质,使玉米粒饱、粒重。据莱阳农学院1978年试验,玉米籽粒形成期和乳熟期喷施500倍磷酸二氢钾,玉米千粒重增加3克。辽宁省开原县金沟子公社良种场,1976年在低温和光照不足的情况下,玉米开花期每亩用磷酸二氢钾1斤,兑水70斤配成溶液喷施,比不喷的增产15%。

### (二)灌水与排涝

玉米抽穗到蜡熟期需水量约占全生育期总需水量的45%,特别是抽穗开花期对水分的反应敏感。土壤水分保持在田间持水量的70~80%,相对湿度为65~90%,对开花受精最为适宜。天气干旱,水分不足,相对湿度低于30%,会延迟雌穗花丝抽出,造成雌、雄穗花期脱节,影响授粉结实。及时浇抽穗开花水,可以防止“卡脖旱”,加强叶面蒸腾作用,增加田间湿度,改善田间小气候,促进开花授粉,提高花粉生活力,减少秃顶缺粒;同时又可形成大量气生根,对提高玉米叶片光合强度,积累更多的有机物质,增强玉米抗倒伏和吸收水、肥的能力,具有重要作用。

玉米乳熟期到蜡熟期,茎叶制造的营养物质,需有较多的水分才能大量向正在发育的籽粒运转,此期的需水量约占全生育期总需水量的20~30%。玉米缺水对籽粒的灌浆和粒重影响很大。1974年河北省宣化县姚家坊大队试验,春玉米在抽穗和乳熟期遇旱浇两次水,

亩产 1260 斤,比仅浇一次抽穗水的增产 16.6%,穗粒重增加 36.0 克,千粒重增加 33.9 克。1981 年山东省栖霞县观里公社留家沟大队试验,套种玉米散粉和乳熟期遇旱灌两次水,穗粒数为 608.8 粒,千粒重为 289 克,亩产 750 斤;比未灌水的对照每亩多收 130 斤,增产 21.0%(表 12-8)。

表 12-8 套种玉米后期浇水对产量的影响

(山东省栖霞县农技站,1981)

灌 水 期	穗长(厘米)	穗 粒 数	千粒重(克)	产量(斤/亩)	增 产	
					斤	%
开 花 期	24.4	556.0	280.0	710.0	90.0	14.5
开花、乳熟期	25.4	608.8	289.0	750.0	130.0	21.0
对 照	23.3	563.0	274.0	620.0	—	—

品种:中单2号。

玉米乳熟期阴雨连绵,田间持水量长时间超过 80% 以上,土壤中的氧气被水排出,好气性微生物受到抑制,影响根的呼吸和养分的分解。由于嫌气性细菌活动旺盛,易产生有机酸、二氧化碳和硫化氢等有害的还原物质,会使根系中毒,植株青枯,千粒重下降。如果田间积水,形成涝害,也易引起玉米倒伏。玉米穗期搞好培土,有利于灌水排涝,减少玉米产量的损失。

### (三)拔除雄穗

我国劳动人民很早就有去雄增产的经验。各地试验证明:去雄一般可增产 4.1~14.8%。1975 年山东省烟台地区农业局在 9 个县、市 165 处去雄试验,平均每亩增产 60.3 斤,增产 8.7%。1980 年河南省洛阳地区 15 处去雄试验,平均增产 11.6%。目前隔行去雄在山东、河南、河北等省的玉米后期田间管理中,均作为一项辅助增产措施。

1. 去雄的作用 玉米去雄可以调节养分,促使雌穗生长,并把供雄穗开花所需的养分和水分转向雌穗生长发育,使穗长、穗粒重增加,秃顶减轻,籽粒饱满(表 12-9)。

表 12-9 玉米去雄对穗部的影响

(山东省蓬莱县农业局,1975)

处 理	穗长(厘米)	秃顶(厘米)	穗粒重(克)	千粒重(克)	亩产(斤)	增 产	
						斤	%
去 雄	17.5	2.52	90	24.5	728.3	69.8	10.6
不去雄	17.0	3.00	85	23.4	658.5	0.0	0.0

品种:烟三6号。

去雄可以节省水分消耗,使雌、雄花期协调,提早雌穗抽丝,减少玉米小花不实现象。据华北农业科学研究所 1954 年调查,不去雄行内抽雄率为 73%,且多已开花散粉,但雌穗抽花丝的仅 10.6%,而去雄行内抽花丝的植株已达 17.5%,即去雄的比不去雄的花丝抽出率



相对增加 6.9%。成熟期间调查,去雄后不结穗的植株仅 1.8%,而未去雄不结穗的植株则为 4.7%,较去雄的高 1.6 倍。

玉米去雄可改善玉米中、下部叶层透光条件,有利籽粒发育和粒重的增加,特别是玉米螟或蚜虫开始多集中在雄穗上,拔除雄穗可减轻虫害。此外,玉米去雄后,植株一般可降低 1 尺左右,能减轻倒折率。据河南省农业科学院 1979~1980 年试验,去雄的玉米植株,上、中、下部光照强度比不去雄的分别增加 14.1%、9.0%和 3.5%,粒重比对照增加 10 克,虫蛀率减少 58.1~13.5%,株高降低 22~33 厘米,倒折率降低 19.2~25.8%。

2. 去雄的时间和方法 去雄工作应在雄穗刚抽出而未散粉时进行。过早时易拔掉顶部一、二张叶片,过晚时雄穗已经散粉,失掉去雄增产的作用。为了节省劳力,同一地块当雄穗抽出三分之一时,即可开始去雄,待大部分雄穗已经抽出时,再去一次或两次。去雄最好在晴天上午 10 时至下午 3 时进行,以利茎顶伤口愈合,免遭病菌传染;阴雨连绵时不宜去雄,以免花粉量减少,影响授粉。

去雄一般多采用隔行或隔株进行,去中间留边行,去弱株留壮株的方法。阴雨连绵的天气以及山地、丘陵地,迎风面的两行不应去雄,而且去雄植株数也不宜超过三分之一,以利授粉。另外,去雄时不要带下叶片,应把去下的雄穗带到地外统一处理,以免隐藏在雄穗中的玉米螟或蚜虫再回到植株上为害。

去雄结合人工辅助授粉,可以提高授粉能力。据山东省文登县 1974 年试验,玉米去雄不授粉的亩产 661 斤,去雄结合人工辅助授粉的亩产 680 斤,每亩增产 19 斤。

#### (四)人工辅助授粉

玉米进行人工辅助授粉,由于花粉量集中,能增加选择受精的机会,因此是提高玉米产量和品质的一项有效措施。

玉米在干旱高温等不良气候条件下,雌穗抽丝比雄穗散粉一般晚 7~10 天以上,遇多雨潮湿天气,花粉易吸水成团,失去发芽能力。如种植密度太大,叶片遮盖花丝,亦不易充分接受花粉。采用人工授粉的方法,即在开花抽丝期的晴天上午 9~11 时,收集 50 株以上的健壮植株花粉混合后,用授粉器逐行逐株授在雌穗花丝上,隔天授粉 1 次,连续进行 3~4 次,或用“T”形架在田间逐行触动雄穗,使其散粉,可克服各种不利因素的影响,增加受精机会,以减少秃顶,争取粒大粒饱,提高玉米产量。

#### (五)促早熟

在我国北方秋霜较早的地区,以及西南海拔较高的山区,为了争取时间,及早收获,可采用浅中耕、打老叶和收后带穗堆放等方法,都有促进早熟的作用。其主要措施如下:

1. 浅中耕 玉米乳熟期在行间浅中耕 1 寸左右,距离植株 3 寸左右,适当掌握“浅和远”的原则,以免伤根。经过浅锄,可以锄净杂草,疏松土壤,提高地温,促进微生物的活动,加快籽粒灌浆速度和营养物质的积累,有促进玉米早熟的作用。

2. 打老叶 玉米进入乳熟期,结合田间管理去掉植株基部的枯黄老叶(切勿打去叶鞘),保留穗下绿叶 2~3 片,使空气流畅,减少养分消耗,也有防病促早熟的作用。据辽宁省丹东市农业科学研究所 1976 年 9 月 4 日测定,打去基部黄叶后,离地 1 尺高处的风速为 0.17 米/秒,比对照增加 0.06 米/秒;穗位处风速为 0.11 米/秒,比对照增加 0.04 米/秒。

透光率为 38.3%，比对照提高 15.3%；5 厘米深处地温白天为 23.5℃，夜间为 18.8℃，比对照分别提高 0.9℃和 0.6℃；结穗部位平均温度与对照相同，但夜间高 8.2℃。由于田间通气透光，温度增高，促进了养分向籽粒输送，增加了干物质积累，为提早成熟创造了良好条件。在大斑病发生严重的地区，打老叶可以防止病菌蔓延，而且还可增收饲草。

3. 带穗堆放，增加粒重 玉米在霜冻来临前尚未成熟时，为了腾地种麦，可在蜡熟初期连秆带穗收获，堆竖在地边田头，后熟 10~15 天。但堆捆不宜过大，以免影响通风，导致发热霉烂。当种麦结束后，再将后熟的玉米摘下果穗，晒干脱粒，一般比未经堆放后熟的增产 6~10%。1975 年河南省嵩县低房大队科研站，于郑单 2 号蜡熟期将玉米全株收获，堆放 14 天，百粒重增加 4.25 克，这是由于生理尚未完全成熟的玉米，在适当温度下茎秆内的养分可继续向籽粒运输，从而增加粒重。据 1973 年北京市农业科学院作物研究所玉米小八趟和丰收 105 试验，当茎秆含水率低于 30%，温度在 3℃以下时，养分即停止运送，此时后熟作用不大。

#### (六)防倒伏

玉米倒伏是各种不利因素的集中表现。茎倒伏往往因品种而异，根倒伏则多由种植密度过大或浇水不当所造成。当群体光照不足，次生根不发达，特别是灌水过量以后，茎秆细胞伸长较快，胞壁变薄，合成纤维素、木质素的碳水化合物相对减少，造成植株徒长，茎粗系数<sup>①</sup>小，穗高系数<sup>②</sup>增大。因此在风雨或病虫害等外因影响下，便很易发生倒伏、倒折。

玉米倒伏、倒折之后，水分和营养物质的正常运输受到阻碍，因此根部营养物质减少，根系生长和生理机能受到抑制，进而使地上部水分、矿质元素和生理活性物质减少，导致减产。生产实践证明，玉米倒伏率每增加 1%，每亩约减产 4.5 斤。如果抽穗期间倒伏，对产量的影响更大，此时倒伏不但妨碍雄穗传粉，而且雌穗花丝易被茎叶遮盖，不能获得充分的花粉受精，因此空秆增多或果穗严重缺粒秃顶，产量和品质降低。减轻玉米倒伏的主要途径与措施如下。

1. 选用抗倒伏品种 引起玉米倒伏的自然灾害主要是暴风雨和病虫害，由于不同品种的抗倒伏能力不同，故选用秸秆弹性强、次生根数量多的抗倒品种是十分重要的。一般抗倒伏能力强的玉米，基部节间短而粗，机械组织发达，木质化程度高，维管束密度大，正常成熟时，茎秆衰老率低。但是同一品种在不同的栽培条件下，倒伏程度也很不一致。据山东省农业科学院植物生理研究室 1975 年调查，在相同栽培条件下，群单 105 倒伏率为 26.0%，鲁单 3 号为 5.4%，丹玉 6 号为 3.0%。因此选用产量高、抗倒性强的优良杂交种，是解决倒伏、增加产量的根本途径。

2. 中耕培土，适当蹲苗 苗期进行蹲苗，适当加深中耕层，实行分次培土，能促进根系发育，增加根量和节根的层数，控制地上部分生长，可以增强玉米的抗倒伏能力。据黑龙江省嫩江地区农业科学研究所 1976 年调查，自交系在 30 立方厘米的土壤内，根鲜重达到 90~115 克时基本不发生倒伏，根鲜重在 60 克以下时倒伏严重。

3. 改革种植方式 玉米与矮秆作物间作、套种，应适当放宽行距，缩小株距，保证合理

① 茎粗系数 = 基部节间粗 ÷ 株高 × 100。

② 穗高系数 = 穗位高 ÷ 株高 × 100。

的种植密度,改善通风透光条件,同时还应根据当地自然灾害发生的规律,适时早播,使玉米抽雄期躲过风雨季节,或使茎与风向平行,也可以起到减轻风力、防止倒伏的作用。

4. 合理密植,控制肥水 种植密度过大,水分、养分过量是形成倒伏的重要原因之一,一般春玉米施肥应以基肥为主,苗期施用磷、钾肥以促进根系发育,提高节间品质;氮肥应在拔节后到抽雄前施用,不宜过早,以免引起基部节间细长,品质降低。实践证明,凡茎粗系数大和穗高系数小的植株,抗倒伏力强。据云南省昭通地区农业科学研究所 1976 年测定,一般茎粗系数为 1.0~1.2、穗高系数为 40 左右时,具有较高的抗倒伏能力。总之,栽培密度过大,氮肥过多,或高温、多湿,光照较弱等原因,均会导致植株生长不良,营养代谢失调,使茎秆品质降低,根系发育较差。特别是在高温、多湿,密度过大,以及病虫侵染的综合条件下,更易造成严重倒伏。如果化肥用量多,则应分期施用,玉米苗期一般不宜浇水,大喇叭口期、开花期和乳熟期则应及时供水,而且水量要足。

#### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编:中国玉米栽培,上海科学技术出版社,1962。
- [2] 山东省农业科学院玉米研究所主编:玉米生理,(油印本),1981。
- [3] 山东省农业科学院作物研究所农业气象室:冰雹砸了庄稼怎么办,农业出版社,1978。
- [4] 山东省农业科学院作物研究所:春、夏玉米栽培管理历程表和因苗管理示意图,农业科技通讯,第 4 期,1974。
- [5] 山东农学院主编:作物栽培学(北方本),农业出版社,1980。
- [6] 山东农学院科技资料室:山东农学院科研资料选编(秋作物部分),第 2 期,1978。
- [7] 山东省烟台地区农技植保站:实验与推广,第 4 期,1976。
- [8] 中国农业科学院作物育种研究所:为革命种好玉米,农业出版社,1970。
- [9] 玉米生产技术问答编写组:玉米生产技术问答,上海人民出版社,1975。
- [10] 北京市农业科学院作物研究所玉米组:套种玉米的生长发育和栽培技术,房山农业科技,第 2 期,1976。
- [11] 北京市农业科学院:麦套玉米栽培管理历程,人民出版社,1976。
- [12] 西北农学院:玉米栽培论文汇编,1981。
- [13] 吴绍猷等编著:玉米栽培生理,上海科学技术出版社,1982。
- [14] 沈阳农学院译:玉米的栽培生物学基础(苏联),1962。
- [15] 南京农学院、江苏农学院主编:作物栽培学(南方本),上海科学技术出版社,1980。
- [16] 莱阳农学院:农业科技资料,第 1 期,1977。
- [17] 顾慰连等编:玉米,科学出版社,1982。

## 第十三章 特殊栽培法

我国地域辽阔,气候复杂,每年4~10月,各地自然灾害频繁发生,严重影响玉米的正常生长和发育。实践证明:自然灾害是造成玉米产量低而不稳和地区间发展不平衡的一个重要原因,也是影响玉米持续稳产高产的主要障碍。因此,掌握各种自然灾害发生的规律及其对玉米生长发育的影响,制订相应的防灾、避灾和抗灾的栽培技术措施,已成为一项急待解决的重要课题。

当前,严重威胁玉米生产的自然灾害有旱、涝、低温、风、雹、盐碱、病、虫和杂草。本章将着重讨论抗旱、抗涝、抗冷、抗盐碱和育苗移栽等特殊栽培技术。

### 第一节 抗旱栽培

我国的玉米生产多数集中在北方半干旱地区及南方丘陵山地,由于季风性气候的影响,干旱发生比较频繁。自公元前206年至1949年的2155年间,全国共发生较大的旱灾1056次。建国以来,由于大力兴修水利,干旱危害有所减轻,但发生仍然相当频繁。据中央气象局统计,1950~1976年期间,北方地区有15年发生干旱,占56%,其中1960和1972年大旱,全国受旱面积都在5亿亩左右。因此,掌握干旱发生的规律,研究在缺水条件下玉米抗旱耕作栽培技术,具有重要意义。

#### 一、干旱的类型及其对玉米生产的影响

我国北方玉米产区的年降水量一般为400~700毫米,基本上能满足玉米生长的需要。但是,由于降水量的年际变化大、季节分配不均、春季蒸发量大等原因,往往出现全年性和季节性干旱;西南山地玉米区,年降水量可达800~1000毫米以上,但丘陵山地坡度大,水平梯田少,土壤耕作层浅,蓄水保水能力差,往往有“雨过地皮干”的现象。

玉米不同生育期间都能发生干旱,干旱持续时间也很不一样。通常可按发生时间,把干旱分为三种类型。

##### (一)春旱

北方地区冬春雨雪稀少,3~5月份总降水量仅60~70毫米,而同期的蒸发量却达300~400毫米,因而很易造成土壤干旱。如果前一年夏秋季节雨量过少,土壤水分不足,则春旱更为严重。

春旱发生频率高,分布范围广,对玉米的危害性也最大。1950~1976年的27年中,华北和东北地区春旱发生频率达70%,西北地区约为44%。西南地区的鄂北、四川盆地及云

贵高原的中海拔山区,春旱也经常发生。

春旱发生时正值春玉米和套种玉米播种季节,土壤水分不足往往影响种子的发芽,造成缺苗断垅,致使玉米种植密度普遍偏稀。无霜期短和复种指数高的地区,春旱不但延缓了植株的发育,推迟了成熟期,而且后期很易遇到低温冷害,缩短籽粒的灌浆期。所以,春旱主要影响每亩穗数,有些年份也会降低千粒重。

### (二)夏旱

我国夏季降雨虽然比较集中,但各地雨季来临时间及雨量的大小不同,初夏和伏季缺雨,均可使玉米发生干旱。北方地区6月份初夏开始时尚未进入雨季,由于底墒不足,高温干燥,特别是华北平原小麦、玉米一年两熟地区,因麦田大量耗水,土壤水分不足,很容易发生初夏旱,这对套种和夏直播玉米的苗全、苗壮,极为不利。对春玉米的拔节,雌雄穗分化也有很大的影响。

伏旱通常发生在7月中旬至8月上旬,此时正值一年中气温很高、降雨量最多的季节,玉米处于生长盛期,蒸腾量较大,如果15~20天内不下透雨,就会出现旱象。1972年和1975年有些地区雨季推迟到7月下旬,伏旱比较严重。但伏旱发生频率远不及春旱,且多发生在玉米播种面积不多的长江以南地区。但是,7至8月份正是玉米开花授粉和籽粒灌浆的阶段,一旦遇到伏旱,就会严重影响授粉和结实,削弱叶片的干物质生产能力,致使穗粒数减少,空秆率增加,千粒重下降。

### (三)秋旱

秋季通常雨量较少,一般依靠雨季贮存在土层内的水分,就能满足玉米籽粒灌浆的需要。但是,有些年份夏季降雨不多,或雨季结束过早而出现秋旱。1950~1976年的27年中,秋旱发生的次数,华北为10次,西北为6次,东北为4次。川东北、鄂西北、豫南和陕南一带,8~9月份还易发生夏末秋初连旱,这时玉米正处于籽粒灌浆成熟阶段,需要大量水分进行干物质生产。故农谚中有“前旱不算旱,后旱减一半”之说。由于秋旱造成植株早衰,削弱叶片的光合效率,最后导致籽粒不饱满而减产。

## 二、玉米的耐旱能力

玉米通常被认为是比较耐旱的作物。它每生产1斤干物质约消耗368斤水,稍高于谷子和高粱,而比小麦、大麦和水稻少得多。所以,玉米能成为半干旱地区的主要栽培作物。

玉米的抗旱性主要表现在苗期。玉米的种子较大,贮藏的养料比高粱、谷子更耐较长时间的消耗。另外,玉米发芽后最初的几片叶相互包卷呈锥状,根茎又有较强的伸长能力,这些特点,可使因旱深播的玉米能较容易地克服土壤阻力而出苗。玉米出苗后,叶面积扩展缓慢,而根系发育较快,根冠比值大,有利于维持干旱条件下的水分收支平衡。另外,玉米的茎顶生长点大部分时间被紧密地包藏在多层嫩叶之内,而且拔节以前,又一直处在地表以下,不易直接受到干旱环境的损害。即使在叶片严重萎蔫,甚至部分叶片枯死的情况下,生长点仍然能保持活力,一旦水分供应恢复正常,它就能逐渐长出新的叶片。

玉米拔节以后,气温不断升高,叶面积迅速扩大,耗水量逐渐增加,其抗旱能力也相应降低,特别是开花期前后,是玉米一生中水分最敏感的时期。R. H. Shaw(1976)综合各国学

者的研究资料后指出,玉米在播后 50 天左右受旱,每天减产 3%;抽雄至抽丝阶段受旱,一般每天减产 6~7%,最多达 13%;籽粒灌浆初期干旱,减产幅度每天约为 4%。以后,随着成熟的接近,干旱对产量形成的不利影响也逐渐减少。

由此可见,玉米一生中不同阶段对干旱的反应也有所不同,所以不应该笼统地称玉米是抗旱作物。但在生产实践中,我们可以根据当地降水规律选择品种,调整播期,使玉米需水的生育时期能躲开常年发生于旱的季节。

### 三、旱地耕作保墒措施

土壤墒情取决于土壤水分的收入和支出。无灌溉条件的旱地,其水分收入只能靠天然降水;水分支出主要是叶面蒸腾、地面蒸发、渗透和径流。一切旱地耕作措施,都应有助于充分接纳和保存天然降水,以最大限度地减少地面径流和水分的渗漏、蒸发。我国农民在数千年的生产实践中,积累了丰富的抗旱保墒经验,最主要的有以下几点。

#### (一)深耕改土

降水量偏少并不是干旱发生的唯一原因。半干旱地区,一般施有机肥水平较低,土壤的矿化作用又比较强烈,多数土壤有机质含量少,物理结构差。由于接纳雨水少,雨后土壤板结,下层水容易上升蒸发。

为了增强土壤的蓄水保墒能力,可进行深耕,打破犁底层,加深活土层厚度,并结合增施有机肥料,以改善土壤结构。各地试验表明,深耕结合施有机肥一般可使土壤容重降低 0.1~0.2 克/厘米<sup>3</sup>,空隙度增加 3~5%,因而可以提高土壤的蓄水保肥能力。如果耕深由 3~4 寸增加到 8~9 寸,玉米一般可获得增产。

深耕能起到疏松土层和促进土壤熟化等作用,但也容易造成失墒。王家骥等 1979 年在黑龙江的研究表明,玉米播种至出苗阶段,留茬原垄(即免耕)0~30 厘米深处的土壤含水量显著高于秋耕地,保苗效果较好。湿度较差的高岗地,耕作次数越多,失墒越快,产量越低。所以,在底墒不足、秋冬季节雨雪稀少的地区,宜采用留茬耙地保墒的耕作方法。

#### (二)坑田和沟田

坑田和沟田又称“丰产坑”和“丰产沟”,在丘陵山区是一种历史悠久的抗旱栽培方法。它主要是通过局部深翻和集中施肥来加深耕作层,改良土壤的理化性质,为根系发育创造一个疏松透气、肥水充足的土壤环境。由于坑田和沟田的土层深厚疏松,含有机质较多,能够接纳更多的降水,此外,由于玉米根系发达,能更好地利用土壤深层水分,增强抗旱、抗倒能力。

**坑田** 具体做法是按要求行穴距划印挖坑,坑的长宽各 1 尺,深 1.5 尺。先将表层 7~8 寸的熟土挖出放在坑外,再将下层 7~8 寸的生土挖松,施入有机肥料并与土拌匀,最后取第二坑的表土填入。一般每亩挖 800~1000 个坑,每个坑穴种玉米 3 株。

**沟田** 做法与坑田类似。开始先用山地犁按 1.8 尺行距向左右各翻一犁,将表层 5~6 寸熟土堆放沟旁,施入肥料,再将下层 4~5 寸生土翻松,使粪土拌匀。最后挖第二沟的表层熟土填沟。

坑田和沟田一般均在秋耕后至封冻前进行翻挖。每亩施有机肥 5000~10,000 斤,过磷

酸钙 50~80 斤。土壤墒情不足时,有水浇条件的可进行造墒。为了减少地面径流,山坡地宜等高种植,并在地块四周筑埂截水。

### (三)耙耱保墒

耙地的主要作用在于破碎土块,平整土地,耙后耱地则能进一步粉碎坷垃,耱平地面,造成一个上虚下实的耕作层,以利保墒和种子发芽。据中国科学院北京土壤及水土保持研究所测定,耙地比不耙地的土壤除表土层稍干外,整个土层的含水量都有显著提高(表 13-1)。耙后又耱的土壤,坷垃少,干土层薄,干土层以下,土壤含水量高,保墒效果更好。

表 13-1 耙地和未耙地土壤墒情比较

(中国科学院北京土壤及水土保持研究所,1961,北京)

土 壤	处 理	不同土层(厘米)土壤含水量(%)			
		0~10	10~20	20~40	40~60
黑 土	耙地	21.6	27.5	29.6	—
	未耙	23.4	25.9	27.8	—
二 合 土	耙地	13.2	15.0	17.0	18.1
	未耙	14.8	14.9	14.4	16.3

北方无灌溉条件的地区土壤缺水,除特别潮湿的年份外,秋耕后一般都应及时耙耱保墒。春季土壤先从冻层上下开始解冻,表土解冻后,由于水分不能下渗而造成“返浆”。这些水分在春季干燥多风的气候条件下很容易被蒸发掉,而顶凌耙耱土地,则可在地表形成一个薄薄的覆盖层,减少水分蒸发达 4~7 倍。所以,北方地区“顶凌耙耱”,是一项极为重要的保墒措施。

冻土层完全融化后,土壤水分的运动不完全靠毛细管作用,而多以气态水扩散的方式进行。这时进行压耱,既可封闭土壤的裂隙,又能在表土以下形成一个紧实的间隔层,同时可防止气态水的扩散蒸发,起到提墒作用。

### (四)中耕保墒

中耕是玉米生育期间的基保墒蓄墒措施。中耕的作用在于松土、除草,改善土壤的通气性,促进作物根系发育和土壤微生物活动,并能切断毛细管,减少水分蒸发;同时还有利于积蓄雨水,减少地面径流,消灭杂草,降低水分消耗,促进玉米根系向土壤深处发展,提高玉米的抗旱能力。

## 四、抗旱播种技术

玉米单株产量较高,一般不利用分蘖成穗,故对密度的调节能力远不如稻麦。因此,根据品种特性确定合理的种植密度,争取一次播种全苗,是夺取玉米高产的重要关键。

我国玉米播种季节正值旱季,常因土壤水分不足而缺苗,这是影响玉米产量提高的一个重要因素。在长期生产实践中,我国各地农民因地制宜,创造了若干行之有效的抗旱播种技术。

### (一)抢墒播种

早春土壤解冻后,表层墒情较好,但因气温回升快,风力大,也容易失墒变干。为了避免跑墒,可把播种期提早 10~15 天,趁墒播种。例如,在黑龙江省南部,土壤返浆期在 4 月 20 日至 5 月 5 日,此时土壤水分充足,播种玉米出苗率高,成熟期一般可提早 4~5 天。

### (二)提墒播种

玉米播种前,表层干土已达 2 寸左右,而下层土壤墒情尚好时,可在播种前后及时压地,使土层紧实,增加种子和土壤的接触面,促进下层土壤水分上升。据 1980 年《北方抗旱技术》的资料介绍,河北省承德农业科学研究所试验,播前压地,可使土壤含水量提高 3% 左右,玉米出苗率增加 18.6%。

### (三)就墒播种

春旱较重,表层干土已 2~3 寸时,即需深种就墒。播种深度因气候、土质和品种特性而定;温度高、砂壤土和种子顶土力强时,可深播 2.5~3.5 寸;反之,宜适当播浅一些。深种的实质是要把种子播种在湿土层中,具体做法因地而异。也有采用套犁耢干种湿的,即先用犁耢开表层干土,然后在沟底再重犁一次,把种子播入湿土,适当浅盖。干旱多风地区,为防止播种层土壤失墒变干,可采用深种揭土法,就是把种子播入湿土层后,在播种行上深埋土,待种子萌芽扎根后,再顺垄揭去干土层,这样既能减少幼芽顶土的阻力,又可提高地温。

陕西省洛川县推广的明沟深种法,就墒效果显著。具体做法是,在耕耙保墒的基础上,播种时按行距向左右各翻一犁,深 5~6 寸;顺沟施肥后,用无壁犁串一次,使粪土混合。然后在沟里播种,深 2 寸左右,播后压实。定苗时在行间深刨 3~4 寸;待大喇叭口期(雌穗小花分化)结合追肥,进行深中耕培土,把播种行培成垄,行间的垄变成沟。故此法又称“沟垄易位种植”。其优点是播种后种子能利用沟底湿土发芽出苗,而且通过培土,增加了活土层,使根系分布在较深的土层中,从而提高了整个生育期间的抗旱能力。

### (四)造墒播种

土壤干旱严重,依靠其中的水分已不能保证玉米全苗时,可利用有限水源,局部造墒或挑水下种。如河北等省采用三湿播种法,即播前开沟浇水,每亩 200~300 担,然后播入浸湿的种子,其上再撒施湿润腐熟有机肥料;山西省西部丘陵地区则采用“把肥”抗旱播种法。即将压碎的玉米秸或高粱秆切成 4~5 寸的短节,每 10 节捆成一把,在粪水中浸泡 20 天左右,播种时按行株距深刨播种穴,每穴放入一个“把肥”,盖上一层薄薄的湿土,再播上浸湿的种子,然后覆土即可。“把肥”相当于一个“小水库”,又是秸秆还田的积肥坑。

水源比较丰富的地区,也可按玉米行距开沟浇水,然后将沟两边的干土填入沟内。待水渗湿后即可在沟的两侧播种,成为宽窄行种植方式。甘肃平凉地区的群众,冬季将冰块搬入田内挖坑埋下,待春季地温升高,冰块消融后再播种玉米或豆类等,亦属造墒播种之例。

### (五)等雨播种

长期干旱,难以用其他抗旱措施保证玉米出苗时,就要选用早熟玉米品种,待下透雨后及时播种。为了做到不误农时,应先按行距开沟,运粪到地头,雨后即可抢早播种。如果降雨太晚,错过了玉米的播种适期,则应改种其他早熟作物。



## 第二节 抗涝栽培

作物因土壤含水过多而危害其生长发育时,称为涝害。适于玉米生长的土壤湿度约为田间持水量的70~80%。干旱对玉米不利,水分过多也同样有害。

我国大部分玉米产区受季风性气候的影响,夏季降雨量一般约占全年总降水量的60~70%,而且降雨时间往往比较集中,致使土地积水成涝,这是影响玉米高产稳产的另一个重要因素。

### 一、涝害的发生及其危害

我国也频繁发生涝害,从公元前206年至1949年,全国先后发生较大的水灾1029次。建国以后,由于大力疏通河道,修建排水工程,洪涝灾害大为减轻,但仍有部分地区受灾。1949~1979年间,河北省受涝面积占36~56%;安徽省淮北地区出现涝灾35~50次;豫北、鲁西、苏北、京津一带及黑龙江省东部等地,涝害也经常发生。

造成涝害的原因,除了受降水的季节分配及地势影响外,还同降水的年变率及降水强度有密切的关系。例如,北京地区年平均降水量为631.4毫米,但超过800毫米的年份占20%,最大降水量的1959年竟达1406.4毫米,大体上夏涝约三年一遇,秋涝约五年一遇,其他地区也有类似情况。另外,北方地区的夏季还经常出现大雨和暴雨,最大日降雨量常超过100毫米,有时甚至达到200毫米以上,从而造成农田受淹或渍水,特别是低洼地区,即使在降水正常的年份,也可能因局部降雨偏多,造成涝害。

玉米全生育期的总需水量约400~600毫米,按季节分配6月份降雨87.5毫米,7月和8月份各112毫米较为理想。但是,北方地区7~8月份的降雨量往往偏多,易造成夏玉米芽涝及春播、套种玉米的正常授粉和籽粒灌浆。据梁国柱1980年分析,北京市顺义县玉米产量同7月中旬至8月中旬的降雨量呈显著的负相关( $r = -0.733$ );魏淑秋等1978年统计分析,河北省滦城县8月上旬的降水量每增加10毫米,玉米产量每亩降低5~6斤。

玉米受涝后,下部叶片枯黄,上部叶色变淡,植株生长缓慢,开花成熟期延迟,对营养体和结实器官均有明显影响。山东省泰安地区1978年6月下旬至7月中旬共降雨300~400毫米,使150万亩玉米受涝,导致严重减产。北京地区1959和1969年两次涝害,玉米总产分别减少43.8%和36.7%。

### 二、涝害减产的原因

水和空气都是植物不可缺少的生活要素,但在土壤中二者是相互排斥的。在正常情况下,土壤空隙内充满空气;其中含氧20.06%,含二氧化碳0.25%,高于大气中的含量,基本上能满足根系正常生长的要求。如果土壤含水过多,就会影响通气而造成缺氧的环境。而每克土壤内有数以亿计的微生物,以及每平方米耕层土壤约有3.5公斤风干重的根系,这些土壤生物的正常生命活动,均需吸收氧气,同时要不断从其周围环境中清除掉新陈代谢的废物,如二氧化碳等。这两个过程都要靠经常的土壤通气才能实现。

水分本身对植物并无害处,水培法早已应用于实践。涝害的实质,在于多余的水分排挤掉了土壤空隙中的空气,从而产生了一系列不利于作物根系和土壤微生物生存的条件,其主要表现如下:

### (一)抑制根系的生长

生命活动同呼吸作用紧密地相互联系着,生长以及与生长有关的过程都要消耗能量,而能量在呼吸过程中,也就是在有机物的氧化分解作用中产生的。就玉米的根系而言,每形成一克干物质约需吸收 0.38~1.37 毫克氧。大部分旱生植物,适于其根系生长的土壤空气含氧量应为 10~15%,因此只有结构良好的土壤才具备这种条件。受涝的土壤,空气被水排出,仅少量氧气溶解在水中,由于缺少植物呼吸所需要的氧气,因而根系生长非常缓慢。如果缺氧时间过长,根系则会受害而变黑死亡。根据北京市农业科学院作物研究所的研究,夏播玉米在二叶一心时淹水 3 天后,主根长度减少 52.1%,次生根长减少 56.2%,根系体积缩小 52.2%,根系干重下降 53.5%,直接影响根系对养分、水分的吸收能力和地上部的生长。

### (二)影响根系的吸收和呼吸能力

植物根系细胞液内营养元素的浓度,比周围环境要高得多,因此,根系必须消耗能量才能克服浓度梯度的阻力,从较稀薄的根外溶液中吸收所需的离子,但缺氧环境会抑制根的呼吸,难以提供足够的能量。此外,土壤中过多的二氧化碳也会促使根毛木栓化,从而降低养分的渗透性。缺氧还会降低根压,影响养分向地上部运输。Lai 和 Taylor 发现,改善涝洼地的排水,会增加根系对 N、P、K 和 Zn、Cu、B 的吸收,而对 Al、Fe 和 Mo 的吸收量则减少。Brouwer 和 Wiersum 也指出,一旦玉米根系的通气停止,根系伸长及其对 N、P、K 的吸收几乎降到零值,受涝植株内各种营养元素的含量都显著降低,而表现出黄叶、红鞘等缺素特征。另外,缺氧会降低根系对水分的吸收,在通气不足时,玉米的蒸腾量一般要减少 40%。所以,在含水饱和的土壤上,玉米往往会出现叶片萎蔫的症状。

温度对涝害有很大的影响。高温可降低氧气在水中的溶解度,刺激根系及土壤微生物的呼吸作用,会加剧需氧和缺氧之间的矛盾。北京市农业科学院 1980 年试验,玉米种子萌发期间淹水 2~4 天,土温在 20.5℃ 时出苗率为 77.2%,土温升到 26.8℃,出苗率下降至 30.74%。再如京早 7 号在春季低温条件下,苗期淹水 10 天后,叶色没有明显变化,而在夏季大雨过后,地面积水,如天气突然转晴,由于水温过高,淹水 2~3 天的植株下部就会出现黄叶,导致减产甚或死亡。因此,群众认为,在这种情况下玉米是被高温的积水“烫死”的,这一点尚有待于用试验加以证明。

### (三)减少土壤有效养分的含量

土壤的供肥能力同土壤微生物的活动有密切关系,当涝害发生时,不但会造成硝态氮等速效养分的流失,而且还会显著影响土壤微生物的活动。如果土壤缺氧,好气性微生物的活动受到抑制,则有机质就不能被分解并释放出植物所需的各种有效养分。此时嫌气性微生物的活动占优势,它们可以把硝态氮还原为游离氮而挥发。所以,缺氮是一切受涝土地的共同特征,也是受涝作物叶片发黄和生长缓慢的原因。

### (四)增加有毒物质的积累

在长期浸水、通气性不良的土壤上,嫌气微生物为了自身的呼吸,不得不夺取氧化物中的氧,以代替空气中的氧,结果便产生了甲烷、氨、硫化氢、氧化亚铁和低价的锰等有害还原物质,积累到一定程度,根系就会中毒发黑,这就是有害物质影响的结果。另外,在缺乏游离氧时,由于细胞尚能进行缺氧呼吸,植株并不立刻死亡,这是植株在涝害条件下争取生存的一种生理适应性。但是缺氧呼吸首先是呼吸基质的利用极不经济,同样是一个摩尔的葡萄糖,在有氧呼吸时可产生 674 千卡热能,而缺氧呼吸时只提供 25 千卡,比前者大约少 26 倍,所以,受涝植株内营养物质消耗很快,如不及时排水,会因饥饿而死亡。其次,缺氧呼吸所产生的酒精,累积到一定程度就会引起细胞中毒。

总之,涝害往往由于阴雨、光照不足而削弱叶片的光合作用,减少干物质积累;尤其在潮湿的土壤上,地温较低,杂草滋生,某些病菌大量繁殖,致使玉米根腐病、叶斑病的为害加重,导致减产。

### 三、玉米的耐涝性

玉米喜欢土层深厚、疏松通气的土壤,其根系对通气有较高的要求,但也具有一定的耐涝能力。

日本学者但野利秋等试验,列举出 17 种作物的耐湿性顺序。即水稻>洋葱>大豆>玉米>小麦>小豆>胡萝卜>豌豆>茄子>茼蒿>黄瓜>饲用甜菜>辣椒>菜豆>白菜>萝卜>球茎甘蓝。

印度的 Joshi 和 Dastane 发现,玉米在种子发芽和幼苗期比高粱和蜡烛稗还耐涝;它的种子在自来水中浸泡 4 天后还能保持 95.2% 的发芽率,而高粱和蜡烛稗的发芽率却只有 68% 和 83%。

北京市农业科学院作物研究所 1979~1981 年的研究,夏播京早 7 号在不同生育期(地面保持 10 厘米水层)淹水 3 昼夜,未发生死苗,只是拔节以前受涝对营养生长有较明显的影响。在同一试验中,当水层淹没 3 叶龄的玉米幼苗时,经 3~4 天即会死亡。但只要有一部分叶片露出水面,虽然生长发育受到严重影响,但却能继续生存下去。

玉米的耐涝性同它的某些生物学特性有关。象水稻、甘蔗和许多沼生植物之所以能在长期积水的条件下生存,其原因并不是这些植物不需要氧气,而是由于它们体内具有发达的通气系统——气腔。通过这些气腔,大气中的氧不但能够由叶片、茎秆输送到根系,而且能被分泌到根际的土壤中去,从而防止还原性有毒物质的产生。玉米的根系皮层在通气不良的情况下也具有形成气腔的能力。气腔的体积约占根系体积的 9.5%,虽然远不如水稻(36.3%),但却超过大麦(3.6%)、蚕豆(6.8%)等作物。京早 7 号玉米于北京夏播,在正常生长的条件下,根系皮层充满了球状的薄壁细胞,一旦受涝,根系会很快变得短粗而疏松,里面产生了巨大的气腔。不同玉米品种和自交系之间,气腔体积有着明显的差异,这同抗涝性存在着一定的联系。

玉米比较耐涝的另一个原因,在于土壤通气不良时,次生根有早发和多发的趋势(表 13-2)。

玉米的节根同胚根相比,其特点是比较接近地面,容易获得空气,而且气腔也比种子根

表 13-2 玉米苗期淹水对单株次生根生长的影响

(北京市农业科学院作物研究所, 1979, 北京)

项 目 \ 时 期 处 理	出 苗			二 叶 一 心			四 叶 一 心		
	对 照	积 水	饱 和	对 照	积 水	饱 和	对 照	积 水	饱 和
次生根层数	1	2	2	2	3	3	3	4	3
次生根条数	3.9	4.8	5.1	7.9	10.0	9.4	8.7	13.9	12.1
主根根长(厘米)	30.1	12.9	14.2	39.4	24.4	28.6	61.3	55.8	50.0
次生根长(厘米)	8.1	5.8	6.5	10.9	6.7	7.7	28.0	13.6	15.9

\* 品种为京早 7 号, 淹水 5 天。

发达, 便于从地上部得到氧气。从器官发生的顶端优势看, 受涝后节根的发生, 可能同胚根及原有节根生长受到抑制有关。同时从气生根上也可观察到受淹后, 气生根有大量增加的现象。即成熟前不淹水作对照的气生根平均为 1.65 条, 而大喇叭口期和抽雄期淹水 3 昼夜的平均单株气生根分别为 42.2 和 33.1 条。

玉米受涝后根系的明显变化是一反其向地生长习性, 呈弯曲向上生长, 并在潮湿地表上布满无数的小白根, 这就是群众所说的“翻根”现象。根系在形态和解剖学上的这些变化, 无疑是玉米受涝后为改善通气状况而产生的一种适应性反应。

玉米的耐涝性还同生育阶段及环境条件有关。在玉米一生中, 最怕涝的阶段不是在纯营养生长的苗期(三叶展), 而是在拔节期。苗期受涝后只要及时管理, 一般都能迅速恢复生长。而拔节期受涝对雌穗分化有较大的影响, 致使穗粒数明显减少。大喇叭口期以后抗涝性逐步增强, 地面积水经过 3 昼夜, 如能及时排出, 对产量的影响不甚明显。河南新乡和北京郊区, 于麦收后在套种玉米行间栽插水稻的经验, 也证明了这一点。

土壤肥力, 特别是有效氮的含量, 同涝害也有密切的关系。缺氮是受涝土壤的共同特征, 故增施氮肥, 提高地力, 可以增强玉米的抗涝能力。这一点将结合下面的抗涝措施做进一步讨论。

#### 四、提高玉米抗涝性的措施

涝害对玉米的不利影响, 最根本的原因是土壤缺氧。因此, 一切抗涝措施, 归根到底都是为了防止或排除土壤积水, 进而提高植株对涝害的抗御能力。通常采取的措施主要有下述几种。

##### (一) 挖沟排水

涝害的形成, 是气候、地形、土壤质地和水文地质等自然因素综合作用的结果。在涝害发生频繁的地区, 除了夏季降水过于集中以外, 通常还具有地势低、地面坡度小、地下水位高等特点。因此, 集中降水以后, 由于地面径流慢, 大量水分渗入土壤, 致使地下水位提高, 表层渍水。黄淮海平原的黄河、海河等河流, 由于泥沙淤积, 河床抬高, 很易发生侧渗而使两岸农田受涝。东北的三江平原及其类似地区, 地势平坦低洼, 土质粘重, 有的耕作层下还有一

层粘土或砂姜层,大雨后水分很难下渗,致使土层中含水过多,造成涝害。

修建干、支等骨干排水工程,使田间排水沟系配套,把垄沟、毛沟、斗沟同田外的支、干沟联成一体,是解决涝害的根本措施。

### (二) 垄台栽培

低洼易涝地区,为了加速排水和改善根系的通气条件,常将农田挖沟起垄,把玉米种在高垄台上。

垄作是我国东北地区的传统栽培方式,它在春季可提高地温,夏秋季节又利于排水。我国南方,以及印度北部和东南亚的一些国家,一般采用畦作。田内每隔一定距离挖一条宽约8寸的小沟,并与田外排水沟相通,提高了田内排水能力。由于玉米是种在垄背或畦面上,种子发芽和根系发育都能得到较好的通气条件。据印度 Joshi 和 Dastane 1960~1961 年试验,垄作玉米平均比平作玉米增产 22%,根系干重提高 30%。

台田是山东、河北和黑龙江等省低洼盐碱地区常用的一种栽培方法,它兼有防涝和洗盐的作用。通常的做法是:将土地按一定长宽比例,修成长方形条田,田面约高出地面 5~6 寸,周围再挖宽 3 尺、深 1.5~2 尺的排水沟。台田的形状依地势、土质而定:涝害重的地区,台田要窄而高;涝害轻的地区,则可适当增加台宽,降低台高。北京郊区某些低湿地区,群众也有将土地挖低填高,修成高低畦相间的条田的习惯,台上种玉米,台下栽水稻,使两种作物在用水上趋利避害,各得其所。

### (三) 合理安排播期

玉米一生中不同生育时期对涝害的反应各不相同。北京市农业科学院和印度 Joshi 等人的试验都表明,玉米在生育前期比生育后期更怕涝。因此,可通过调整播期,避开玉米最易发生涝害的季节。例如,华北地区的雨季通常从 6 月下旬或 7 月上旬开始,7 月下旬至 8 月上旬是易涝期,夏玉米应抢早播种或采用麦垄套种,争取在涝害发生以前玉米已拔节长高,以提高对涝害的抵抗能力;涝洼地的春玉米则宜采用早熟种早播的办法,使玉米最怕涝的时期处于干旱季节,而当雨季到来时已经基本上接近成熟。

### (四) 选用抗涝品种

玉米不同品种之间的抗涝性互有差别。Suraj Bhan 在人为淹水条件下鉴定 7 个玉米品种的抗涝性,发现品种间差异明显,每亩产量最高和最低相差百斤以上。杂交种一般比农家品种植株健壮,根系发达,根的内气腔较多,酒精含量亦低,较耐涝害。

经过自然鉴定,北京、广西等地区初步筛选了一些比较抗涝的品种,如京杂 6 号、京早 7 号单交种和“墨白”综合种等。事实说明,开展遗传育种的研究工作可能是提高玉米抗涝性的一条很有希望的途径。除从现有材料中筛选出一批较抗涝的杂交种用于生产外,开展系统的抗涝育种工作应当引起重视。

### (五) 增施肥料

受涝土壤由于缺氧的影响,土壤有效养分含量降低,根系吸收能力减弱。因此,增施肥料是改善土壤养分供应状况、减轻涝害的一项有效措施。Ritter 和 Beer 1969 年发现,玉米株高 15 厘米时,淹水 72 小时、48 小时和 24 小时,缺氮地块分别减产 32%、22% 和 18%,而含氮量高的地块,一年减产 19~14%,另一年减产 5% 以下;玉米株高 76 厘米时,淹水 96

小时和 24 小时, 缺氮地块分别减产 30% 和 14%, 而含氮量高的地块, 甚至淹水 96 小时, 减产也不明显。

北京市农业科学院试验指出, 增加基肥和氮素化肥的追肥量, 能明显地改变夏玉米苗期受涝后的生育状况, 增产效果显著(表 13-3)。

表 13-3 施肥水平对苗期受涝玉米产量的影响\*

(北京市农业科学院作物研究所, 1981~1982, 北京, 未发表)

基 肥	追肥量 (斤/亩)	1981 年	1982 年	平 均
不施	0	573.7	700.6	637.2
	30	646.8	804.4	725.6
	60	716.3	848.9	782.6
施	0	669.2	784.6	701.9
	30	717.4	817.3	767.4
	60	737.5	828.6	780.6

\* 基肥每亩施氮、磷、钾(15:15:12)复合肥 60 斤和硫酸铵 30 斤, 追肥均为硫酸铵。

生产实践证明, 施肥对减轻涝害有重要作用。玉米受涝后, 除抓紧排水、中耕外, 还要十分重视增施速效性氮肥, 以促使植株迅速生长。河北高阳县的农民在玉米田间积水尚未完全消退以前, 就抓紧追施速效氮肥, 效果显著。

### 第三节 抗 冷 栽 培

我国地处高纬度的黑龙江、吉林两省以及辽宁省东部和西北部山区, 无霜期短, 温度低, 热量资源同玉米本身需要之间的矛盾比较突出, 产量与热量条件呈明显的正相关。这些地区年际间热量稍有减少, 就难以满足玉米生长发育的要求, 使其不能正常成熟, 而成为冷害年。华北的一些高寒山区种植春玉米时, 也常因春旱推迟或因秋霜提早来临等原因, 致使玉米遭受霜冻而减产。

#### 一、低温冷害的发生及其危害

低温冷害是东北地区最常见的自然灾害。据黑龙江省统计, 1949~1980 年全省共发生低温冷害 8 次, 最近 10 年发生 4 次, 每次粮食减产 20~30%。

玉米是东北地区单产较高、种植面积较多的作物, 由于冷害的影响, 产量变动幅度大, 每次冷害一般约减产 15~20%。七十年代处于低温周期, 加上盲目扩大晚熟玉米品种, 低温冷害发生频率有增加趋势, 平均 2~3 年出现一次。黑龙江和吉林两省近十几年来来的三次低温, 每次玉米减产都占当年粮食作物总减产量的二分之一左右。

低温冷害有两种类型: 一种是为害生殖器官的冷害, 另一种是延缓生育期的冷害。前者指的是农作物在生殖器官发育期间遭受低温, 致使花粉败育, 受精结实不良。后者系指农作

物在生育期间因积温不足而推迟抽穗开花和籽粒灌浆,最后因受霜冻而全株死亡或形成秕粒,导致减产。东北地区低温主要出现在6月份和8月份,因而严重威胁玉米生产的是延缓生育期的冷害。

开花至成熟阶段是玉米籽粒产量形成最重要的时期,在这一段时间内,玉米生产了约占最后地上部总干重三分之二的干物质和80~90%的籽粒。低温冷害减产的主要原因在于它明显地缩短了玉米籽粒的灌浆期,减少了这一时期的有效积温,迫使植株在籽粒灌浆和成熟以前死亡。

## 二、玉米不同生育阶段对低温的反应

玉米不同时期出现的低温对其生长发育有不同的影响。黑龙江省农业科学院1977年以黑玉46玉米杂交种为材料,通过异地种植,分析了温度对玉米出苗到抽丝的影响(表13-4),结果看出,此期日平均温度每低1℃,抽丝约延迟8天左右。抽丝晚的比抽丝早的玉米,每穗粒数差别不大,但百粒重却明显降低。

表 13-4 温度对出苗至抽丝期日数的影响

(黑龙江省农业科学院,1977年)

地 点	出苗期(月/日)	抽丝期(月/日)	出苗~抽丝		日平均温度℃	每穗粒数	百粒重(克)
			日数	≥10℃积温			
哈尔滨	5/15	7/18	64	1289	20.1	558	26.4
密 山	5/17	7/27	71	1365	19.2	565	19.0

东北农学院1978~1979年在纬度相同,但海拔高度分别为170米、350米和870米的三个地点,观察温度对玉米前期生育的影响,结果发现,5叶期以前低温对玉米生育的影响,不如对8叶期以后的影响明显。例如,5叶期在平均气温相差3.5℃的条件下处理10天,抽雄期只相差1天;8叶期在平均气温相差4.1℃的条件下处理10天,抽雄期相差4天;14叶期在平均气温相差1.3℃的条件下处理10天,抽雄期相差3天。

抽丝期的早晚是玉米生育前期热量供应状况的综合反映,也是决定玉米能否正常成熟的一个关键因素。东北地区8月中旬以后气温逐渐下降,抽丝较晚的玉米,籽粒灌浆期正处在较低温度条件下,因而增加了灌浆所需要的时间。抽丝期较晚的玉米是否会遭受冷害而减产,还要看抽丝后灌浆期间的气温条件,如果后期气温较高,基本上能弥补前期因积温不足而造成抽丝延迟的不良影响,一般不致减产或减产较轻;而后期气温低的年份,则减产严重。

吉林省农业科学院1950~1975年在公主岭对玉米生育期间各阶段日平均气温同产量关系的分析中,发现8月上、中旬籽粒灌浆期间的温度对产量影响最大。该期历年平均气温分别为23.5℃和22.2℃,温度每升降1℃可使玉米亩产增减4斤。黑龙江省农业科学院1980年在玉米抽雄至成熟期间气温对籽粒产量影响的研究中指出,此期的实际积温与某一品种所需要的积温每差100℃,籽粒产量即降低12%左右。因此,可以认为8月份的气温是

东北地区气候生态上玉米冷害的临界期。

### 三、低温冷害的防御措施

玉米生产上的冷害,主要表现在抽丝期推迟,籽粒灌浆不足,粒重降低,但发生问题的根源往往在生育前期。因此,除了根据各地的热量条件,选用适宜的品种外,主要是在前期采取一系列促进生育的栽培技术措施,使玉米早开花,尽可能延长籽粒灌浆的时间,达到“秋霜春防”的目的。

#### (一)搞好品种区划,做到因地种植

国内外大量试验资料表明:在籽粒达到生理成熟以前,灌浆期每延长1天,大约可增产2.5~3.0%。因此,保证灌浆所需要的时间,是充分发挥籽粒生产能力的一个重要因素。

由于各地气候差异较大,同一品种在不同地区种植,其熟期和产量均有较大的差别,有的因熟期延迟而遭受冷害;有些地区为了追求高产而盲目扩种晚熟品种,也是加重低温冷害的一个重要原因。因此,搞好品种区划,因地制宜地选用早熟或能在当地正常霜期前10天成熟的良种,是抗御低温冷害、实现高产稳产的一项重要措施。

1980年,黑龙江、吉林和辽宁三省农业科学院以及其他单位,根据以热量为主的综合指标,制订了东北地区农作物品种简明综合区划,共分下列7组:

品 种 类 型	全 生 育 期 积 温	生 育 期
极 早 熟	1900~2000°C	<100 天
早 熟	2000~2100°C	100~105 天
中 早 熟	2100~2300°C	105~115 天
中 熟	2300~2500°C	115~125 天
中 晚 熟	2500~2600°C	125~130 天
晚 熟	2600~2800°C	130~135 天
极 晚 熟	>2800°C	>135 天

同一品种,在不同肥力土地上的生育日数及所需 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温数,是不同的。一般高肥地表现生育期短,所需积温少;低肥地生育期延长,所需积温增多。吉林省农业科学院试

表 13-5 土壤肥力对玉米生育期的影响

(吉林省农业科学院,1978~1980,公主岭)

土 壤 肥 力			抽丝期	成熟期	出苗~抽丝		抽丝~成熟		全生育期	
类别	水解氮含量 (ppm)	速效磷含量 (ppm)	(月/日)	(月/日)	日数	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温	日数	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温	日数	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温
高	53.0	139.0	7/22	9/20	68	1431.8	59	1177.6	127	2609.4
中	45.9	74.6	7/27	9/29	74	1589.6	62	1125.9	136	2715.5
低	36.5	10.5	8/3	(10/3)*	78	1676.8	(62)*	(1086.2)*	(140)*	(2763.0)*

\* 括号内数字系估计值。



验表明: 中晚熟种吉单 101 在高肥和低肥地上, 生育日数相差 10 天以上, 活动积温相差  $150^{\circ}\text{C}$  以上(表 13-5)。试验结果说明, 该品种在高、中肥力区, 霜前可正常成熟; 而在低肥力区, 霜前不能成熟, 宜改种生育期 125~130 天(要求  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $2600^{\circ}\text{C}$  左右)的中熟种吉单 102 或吉双 83。因此, 在考虑因地种植品种的时候, 不但要看当地的热量条件和各品种对积温的要求, 而且还应考虑每块地的土壤肥力。

培育抗御低温的早熟高产品种, 从长远观点看来具有特别重要的意义。通常早熟和高产之间存在一定矛盾, 可通过不同途径, 提高品种的抗寒性, 使其能在较低的温度条件下发芽、生长; 培育植株较矮、叶片上冲的品种, 依靠增加密度获得高产; 在不延长总生育日数的前提下, 使开花期适当缩短, 并尽可能延长开花至成熟的时间, 以充分发挥后期干物质生产的优势。

### (二) 适时早播, 缩短播种期

适时早播是在适宜播种期以前适当提早播种, 以使大部分耕地在适期以内播完。从东北地区春季土壤温度和水分变化看, 适时早播有利于抢墒播种, 保证全苗, 又可使玉米出苗提早到 5 月 15~20 日, 才能在安全抽穗期抽丝, 在霜前正常成熟。例如, 黑龙江省玉米播种的适期过去认为以 5 月 5 日至 5 月 15 日为好, 适宜的温度范围为  $8\sim 13^{\circ}\text{C}$ 。但近几年来试验表明, 4 月下旬播种更有利于实现早熟高产。黑龙江省农业科学院 1977~1979 年异地分期播种试验和人工气候箱内的种子萌动试验, 初步认为玉米种子开始萌动的下限温度为  $7^{\circ}\text{C}$  左右, 而且品种间的差异不大; 在哈尔滨地区的播种期试验, 4 月 20 日播种的田间出苗率接近种子发芽率; 4 月 20~30 日播种的, 出苗期在 5 月 15 日左右, 而且处理间差异不大; 5 月 5 日以后播种的出苗期差异较大, 一般比 4 月下旬播种的晚出苗 5~7 天。因此, 气温稳定通过  $7^{\circ}\text{C}$  时即可开始播种玉米, 其适宜播种期约在 4 月 20 日至 5 月 5 日。

吉林省农业科学院 1978~1979 年在公主岭高肥力地区试验, 玉米的播种期以 4 月 30 日的产量为最高, 其适宜播种期亦为 4 月 20 日至 5 月 5 日, 此时 5 厘米土层地温为  $8\sim 14^{\circ}\text{C}$ 。低肥力土壤由于玉米生育缓慢, 播种期还应适当提早。但是, 过早播种种子吸水后长期处于低温多湿条件下, 易感染病菌而丧失发芽率, 很难达到提早出苗的目的。所以早播必须选用抗病品种, 进行药剂处理种子。

微量元素和激素处理种子, 可增强玉米抗低温的能力, 在早播条件下有促进早出苗和提高大田出苗率的作用。根据哈尔滨师范学院 1978~1979 年的试验, 用 0.025~0.1% 的锌、钼、钴等微量元素溶液处理种子 24 小时, 能调节种子萌发时期的呼吸代谢, 对淀粉酶总活性也有明显的激活作用, 在抗低温、促萌发上有一定的效果。

玉米的适宜播种期主要应根据各地的气温和土壤墒情确定。东北北部平原和南部山区, 早春气温低, 土壤墒情较好, 一般可采用早熟品种于 5 月中旬播种; 西北地区比较干旱, 4 月上、中旬即可抢墒播种。另外, 缩短播种期在抗冷栽培中也有重要的意义, 为此, 应提前整地保墒, 扩大机播面积, 缩短播种期, 力争做到一次播种一次全苗, 为早熟高产奠定基础。

### (三) 提高土壤肥力, 采取以促为主的施肥技术

在肥沃的土壤上, 玉米生长快, 开花早, 即使遇到冷害年, 产量也比较稳定。许多在灾年连续增产的事实表明: 增施肥料, 培养地力和实行灌溉, 是抗御低温冷害的根本措施。提高土

壤肥力,主要是通过增施有机肥料、秸秆还田和种植绿肥等途径,以增加土壤有机质的含量。这需要较长时间的努力,目前对中、低肥力土地,则需采取促进壮苗早发的施肥技术。

1. 施用种肥 早春季节地温较低,土壤有机质分解慢,玉米根系不够发达,吸收能力较弱。播种时如沟施有机肥料和氮磷化肥,可以促进幼苗生长,达到早熟增产。据吉林、黑龙江等地 1978~1980 年的试验,施用氮、磷种肥,玉米成熟期一般提早 3~4 天,积温可减少 50~60°C,增产 25~30%。种肥的增产效果在春季气候冷湿的年份特别明显,而在干旱年份其增产效果则很差。种肥能促进早熟增产的原因,主要是加速了叶片生长,从而使籽粒灌浆提前到高温季节,以便有比较充分的时间积累养分,增加粒重(表 13-6、表 13-7)。

表 13-6 氮、磷种肥对展开叶片数的影响

(吉林省农业科学院, 1978~1980, 公主岭)

处 理 \ 月/日	5/30	6/8	6/19	6/29	7/11	7/20	7/24
氮、磷种肥	2.3	4.8	6.7	9.6	12.6	17.5	20.0
对 照	2.3	4.2	6.6	9.0	11.6	16.0	18.6

表 13-7 氮、磷种肥对百粒重(克)的影响

(吉林省农业科学院, 1978~1980, 公主岭)

处 理 \ 月/日	8/15	8.25	9/4	9/14
氮、磷种肥	5.68	14.58	22.12	26.62
对 照	2.79	12.76	20.30	24.42

2. 早施氮肥 氮肥除与磷肥混合作种肥施用外,早期追肥可以促进玉米叶片生长。总叶数为 20 片的玉米品种,中层叶片(第 13~15 叶)在 10 叶全展时定长,上层叶片(第 16~18 叶)在 12 叶全展时基本上定长。在 6 叶全展时施用氮肥,对中层叶片可起促进作用;8 叶全展时追肥,对上层叶片的生长也有促进作用;到 10 叶全展时追肥,对叶片生长已无促进作用;推迟到抽丝期前后追肥,对产量的提高已不发生作用。故氮肥以早施为宜。

除此而外,及早定苗,及时中耕除草等田间管理工作,也是减轻低温冷害的必要措施。

#### (四)合理密植

采用早熟品种、提早播种、适当增加密度,是实现早熟高产的重要措施。但是,随着密度的加大,单株获得的光、温、肥、水等也相应减少,因此,过度密植易遭致晚熟减产的后果。据吉林省农业科学院 1979~1980 年的调查,在高、中肥力的土地上,玉米每亩密度由 2333 株增加到 3000 株时,抽丝期延迟 1 天;增至 3666 株时延迟 2 天;增至 4333 株时延迟 3 天。大体是密度每增加 1000 株,抽丝期延迟 1 天。在低肥力土地上,也有类似的现象,每亩密度由 2000 株增加到 3666 株时,抽丝期延迟 3 天。

玉米增加每亩种植密度后,还会降低籽粒的灌浆速度。例如,在抽丝后 20~40 天的灌浆盛期内,籽粒的灌浆速度,每亩 2333 株的为 0.657~0.833 克/百粒/日,而每亩 4333 株的为 0.610~0.786 克/百粒·日。因此,在热量不足的地区确定玉米种植密度时,要使产量及成熟度得到兼顾,在产量大致相同的密度范围内,宜采用较小的低限密度。

#### (五)调整播深,适当进行镇压

在北方地区春播的条件下,随着播深的增加,地温相应降低,而出苗的时间延长。据吉林省农业科学院 1980~1981 年试验,播深 2~3 厘米比 5 厘米的,出苗期提早 6~9 天,抽丝期提早 2~3 天。所以,当表土层水分充足时,宜适当浅播;如果土壤墒情较差,则可采取深播浅盖的播种方法。

土壤的紧实度、导热性,和土壤含水量有密切的关系。春季土壤水分较足的地区,紧实土壤比疏松土壤的温度高;而在水分不足的地区,紧实土壤的表层含水量比较高,硝态氮含量也明显增多,这对种子发芽、根系发育及幼苗生长都是有利的。据吉林省农业科学院马寿等 1980~1981 年调查,在公主岭地区,较紧实的土壤 5 厘米土层的日平均温度比疏松土壤高 0.52°C,0~5 厘米土层的硝态氮含量增加 75.6%。当地土壤的有机质含量在 2% 左右。玉米播深 3 厘米,播后适当镇压,使土壤容重达到 1.25 左右时,种子周围土壤的水分、温度和养分都处于较为有利的状态。因此,玉米出苗早,幼苗生长迅速而健壮。

### 第四节 抗盐碱栽培

我国共有盐碱地 4 亿多亩,已开垦利用的仅 1 亿亩。盐碱地主要分布在新疆、青海、宁夏、内蒙古、黑龙江等干旱内陆,黄淮海平原的低洼地,以及从辽宁至广东的滨海地区。这些地区一般地势平坦,土层深厚,地下水源丰富,有的土壤潜在肥力较高。但是,由于土壤含盐分偏高,往往影响玉米的种子发芽和生长,使生产潜力未能得到充分发挥。因此,研究盐碱土的改良利用和相应的耕作栽培技术,具有重要的意义。

盐碱土通常分为两大类型:以含氯化物和硫酸盐为主的土壤,称为盐土;而当土壤中的盐分以碳酸钠和重碳酸钠为主时,则称为碱土或盐碱土。实际上各种盐类在土壤中往往是混合存在的,故习惯上总是把含盐分偏高的土壤通称盐碱土。

盐碱土不仅含盐量偏高,而且还具有土壤结构差,地温低,透水、透气性不良和养分含量少等特点;粘质盐碱土湿润时非常胶着粘滑,干旱时又很容易板结,均不利于玉米生长。

#### 一、土壤含盐分过多的害处

##### (一)生理干旱

多数农作物根系的渗透压比较低,通常为 2~3 个大气压,高的可达 5~10 个大气压。当土壤含盐分过多时,土壤溶液的渗透压也随之提高,从而增加了种子和根系吸水、吸肥的困难。一般当土壤含盐量超过 0.2~0.25% 时,作物就不能正常生长。当土壤含盐量过高时,甚至可能出现细胞组织水分外渗的现象。此外,在盐碱化土壤上,作物叶片的蒸腾强度成倍增加,因而加剧了水分的亏缺。所以生长在盐碱地上的作物,一般都比较矮小,叶色暗

绿,呈现出缺水受旱的形象。

### (二)单盐毒害

在正常情况下,各种无机盐类在土壤溶液中是按比例均衡存在的。如果土壤中某种离子含量过多,就会产生离子不平衡的土壤溶液,造成单盐毒害,轻则破坏作物的正常营养,重则发生死亡。盐碱土中钠离子数量占优势时,它的竞争能减少作物对钾离子和其他离子的吸收,甚至可以把钾离子从细胞液泡中代换出来。氯离子也会限制磷酸根的吸收及其向叶部的转运。

盐害还会破坏叶绿体内蛋白质的合成,削弱叶绿素的蛋白质的结合,造成叶片失绿,使植物体内积累了大量含氮的代谢中间产物,其中氨是有毒的,氨基酸中的四羟基脯氨酸、异亮氨酸、酪氨酸、丙氨酸等,对玉米、小麦、烟草的幼苗有毒害作用。约十多种氨基酸,在含量过多时会抑制根系生长。

## 二、玉米的耐盐性

玉米属于较不耐盐的作物,它在中度以上的盐碱地上不能生长。玉米耐盐碱的程度不如甜菜、向日葵、高粱、棉花、黑豆、苜蓿,但比谷子、绿豆、大豆、花生和马铃薯耐力强。我国农民群众在长期实践中积累了一套因土种植的经验,主要是在轻度盐碱地上种玉米和小麦;在中度盐碱地上种高粱、棉花和大麦;而在重盐碱地上种向日葵和甜菜。

据北京市农业科学院的鉴定,玉米幼苗在土壤耕层含盐量低于0.18%时生长正常;含盐量0.18~0.30%时生长明显受阻;含盐量高于0.30%时就停止生长(表13-8)。

表 13-8 几种作物苗期耐盐力指标(含盐分%)

(北京市农业科学院土肥研究所,1963~1964,北京)

作物	生长情况		
	生长正常	显著抑制	不能生长
谷 子	<0.13	0.13~0.25	>0.25
小 麦	<0.15	0.15~0.25	>0.25
玉 米	<0.18	0.18~0.30	>0.30
高 粱	<0.25	0.25~0.50	>0.50
棉 花	<0.30	0.30~0.60	>0.60

在一些盐碱并存、碱性较强的盐碱地上,玉米的耐盐度还与碱的危害有关。例如,安徽淮北的花碱地, pH 值达到 8.0~8.5,玉米的耐盐(氯盐)度则小于 0.02%。

玉米受盐害减产的程度取决于一系列因素,如生育期、根层土壤中盐类的性质和浓度、根系接触盐分的程度及时间等。总的来说,玉米在种子发芽期间具有相当高的耐盐能力,在一定范围内,提高含盐量只是延长发育的时间,但对出苗率无明显的影响。Joshi 和 Das-tane 1965 年曾在深 20 厘米的 2% 食盐溶液内进行玉米种子发芽试验,结果浸泡 4 天和 8 天的发芽率分别为 96.2% 和 75%,接近以自来水作对照的发芽率(95.2% 和 65.2%),但显著

高于高粱(39.2%和16%)和蜡烛稗(20.2%和5.0%)。玉米出苗以后耐盐性减弱,土壤含盐超过0.2~0.25%以上时,很容易受害,这是由于幼苗根系入土浅,春季土壤强烈返盐,所以在3~7叶期很容易发生死苗。但是拔节后,玉米的耐盐性又逐步增强,至生育盛期其耐盐度达0.25~0.35%,此时又值雨季,随着雨水的洗盐作用,可减轻玉米受害程度。

### 三、盐碱地的耕作技术

土壤盐碱化是由于地下水含有较多的盐分,干旱季节盐分上升并积聚在表土层内。为了防止耕作层的盐渍化,耕作措施要达到洗盐、排盐,降低地下水位,抑制盐分上升的目的。

#### (一)洗盐排水

“盐随水来,盐随水去”,“涝碱相随,旱助碱威”,生动地概括了盐和水的关系。低洼盐碱地区往往是盐碱同旱、涝灾害并存,因此根据土壤中水盐运动的规律,按规划修建干、支、斗、农四级骨干排水工程,并在田内每隔50~100米挖一条深约0.5~1.0米的排水毛沟,构成完整的排水沟系,以便排除地面积水,降低地下水位,使土壤脱盐。

在浅层淡水较丰富的盐碱地区,实行井灌井排,旱可灌水抗旱压盐,涝可排水降低地下水位,兼收洗盐之利。北京市永乐店农场富各庄大队将全村土地规划成400×500米的方田,周围挖2.5~3.0米深的排水沟,中间每隔100米打一眼浅井,并与深井联合洗盐排水。经多年治理,地下水位下降0.5~0.7米,耕作层含盐量由原来的0.25%下降到0.04%,粮食亩产由1972年的471斤,提高到1978年的1045斤。

修台田防涝洗盐,在盐碱较重的地区,可按面宽7米,长140~150米的田块,周围挖1.2~1.5米的深沟,与排水渠系相通。台田应高出地面20厘米,台面种玉米,沟下排积水,一般春秋季地下水位可降低30厘米,夏季则靠雨水洗盐。

#### (二)增施有机肥料

多数盐碱土分布在人少地多的地区,长期少施或不施有机肥料,土壤有机质含量低,加上钠离子对土壤胶体的影响,土壤结构差,渗水性和透气性不良,由于毛细管的作用,促进了土壤的水分蒸发和返盐。增加土壤有机质可以改良土壤结构,抑制水盐上升,提高洗盐脱盐效果。群众说:“要吃碱地饭,就得拿粪换”,很有科学道理。

增加土壤有机质,除了实行养猪积肥和秸秆还田外,扩种耐盐的绿肥作物也是一项重要措施。河北省景县隆兴公社的耕地三分之一为盐碱土,1972年以来,由于在低产田上种植苜蓿、紫穗槐等绿肥作物并进行压青,土壤肥力显著提高,耕层盐分由0.3%下降到0.01%,全公社的盐碱地由原来的一万多亩减少到一千多亩。

山东省阳谷县鹅鸭坡大队1974年在轻碱地上实行小麦间作苕子,玉米间作绿豆的“两粮两肥”种植制度,当季玉米增产20%。北京市永乐店农场从1963年开始试种田菁改良盐碱土,至1978年已发展到2万亩,收到了良好的效果。据北京市农业科学院土壤肥料研究所1963年的测定,种植田菁后,0~20厘米土壤含盐量由0.78%下降到0.35%,有机质增加0.18%,碱解氮增加7ppm,土壤物理结构也有显著的改善。

河北省国营黄骅农场的试验证明:盐碱地上种田菁是改碱增产的有效措施,每亩多翻

表 13-9 翻压田菁的增产效果

(河北省黄骅农场)

处 理	1979 年 夏 玉 米 产 量		1980 年 小 麦 产 量	
	斤/亩	%	斤/亩	%
对 照	160.2	100.0	52.0	100.0
田菁 2000 斤	254.2	158.7	86.5	166.3
田菁 5000 斤	409.7	255.7	92.1	177.1
田菁 10,000 斤	814.1	508.1	151.5	291.3

压 1000 斤鲜田菁,平均可增产玉米 58.7 斤和小麦 10.2 斤(表 13-9)。

### (三)深耕保墒

“秋早耕,多淋盐,春早耕,防返碱”。秋季深耕,耕后不耙,造成粗糙疏松的覆盖层,可切断耕层同下层土壤的毛细管,减少水分蒸发,抑制土壤返盐。此外,深耕还可把聚集在表土的盐分翻入深层,把含盐量较低的底土翻到表层,经过晒垡,促进有效养分的释放,这样较有利于玉米种子发芽和苗期生长(表 13-10)。

表 13-10 深耕对土壤含盐量(%)的影响

(北京市农业科学院土壤肥料研究所,1962)

处 理	土 层 (厘米)	0~5	5~20	20~40
耕前		0.19	0.21	0.03
耕 15 厘米		0.12	0.15	0.17
深耕 30 厘米		0.14	0.16	0.06

### (四)平整土地

盐碱地区土地不平是造成土壤盐碱化的一个重要原因。一般在同一块地里,高处比低处的土壤水分蒸发量约高 6 倍,所以,高处容易积盐而形成盐斑。在降雨或灌溉时,高低不平的土壤,常因水层深浅不一而降低洗盐的质量。因此,平整土地可使土壤蒸发一致,受水均匀,减少局部积盐。据中国农业科学院农田灌溉研究所 1976 年的研究资料,平地前 0~20 厘米土层含盐量为 1.498%,平地后为 0.778%,平地后又灌溉冲洗的所含盐分降至 0.241%,脱盐率达到 83.9%。

### (五)增施磷肥

磷素有促进作物根系发育的作用。农民群众认为“黄根保命,白根长命,黑根丧命”。反映了盐碱地上保苗时根系色泽上的变化。由于盐碱地比较潮湿,施用有机肥料又少,土壤普遍缺磷,加上春季地温较低,更影响根系对磷的吸收。故早播的春玉米容易出现红苗。在盐碱地上种植玉米,增施磷肥对根系的发育和植株的生长极为重要。

#### 四、盐碱地的保苗技术

在盐碱地生态环境下种植玉米，缺苗断垅是普遍的现象。因此，盐碱地保苗群众有三怕：一怕闷种不出苗；二怕蝼蛄咬伤苗；三怕小雨碱死苗。可见，保证全苗是盐碱地玉米生产的关键。

##### (一) 增加播量，适当晚播

盐碱地春季增温慢，玉米播种时间，一般应比良好土壤晚播 7~10 天，以使种子在较高的温度下尽快发芽，缩短盐害时间。

根据盐碱地土壤溶液浓度大，渗透压高，不利种子吸收水分和养分，以及地表容易板结，出苗比较困难的特点，播种量应比非盐碱地增加 20~30%。如果土壤墒情较好，亦可在播种前浸种催芽，使种子吸足水分，再行播种。

##### (二) 深耢浅盖，铺施沟粪

玉米播种时为了避开盐害，可深耢沟 10~15 厘米，把含盐量高的表土翻到两侧行间的垅背上，再将种子播到含盐量低的沟底，并覆土 5~6 厘米。据北京农业大学测定，播前 0~2 厘米土层含盐分 4.38%，2~8 厘米土层含盐 0.14%，深耢浅盖后，上两个土层的含盐量分别下降为 0.64% 和 0.12%。而且播后垅沟里的土壤盐分可向行间垅背聚积，从而减轻了盐分对种子和幼苗根系的为害(表 13-11)。

表 13-11 沟播后垅沟和垅背盐分(%)比较

(北京农业大学, 1963)

测定部位	土层	盐分(%)		
		0~2 厘米	2~5 厘米	5~10 厘米
垅 沟		0.400	0.157	0.166
垅 背		1.680	0.437	0.180
差 值		1.280	0.280	0.014
减 少 %		76.19	64.07	7.78

盐碱地普遍缺乏有机质和磷，如果播种时每亩沟施腐熟有机肥 3000 斤，过磷酸钙 30~50 斤，不但能改良土壤结构，防止地表板结，减少土壤水分蒸发和盐分上升，而且有机质在分解时产生的各种有机酸，可以增加土壤中盐类的溶解度，并能中和土壤的碱性，及时供应各种养分，对玉米的全苗、壮苗有良好效果。

##### (三) 中耕松土，扒土晾垅

中耕有切断土壤毛细管，抑制盐分上升，提高地温的作用。群众经验是：“勤中耕不返碱，深中耕地不板，雨后中耕能防碱”。播后地面板结，因此中耕可提早到出苗前进行。

玉米出苗后，最怕小雨。春玉米苗期在 5~6 月份时常遇到 10~15 毫米的小雨，而把积聚在表土层的盐分淋洗到根系的活动层内，并能重新沟通上、下层毛细管，使盐分随地下水上升，造成“小雨勾碱”现象。因此，可结合间、定苗和株间松土，把播种行上盐分含量最高的表

土扒向行间两侧,这对防盐保苗有极其明显的效果(表 13-12)。据北京市农业科学研究所 1973 年观测,玉米在三叶期扒沟定苗,小雨后 0~10 厘米土层盐分含量显著降低,幼苗的生长正常;而不扒沟的死苗率达 25%,其余幼苗生长也受到抑制。

表 13-12 扒沟定苗后土壤盐分(%)的变化

(北京市农业科学院土壤肥料研究所,1983)

观 测 日 期	处 理	0~2 厘米	2~5 厘米	5~10 厘米	10~20 厘米
5 月 31 日降雨 20 毫米	对照	0.29	0.40	0.33	0.16
	扒沟	0.15	0.10	0.14	0.15
6 月 1 日降雨 10 毫米	对照	1.30	0.29	0.15	0.22
	扒沟	0.44	0.21	0.20	0.09

#### (四)分次定苗,灌水压盐

春玉米播种至出苗期间,正是蝼蛄等地下害虫在低洼潮湿的轻碱地上活动较盛的时期,玉米往往由于盐害和虫害等原因造成死苗。因此不宜过早地进行一次定苗,而应分次定苗。一般可采用先间苗后定苗的方法,以确保全苗。

玉米出苗后如果返盐现象较重,影响幼苗的生存和生长,可灌水 1~2 次压盐。在这种情况下,灌水量要大,尽量把表土层内的盐分冲洗到下层随水排走。每次灌水后,都要及时中耕松土,防止盐分再度上升。

盐碱地玉米在生育期间常需浇水,过去一般认为玉米不适于用咸水灌溉,1981 年河北省水利科学研究所陈秀玲的研究表明,在一定的条件下,用咸水灌溉或咸淡水混浇有明显的增产效果,玉米亩产达到 500 斤以上。虽然咸水灌溉的产量(595.6 斤/亩)不及淡水灌溉的产量高(634.4 斤/亩),但是在淡水不足的盐碱地区,却为扩大水源、增加灌溉面积创造了条件,对全面增产还是很有利的。

利用咸水灌溉要注意两个条件:一是要具备排水条件,保证根层土壤的积盐在降雨或灌水后能及时排洗出去;二是水的 pH 值不宜高于 7~8,矿化度小于 5 克/升,水中阴离子以  $\text{SO}_4^{2-}$  为主,阳离子中  $\text{Na}^+$  不超过 60%。最好采取咸淡混灌或咸淡轮灌,浇咸水次数最多不能超过 3 次。

## 第五节 育苗移栽

玉米育苗移栽是我国农民创造的一项独特的栽培经验。其主要特点是:播种、出苗和幼苗期管理均在苗床内进行,从而缩短了大田的生育期,较好地统一了早熟和高产、当季和全年增产的矛盾。

我国东北地区无霜期短,温度年变率大,很易造成低温冷害,通过保护地育苗,玉米播种



期可提早将近一个月,增加积温  $200^{\circ}\text{C}$  以上,提早成熟 10 天左右,从而能躲避后期低温和早霜的危害。华北和长江以南地区,无霜期虽长,但一年二熟或三熟,季节矛盾突出。采用育苗移栽,上下茬作物均选用高产品种,以充分利用空间和时间。此外,育苗移栽的播种量可节省一半,有利于降低生产成本,加速良种的推广。而且春播和套种玉米因早缺苗后,采用移栽补苗的方法,也是一项弥补产量损失的有效措施。

### 一、育苗移栽增产的原因

农作物的产量 95% 左右是在叶片光合作用过程中形成的。因此,发展一个较大的叶面积,尽量延长光合作用的时间,保持叶片有较高的光合效率,这是提高产量的三个重要因素。移栽玉米之所以能够增产,主要是在于建立起一个能更有效地利用光能的田间群体结构。具体原因如下。

#### (一) 延长生育期

无论是无霜期较短的东北,还是一年两熟的华北地区,直播玉米因受生育期的限制,一般只能采用产量较低的早熟和中熟品种,在播种到封行以前,叶面积指数较低,大量阳光漏射地面而浪费掉。玉米育苗移栽既能改用增产潜力较大的晚熟品种,又能保证玉米正常成熟。由于移栽时秧苗已具有一定发育程度的根系和叶面积,移栽后能较快封行,最大叶面积高峰期出现得早,光合作用时间长,这样玉米前期可以充分利用光能,而且可以保证对产量形成起决定性作用的灌浆期有更充足的时间。

#### (二) 增加密度

移栽玉米茎基部节间短,株高一般比直播玉米低 20~30 厘米,加上移栽时定向栽苗,每亩种植密度比直播玉米可增加 500~1000 株。增加密度,实质上就是增加叶面积和提高光能利用率。由于干旱的影响,缺苗断垅后移栽补苗可以保证密度,减少产量损失。

#### (三) 提高植株整齐度

太阳光只有均匀地分布到所有植株的叶片上,才能有效地被吸收和利用。因此,消灭大小苗,提高全田植株的整齐度,是增强群体干物质生产能力的一个重要因素。玉米移栽时,秧苗可事先按大小分类,栽植时株与株之间可以定距,叶片亦可做到定向,因此,田间分布比较合理,对光能和土壤等因子的利用也比较经济。

#### (四) 增强抗逆性

玉米育苗移栽,在东北地区可早春育苗,终霜后移栽,以躲过霜冻、风、旱、虫等自然灾害,提早成熟,预防秋季低温和早霜。移栽玉米,由于返苗期间茎叶的生长受到抑制,植株和穗位均明显降低,而根系则比较发达;特别是气生根的条数增多,因而能显著地增强植株的抗倒能力。

玉米移栽虽有一定的优越性,但是实际应用时也有一定的局限性。首先,育苗移栽比较费工,而且在华北和南方等地,玉米移栽期正值农忙季节,劳力紧张。其次,移栽要占用一定的育苗地,浇水不足时,会降低成活率,产生小老苗而减产。夏秋玉米育苗期间如果遇雨,苗子容易徒长,会降低秧苗质量,栽后长期阴雨也会恶化土壤的通气条件,造成烂根死苗。所以,推广育苗移栽要因地制宜,在条件不具备的地区,不宜大面积推广。但作为一项解决缺

苗的补救措施,或在人多地少的地区解决上下茬争时、争工的矛盾,还是有作用的。

## 二、育苗方法

培育适龄壮苗,是育苗阶段的主要目标,也是决定移栽玉米产量的一个重要因素。我国各地采用的玉米育苗方法很多,最主要的有以下几种。

### (一)营养钵育苗

营养钵育苗是用预先配合好的营养土制成钵,在钵内播种育苗,到移栽叶龄时,连苗带钵移栽至大田。这种方法培育出来的秧苗比较健壮,移栽后返苗快,成活率较高,由于营养钵本身就是良好的肥料,营养条件好,玉米产量一般比直播的增产25%以上,比苗床育苗的增产一成以上。

营养土的配比,可根据各地具体情况就地取材。通常是用40~50%的腐熟厩肥,50~60%的肥沃细土为基本材料,每百斤料土中再加过磷酸钙1斤。三者事先都要压碎过筛,充分混合均匀,再加水到营养土上,直至用手握能自然成团时为止。钵体通常为圆筒形,高2~2.5寸,直径2寸,中间留一个播种穴。

### (二)营养块育苗

配料方法基本上同营养钵,但南方玉米产区一般改用肥沃的河塘泥,并加入适量的腐熟人畜粪。制作时,首先要加水将营养土调成浆状,平铺在床面上,厚约2~2.5寸,抹平后再用铲刀按一定长宽度切割成为方格,中间留一个下籽孔。播种通常在营养块尚未变干之前进行。

### (三)苗床育苗

一般选择土质肥沃疏松,避风向阳,排水方便又靠近大田的地方作苗床。施入充足的腐熟有机肥和适量的氮磷化肥,耩耙平整,作成4~5尺宽的小畦,底墒不足时,还要进行灌溉。按1.5~2寸见方播种一粒,稍加压实后覆盖0.5~1寸细土。

## 三、苗床管理

苗床管理的主要任务是通过控制水分和温度,培育健壮、整齐的秧苗。播种至出苗时期,需要保持床土湿润,以保证出苗整齐。出苗后原则上应控制浇水,使秧苗壮而不旺,如果发现叶片萎蔫,可在早晨或傍晚适当补充浇水。至移栽以前再浇一次透水,不但能提高成活率,也能防止在起苗时苗床土壤散碎。

**春季育苗** 北方地区通常筑成半地下式的苗床,上盖塑料薄膜。播种至出苗时期,由于外界温度低,可用塑料薄膜密封苗床,气温过低还应加盖草席保暖。二叶期以后,白天床内温度以维持20~25℃为宜;超过30℃时可在上午9时前后揭开苗床两端的薄膜,通风降温。移栽前3~4天,床外温度已逐渐升高,需要揭膜锻炼幼苗,并防止秧苗徒长,增强对低温的抵抗能力。

**矮化育苗** 出苗后每长出2~3片叶即要挪动营养钵一次,目的是切断营养钵同床土之间的毛细管联系,以控制幼苗根系的生长,整个育苗期间共需挪钵3~4次,遇雨时挪动次数还要增加。每次挪钵后,均需用细砂填补钵体之间的空隙。

大苗移栽的育苗方法和苗床育苗法相似,主要不同点是苗床期可延长到40天,玉米长至10片叶时即可移栽。因此,苗床管理技术的要领为“清棵、憋根、蹲苗、封土、灌水、催根”十二个字,即幼苗有1~2片叶,而第一层次生根尚未生长以前,扒土清棵,露出幼苗基部,抑制次生根生长,使地上部生长矮壮,直到移栽前4~5天,进行培土、浇水,促使原先“贮备”起来的4~5层次生根同时萌发,这样培育出来的秧苗健壮,新长出的次生根多而短,栽后返苗快,成活率高。

#### 四、移栽技术

**移栽的苗龄** 移栽玉米的株高、产量和成熟期,与苗龄的长短有直接关系,苗龄过短,成活率虽高,但达不到延长生育期的目的;苗龄过长,叶面积过大,伤根又多,难于成活,而且移栽期距穗分化的时间过短,会显著降低产量(表13-13)。

表 13-13 不同苗龄移栽对白单4号生育性状及产量的影响

(北京市农业科学院作物研究所,1972,北京)

苗 龄 (天)	项 目	株 高 (厘米)	穗 位 (厘米)	雄穗主轴长 (厘米)	雄穗分枝数 (个)	单株产量 (克)	成熟期 (月/日)
23(3~4叶)		245.0	110.0	41.3	18.6	157.0	10/3
30(5~6叶)		214.0	76.0	40.3	16.7	119.0	9/24
37(7~8叶)		209.0	66.0	34.9	9.4	111.0	9/16
40(9~10叶)		164.0	65.0	14.0	8.2	87.0	9/5

黑龙江省嫩江地区农业科学研究所1981年的资料表明:黑玉46和嫩单1号移栽苗龄越大,对穗分化的影响也越大。3~4叶移栽,雄穗分枝为16.2个,每穗637.6粒;5~6叶移栽,雄穗分枝为11.1个,每穗523.8粒;而7~8叶移栽时,雄穗分枝只有7.7个,每穗仅436.5粒。

**适宜的移栽苗龄**因各地的玉米生育期及品种类型而异。东北地区的春玉米以及浙江金华地区的秋玉米,移栽苗龄均以3~4片叶时为宜。华北地区一般采用中熟品种,多数以6~7片叶时移栽为宜。总之,不论各地采用什么品种,均以在雄穗生长锥开始伸长前2片叶时移栽较为理想。

**移栽的密度** 移栽玉米本田的生长期较短,栽前必须施足基肥,精细整地,以创造良好的土壤营养条件,使全田生长整齐一致。移栽时秧苗要按大小分级,定向栽植,使叶片都伸向行间。移栽玉米因单株营养体较小,抗倒能力较强,每亩栽植密度一般应比同一品种直播株数多栽500~1000株;特别是矮化育苗和大苗移栽的玉米,必须保证密度,才能充分利用光能,获得高产。

**移栽的方法** 移栽时要按一定的行距开沟,如果土质粘重,墒情较好时,可先移栽后浇水。如果土质疏松,墒情不足时,可边移栽边浇水,并把秧苗栽在沟坡上,栽深以1寸左右为宜,栽后水分下降,土壤变干时,要及时破除板结,创造通气条件,促使新根生长,以利返苗。

**移栽和返苗** 返苗实质上是根系由遭受损伤到逐步恢复生长, 叶片的水分收支由失去平衡到逐步恢复平衡的过程。为了缩短返苗期, 一方面要保持土壤中有足够的水分, 尽快促进新根的生长; 另一方面应尽可能减少叶片的水分蒸腾, 因此, 移栽时最好在下午 4 点以后或阴天进行。苗床育苗起苗时要随栽随起苗, 技术条件较差的, 应尽量多带土, 少伤根; 技术条件较高的, 亦可采用不带土随水移栽, 但要防止窝根、露根和漂苗。如系营养钵育苗, 在秧苗搬运和移栽过程中, 则应尽量避免散钵和伤根。

## 五、移栽后的管理

移栽玉米栽后不久就开始进入拔节和穗分化的阶段, 田间管理必须早查苗、早浇水、早施肥, 以促为主, 促其快返苗, 早发苗, 才能在有限的生长期內积累更多的有机物质。具体措施是:

**查苗** 移栽田內水分渗完之后要进行查苗, 发现有露根、歪斜或被水冲倒的移栽苗, 应立即扶正栽好。

**浇水** 移栽时东北地区正值多风干燥时期, 华北和华南一带也正处于高温季节, 地面蒸发量大, 栽后 6~7 天内要连续浇水 1~2 次, 天气干旱还应再增加一水, 以促进成活和迅速返苗。

**中耕** 移栽地经过多次浇水后, 土壤往往板结, 应及时中耕保墒, 松土通气, 改善根系发育条件, 至拔节以前, 一般应中耕 3~4 次。

**施肥** 移栽玉米种植密度大, 植株耐肥, 大田生育期短, 在施足底肥的基础上, 返苗后至抽雄前还应追施氮素化肥, 每亩施碳酸氢铵或硫酸铵 80 斤以上, 以达到高产的目的。

## 六、移栽补苗技术

大面积直播的玉米, 因干旱等原因而造成缺苗, 除育苗补栽外, 还可以就地移栽补苗。据北京地区经验, 移栽苗苗龄越小, 移栽时伤根越少, 返苗越快(表 13—4)。因此, 查苗补苗工作应该在一叶一心至二叶一心时进行。为了保证成活和促进生长, 移栽后应及时浇水, 并偏施少量化肥。移栽成活以后如仍然生长缓慢, 还需采取偏管措施加以促进。即使赶不上直播的玉米, 仍然能减少由于缺苗而造成的产量损失。

表 13-14 不同苗龄移栽对套种玉米生育及产量的影响

(北京顺义县农业科学研究所, 1980, 北京)

项 目 苗 龄	枯叶% (6/22)	株高(厘米)	穗粒数(个)	千粒重(克)	株粒重(克)
一叶一心	13.0	263.2	487.9	312.6	152.5
二叶一心	23.0	261.0	429.9	290.6	124.9
三叶一心	30.0	258.1	417.9	266.5	111.4
四叶一心	84.0	238.1	244.7	221.8	54.9
对 照	12.4	269.3	494.0	349.0	172.4

## 主要参考文献

- [1] 马骞等: 论土壤紧实度和土壤镇压, 耕作通讯, 第3期, 19~27, 1980。
- [2] 王利之: 对滨海盐碱土地农作物布局与耕作技术的几点看法, 农垦系统专家座谈会资料选编, 1981。
- [3] 王家骥等: 不同耕法土壤水分动态及其对玉米生育、产量的影响, 黑龙江农业科学院科研成果与论文选编, 187~190, 1980。
- [4] 中国农业科学院农业气象室: 北方抗旱技术, 农业出版社, 1980。
- [5] 中国农业科学院农田灌溉研究所: 黄淮海平原盐碱地改良, 农业出版社, 1976。
- [6] 北京市农业科学研究所: 华北地区干旱气候与抗旱斗争, 北京市出席北方抗旱会议材料, 1~16, 1973。
- [7] 北京市农业科学研究所: 京郊盐碱化土壤类型及其改良利用(油印本), 1973。
- [8] 北京市农业科学院土肥所: 永乐店农场盐渍化类型及其改良(油印本), 1981。
- [9] 北京市农业科学研究所: 麦茬玉米高产稳产的重要途径, 北京市玉米科技讲座资料, 1973。
- [10] 邓洪烈等: 微量元素和激素对玉米种子抗低温萌发生理的调节机理, 东北地区抗御低温冷害科学讨论会论文选集, 178~194, 1980。
- [11] 刘百韬等: 玉米的低温冷害及其防御, 科学技术文献出版社, 1981。
- [12] 孙玉章等: 玉米冷害及冷害指标鉴定, 农业气象, 第1期, 39~45, 1980。
- [13] 华来等: 谈衡水地区旱涝碱的综合治理, 河北农业科技, 第5期, 1980。
- [14] 任其云等: 玉米苗期根系生态生理研究, 作物学报, 第8卷, 第3期, 169~177, 1982。
- [15] 张成: 安徽省旱涝气候规律初步分析, 安徽农业科学, 第4期, 39~48, 1980。
- [16] 许忠仁等: 抗御低温冷害, 实现高产稳产, 黑龙江省农业科学院科研成果与论文选编, 14~18, 1980。
- [17] 李维岳等: 玉米早熟丰产栽培技术试验报告, 东北地区抗御低温冷害科学讨论会论文选编, 161~170, 1980。
- [18] 李昶泰等: 辽宁省玉米低温冷害的农业区划, 辽宁省气象局农业气象论文集I. 1~4, 1980。
- [19] 余肇福等: 低温条件下玉米不同生育阶段的生态反应, 北方玉米栽培学术讨论会论文选编, 1981。
- [20] 吴纪: 玉米高粱大苗移栽, 夺取多熟高产, 农业科技通讯, 第4期, 2~4, 1976。
- [21] 陈可珍: 灾害性天气及其预防, 河北人民出版社, 1979。
- [22] 陈国平等: 提高玉米抗涝性的研究: I. 芽涝对玉米出苗率及苗期生长的影响, 北京作物学会 1980 年年会论文摘要选编, 北京农业科技, 1981。
- [23] 陈国平等: 提高玉米抗涝性的研究: II. 不同生育期淹水对玉米生长发育及产量的影响, 北京作物学会 1980 年年会论文摘要选编, 北京农业科技, 1981。
- [24] 河北农业大学、河北科技情报所: 河北省山麓平原秋粮增长情况的调查报告, 15~17, 1979。
- [25] 陈秀玲: 利用碱水, 抗旱增产(铅印本), 1981。
- [26] 洛川县农科所: 玉米明沟深种, 农业科技通讯第3期, 1977。
- [27] 泰安专署气象局: 关于夏玉米内涝的调查, 1978 年夏玉米试验资料汇编, 1978。
- [28] 郑大炜: 农业气象, 北京市农业科学技术培训班材料之四, 1978。
- [29] 赵洪凯等: 黑龙江省玉米冷害类型及其防御, 东北地区抗御低温冷害科学讨论会论文选编, 141~149, 1980。
- [30] 赵洪凯等: 适期早播在抗御低温冷害中的作用, 农业气象, 第4期, 71~76, 1980。
- [31] 梁国柱: 玉米产量同雨季高峰期雨量的相关性, 北京农业科技, 第4期, 1980。
- [32] 梁国柱: 顺义县玉米增产经验总结, 北京农业科技, 1981。
- [33] 都明南等: 寒地玉米物候期变化及其调节, 黑龙江农业科学院科研成果与论文选编, 96~102, 1980。
- [34] 辉县城关公社西关大队: 夏玉米育苗移栽, 农业科技通讯, 第5期, 1976。
- [35] 嫩江地区农科所等: 利用晚熟玉米品种移栽创高产试验总结, 黑龙江农牧局材料选编, 32~38, 1977。
- [36] 苗铁夫等: 吉林省玉米冷害及其防御措施, 东北地区抗御低温冷害科学讨论会论文选编, 130~140, 1980。
- [37] 魏淑秋等: 夏玉米产量与气候条件的统计学分析, 农业气候研究论文集, 1978。
- [38] Brouwer, R. et al.: Root aeration in relation to crop growth, 1978。
- [39] Jeuseu, C. R. and Luxmoore, R. J.: Root air space measurements by a pycnometer method, Agron. J. 61(3):474, 1969。
- [40] Joshi, M. S. et al.: Studies in excess water tolerance of crop plants, II. effect of different durations of flooding at different stages of growth under different day outs on growth yield and quantity of maize, 1966。
- [41] Joshi, M. S. et al.: Excess water tolerance of summer cereals, The Indian Journal of Agronomy 10 (3):289~293, 1965。
- [42] Lal R. and Taylor, G. S.: Drainage and nutrient effect in a field lysimeter study, II. Mineral uptake by corn proc., Soil Sci. Soc. Am. 34:245~8, 1970。

- [43] Ritter, W. F. et al.: Yeild reduction by controlled flooding of corn trans ASAE 12:46~50, 1969.
- [44] Shaw, R. H.: Water use and requirements of maize-A review in agrometeorology of the maize crop, Geneva, 119~132, 1977.
- [45] Suraj Bhan: Effect of water logging on maize, Indian J. of Agric. Res., 11 (3):147~150, 1977.
- [46] Иоффе, А. Ф.: Аэрация почвы в КИ основы агрофизики физматгиз, 819~849, 1959.
- [47] Остапчук, Е. Д.: Принципы вымокания растений Киев «Наукова Думка» 1977.
- [48] Рассел, Э.: Почвенный воздух в КИ почвенные условия и рост растений, Изд. Иностран. Литер. 331~340, 1955.
- [49] (日)但野利次等:作物种间的耐湿性差异,日本土壤肥料科学杂志,第3期,261~272, 1979.



## 第十四章 防治病虫害

病、虫、草害是影响玉米高产稳产的重要因素。我国各地的气候、地形、土壤条件复杂,作物的种类、分布、栽培制度以及玉米品种上的差异,均可影响病虫害的发生及其为害程度。

随着玉米生产的发展,由于品种的更换,以及栽培制度的改革,病、虫、草的发生情况必然会有新的变化。因此,正确识别病、虫、草,积极开展研究工作,进一步掌握其发生规律,进行综合防治,是确保玉米高产稳产的一项重要措施。

### 第一节 玉米主要病害及其防治

我国玉米的主要病害有大斑病、小斑病、病毒病、丝黑穗病、黑粉病、干腐病、茎腐病和茎基腐病等;圆斑病、矮花叶病在不少地区也有发生。由于各种病害都有一定的侵染途径和发病条件,因此必须掌握玉米病害的病症、病原菌及其发生发展过程,才能有效地进行防治。

#### 一、玉米大斑病

我国玉米大斑病主要发生在吉林、黑龙江、辽宁、河北、山西、陕西、山东等北方各省,以及南方玉米产区的冷凉山区等地。一般因与小斑病等均在叶部发生,故亦统称为玉米叶斑病。

##### (一)病原菌

病原菌 *Helminthosporium turcicum* Pass. 属半知菌类,丛梗孢目,暗梗孢科,长蠕孢属。分生孢子梗单生或2~6根束生,不分枝,直立或屈曲状,暗橄榄色,有2~8个隔膜。分生孢子梭形,淡青褐色,有1~9个分隔,直立或稍弯曲,中间细胞稍宽,顶端钝圆,基部尖锥形,脐点明显,凸出于基细胞之外;萌发时两端产生芽管。

该菌的有性阶段 *Trichometasphaeria turcica* (Pass.) Luttrell 属子囊菌,自然界中很少,在实验室内可产生黑色球形子囊壳。子囊为圆柱形,具有短柄,含有1~6个子囊孢子,一般2~4个,形状透明,直或稍弯曲,典型的有三个分隔,大小为13~17×42~78微米。

##### (二)症状

病菌主要为害叶片,也可危害叶鞘和苞叶。当玉米植株长至2~3尺高时就可发病。通常自基部叶片发病,逐渐蔓延至上部叶片,严重时,能遍及全株。发病初期叶片上出现水渍状青灰色斑点,然后顺叶脉向两端扩展。病斑梭形或长纺锤形,中央淡褐色,边缘暗褐色。病斑宽可达1~2厘米,长15~20厘米,天气潮湿时,病斑上产生黑灰色霉状物,即病菌的分



生孢子。发病严重时,病斑增多,连成大片,致使全株枯死[图版 14-(1)]。

### (三)侵染循环

大斑病菌是以菌丝和分生孢子在田间残留的病残体上越冬。分生孢子能依靠风力作长距离的传播。田块内短距离的再侵染除风力传送外,还可靠雨露传播。由湿度大的空气条件转向较干空气时,由于气压的快速降低,使分生孢子器官强力运动产生弹力,将孢子弹出,进行传播。

### (四)发病条件

1. 温、湿度与发病的关系 大斑病的发生与气候条件关系十分密切,分生孢子形成时,适温为 20~28℃,田间流行日平均气温在 22℃以下,温度过高则不利于发病,病菌的侵染和蔓延都要求较高的湿度条件。吉林省农业科学院植保研究所研究认为,当地大斑病的流行很大程度上取决于 6、7、8 月的雨量和雨日。山东则取决于 7、8 两月的雨量和雨日。此外,与玉米生育期中的结露、温度等条件,也有着密切关系。而干旱条件则不利于病害的发生。据河南省百泉农场气象站观察资料,1953 年 7 月份该地共降雨 13 天,降水量为 192.5 毫米,相对湿度平均在 74.2%,7 月 25 日玉米开始发病,8 月上旬又阴雨 8 天,全月共降雨 202.4 毫米,相对湿度平均达 88.4%(全月降雨 15 天,阴 14 天,仅晴 2 天),由于阴雨时间长,土壤过湿,玉米光合能力减低,病害发生猖獗,玉米产量受到很大损失。

2. 地势与发病的关系 据陕西省农林科学院植物保护研究所在商县上赵原 9 月 15 日的调查,大斑病一般在低洼潮湿的水浇地区发病较重,旱地或山坡地发病则轻。玉米品种在低洼河滩地大斑病发病率达 100%,病情指数为 63.57;而在高台上的玉米发病率为 82.63%,病情指数仅 21.44。

3. 施肥与发病的关系 土壤肥力低,生长发育不良的玉米,发病早而重。据吉林省农业学校 1972 年试验看出,玉米生育后期追肥可减轻病害发生(表 14-1)。

表 14-1 生育后期追肥与大斑病的关系

(吉林省农业学校,1972)

小区施肥量	平均病叶率(%)	平均病情指数	栽培条件
4 斤	8.13	2.52	试验品种为长双 31 号,小区面积 48.2 米 <sup>2</sup> ,重复三次。4 月 22 日播种,7 月 25 日追施硫酸,9 月 2 日调查。
2 斤	10.59	3.10	
不施肥	25.75	8.26	

4. 播种期与发病的关系 陕西省农林科学院植物保护研究所 1976 年试验证明,6 月 15 日早播的比 7 月 15 日晚播的地温低,雨量少,湿度低,因此可以避过病害侵染期,减轻大斑病的发生(表 14-2)。

表 14-2 播期与发病的关系

(陕西省农林科学院植物保护研究所,1976)

播 期	6 月 15 日	6 月 25 日	7 月 5 日	7 月 15 日
病情指数	8.62	9.60	29.43	38.60

初侵染菌源地的距离与发病的关系: 据吉林农业大学研究指出, 玉米种植地块与大斑病源地的距离越近, 发病越重(表 14-3)。

表 14-3 病源地的距离与大斑病发病的关系

(吉林农业大学, 1972)

距离病源地(米)	扶余县前阳大队第二队		扶余县前阳大队第五队	
	发病率(%)	严重率(%)	发病率(%)	严重率(%)
50~100	100	61.3	100	54.8
150~200	100	56.9	100	53.8
250~300	89	32.7	99	49.6
350~450	73	21.0	92	35.8

另外, 一般的连作地发病较重, 距离连作时间越近, 病害的发生越重。据山西省晋东南地区农业科学研究所 1959 年资料, 连作三年的玉米地发病较重, 发病率为 38%。如第一年种粟, 次年种玉米, 发病率降低为 7.5%。连种两年小麦, 第三年种玉米的, 发病率明显减低, 仅为 4.08%。

5. 品种与发病的关系 玉米品种对大斑病的抗病性有很大差异。例如, 吉林省农业科学院植物保护研究所的大斑病菌孢子悬浮液接种鉴定结果指出, 抗性较好的玉米自交系有吉 63、英 46、C 103、怀 28、榆英(高和矮)、吉 713、吉 714、埃及 205、RCI 64<sup>Ht<sub>1</sub></sup>·A、Mo17、二黄、RN6<sup>Ht<sub>1</sub></sup>·A、南 55、金 113 等。同时证明, 凡抗病自交系组配的杂交种, 抗病性均较好。但是, 值得提出的是, 同一品种在不同地区种植, 其抗病能力则有所不同, 因此, 应因地制宜地采用。

#### (五)防治方法

1. 选用抗病品种 玉米对大斑病菌的抗病性有二类, 一类是由多基因控制的属数量性状遗传的; 另一类是由显性单基因控制的属质量性状遗传的。已知的抗大斑病基因有 Ht<sub>1</sub> (来源于佐治亚 GE 440 和妇人指二种玉米)、Ht<sub>2</sub> (来源于 NN14)、Ht<sub>3</sub> 和 Ht<sub>n</sub>。多基因抗病系的选育, 一般采用互交、自交相结合的办法。

(1) 抗病性在生产中的应用: 在多基因抗性的应用上, 根据杂单交种抗病性与亲本的关系, 其杂交一代的抗病性近似或略高于亲本抗病性的平均值。因此在大斑病发病较轻的地方, 二个亲本均为中等抗病性的亦可使用, 而在病害严重的地区, 则至少应有一个抗病的亲本, 一个中抗的亲本, 才能配制抗病杂交种。而单基因抗性的转育, 一般用回交方法。在单基因抗性的应用上, 由于 Ht 基因是显性的, 因此单杂交种二亲本中只要有一个亲本是 Ht 纯合的即可, 故选用抗病品种, 是防治大斑病最经济有效的措施。

(2) 抗病性的鉴定: 玉米对大斑病的抗病性鉴定, 可采用田间自然发病鉴定、田间诱发鉴定和人工接种鉴定。在病害流行年份, 田间自然发病鉴定最为有效。自然发病轻, 可采用田间诱发鉴定, 即在玉米 7~8 叶期时, 撒施病叶诱发, 或直接喷洒孢子液等方法接种。苗期人工接种与成株期人工接种相比较, 对单基因控制的抗病性有更好的鉴别结果, 一般

5~8 叶期在温室接种后保湿 24 小时,二周后调查发病情况。

2. 农业防治 采取适时早播,合理密植,增施有机肥料,适时追肥,及时灌排等措施,促使植株生长旺盛,增强玉米抗病性,可减轻大斑病的发生和为害。同时彻底处理病残体,可减少翌年初次侵染源。严重发病地区,有条件的可实行 2~3 年轮作,对减少越冬病源也是有效的。

3. 药剂防治 据吉林省农业科学院植物保护研究所等单位研究,开始捕获分生孢子的日期越早,初发病日也早,利用第一个病斑出现的早晚,结合当年气象情况,进行病情短期测报,有利于指导防治。

掌握病害初发期,喷洒 50% 可湿性敌菌灵 500 倍液 2~3 次,就可以收到一定的防治效果。

## 二、玉米小斑病

玉米小斑病发生在叶部,故亦统称为叶斑病。主要分布在我国长城以南,如河北、山东、河南、陕西、湖北、四川、安徽、贵州、广西、浙江等省(区)为害,东北的辽宁中部和南部发生亦较普遍。

### (一)病原菌

病原菌 *Helminthosporium maydis* Nishik. et Miyake 属半知菌类,丛梗孢目,暗梗孢科,长蠕孢属。分生孢子梗单生或二、三个成丛,不分枝,橄榄色至褐色,有 3~18 个分隔;分生孢子长椭圆形,色深、弯曲,有 2~15 个分隔,脐点深褐色,凹入基细胞之内。有性世代 *Cochliobolus heterostrophus* Drechs. 在自然界中少见,多产生于植株枯死的病组织之中。典型的子囊包含有 4 个线形的子囊孢子,子囊孢子 5~9 个分隔,大小为  $6\sim7\times 130\sim 340$  微米,平行排列。

### (二)症状

叶片、苞叶和叶鞘都可受害。发病初期,在叶片上出现半透明水渍状褐色小斑点,之后,扩大为椭圆形褐色病斑,边缘赤褐色,轮廓清楚,上有二、三层同心轮纹,大小为  $5\sim 16\times 2\sim 4$  毫米,天气潮湿时,病斑上生出暗黑色霉状物[图版 14-(1)]。小斑病菌现知有二个生理小种,“O”小种是分布最广的小种,主要侵害叶片。“T”小种对具有 T 型细胞质的玉米杂交种有专一的侵害能力,可以侵入花丝、籽粒、穗轴等,使果穗变成灰黑色,造成严重减产。

### (三)侵染循环

以菌丝和分生孢子在病残体上越冬,第二年产生分生孢子,引起初次侵染。植株受害后产生新病斑,分生孢子靠风力和雨水的飞溅传播,在田间形成再次侵染。

### (四)发病条件

小斑病菌接种玉米幼苗后用不同的温度和露期保湿,然后转移到适合条件下使之发病,2~3 天后统计病斑数,平均每片叶子出现 0.1~0.4 个病斑,要求温度 21℃,需要露期 4 小时;温度 18℃,露期为 6 小时;温度 16℃,露期为 8 小时。

1. 高湿持续时间与发病的关系 在 18~20 天苗龄(4 叶期),于第三片叶上喷加有湿润剂的孢子悬液,接种后在 27℃ 弥雾室中分别保湿,结果保湿不足 4 小时的,仅出现少量病

斑,4~8小时病斑数量成倍数方式增加,超过8小时以上的,增加速度减低。由此说明产生病斑需要4小时以上的高湿持续时间。所以,潮湿条件有利发病。

2. 露期、露湿与孢子形成的关系 一般在12~16℃较低的露湿下,即使露期较长,也只能形成极少量孢子。随着露湿增高,分生孢子形成增多,一般温度在28℃时,即达最高峰,温度在30℃时,分生孢子形成反而降低。分生孢子形成量与露期的延长呈直线相关。因此,干旱或冷凉的气候条件,不利于小斑病的发生。据河北省保定市对1972~1976年小斑病发生与气象条件的分析看出,玉米发病与7~8月份的雨量、雨日及相对湿度有密切关系(表14-4)。

表 14-4 玉米小斑病发病情况与气象条件

(河北省保定市,1972~1976)

发病情况	年份	平均气温		降雨量		相对湿度		雨日		7~8月	7~8月	7~8月	7~8月
		7月	8月	7月	8月	7月	8月	7月	8月	平均气温	雨量合计	雨日合计	平均相对湿度
轻发生	1972	27.9	24.6	176.5	60.0	65	78	12	13	26.3	236.6	25	71.5
中等偏重	1973	25.3	25.0	235.3	292.1	84	86	18	17	25.2	527.4	35	85.5
中等偏轻	1974	25.6	25.1	227.6	214.5	83	80	20	12	25.4	441.6	32	81.5
轻发生	1975	27.4	26.6	97.1	19.1	70	73	7	10	27.0	116.2	17	71.5
大发生	1976	26.0	26.0			79	81	25	20	26.0	499.9	45	80.0

3. 菌源与发病的关系 距离菌源越近的地块发病越重,易感病的品种受菌源影响越大。据天津市农业科学研究所1974年种植的11个玉米品种,邻近病菌源的比远离菌源10米的小斑病病情指数明显增加(表14-5)。

表 14-5 菌源距离与品种发病情况

(天津市农业科学研究所,1974)

组 合	病 级 数		相 差	组 合	病 级 数		相 差
	远菌源端	近菌源端			远菌源端	近菌源端	
烟三6号	1.05	1.94	0.89	朝阳103	0.93	1.43	0.55
胜利105	1.86	2.46	0.60	澳白A×525	0.88	1.23	0.35
武单早	3.10	4.11	1.01	海7×525	0.80	1.63	0.83
朝阳102	2.13	2.97	0.84	白571×525	0.80	0.90	0.10
京早2号	1.70	2.60	0.90	反帝105	0.70	0.83	0.13

4. 播种期及地势与发病的关系 玉米晚播比早播的发病重。据陕西省农林科学院植保研究所1976年调查,6月15日、6月25日、7月5日和7月15日播种的病情指数分别为34.48、50.00、53.71和72.00。

山西省农业科学院植物保护研究所 1975 年 8 月 19 日在宁强农场对陕单 1 号的调查,地势较高,排水良好的地块,发病率为 95.00%,病情指数为 44.05;而低洼洼地内,发病率为 100%,病情指数为 59.21。9 月 15 日在商县上赵原的武单早田内调查,地势较高的台地,发病率为 95.00%,病情指数为 20.93;但在低洼河滩地内,发病率为 100%,病情指数达到 65.77。

5. 肥料与发病的关系 合理施肥可使植株健壮,减轻小斑病的为害;尤其将氮、磷、钾肥搭配施用,效果更为显著。据天津市农业科学研究所 1974 年试验,玉米双跃 150,6 月上旬播种,7 月中旬在同等基肥条件下,肥料搭配施用的比单一追肥的效果明显(表 14-6)。

表 14-6 追肥与小斑病发病的关系

(天津市农业科学研究所, 1974)

肥 料 用 量 (斤/亩)	株高 (厘米)	叶宽 (厘米)	茎粗 (厘米)	鲜根重 (斤)	亩产 (斤)	千粒重 (克)	防治效果(%)	
							8月1日	8月11日
尿素 60 斤	216.7	9.2	2.07	0.58	294.7	183.8	37.3	30.2
尿素 45 斤,磷矿粉 15 斤	227.6	10.0	2.06	0.61	303.2	184.5	47.1	25.9
尿素 45 斤,磷酸二氢钾 15 斤	209.6	10.1	2.50	0.93	311.1	187.7	51.6	30.0
尿素 20 斤(对照)	175.8	8.5	1.67	0.51	224.2	176.0	—	—

6. 间作套种与发病的关系 间作套种由于早播,生长发育提前,可避过侵染而减轻病害的发生。陕西省农林科学院植物保护研究所在商县调查,套种比直播的玉米病情指数明显降低(表 14-7)。

表 14-7 小斑病发生与间作套种的关系

(陕西省农林科学院植物保护研究所, 1975)\*

项 目	直 播		套 种	
	6月22日	6月20日	2.4尺带	8尺带
发病率(%)	100.00	100.00	100.00	95.00
病情指数	25.80	22.75	13.25	9.50

\* 品种:陕单 1 号;调查日期:9 月 15 日。

7. 品种与发病的关系 不同玉米自交系对小斑病的抗性差异很大。抗病性是由病菌的致病性和品种的抗病性相互作用所决定,目前已知小斑病菌有“T”、“O”二个小种。一般玉米对“O”小种的抗病性,大都是由多基因控制的,表现为水平抗病性,在保湿条件下病斑上形成的孢子较少,形成孢子所需的时间较长。抗病遗传规律研究证明,子一代抗病性偏向抗病亲本或者超亲,子二代基本上呈常态分布,而且高峰是偏向抗病亲本。目前单基因抗病材料只有 R<sub>hm</sub> 基因,具有 R<sub>hm</sub> 基因纯合的材料表现为小的褪绿斑,单基因抗病材料可能属于垂直抗病性。

对“T”小种的抗病性,主要是由细胞质控制,作用的位点是细胞质的线粒体。“T”型不育系的果穗被侵染后常变成黑色。在“T”型不育系及其杂交种常年种植的地方,往往会造成“T”小种的流行。实验证明,我国很多地方均有“T”小种。

#### (五)防治方法

1. 抗病育种 利用多基因抗病性时,组成杂交种的二个亲本中,至少要有一个是抗病的,另一个是中等抗病的。利用单基因抗病性时,由于目前只有 Rhm 一个隐性抗病基因,因此,一般要将二个亲本都转成带有 Rhm 自交系才能组配组合,或用原来较感病的而转入 Rhm 的自交系。

三系配套制种,目前多放弃“T”型,而考虑用“C”型、“双”型和“唐徐”等类型。研究使用以畸变染色体保持的核不育杂交种,它不受细胞质专化小种为害。

2. 合理施肥 增加肥料用量,注意排水,加强田间管理,可以减轻小斑病的为害。
3. 消灭菌源 结合防治玉米螟和黑粉病,将病残株及时烧掉或进行高温堆肥。
4. 药剂防治 施用 50% 敌菌灵 500 倍或 50% 退菌特 1000 倍喷雾,有一定效果。

### 三、玉米圆斑病

我国圆斑病的分布,主要在吉林省的一些地区。

#### (一)病原菌

圆斑病 *Helminthosporium carbonum* Ullstr. 属蠕孢属。有性世代为 *Cochliobolus carbonum* Nelson。分生孢子梗褐色,正直或有膝状曲折,以单生为主,少数 3~5 根丛生,有 6~11 个隔膜。分生孢子暗橄榄色,长椭圆形,二端钝圆,3~9 个分隔,大小为  $24\sim 63\times 9\sim 16$  微米,脐小形,不明显。子囊壳为黑色,椭圆形或球形,子囊圆柱形或棍棒形,直或稍弯曲。子囊孢子丝状,透明,具有 5~9 个分隔,大小为  $6.4\sim 9.6\times 182\sim 300$  微米,并盘绕成一个密集的螺旋状。

#### (二)症状

圆斑病主要为害玉米叶片、苞叶及果穗。感病玉米在叶片上形成圆形不受叶脉限制的褐色病斑,果穗受到为害后呈炭黑色。圆斑病在人工接种条件下潜育期短,一般仅 2 天就开始表现症状。据吉林省农业科学院植物保护研究所研究,大多数自交系对圆斑病是抗病的,只有吉 63、可新等几个自交系及其部分姊妹系是感病的。抗病玉米的叶片表现为褐色小斑点。

#### (三)发病规律

玉米圆斑病以菌丝体状态在田间或秸秆病残体上越冬,成为第二年田间发病的初次侵染来源。在湿度饱和的大气中,30℃条件下侵染加重。

#### (四)防治方法

1. 淘汰感病品种,选用抗病良种。
2. 在果穗抽出后,用 50% 敌菌灵 250 倍液喷雾,有一定效果。吉林省农业科学院植物保护研究所报道,三唑类内吸杀菌剂粉锈宁(Bagleton)对圆斑病有良好的防治效果。

#### 四、玉米丝黑穗病

玉米丝黑穗病,我国各地均有发生,但以东北、华北的部分春玉米地区发生较重。

##### (一)病原菌

病原菌 *Sphacelotheca reiliana* (Kuhn) Clint 属轴黑粉菌属,孢子堆生在花序内,形成不规则、长约 15 厘米左右的团块,最初有薄膜包住,膜破后露出生在花序残片周围的厚垣孢子;孢子球形或卵形,黑褐色或赤褐色,大小为 9~15 微米,表面有细刺,萌发时先生菌丝和小孢子。

##### (二)症状

幼株感病有时矮化,分蘖增多而簇生,叶鞘破裂畸形,多数病株在营养器官上很少出现症状,直到顶叶抽出以后,才可见到中肋破裂,雄穗花器变形,颖片增多,雄花基部膨大,内为黑粉;雌穗除苞叶外,全部果穗变成一团灰黑色干粉,内有很多丝状物,此即寄主维管束的残留物。

##### (三)侵染循环

玉米收获后遗落在土中的厚垣孢子是主要侵染源,故以土壤传病为主。种子带病也有一定程度的为害。病菌侵入幼苗后菌丝进入生长点,蔓延至雌雄穗。

##### (四)发病条件

1. 土壤含水量与发病的关系 土壤含水量高的发病轻。陕西省商洛地区植保站 1975 年试验,以 1% 孢子粉接种,干旱土壤较湿润土壤丝黑穗病的病株数和发病率均明显增加(表 14-8)。

表 14-8 土壤含水量对发病的影响\*

(陕西省商洛地区植保站,1975)

处理(土壤含水量)	检查株数	病株数	发病率(%)
湿(25.0%)	147	51	34.7
中(19.5%)	170	68	56.6
干(13.2%)	173	120	69.3

\* 品种为单 105

2. 土壤温度与发病的关系 土壤温度在 20~30°C 时,对丝黑穗病菌侵染有利,15°C 以下不能侵染。

3. 品种与发病的关系 玉米丝黑穗病发病与品种关系最为密切,不同品种从高抗到高感,差异很大,高抗的自交系有辽 1311、MO17、330、吉 63 等。

##### (五)防治方法

1. 选用抗病品种。
2. 精选种子,进行晒种,提高发芽势和发芽率,促使种子快出苗,出壮苗,可减轻病害发生。

3. 轮作倒茬,彻底拔除病株,减少病源。有些品种苗期就有黄条、卷叶等症状,可提前拔除。抽穗时应彻底拔除病株,并将病株带至田外深埋。

4. 药剂拌种 用 50% 萎锈灵可湿性粉, 50% 多菌灵可湿性粉或苯来特可湿性粉按种子重 0.5% 的剂量拌种,或 20% 萎锈灵乳剂 1:5 加水稀释后,按种子重 1/10 加药液拌匀后闷种 4 小时,晾干播种,效果较好。近年来,吉林省农业科学院等单位,研究用三唑类内吸杀菌剂粉锈宁有效成分 100 克,拌种 200 斤,效果优于多菌灵及萎锈灵等药剂。

## 五、玉米黑粉病

玉米黑粉病俗称灰包、乌霉、灰玉米,分布遍及全国各地,但以河北、山东、河南及东北各省为害较重。罹病玉米的减产程度依发病时期、病瘤大小及着生部位而不同。一般发病早,病瘤大,着生在植株中部及果穗上的减产较重,是玉米生产上主要病害之一。

### (一)病原菌

病原菌 *Ustilago maydis* (DC) Corda (异名 *U. zeae*) 属担子菌纲、黑粉菌目、黑粉菌科。厚垣孢子球形或卵形,黄褐色或黑色,表面有明显的细刺,直径为  $8\sim13\times8\sim11$  微米。厚垣孢子萌发形成有隔膜的菌丝,其上产生无色纺锤形的小孢子,并且能以芽殖方式形成次生小孢子,它也能萌发出侵染丝。

此菌有异宗配合现象,厚垣孢子是双倍体,萌发形成的小孢子是单倍体,有“+”、“-”两种,小孢子萌发以芽管侵入寄主。当“+”、“-”小孢子萌发侵入玉米组织后,结合产生双核菌丝。也可在体外先行结合,产生双核菌丝再侵入寄主。双核菌丝生长迅速并刺激寄主细胞增生,使寄主组织膨大,从而形成“瘤”,瘤的黑粉即厚垣孢子。未经异宗配合的单核菌丝对玉米寄主仅能产生很小的斑点,但不能引起疣肿,也不能形成厚垣孢子。

### (二)症状

玉米植株地上部分均可受害,产生大小形状不一的瘤。瘤外披有一层薄膜,初期白色或红紫色,略有光泽,后呈灰色,干枯破裂,散出黑粉,即病菌的厚垣孢子。瘤的形状,因着生部位而有所不同。

叶片上多着生在近中脉两侧,黄色或红色,豆粒大小成串或成堆状排列;茎节、腋芽上多成大型瘤,大的直径达 10 厘米以上。雌穗上全部或部分变成瘤,苞叶破裂,穗子畸形;雄穗上小花或小枝变成长囊瘤。

### (三)侵染循环

病害借气流或雨水传播,通过气孔、伤口或直接由寄主细胞壁侵入[图版 14-(2)]。病菌潜育期的长短依环境条件而异,一般 7~20 天。因此在玉米生长季节中,可重复侵染。落到土壤中的厚垣孢子,其生活力能达 5~7 年以上。由厚垣孢子萌发产生的小孢子,在土壤中可以芽生繁殖,尤其在厩肥和含有机质多的土壤中繁殖更快,并可作为侵染的来源。

### (四)发病条件

厚垣孢子萌发以  $26\sim30^{\circ}\text{C}$  最适,高温和稍干旱的地方有利病害的发生。据河北农业大学 1959 年资料,在相同条件下,玉米全生育期浇水的发病率为 12.25%,仅在生育后期浇水的发病率为 20.25%。在含氮量高或大量施肥的土壤上,植株徒长、组织柔嫩,发病率较高。



受雹灾、风沙、耕作、害虫等为害的田块或者在去雄的种子田中,黑粉病加重。

不同品种之间抗病能力有很大差异,品种抗病性与第6染色体的短臂和7、8染色体的长臂有关。自交系抗×抗的子一代抗病,感×感的子一代多数感病。

#### (五)防治方法

1. 选用抗病品种。
2. 清除田间遗留的病残株。
3. 避免使用未腐熟的有机肥料。
4. 在生长季节用小刀从瘤基部割除病瘤时,要在菌瘤破裂之前做到早割、全面割、连续割、彻底割。

### 六、玉米矮花叶病

玉米矮花叶病,亦称花叶条纹病,我国分布较广,河南、山东、河北、天津等地均有发生。

#### (一)病原

玉米矮花叶病 Maize dwarf mosaic virus (MDMV) 是病毒病。病毒结晶呈杆状,长度多数在 625~725 毫微米之间,致死温度为 55~60℃ 10 分钟。

#### (二)症状

整个生长期均可受害。夏玉米苗期至长出 7 个叶片前后发病最重。发病初期,首先在最幼嫩的叶片上表现不规则、浅绿和暗绿的斑驳或花叶,并可发展成为沿叶脉的狭窄条纹。到植株成熟时,叶片变成黄绿色或呈红紫色而干枯。早期侵染能使玉米苗根茎腐烂,过早死亡。

#### (三)传毒途径

玉米矮花叶病毒主要借昆虫吸食叶片汁液传播。玉米蚜、高粱缢管蚜、麦二叉蚜、桃蚜、菜蚜等蚜虫均能传毒。该病除玉米外,还可侵染谷子、高粱及狗尾草、蟋蟀草等。

#### (四)防治方法

1. 选用抗病品种。品种与抗病关系十分密切,自交系二南 24, Oh07 等属高抗类型,而 C103 及 Oh43 系统的材料则多属感病类型。
2. 清除地头和田间杂草,减少蚜虫的孳生和传毒。
3. 加强水肥管理,增强植株抗病力。
4. 出苗后进行田间普查,发现病株及时拔除。喇叭口期以前喷洒治蚜内吸药剂 1~2 次。

### 七、玉米粗缩病毒病

玉米粗缩病,俗称“万年青玉米”、“生姜玉米”,多分布在我国西北地区及山东、河北、天津和南方的浙江、江苏等省。

#### (一)病原

玉米粗缩病 Maize rough dwarf virus (MRDV) 是病毒病。该病毒颗粒呈圆形,

也有呈多角形的,直径55~70毫微米,由灰飞虱传播,潜育期10~20天。病毒可在灰飞虱若虫体内或冬前已受感染的越冬麦苗中越冬。发病越早受害越重,一般地头路旁发病较重。

### (二)症状

玉米从苗期至抽雄期均可受害。幼苗受害后,最初在心叶中脉两侧产生透明的短线状斑点,以后逐渐扩大,并在叶背面斑点上出现蜡白色的突起条斑,病株叶片浓绿,根系少而纤弱,节间缩短,植株变矮,一般不能抽穗结实而提早枯死,即使个别植株抽穗,也都表现畸形。10叶前后受害,除老叶外,新生的叶片浓绿,叶背面出现蜡白色的条斑,植株上部节间缩短,虽能抽穗结实,但雄穗花轴缩短,雌穗很小或畸形。14片叶以上受害,植株略矮,新生的叶片也出现轻微的蜡白色条斑,雄花轴缩短,但多数尚能正常结实,而千粒重却明显下降。此外,玉米发病以后,叶鞘、苞叶表面也均能出现白色条斑,并与叶片,雌、雄穗上的条斑一样,颜色由浅加深至褐色、黑褐色[图14-(3)]。

### (三)传毒途径及发病条件

玉米粗缩病是由灰飞虱等害虫传毒而引起。一般在气温高,冬春无特殊低温,夏、秋干旱,植株生长较差,有利于虫害的越冬和繁殖,发病则重。田间杂草较多,距离毒源较近的玉米田,由于带毒虫逐步迁移扩散,极易造成病害的发生。品种及其类型与发病也有一定关系。据1964年金华专区湖镇原种场调查,在148个农家品种中,其自然发病率以马齿型品种最高,中间型品种次之,硬粒型品种的发病率较低。如在21个马齿型品种中发病的占47.6%,68个中间型品种发病的占42.6%,48个硬粒型品种发病的占37.5%。播种期的早晚对病害亦有一定影响。移栽、套种的玉米,苗期生长较弱,田间杂草较多时,带毒虫取食容易,传毒机会较大,发病则重。

### (四)防治方法

1. 清除田边、畦埂杂草,消灭飞虱,减少病毒传播。
2. 选用抗病品种,减轻为害。
3. 适当密植,拔除病苗。玉米间苗前后,应分次拔去叶色较浓绿,初展心叶上有短绒状透明斑的病苗。
4. 消灭传毒虫,减轻发病率。用50%马拉松乳剂1斤,或50%杀螟松乳剂1斤,或50%磷胺乳剂1斤加水1500斤喷雾。或用40%乐果乳剂3两,每亩加水6~8担泼浇。

## 八、玉米干腐病

玉米干腐病,属国内植物检疫对象之一,我国东北、华北、华东、华南等地均有发生。其中 *Diplodia zeae* (Schw.) Lév. 分布在辽宁、吉林、黑龙江、山西、湖北、湖南、浙江、广东、四川及云南省等地; *Diplodia macrospora* Earle 分布在云南、广东、四川、贵州省等地; *Diplodia frumenti* Ell. et Ev. 主要分布在山西和安徽省等局部地区。一般以 *D. zeae* 最为常见。

### (一)病原菌

病原菌属半知菌类,球壳孢目,色二孢属,在寄主表皮下产生分生孢子器。分生孢子器

扁球形、球形或梨形,具有黑色的器壁和圆形乳头状孔口,突出于寄主组织外。分生孢子器能产生大量孢子。分生孢子有两种:一种为浅褐色,圆柱形或长椭圆形,一般具有一个隔膜,少数有二个分隔或无隔,大小为  $15\sim33\times3\sim7$  微米;另一种为无色透明不分隔的线状孢子,大小为  $18\sim27\times1$  微米。有的分生孢子器中只有后一种孢子,有的则两种同生于一个分生孢子器内(表 14-9)。

表 14-9 玉米干腐病三种病原菌的区别

菌 名	分生孢子大小(微米)	分 生 孢 子 形 状
<i>Diplodia zeae</i>	$15.5\sim33.0\times3\sim7$	淡褐色圆筒形或长椭圆形
<i>D. macrospora</i>	$35\sim95\times4.9\sim13$	浅褐色圆柱至棒形,比 <i>D. zeae</i> 大二倍
<i>D. frumenti</i>	$19\sim31\times11\sim15$	深褐色椭圆形

## (二) 症状

玉米整个生长季节均可被害,以生育后期受害较重。症状以果穗及茎秆上最明显。带病果穗剥开或脱粒时,籽粒间有一层白色的霉,籽粒基部甚至全粒均有白色菌丝及黑色孢子器。病种子不能发芽,或虽能破土出苗,但很少成活。幼芽及幼根受害,呈褐色干缩病斑,有时在发病部位有白色菌丝层,幼苗衰弱,甚至枯死。茎秆受害后病部呈紫红色或深褐色病斑,叶鞘和茎秆之间有白色菌丝,严重时茎秆节间布满凸起的小黑点(分生孢子器),茎秆易折断,果穗受害,一般提早成熟,早期感染,果穗不能长大,造成严重损失[图版 14-(4)]。

## (三) 侵染循环

病菌以菌丝和分生孢子器在病残体及种子上越冬。病残株上的分生孢子器经 3 年后仍可产生分生孢子。病菌借风传播,或以种子通过运输传播。

如玉米生长季节早期干旱,抽丝前后又遇潮湿条件,则果穗很易受病菌感染。一般果穗自抽丝以后的三个星期最容易受到感染。苞叶短而薄的杂交种也易受感染。

干腐病病菌生长的温度要求不同。*D. zeae* 生长最低温度为  $10\sim15^{\circ}\text{C}$ ,最适温度为  $28\sim30^{\circ}\text{C}$ 。*D. macrospora* 生长温度最低为  $5\sim8^{\circ}\text{C}$ ,最高为  $35\sim39^{\circ}\text{C}$ ,最适为  $25\sim32^{\circ}\text{C}$ 。分生孢子器须吸收水分后才能放出孢子,孢子发芽最适温度为  $20^{\circ}\text{C}$ ,由于玉米苗期温度较低,土壤湿度较高,幼苗生长缓慢,最易受害。

## (四) 防治方法

1. 严格执行检疫制度,不使带病的茎秆、穗轴和带病种子外运到无病地区,以防扩大蔓延。
2. 选用抗病品种,建立无病种子田,选留无病的种子播种。
3. 种子消毒,用 200 倍福尔马林液浸种 1 小时,保证种子不带菌或少带菌。
4. 消灭病源,彻底将病株集中烧毁。

## 九、玉米茎腐病

玉米茎腐病又名烂茎病、腰烂病等,在广西、四川、江苏、河南、山东等省(区)均有发生。

### (一)病原菌

玉米茎腐病病原细菌致病性有两个类型。致病性强的为 *Erwinia carotovora* f. sp. *zeae* Sabat 和 *Pseudomonas zeae* n. sp. 及弱寄生类型为 *Aerobacter aerogenes* 等。病原细菌属欧氏杆菌属, 菌体均为杆状, 二端钝圆, 单生, 偶尔有双链, 格兰氏反应均为阴性, 而且都不形成芽孢和荚膜, 但菌体大小、生长适温有所不同。 *E. carotovora* 菌体为  $1.6 \times 0.85$  微米, 鞭毛周生, 数目是 6~8 根, 长度为菌体的 4~6 倍; *P. zeae* 菌体为  $1.1 \times 0.75$  微米, 略带椭圆形, 无鞭毛; 生长适温, 二者均为 32~36°C, *A. aerogenes* 菌体为  $1.45 \times 0.8$  微米, 无鞭毛。生长适温为 36~38°C。

### (二)症状

茎腐病常发生在 2 尺左右的玉米植株中部或基部叶鞘及茎秆上, 初期叶鞘出现淡黄色水渍状梭形或不规则的病斑, 病斑继续扩大, 透入内部组织, 使整个茎组织溃伤而腐烂, 呈黄色或黑褐色, 并且有腥臭味。有时玉米顶部也能感病, 表现为心叶失绿, 呈萎蔫状, 叶鞘与茎秆腐烂, 易拔出, 并带有黄褐色臭液。茎腐病严重时, 发病部位凹陷, 易造成植株倒伏、倒折〔图版 14-(5)〕。

茎腐病的发生和蔓延较为迅速, 一般植株发病后 2~3 天即会倒伏, 这时茎秆往往青绿如常, 其他部位通常不表现任何症状, 但此时植株已停止生长, 不能成穗, 因此对玉米产量影响很大。

### (三)侵染途径及发病条件

病原细菌可以从伤口、气孔、叶鞘侵入而发病。

发病条件以气温高, 湿度大, 雨后天气潮湿闷热时最为有利。据山东省农业科学院植物保护研究所观察, 田间小气候昼夜平均温度以 26~34°C 利于发病, 但温度在 26°C 时, 发病缓慢, 从发病到病株倒折约需 9 天; 温度在 34°C 时, 则仅需 3 天植株即发生倒伏。另外, 田间相对湿度达 70% 时, 尤利于病害的发生。因此, 玉米在生育中期, 由于茎叶生长迅速, 组织幼嫩, 或过度密植, 通风透光不良, 在高温、大雨或灌溉之后, 田间湿度过大, 均易感染发病。过多追施未充分发酵的饼肥, 或将肥料追施在茎基根部以及机械擦伤的茎部等, 均会加重发病。

### (四)防治方法

1. 轮作换茬。
2. 选用抗病品种。
3. 雨后排除田间积水, 进行中耕松土, 降低田间湿度。
4. 发病初期, 及时剥除染病植株的叶鞘, 集中深埋。对发病严重的植株, 可及时拔除, 晒干烧掉, 以减轻为害。
5. 病菌已侵入茎部时, 可用硫磺 3 两, 骨胶 6 钱, 水 6 两制成硫磺浆涂茎, 或用 5~10 倍的石灰水涂茎, 但要剥掉发病叶的叶鞘, 然后涂茎, 对控制病害发展有一定作用。

## 十、玉米茎基腐病

玉米茎基腐病, 俗称玉米青枯病, 在我国各地均有发生, 近几年来北方各省发生较为普遍。

### (一)病原菌

山东省农业科学院植物保护研究所研究认为是瓜果腐霉菌 *Pythium aphanidermatum* 为主和禾谷镰刀菌 *Fusarium graminearum* 复合侵染致病。华中农学院王铨茂等研究认为是 *Fusarium moniliforme* Shetd 和 *F. moniliforme* var. *subglutinans* Wr. et Rg. 侵染致病。广西农学院张超冲等研究认为是 *Fusarium moniliforme* 和 *F. concolor*。说明我国玉米茎基腐病病原不仅仅是一种。

### (二)症状

玉米乳熟期,植株突然萎蔫,叶片青枯。发病后根部变色腐烂,根毛很少,根内空瘪,易拔起,茎基部节间中空,节部变褐,髓部收缩。果穗因病变软下垂,穗心干缩,千粒重较壮株降低 1/3[图版 14-(6)]。

### (三)发病条件

玉米茎基腐病的发生与玉米生育期、气候条件有着密切的关系。一般在乳熟期前后,天气炎热,突然遇到大雨,昼夜温差过大,病害即严重发生。不同品种间感病程度有所不同。一般早熟种发病重,晚熟种发病轻。另外,自交系、杂交种之间抗病性差异明显;以抗病自交系育成的杂交种多表现抗病,因此可通过育种手段,减轻玉米发病。

### (四)防治方法

1. 选用抗病品种。
2. 适时播种,增施钾肥,提高植株抗病能力。
3. 及时排除田间积水,可预防病害的发生。防止水温过高,通气不良而损伤根系,影响根部的呼吸作用,导致发病。

## 第二节 玉米主要害虫及其防治

我国玉米害虫种类较多,为害比较严重的有地老虎、蝼蛄、蛴螬、金针虫、钻心虫和粘虫等。及时防治玉米的主要害虫,对保证玉米丰收有着重要作用。

### 一、地下害虫

#### (一)地老虎

地老虎又名土蚕、地蚕、切根虫,属鳞翅目夜蛾科。玉米苗期,幼虫在近土面下的玉米茎部蛀洞或咬断幼苗,造成缺苗断垄。地老虎食性很杂,主要为害粮、棉、油、麻、瓜菜等各种植株的幼苗,以及绿肥、牧草和蓼、灰菜、野苋菜、小蓟、小旋花等多种杂草。

1. 形态特征 我国较为常见的地老虎,有小地老虎 *Agrotis ypsilon* Rott.,大地老虎 *Agrotis tokionis* Butler,黄地老虎 *Agrotis segetum* Schiff. 及八字地老虎 *Agrotis c-nigrum* Linnaeus 等,但以小地老虎对玉米的为害最为普遍和严重,其种类识别见表 14-10 [图版 14-(7)]。

2. 生活习性 小地老虎在华北一年发生 3~4 代,华东 4 代,西南 4~5 代,广西省 7 代。全国均以第一代幼虫为害最重,二代后虫数骤减,可能与夏季高温对幼虫活动不利所

表 14-10 四种地老虎形态特征的主要区别

形态 虫种	小地老虎	黄地老虎	大地老虎	八字地老虎
成虫	体长 17~23 毫米,翅展 40~50 毫米。灰褐色,前翅黑褐色,环状纹和肾状纹黑色,肾状纹外侧有一浓黑色“一”字纹,内、外横线明显	体长 15~18 毫米,翅展 32~40 毫米。前翅黄褐色,各横线不明显,环状纹、肾状纹、楔状纹较明显	体长 20~30 毫米,翅展 42~52 毫米。前翅淡灰褐色,前缘、外缘,环状纹、肾状纹灰黑色,肾状纹外具黑斑或夹杂着短“一”字纹	体长 16~20 毫米,翅展 40~49 毫米。前翅灰褐色,中部前缘有一倒三角形土黄色斑纹,基线、内横纹双线黑色,肾状纹褐色
幼虫	末龄体长 35~58 毫米。灰褐色,体壁粗糙,密布颗粒状突起,体节背面四个毛片,前二个显著小于后二个,臀板黄褐色,上有黑褐色纵带二条	末龄体长 36~40 毫米。淡黄褐色,体壁较小地老虎光滑,颗粒状突起细小。体节背面四个毛片,前二个略小于后二个。臀板有左右两块黄褐色斑纹	末龄体长 41~61 毫米。黄褐色,体壁无小颗粒而多皱纹,体节背面四个毛片,前二个等于或略小于后二个,臀板褐色	末龄体长 40 毫米。胴部背面有倒“八”字黑斑,以胴部第八、九节最明显

致。成虫夜晚活动,喜糖蜜,迁飞能力很强,杂草未发芽前,成虫多产卵在干草和土块上,杂草发芽之后,多趋向杂草上产卵。一头雌蛾产卵千粒左右,卵期 3~5 天,春季气温低,卵期可达半月余。幼虫一般六龄,初龄昼夜均在叶片上取食叶肉,残留表皮,形成针孔状花叶,或将幼嫩组织吃成缺刻,但食量很小;三龄以后夜晚活动,咬食茎秆基部,白天躲在土缝下或被害作物根部附近土壤中,五至六龄进入暴食阶段。幼虫有相互残杀和转株为害习性,故能造成大量缺苗。幼虫历期的长短,因温度高低而异。一般一代 31 天,二代 24 天,三代 27 天,四代 59 天。幼虫老熟入土化蛹。蛹期除越冬期外,约为 13~24 天。小地老虎猖獗为害与土壤水分有密切关系。土壤湿度大,有利于小地老虎的发生。凡前一年降雨多,耕地积水面积大,翌年小地老虎发生则多,为害也重。晚秋或早春的退水地,小地老虎发生严重。干旱年份,小地老虎和黄地老虎有向水浇地集中产卵并造成严重为害的趋势。此外,壤土也比砂土地虫口密度大。所以土壤水分、土壤质地及杂草均能影响小地老虎的发生与为害。

黄地老虎在我国的主要分布与发生代数,内蒙等地每年发生 2~3 代,华北地区每年发生 3~4 代。幼虫多集中在田埂杂草中越冬。早春在土表 2~3 厘米处化蛹,4~5 月是成虫发生期。黄地老虎与小地老虎要求的条件有所不同,在比较干旱及冬季温度较高的条件下,幼虫成活率高,有利于大发生。

大地老虎以幼虫越冬,每年发生一代,在华北、华东等地 3~4 月份开始活动,4~5 月份是为害盛期。大地老虎具有夏眠习性,从 5 月份以后开始休眠,经过百余天后,幼虫化蛹。蛹期约 30 余天,至 10 月份成虫羽化,多在夜晚活动,喜糖蜜,单雌蛾最多产卵达千余粒。产卵于植物下部叶片或土壤上,卵孵化幼虫后,继续入土越冬。

### 3. 防治方法

(1) 铲埂灭蛹: 在春季黄地老虎化蛹率达 80% 时, 铲削田埂 2 厘米, 并将铲下的土撒向田内, 再在同一地点铲 1 厘米把蛹铲死, 未死者经过风吹日晒亦可干死。新疆等地应用这种方法, 对防治黄地老虎有较好的效果。

(2) 药剂防治: 掌握幼虫三龄前喷撒 2.5% 敌百虫粉, 每亩 5~6 斤, 也可用 75% 辛硫磷 1 斤, 加少量水, 喷拌细土 250~350 斤, 然后顺垄撒施于幼苗根部, 形成 2 寸宽的药带, 每亩撒施毒土 40 斤。

幼虫四龄后使用毒饵。可用 90% 敌百虫 1 斤加水 5~10 斤, 拌入铡碎的鲜草 60~70 斤, 每亩撒施鲜草毒饵 30~40 斤, 或每亩用碾碎炒香的棉子饼 5~6 斤, 加 90% 敌百虫 1 两或辛硫磷 1 两, 加水 2~3 斤化开, 与棉子饼拌匀, 傍晚撒施。1977 年新疆维吾尔自治区莎车县十二公社农技站用敌百虫 1 份兑水 5 份, 拌上已炒香的油渣 75 份制成麦粒大小的毒饵, 傍晚撒入幼苗根旁, 诱杀黄地老虎, 每亩用毒饵 3~4 斤, 杀虫效果可达 95% 以上。

(3) 灯光、糖浆诱杀成虫, 人工捕杀幼虫。

### (二) 蛴螬

蛴螬俗名地蚕、土白蚕、大牙截虫等, 主要为害玉米幼苗的根部或根节, 属鞘翅目金龟科。成虫种类繁多, 俗称铜克郎、瞎撞等。我国北至黑龙江, 南到长江以南, 西到内蒙、陕西, 均有分布。其中尤以大黑鳃金龟为害最重, 分布最广。

1. 形态特征 田间主要虫种有: 大黑鳃金龟 *Holotrichia oblita* (Faldermann), 暗黑鳃金龟 *H. morosa* Waterhouse, 铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* Motsch, 其形态特征区别如下(表 14-11)。

表 14-11 三种金龟形态特征区别

形 态 虫 种	大 黑 鳃 金 龟	暗 黑 鳃 金 龟	铜 绿 丽 金 龟
成 虫	体长 16~21 毫米, 宽 8.2~11 毫米, 黑色或黑褐色, 有光泽。鞘翅有三条不很明显的纵线隆起。臀板隆起, 雄虫尾末节腹面中央有三角形凹陷	体长 12~22 毫米, 宽 8~9 毫米, 黑褐色或黑紫色, 无光泽, 鞘翅上各有小刻点, 具三条纵隆起线, 雄虫臀板三角形, 顶部尖削, 雌虫臀板呈扁平三角形, 顶端浑圆	体长 18~21 毫米, 宽 8~10 毫米, 铜绿色, 有光泽。前胸背板前缘明显凹入, 两侧具黄褐色边, 鞘翅上 4 条纵线隆起明显, 臀板三角形, 上有一个三角形黑斑或深色斑, 雄虫腹部褐色, 雌虫呈灰(黄)白色
幼 虫	体长约 55 毫米, 头部黄褐色, 有光泽, 前顶刚毛每侧 3 根, 腹部末节肛门三裂, 其前方钩状刚毛排列不规则	与大黑鳃金龟相似, 头黄褐色, 光泽较暗, 前顶刚毛每侧 1 根, 肛门三裂, 其前方钩状刚毛排列不规则	体长 25~35 毫米, 肛门“—”字形横裂, 其前方中央有两列刺状刚毛, 约 14~16 对, 近于平行整齐排列

2. 发生与为害 大黑鳃金龟在东北、华北二年发生一代, 在北京地区每世代约为 430 天, 成虫、幼虫均可越冬; 暗黑金龟、铜绿丽金龟均一年一代; 多以幼虫越冬; 大黑鳃金龟、铜绿丽金龟的幼虫一般多在 3 月下旬开始活动。暗黑鳃金龟的幼虫越冬后就地化蛹。成虫发

生盛期在5~7月,一般傍晚出土活动,有假死性和趋光性,喜在松软、潮湿的地里产卵,故壤土、砂壤土以及豆茬地发生较多。幼虫在秋季地温降至10℃时即开始越冬,地温低于5℃或高于28℃时,便向土下深处移动,一般以13~18℃、土壤湿润时,活动最为猖獗,此时正是北方春播玉米的幼苗期,故受害较重。幼虫生活时期很长,老熟后入土20~30厘米下化蛹,约经14~30天即羽化为成虫。

蛴螬的发生与土壤湿度关系很大,其中以水浇地、畦地发生最多,小雨之后蛴螬活动猖獗,作物受害严重。但过湿的土壤易引起幼龄蛴螬的死亡。

温度对蛴螬的升降活动关系也很大。据河南省观察,大黑鳃金龟幼虫在10厘米土温24~30℃时,活动范围为3~5厘米,23℃时为7~12厘米,土温降至10℃时,幼虫则降入土中20厘米深处。

土壤质地对蛴螬的影响,以壤土最为适宜,粘土次之,砂土较差。

### 3. 防治方法

(1) 深耕整地, 跟犁拾虫, 压低越冬虫口密度。

(2) 拌种: 用50%辛硫磷2斤,加水50~60斤,拌种1000斤;或40%1605甲基异硫磷按种子量0.2%拌种,均有良好效果。75%辛硫磷乳剂200倍拌种效果也很好。

(3) 捕杀成虫: 成虫盛期时利用其假死特性,在黄昏进行捕打。或以乐果粉或甲敌粉喷杀成虫。

### (三) 蝼蛄

蝼蛄俗称拉拉蛄、土狗子等,主要为害幼苗,属直翅目蝼蛄科。我国主要有华北蝼蛄和非洲蝼蛄两种。华北蝼蛄主要分布在北方地区,非洲蝼蛄几乎遍布于全国。

1. 形态特征 华北蝼蛄学名为 *Gryllotalpa unispina* Saussure, 非洲蝼蛄学名为 *Gryllotalpa africana* Palisot de Beauvois。华北蝼蛄与非洲蝼蛄的形态特征主要区别如下(表14-12)。

表 14-12 两种蝼蛄形态特征的主要区别

	华 北 蝼 蛄	非 洲 蝼 蛄
成 虫	体长40~50毫米,腹部近圆筒形,体色黑褐色,后足胫节背侧内缘有刺1个或消失	体长30~35毫米,腹部近纺锤形,体色灰褐色。后足胫节背侧内缘有3或4个刺
若 虫	初孵化时为乳白色,2龄以后变为黄褐色,第5或6龄后,后足同成虫,腹部近圆筒形	初孵化时为乳白色,其后头部、胸部变为暗褐色,腹部呈淡黄色,第2或3龄后,后足同成虫,腹部近纺锤形

2. 生活习性 华北蝼蛄在华北地区完成一代约需3年左右。一般成虫和若虫多在地下30~100厘米处越冬,翌年4月上、中旬开始活动,咬食玉米苗,5月份前后交尾产卵,6月份前后卵孵化为若虫,10月份以后,若虫达到8~9龄,即潜伏越冬。次年春季若虫又在地面活动为害玉米,秋末若虫达到12或13龄,再潜入地下越冬。到第三年8月上中旬若虫成熟,羽化为成虫,秋后即以成虫越冬。



非洲蝼蛄在华北地区约二年一代,南方各地均一年一代。一般均以成虫或若虫越冬。翌年4~5月间成虫交尾产卵,若虫在4月上旬开始活动,5~6月间羽化为成虫。

蝼蛄有趋光性,喜温暖湿润环境,白天多潜居隧道中,夜间出来活动。因此,雨后在松软土壤或在施马粪和其他厩肥的土中活动最为猖獗。蝼蛄的成虫或若虫都能咬食玉米根茎部,其活动盛期多在春秋两季,故春玉米比夏玉米的幼苗受害为重。

### 3. 防治方法

(1) 拌种:用50%1605乳剂或75%辛硫磷1斤,加水50斤拌种500~600斤,初期保苗作用良好。

(2) 毒饵:将麦麸、豆饼、花生饼等炒香,每100斤饵料拌入90%敌百虫1斤,加水10斤稀释液拌成毒饵,在黄昏时撒于受害田间,特别是小雨之后,效果更好。

(3) 灯火诱杀:对非洲蝼蛄的效果比华北蝼蛄明显。

### (四) 金针虫

金针虫俗名蝼虫、硬节虫等,成虫是叩头虫,属鞘翅目叩头虫科,此虫在地下咬食玉米幼苗根茎部,是我国北方主要地下害虫之一。其中以沟金针虫分布最广,多发生在平原旱地。细胸金针虫在粘土地、低温水浇地发生较严重。褐纹金针虫只在华北局部地区发生。

1. 形态特征 金针虫主要有三种。沟金针虫 *Pleonomus canaliculatus* Faldermann, 细胸金针虫 *Agriotes fuscicollis* Miwa 和褐纹金针虫 *Melanotus caudex* Lewis。其主要特征如下(表14-13)。

表 14-13 三种金针虫的主要特征

名 称	体 色	体 形	尾 节
沟金针虫	黄褐色	体较宽,扁平,胸腹背后面有一条纵沟	深褐色,末端有二分叉,各叉内侧有一小齿
细胸金针虫	淡黄褐色	细长,圆筒形	圆锥形,近基部两侧各有一褐色圆斑,并有4条褐色纵纹
褐纹金针虫	茶褐色	较细长,圆筒形,第二胸节至第八腹节的每节前缘有半月形褐色斑	近圆锥形,末端成3个小突起,基部有2个半月形斑,并有4条细纹

2. 生活习性 沟金针虫在北方地区约需三年完成一代,其幼虫期极长。老熟幼虫在8~9月间化蛹,蛹期20天左右,9月羽化为成虫,即在土中越冬,次年3~4月出土活动,交配后产卵在土中。成虫寿命约120天,卵期约35天。6月以后孵化为幼虫。细胸金针虫,一般6月上、中旬化蛹,中、下旬羽化为成虫。产卵盛期在6~7月间,卵期约15~18天。

金针虫的活动,与土壤温度、湿度、寄主植物的生育时期等有密切关系。其上升表土层为害的时间,与春玉米的播种至幼苗期相吻合。沟金针虫在北京地区3月下旬10厘米地温7~12℃时,即开始在表土活动,4月上、中旬,平均地温达到15~16℃时,为害比较严重,平均地温超过23℃以上时,幼虫则向较深的土层移动。如灌水后表土过湿,则暂向土壤深处

移动,并逐渐停止为害。细胸金针虫喜潮湿土壤,所以多发生在沿河等比较湿润的地区。被害玉米幼苗的根茎部多呈现空洞。

### 3. 防治方法

(1) 辛硫磷或 1605 乳剂拌种。

(2) 灌水可使金针虫爬行不便或移至深土层内,待土壤稍干以后,金针虫回到表土层时,作物根系已经长粗老化,抗虫力加强,受害程度减轻。

## 二、玉 米 螟

玉米螟 *Pyrausta nubilalis* Hübner, 俗名钻心虫, 属鳞翅目螟蛾科。是我国玉米的主要害虫。

### (一) 形态特征

成虫黄褐色,雄蛾体长 10~13 毫米,翅展 20~30 毫米,体背黄褐色,腹末较瘦尖,触角丝状,灰褐色,前翅黄褐色,有二条褐色波状横纹,两纹之间有两条黄褐色短纹,后翅淡褐色。雌蛾体长 13 毫米,翅展 20~34 毫米,形态与雄蛾相似,颜色比雄蛾浅,前翅鲜黄色,线纹浅褐,后翅淡黄褐色,腹部较肥胖。

卵扁平椭圆形,数粒至数十粒组成卵块,呈鱼鳞状排列。初为乳白色,渐变黄白色,孵化前卵的一部分为黑褐色(即为幼虫头部,称黑头期)。老熟幼虫体长 25 毫米,圆筒形。头黑褐色,背部颜色有浅褐、深褐、灰黄等色。中、后胸背面各有毛瘤 4 个,排成一横列,腹部在 1~8 节背面有两排毛瘤,前排 2 个,后排 2 个。

蛹 15~18 毫米,黄褐色,长纺锤形,尾端有刺毛 5~8 根[图版 14-(8)]。

### (二) 生活习性

玉米螟在各地一年发生 1~6 代,由北向南逐渐增加,因地势和海拔不同而有差异。一般东北发生 1~2 代,华北 2~3 代,华东、华中 3~4 代,广西、广东地省发生 6 代。

幼虫为害习性因寄主植物和为害时期而异。玉米抽雄前幼虫主要聚集在心叶内为害嫩叶,叶片抽出后即呈现许多横排小孔。或在即将抽出的雄穗上为害,雄穗被蛀后,常易折断,影响授粉。抽雄后多蛀食雌穗或茎部,常造成缺粒和秕粒现象。老熟幼虫多在玉米茎秆、穗轴内或高粱、麻类、向日葵、谷草的茎秆中越冬。

玉米螟适合在高温、高湿条件下发育。适宜发生的温度为 16~30℃,相对湿度在 60% 以上。但雨量过大亦不利于玉米螟发生,尤其在卵期和幼虫孵化期,如遇连续大雨或暴雨,对玉米螟的发生不利。卵期干旱,玉米叶片卷曲,卵块易从叶子背面脱落而死亡。

玉米螟的天敌较多,寄生在卵上的有赤眼蜂;还有食卵瓢虫;寄生在幼虫上的有寄生蝇、黄金小蜂、长距茧蜂等;寄生在蛹上的有姬蜂;捕食成虫和幼虫的有盗蝇、黑蜘蛛、步行虫等。另外,玉米螟还受多种寄生性病菌的侵袭,如白僵菌等。

### (三) 抗虫性鉴定

不同玉米品种及其自交系对玉米螟的抗性有很大差异。如将初孵化的玉米螟幼虫放在玉米幼株的心叶上,幼虫的死亡率很高,残存下来的幼虫生长速度也低于原来在较老植株上取食的生长速度。这是由于玉米叶组织中含有三种有毒物质,其中 6-甲氧基苯并噻唑啉酮

(6 MBOA), 在玉米生长到一定高度后, 其浓度随之下降, 其含量的高低和玉米对第一代螟虫的抗性有密切关系。6 MBOA 可转化成抗螟物质“丁布”, 但“丁布”并非唯一的抗螟物质, 因此仅靠测定“丁布”会漏掉由其他抗螟因素所决定的抗螟品种; 尤其是抗第二代螟虫的品种, 很易被淘汰。因此可以用化学方法作为衡量抗螟性的依据之一。但目前人工接虫鉴定抗虫性, 仍是一种主要方法。中国农业科学院植物保护研究所田间人工接种鉴定抗螟性的方法是将越冬代及一、二代螟蛾饲养在养虫笼内, 使其产卵于蜡纸上, 再将黑头期或黑头期前一天的卵块放入供试玉米的中、末期心叶之中, 每株接卵 50 粒左右。抽雄后, 对原来心叶丛的 4~5 叶片按分级标准(附录)进行调查鉴定。

目前已知, 抗第一代螟虫的玉米自交系有 B 49、Oh 43、Oh 45, 抗第二代螟虫的有 B 52, CI 31 A 等。此外, 自交系 404 经鉴定亦有很好的抗螟性。采用抗螟虫品种是防治玉米螟最经济有效的方法之一。

玉米的抗虫性, 有的抗欧洲螟, 有的抗亚洲螟。据国外报道, 玉米品种的抗螟性, 一般都是指抗欧洲螟而言。但从北京市大兴县农业科学研究所 1980 年的诱蛾资料看出, 北京市的优势玉米螟为亚洲螟, 我国华北、华中等一些地区有可能以亚洲螟为主。

#### (四) 防治方法

1. 越冬期防治 成虫羽化之前, 处理玉米秆, 进行青贮、当柴烧掉或沤制肥料, 可以抑制虫情的发展。

##### 2. 抽雄前防治

(1) 颗粒剂撒心叶: 用甲基或乙基 1605 1 斤, 加水 4 斤, 与炉渣颗粒 50 斤拌匀, 充分晾干, 撒于心叶, 药效长, 效果好。或用每克含孢子 50~100 亿的白僵菌粉 1 份, 拌颗粒 10~20 倍, 制成白僵菌颗粒剂撒心叶, 效果均较好, 但在养蚕地区或干旱条件下, 使用白僵菌要特别慎重。

(2) 灌心: 每克含孢子在 100 亿以上的杀螟杆菌菌粉 1 斤, 加水 1500~2000 斤, 灌注心叶。

(3) 赤眼蜂防治: 向田间释放赤眼蜂 2~3 次, 放蜂量 4~5 万头, 防治玉米螟的效果良好。山东省文登县、栖霞县以及辽宁省岫岩县应用赤眼蜂防治玉米螟, 效果达到 80% 以上。

##### 3. 穗期防治

(1) 在花丝开始萎蔫时, 剪掉花丝, 然后用 300 倍敌百虫泥浆涂于剪口上; 配制药泥的比例为敌百虫、水、粘土 1:300:540, 防治效果良好。

(2) 50% 敌敌畏乳剂 600~800 倍, 滴于雌穗花丝基部, 每斤药液滴 300 个雌穗, 还可以兼治棉铃虫。

### 三、粘 虫

粘虫 *Pseudaletia separata* (Walker) 属鳞翅目夜蛾科。俗称好蝗、绵虫、行军虫、夜盗虫、剃枝虫。全国除新疆、西藏未见报道外, 其他地方均普遍发生, 是粮食作物的主要害虫之一。

### (一)形态特征

成虫长 16~20 毫米,翅展 36~45 毫米,淡黄褐至淡灰褐色,前翅中央有 2 个黄色圆斑,从翅顶至内缘末端 1/3 处有一条黑色斜纹,开始明显,越往下则逐渐消失。外缘有 7 个小黑点,中室下角有 1 个小白点。

卵呈球形,有光泽,直径约 0.5 毫米,排列成行,块状,初为淡黄色,孵化前变为灰黑色,外附胶质粘液。

幼虫头壳上有八字形黑纹,初龄幼虫体长仅 3.4 毫米,老熟幼虫最长达 38 毫米,虫体淡绿至浓黑色,有 5 条背线,颜色变化甚大。

蛹为被蛹,长约 19 毫米,红褐色,腹部 5~7 节背面接近前一环节处,各有一条锯齿状点刻,排列成横线,尾端有一对粗大尾刷,大刺两旁各有一较细短小刺。

### (二)生活习性

粘虫每年发生 2~8 代,因地区不同而异。一般东北为 2~3 代,华北 3~4 代,华东和华中 4~6 代,华南 7 代,陕西 2~4 代。

海拔对世代亦有影响,粘虫在我国北纬 33°以北地区,基本上不能越冬或只有极少量虫口越冬,不能成为春季的主要虫源。在华南亦不能越夏。但粘虫有季节性南北迁飞和垂直迁飞的习性,在中纬度以南地区,因夏季高温,粘虫向高海拔的山区移动,秋季山区温度下降,又向平原移动。

成虫昼伏夜出,白天潜伏在枯枝、落叶、草丛、秸秆堆中,以及屋檐、墙缝等荫蔽场所。对糖、醋、酒等酸甜物质有很强的趋性,而其趋光性则较弱。但在黑光灯下仍可以诱到。每个雌虫产卵一般为 500~800 粒,最多可达 2000~3000 粒。主要产在玉米中下部枯黄卷褶的叶片边缘处。卵期随温度而异,一般为 3~6 天。初生幼虫多栖息在心叶、叶背等避光处,一受惊动即吐丝下垂或卷缩假死。3 龄前食量不大,3 龄后食量暴增,植物叶片被吃光时,开始成群迁移。5~6 龄幼虫耐饥性极强,10 多天不食仍能生存。老熟幼虫在土内 1~3 厘米处筑一光滑蛹室,然后化蛹。

总而言之,我国粘虫基本上可以划分为五个世代区。北纬 27°以南为 6~8 代区;27~33°之间为 5~6 代区;33~36°为 4~5 代区;36~39°为 3~4 代区;39°以北为 2~3 代区。粘虫只能在 5~6 代区及其以南的地方越冬。

粘虫的发生与温度、湿度有密切的关系。一般成虫产卵最适温度为 19~25℃,30℃以上产卵即受很大影响。另外,湿度越大越有利于成虫产卵,当相对湿度低于 50%时,产卵即显著减少,但在阴晴交错、多雨高湿的气候条件下,不但有利于成虫产卵,而且有利于卵的孵化,以及低龄幼虫的成活和发育。因此,多雨或水浇玉米田中发生较重,天气干旱及暴雨后可减轻其为害。风向对粘虫的发生亦有一定影响,在北风及偏北风且降雨时,可使南迁粘虫下落,第二代粘虫发生则重。东北地区春季虫源与南风及西南风有关。四川省洪雅地区 6 月上旬如有干旱的西北风,则可减轻发生。此外,植株密度大,杂草多,蜜源多,对粘虫的发生亦有利。

### (三)防治方法

1. 用 2.5% 敌百虫粉,每亩喷粉 4~5 斤,杀虫效果较好。如大面积发生时,可用飞机

进行喷粉防治。

2. 用 90% 敌百虫或 50% 敌敌畏 1000~1500 倍液, 每亩喷施 150~200 斤, 效果明显。

3. 用糖醋毒液诱杀成虫或用谷草把诱卵, 即在田间插上 1 尺多高的稻谷草把或麦秆草把, 每亩 3~5 个, 诱集成虫在草把上产卵, 每隔 4 天左右换一次, 以集中烧掉草把上的虫卵。也可将稻草把放在 50% 的亚胺硫磷稀释 50 倍的溶液中, 浸泡 2 小时后取出晾干, 绑在小棍上, 按棋盘式插布田间, 高出玉米苗 1 尺左右, 这样既能消灭虫卵, 又能杀死初龄幼虫。

4. 人工采卵或捕捉幼虫。

### 第三节 玉米田主要杂草及其防治

杂草与玉米争夺空间、光线, 并能消耗大量水分、肥料等, 不仅影响玉米产量, 而且还是病虫的越冬场所和寄主。因此, 防除杂草是提高玉米产量的有效措施之一。

#### 一、玉米田的主要杂草种类

根据杂草的繁殖和发生特点, 可分成以下几类。

##### (一) 一年生杂草

一年生杂草如禾本科的野稗 [*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.]; 牛筋草 *Eleusine indica* (L.) Gaertn.; 马唐 [*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.]; 三棱草 (*Cyperus rotundus* L.); 绿狗尾草, 又称谷莠子 [*Setaria viridis* (L.) Beauv.]; 画眉草 [*Eragrostis ciliaris* (All.) Link.]; 菊科的苍耳 (*Xanthium sibiricum* Patr.); 藜科的藜, 又名灰菜 (*Chenopodium album* L.); 桑科的葎草 [*Humulus scandens* (Lour.) Merr.]; 苋科的马齿苋 (*Portulaca oleracea* L.) 等。

##### (二) 越年生杂草

一般第一年种子发芽并生长, 幼苗越冬, 第二年春夏季开花结实。这类杂草有菊科的黄蒿 (*Artemisia annua* L.) 等。

##### (三) 多年生杂草

1. 多年生地面芽杂草 它具有强大的根系, 一般在根茎部着生大量根芽, 每年均由根芽处重新发芽, 长出新植株; 如车前科的车前 (*Plantago asiatica* L.) 等。

2. 多年生地下芽杂草 包括芽由地下部的根茎长出的根茎类杂草, 如菊科的刺儿菜 (*Cirsium segetum* Bunge); 苣荬菜 (*Sonchus brachyotus* L.); 旋花科的小旋花 (*Calystegia hederacea* Wall.)。以及芽由地下部的根上生出的根蘖类杂草, 如莎草科的莎草 (*Cyperus rotundus* L.) 等。

杂草种类繁多, 发生时间及生物学特性等也各不相同。应掌握当地草情、天气及土壤条件, 从中分析矛盾, 因地制宜地采取综合防治。如一年生杂草, 主要是采取切断种子传播途径, 及时彻底地铲除杂草幼芽; 越年生杂草, 则主要是及时进行前作物灭茬, 冬季深翻, 在开花之前将草除掉; 多年生杂草, 则需深耕深耙, 早锄勤锄, 有条件的可选用合适的除草剂, 杀灭杂草。

## 二、杂草的综合防治措施

### (一) 消灭杂草种子

首先应建立和健全杂草的检疫制度,控制外来杂草滋生蔓延。有机农家肥料应充分腐熟后施用,以杀死肥料中存在的大量草籽。及时清除田边、田埂杂草。

### (二) 合理耕作

多年生杂草通过春耕、秋耕、伏耕或耙地等,将它翻入地下深层或切断地下根茎,减轻其危害。

### (三) 中耕

玉米地行距较宽,便于中耕操作,但是由于玉米苗期生长缓慢,宽大的行间又给杂草生长提供了有利条件。因此,必须依据杂草发生的种类、数量、天气确定玉米中耕次数。但华北地区夏玉米苗期正值雨季,中耕宜浅,否则杂草不易在短时间内被晒死,遇雨可继续成活,发生草荒。

### (四) 培土灭草

玉米培土,可将杂草翻压在下,即使成活生长,也失去和玉米竞争的能力。

### (五) 实行轮作

由于各种作物的栽培条件不同,有些杂草因环境条件的改变而不能生长,因此可以有效地减少杂草危害。

### (六) 化学除草

应用除草剂防除玉米田间杂草,是农业现代化的一项先进技术。目前,我国已制成一批玉米除草剂,并开始大面积推广应用。

化学除草能节省劳力,除草及时,效果较好,对人畜及玉米都比较安全。人工除草则常和其他农事活动争劳力,争时间;尤其是夏玉米,需要除草时正值雨季,除草不及时,便很容易造成草荒,严重影响产量。所以在地多人少的玉米产区,采用化学药剂除草更为重要。但是,除草剂和其他农药一样,使用不当也会污染土壤和环境。因此,根据除草剂的性质适量用药,才能收到应有的效果。

玉米的除草剂种类很多,如2,4-滴、2,4-滴丁酯、敌草隆、绿麦隆、西玛津、阿特拉津、杀草胺、毒草胺等。目前大面积应用的有2,4-滴、2,4-滴丁酯、2,4-滴钠盐、敌草隆等。其使用方法如下。

1. 土壤处理 玉米播种后出苗前在土壤表面喷施。一般可用72% 2,4-滴丁酯3~4两;或用50%西玛津可湿性粉剂、50%阿特拉津粉剂,两种药剂用量,夏玉米每亩喷施0.3~0.5斤,春玉米每亩喷施0.8斤。绿麦隆每亩用有效成分200克以内;或25%敌草隆每亩4~6两。

处理时,有机质丰富的土壤,用药量应大些,砂土地用药量则宜少些。

2. 叶面喷雾 玉米在3叶以前和拔节之后,抗药性差,容易发生药害。至4~6叶期,株高在10厘米以上时,对2,4-滴抗性最强,可用72% 2,4-滴丁酯每亩1~1.5两或80% 2,4-滴钠盐每亩1.5~2两喷雾;加水量,飞机喷雾为每亩6~7斤,拖拉机悬挂式喷雾器为

每亩 20~40 斤; 背负压缩器式喷雾器为 80~100 斤。飞机喷雾比地面药械喷雾具有效率高、效果好、成本低的优点。六十年代以来, 超低容量喷雾除草剂已开始广泛应用于生产。

阿特拉津在玉米 4 叶期喷雾时, 每亩用药 6 两。

玉米在 5~6 叶期, 株高 20 厘米左右时, 用 25% 绿麦隆可湿性粉剂 0.8~1.2 斤, 效果也很好。

此外, 不同除草剂的合理混用和交替使用, 或添加粘着剂, 均能提高药效。但应注意药剂种类, 药效高低, 以达到用药少, 效果好, 成本低的目的(表 14-14)。

表 14-14 玉米除草剂的主要种类和用法

除草剂类别	名 称	防 除 对 象	使 用 方 法
苯氧羧酸类	2,4-滴	非禾本科杂草	叶面喷雾或土壤处理
	2,4-滴丁酯	非禾本科杂草	叶面喷雾或土壤处理
	2,4-滴钠盐	非禾本科杂草	叶面喷雾或土壤处理
	二甲四氯	非禾本科杂草	叶面喷雾或土壤处理
酰胺类	毒草胺	一年生禾本科杂草的幼芽	芽前土壤处理
	杀草胺		芽前土壤处理
	敌草胺		芽前土壤处理
	草毒死		芽前土壤处理
取代尿类	敌草隆	一年生单、双子叶杂草	土壤处理
	灭草隆		土壤处理
	非草隆		土壤处理
	利谷隆		土壤处理
	绿麦隆	一年生单、双子叶杂草	土壤处理及叶面喷雾
均三氮苯类	西玛津	一年生及多年生杂草	播后芽前土壤处理, 苗期间喷雾
	阿特拉津		
	草净津		
	扑草津	一年生单、双子叶杂草	芽前土壤处理
其 他	茅草枯	禾本科杂草	芽前喷雾

#### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编: 中国玉米栽培, 上海科学技术出版社, 1962。
- [2] 山东省农业科学院主编: 玉米栽培技术, 农业出版社, 1981。
- [3] 浙江农业大学编著: 农业植物病理学, 上海科学技术出版社, 1973。
- [4] 浙江农业大学编著: 农业昆虫学, 上海科学技术出版社, 1962。
- [5] 《玉米遗传育种学》编写组编: 玉米遗传育种学, 科学出版社, 1979。

## 第十五章 收获与储藏

确定玉米适宜的收获时期,不仅直接影响产量的高低,而且对于提高粮食的品质有密切的关系。将玉米籽粒及时干燥入仓,防止混杂,减轻病、虫、鼠害和霉菌的为害,不断提高玉米的品质和种用价值,是玉米储藏的根本任务。因此,适时收获与安全储藏,已成为玉米生产的一个重要环节。

### 第一节 收获与脱粒

#### 一、玉米的后熟作用

玉米达到适于收获的时候,籽粒成熟的生理生化反应并未结束。收获后籽粒的代谢机能虽然不断减弱,酶的活性也随之钝化,但有些物质的转化过程,还在缓慢地进行,一直到充分生理成熟,这个过程称为玉米的后熟作用。

籽粒的后熟作用需要在一定的温度、湿度和空气等条件下才能进行,在温度较高、通风良好时,能加速完成种子的后熟过程。经过后熟的玉米,其内部低分子化合物相对含量下降,而高分子的储藏物质积累到最高限度,如单糖脱水缩合成为淀粉,由于有机酸转化为高分子中性物质,细胞内的总酸度明显下降,发芽率和发芽势显著提高,表示休眠期已过,适于生产上作为播种材料应用。休眠状态是生命的相对静止现象,休眠状态比成熟和萌动状态的种子,对不良环境条件具有较强的抵抗能力,这是在系统发育过程中形成的一种适应性。

玉米的休眠期比其他禾谷类种子短,在成熟过程中便具有萌发的能力,所以有的品种遇到阴雨天气时,在成熟期间即会发生“穗生芽”的现象,但只有通过后熟作用的种子,才具有较强的发芽势和较高的发芽率。玉米成熟以后不易落粒,可以在穗轴上完成后熟作用。由于果穗不同部位的种子,完成后熟作用的程度不同,其发芽率和发芽势也有所差别。

玉米收获以后,随着种子的生理成熟,穗轴内仍有一定数量的水溶性糖和脂肪酸等合成淀粉和脂肪,储存于籽粒之中,收获愈早的玉米,这种转化也愈显著。在脱离穗轴的籽粒内,水溶性糖转化为淀粉的过程虽然也在进行,但为数较少。

#### 二、收获时期

玉米的收获时期,因地区和播种季节不同而有很大差异。我国玉米有春播、夏播和秋播,海南岛还有一部分试验性的冬播。但从主要玉米产区的大面积生产来看,收获最早的在6月下旬,最晚的在11月中旬,前后相差约5~6个月(表15-1)。



表 15-1 我国各地玉米收获时期

玉米产区	春播	夏播	秋播
北方春播玉米区	8/中~10/上		
黄淮海平原夏播玉米区	8/上~9/中	9/下~10/上	
西南山地玉米区	7/上~9/中	8/上~9/下	
南方丘陵玉米区	6/上~7/中	8/下~9/上	10/下
西北灌溉玉米区	8/下~9/上	10/上	10/下~11/中

玉米的适宜收获时期,因生产目的而异。

粮食用的玉米一般以在完熟初期到完熟中期收获为宜。这时果穗苞叶松散,籽粒内含物已经完全硬化,指甲不易掐破。籽粒表面具有鲜明的光泽,靠近胚的基部出现黑层,整个植株呈现黄色。玉米成熟期的植株形态特征,常因品种而异。如江苏的老来活,浙江的壳里老,种子达到完熟时,茎叶仍很青绿。因此,决定收获期时,还要考虑到品种的特征特性。由于玉米成熟时不易落粒,为了让营养物质完成转化过程,使籽粒充分成熟,收获时期可比其他作物稍晚一些。收获过早,籽粒含水量高,干物质积累较少,影响产量;收获过迟,茎秆容易折断,果穗往往触地霉烂,特别是山区玉米晚收,还易遭受鸟兽为害。在北方结冻早的地区,以及玉米收获后要播种其他作物的地区,为了争取时间抢耕抢种,当玉米在蜡熟末期,干物质积累已达到高峰时,即可收获。

饲料用青贮玉米宜在乳熟末期至蜡熟期收获,这时茎叶青绿,籽粒充实,植株中含水约70%,体内营养物质含量最多,不仅青贮产量高,而且质量好。收获过早,植株含水量多,酸度高,饲料的品质较差;收获过晚,植株含水量少,饲料的品质也会降低。如果只青贮玉米茎秆,而将籽粒作为食用,为了保证粮食的产量并得到量多质佳的青贮饲料,宜在蜡熟末期收获。

### 三、田间测产

测产也称估产,可分预测和实测两种。预测在蜡熟期进行,实测在收获时进行。其步骤和方法如下:

#### (一)选点取样

玉米田间选点和取样的代表性与测产结果的准确程度密切有关。为了取得具有最大代表性的样本,要在全田平衡采点,每一块地按对角线选取5个点;其中一个是在地的中央,其余各点均匀地分布在对角线上,然后从各点选取稀密程度和生育情况一致的、有代表性的植株,还要注意四周不应有缺株和特别矮小的植株。取样的株数,实测时每点取30~50株,预测时每点取5~10株。

#### (二)测定方法

1. 测定每亩实际株数 测行株距,求缺株率,计算每亩株数。

(1) 测定行距: 每块田测定20~30行,求出平均行距。

(2) 测定株距: 每块田选 4~5 行, 各行应彼此间隔, 分散在全田, 每行数 40~50 株, 量其距离, 求出平均株距。穴播的以同样方法测定穴距, 同时计算缺株百分率。

(3) 计算每亩实际株数:

$$\text{条播每亩实际株数} = \frac{6000(\text{平方尺})}{\text{平均行距}(\text{尺}) \times \text{平均株距}(\text{尺})}$$

$$\text{穴播每亩实际株数} = \frac{6000(\text{平方尺})}{\text{平均行距}(\text{尺}) \times \text{平均穴距}(\text{尺})} \times (1 - \text{缺株率}) \times \text{每穴株数}$$

2. 测定结穗率及每穗粒重(预测用) 在测定株距的地段上, 在计算植株的同时还要计算总穗数, 得出单株结穗率。并在选定样本的植株上, 剥开苞叶计算每穗粒数, 然后根据播种时的千粒重或该品种常年的千粒重, 计算每穗粒重。

3. 测定样本粒重(实测用) 各点所选的植株, 在收获时摘下全部果穗, 脱粒晒干后称取籽粒重量。

### (三) 计算产量

1. 预测法计算产量:

$$\text{每亩产量(斤)} = \frac{\text{每亩实际株数} \times \text{单株结穗率} \times \text{每穗粒数} \times \text{千粒重(克)}}{1000 \times 500}$$

2. 实测法计算产量:

$$\text{每亩产量(斤)} = \frac{\text{取样粒重(斤)}}{\text{取样株数}} \times \text{每亩实际株数}$$

## 四、收获方法

我国玉米的收获方法, 分为人工收获和机械收获两种。目前, 农村生产队仍以人工收获为主, 但机械收获面积已在逐步扩大, 而各地大型国营农场均以机械收获为主。

### (一) 人工收获

玉米成熟以后, 以人工将果穗摘下, 运回场院剥去苞叶晾晒, 随即再用镰刀或小镢将田间的玉米茎秆割下或刨下运回。有的则先把茎秆割倒, 丛立田头或运回场院, 再将果穗摘下。采用这种方法, 可以迅速清理田间, 提早耕地, 抢种后作。根据耕作制度的需要, 为了抢种后作, 也可适当提早收获。如华北地区的夏玉米后茬主要是小麦, 长江流域三熟制的春玉米后茬是晚稻, 都要抓紧时间抢收。安徽省青弋江沿岸, 有些年份因有洪水为害, 玉米播种期延迟, 成熟期偏晚, 为了抢种下茬小麦, 于蜡熟中期即带秆收获, 每 50~100 株成捆, 竖立在地边或道旁进行后熟, 经 10 多天再运回晒场。经过后熟的玉米, 千粒重一般约增加 10~12.8 克。

收割时茎秆留茬高度愈低愈好, 最高不宜超过 10 厘米, 因为玉米螟的幼虫多潜伏在离地面 10 厘米以上的茎秆中, 低茬收割对消灭玉米螟有很大作用。

### (二) 机械收获

我国玉米的机械收获, 主要采用玉米联合收获机(图 15-1), 也有采用人工摘穗、机械收割的分段收获方法。玉米联合收获机能一次完成割秆、摘穗和切碎茎叶等工序, 每天可以收

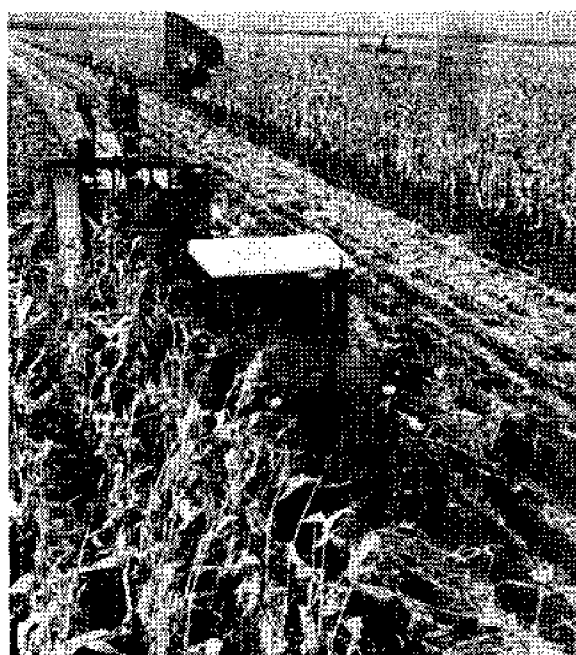


图 15-1 玉米联合收获机

割 100 亩左右。如把谷物联合收割机进行改装,也能一机多用,不但可以提高收割机的利用率,也可节省资金。这种联合收割机能同时收割 4 行、6 行或 8 行玉米,适于大面积作业,每天收获玉米约 80~150 亩。

山东省烟台地区农业机械科学研究所和掖县农业机械修造厂研制的 4Y-2 型和 4Y-1 型玉米收获机,采用皮带夹持结构,能一次完成收割、摘穗、茎秆铺放等各项作业;4Y-2 型的试用结果证明:玉米株高在 2.2~2.7 米,亩产量在 400~800 斤时,拖拉机用二挡作业,茎秆铺放质量较好,总损失不超过 1%。4Y-1 型切割、夹持、摘穗,以及灭茬性能和对行性能均较好,但拖拉机高档工作时茎秆铺放不够整齐。这两种收割机的共同特点是:采用全悬挂,行走方便灵活,异型皮带夹持代替链条夹持,输送性能较好,并附带旋耕机,可以灭茬。主要技术参数如下(表 15-2)。

表 15-2 4Y-2 型和 4Y-1 型玉米收获机主要技术参数

项 目	4Y-2 型	4Y-1 型
配套拖拉机	泰山-50	泰山-25
机 重	700 公斤	400 公斤
前进挡位	Ⅲ挡	Ⅱ~Ⅳ挡
收获行数	收两行	收一行
生产效率	9 亩/小时	4.8~5.8 亩/小时
切割器形式	往复式	圆盘式

玉米籽粒的脱净率和破碎率与收获时籽粒的含水量有关。含水量低时脱净率高,破碎率也较少,如等待干燥,收获过晚,植株及穗柄容易折断,落地果穗较多,收获时掉穗显著增加,因此直接收获脱粒,应在籽粒含水量为20~30%时进行为宜。

种用玉米的收获,目前仍以人工收获为主。机械收获时,则多采用双行悬挂式玉米摘穗机,在杂交制种区内先收母本行,再收父本行。待运回晒场以后再选留果穗。

## 五、脱粒方法

我国国营农场和集体生产单位玉米脱粒作业已基本实现机械化。除大型国营农场多采用大型脱粒机外,各地农村仍多采用小型脱粒机。

### (一)小型脱粒机

小型玉米脱粒机有手摇、脚踏和机动等多种形式。它结构简单,成本低,制作容易。主要工作部分由脱粒盘、锥形齿轮和压板弹簧等组成。工作时借助脱粒盘和锥形齿轮的相对转动将籽粒脱下。有的脱粒机上装有风扇,能清除粮食中的杂质。

### (二)大型脱粒机

大型玉米脱粒机一般所需动力为15~18马力。脱粒部分采用钉齿滚筒或纹杆滚筒,利用撞击和摩擦原理将籽粒脱下,每小时能脱5000~7000斤。常用的有云4-3型脱粒机,机长1460毫米,宽880毫米,工作时玉米果穗从喂入斗加进,喂入量大小可通过活挡板调整。脱粒滚筒为钉齿式,直径为200毫米,长700毫米,籽粒脱下后经底部的风扇风选,纯净的籽粒最后从出料口流出。

## 第二节 干 燥

### 一、干燥对储藏的意义

水分是籽粒内部各种生理生化反应的介质,籽粒内各种物质的分解与合成都必须在水的参与下进行。在一般温度下,籽粒含有的水分愈多,呼吸作用愈强,能较多地消耗籽粒的营养物质,从而降低其耐储性,同时还会加速微生物的繁殖,使粮食散发热量和水分,进一步加速微生物和仓库害虫的繁衍,引起玉米籽粒发热霉变,损坏粮食的品质。储藏期间降低玉米籽粒所含的水分,可使其新陈代谢缓慢进行,减少营养物质的消耗和微生物的寄生。一般当玉米籽粒的含水量为13%时,微生物的生长发育即受限制;含水量为11~12%时,玉米籽粒的呼吸作用极为微弱;含水量为9~10%时,米象和谷象便不能繁殖。

在低温条件下,玉米含水量过多,细胞间隙内的水分结冰,形成冰晶体,会使细胞间隙扩大,彼此分离。由于冰晶体能够继续从细胞内吸出水分,而使细胞浓度增大,发生不可逆的凝结。如在-10℃的条件下,玉米籽粒的含水量分别为24%、30%和35%时,从细胞内吸出的水分则分别为1.6%、4.4%和7.4%。当玉米籽粒含水量为28%时,在-28~-30℃下,经过3昼夜,即全部不能发芽;含水量为22%时,仅有少部分可以发芽;含水量为15%时,发芽率较高。可见,玉米籽粒在储藏时含水量愈高,耐低温的能力愈低,也就是说,在同样的低

温下,含水量愈高,愈难保持其发芽力。

玉米籽粒是一个干缩的凝胶体,它具有吸湿和解湿的性能。吸湿和解湿的作用是在一定的空气湿度和温度下进行的,当空气中的蒸汽压超过籽粒水分的蒸汽压时,籽粒就从空气中吸收水分,直到籽粒中水分的蒸汽压与该条件下空气的蒸汽压达到平衡为止,这时籽粒所含水分称为该条件下的平衡水分。反之,在一定的湿度、温度条件下,空气的蒸汽压如低于籽粒所含水分的蒸汽压时,籽粒就向空气中释放水分,一直达到新的平衡。玉米干燥的条件,主要决定于空气的温度、相对湿度和空气流动速度三者之间的关系,当温度愈高,相对湿度愈低,空气流动速度愈快时,干燥效果愈好;在一般的温度、湿度条件下,籽粒的含水量有一个安全数值,称为相对的“安全水分”,也叫“标准水分”。安全水分因籽粒的构成物质和具体的环境条件不同而有差别。一般情况下,玉米的安全水分为13~14%。储藏期间,只要籽粒的水分控制在安全范围以内,便不易发生霉烂和冻害,能在较长时间内保持较好的发芽能力和优良的粮食品质。

## 二、干燥的方法

玉米的干燥主要有果穗风干,籽粒晾晒和机械干燥等方法。近年来太阳能干燥也开始试用。

### (一)果穗风干

风干多用于果穗干燥,且有利于促进种子后熟,目前农村多采用这种形式。其主要方法如下:

1. 晾晒法 果穗收获以后,把果穗的苞叶剥除干净,将未充分成熟和感染病虫害的果穗剔出,然后平摊在晒场上,进行晾晒。穗层厚度一般约3~5寸,穗层愈薄,干燥愈快,如在晴天进行,则要经常翻动。

2. 囤储法 果穗剥去苞叶,放在高粱箔制成的圆形囤子中储藏越冬。囤子的直径一般为3~5尺,底部要用木棍或高粱秆垫起,避免受潮,并便于通风。如采用长方形的囤子,应使其方向与冬季主要风向相垂直,这样经过一个多月的时间,便可自然风干。

3. 立柱式塔挂法 每隔1米左右立一木柱,并在其下部钉上二根短的十字形横木,再将果穗剥去部分苞叶,把两个或几个果穗所留苞叶连结起来,然后交叉搭挂在向阳通风的立柱上。这种方法比较费工,但占用场地少,不用天天翻晒,一般约经一个月左右,即可充分干燥。

4. 露天垛墙法 在地势高燥、地面平坦的场院上,将果穗苞叶全部剥除后,整齐地排列成墙。一般墙的宽度约40~60厘米,高度约1米左右,长度按场地大小决定。存放数量较大,亦可间隔一定距离排成若干排,但每排底部均要用木板或高粱秸垫高垫平,以防底部玉米果穗受潮,待果穗完全干燥时,即可脱粒。这种方法在我国北方秋季雨量稀少的地区大多采用(图15-2)。

### (二)籽粒晾晒

果穗脱粒后,利用阳光晒干籽粒,方法简便,经济安全,效果良好。不仅能降低水分,而且还可以杀菌、除虫,因此各地均普遍采用。籽粒晾晒时,晒场应选择坚硬平坦、阳光充足、

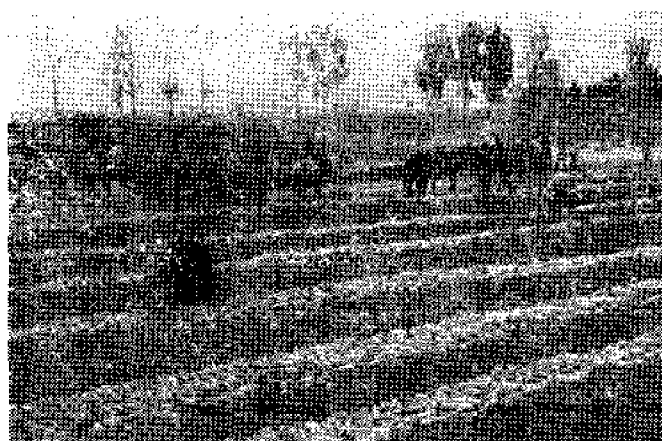


图 15-2 玉米露天垛墙干燥法

通风良好的地方。籽粒摊开后的厚度,一般约 1~2 寸。为了增加受光面积,可及时翻动粮层使呈波浪形,待籽粒达到安全水分时,再用扬场机或借助风力将籽粒中的夹杂物清除干净,然后入仓。

### (三)机械干燥

机械干燥具有效率高、速度快等优点,虽然成本提高,但在北方寒冷地区,玉米收获时水分较大,常影响进仓。因此,采用机械干燥,仍具有重要意义。

烘干机按干燥的原理可分为热力对流、热力传导辐射和高频电流等不同类型的。目前我国使用的烘干机,主要有滚筒式、双塔式和快速烘干机三种。

1. 滚筒式烘干机 滚筒式烘干机有热力传导式和热力对流式两种类型,其特点是玉米受热比较均匀。辽宁等地采用的“达文波”式烘干机即属热力传导类型,其外形与大型锅炉相似,滚筒内部密布蒸气管道,当受热升温,滚筒转动时,粮食即不断翻动,水分相继散出(表 15-3)。热力对流式是在滚筒壁上装有百叶片,热气进入后,通过两个百叶片的缝隙而使玉米升温干燥。

表 15-3 “达文波”式烘干机烘干玉米的情况

(辽宁省粮食科学研究所, 1961~1963)

编 号	产量(万斤/小时)	温 度(°C)		水 分(%)		
		介 质	出机粮温	烘 前	烘 后	降 低
1	0.7	160	50~55	22	18	4
2	0.8~0.9	160	50~55	20	17	3
3	1.0~1.1	160	50~55	18	16	2
4	1.1~1.5	160	40~50	16	14~15	1~2

2. 双塔式烘干机 双塔式烘干机也称烘干塔,外形如两个塔,内装有角状气槽,其特点是占地面积小,内部容积大,烘干时间较长,一次烘干降水幅度可达 5~7%,适于玉米收获时水分较多的情况使用(表 15-4)。

表 15-4 双塔式烘干机烘干玉米的情况

(北京市粮食局)

编 号	产量(万斤/小时)	机 温(°C)	水 分(%)		
			烘 前	烘 后	降 低
1	2.5	220~230	20~22	15~17	5~7
2	2.5~2.8	210~220	18~20	—	—
3	2.8~3.0	190~210	16~18	14~14.5	2~4
4	3.0	180~190	15~16	14~14.5	1~2

3. 快速烘干机 该机也称流化烘干机。其烘干原理是利用上冲的热气流达到一定的速度以后,使粮食组成的床层具有流体的性质,形似流化床。当气流的速度继续增加时,流化床即转变为沸腾床,粮食剧烈翻动,从而达到干燥的目的。快速烘干机的特点是结构简单,造价低廉,维修方便,降低水分的速度快,但降水幅度较低,一般不超过2~4%(表15-5)。

表 15-5 快速烘干机烘干玉米的情况

(辽宁省粮食科学研究所,1961~1963)

编 号	产量(万斤/小时)	温 度(°C)		水 分(%)		
		介 质	出机粮温	烘 前	烘 后	降 低
1	0.43	170	56	20.3	16.7	3.6
2	0.77	170	54	19.7	17.2	2.5
3	0.64	150	54	19.9	16.8	3.1

玉米烘干时,不能使用过高的温度,种用玉米一般不超过45°C,食用和工业用玉米超过50~60°C时,会增加裂纹率,降低淀粉率,影响玉米品质。一次烘干的降水幅度大于5~7%,烘干后温度骤然下降时,也容易增加裂纹率。水分过大、烘干时间过长,应采用多次间歇烘干法,不要一次降水过多。为了解决烘后温度骤降的问题,也可增加热的缓苏工艺环节,即在烘干后趁热存放一段时间,使温度缓慢下降,待冷却后再行入仓,以防发生结露现象,对增进玉米的品质有良好作用。

#### (四)太阳能干燥

利用日光干燥,是把太阳的光能转变为热能,其来源充沛,能量较大,且不污染环境。目前国内研制的太阳能干燥装置,有聚光式粮食干燥机和盖板式粮食烘干仓两种类型。

聚光式粮食烘干机由太阳能集热器和粮食干燥容器两大部件组成,工作原理是将太阳能集热器形成集光带转变为热能,投置于粮食容器上,以达到烘干粮食杀虫灭菌的目的。如山东省烟台地区粮食局和栖霞县榨油厂联合研制的TZH-40型自动跟踪式太阳能集光式粮食干燥机,是利用柱状抛物线反射镜聚集太阳光,在自动跟踪机构的控制下,使反射镜

的集光带落在不断转动的滚筒上,变光能为热能。当玉米由进粮口输送到滚筒之内,由于吸收热量不断升温,并在滚筒内螺旋线板的作用下,不断翻动,烘干后粮食即从滚筒出口流出。实践证明:该机比人工摊晒的工作效率高 30~40 倍,适用于华北中部日照时数 2500 小时左右、日照率为 50~60% 的地区应用。该机的受光面积为 40 平方米,滚筒最高温度为 200℃ 左右,出机粮温 50~60℃,降低水分 2~3%,每小时烘量为 2000~3000 斤。跟踪方式为光电控制自动跟踪,镜面水平旋转角度为 0~180°,镜面俯仰可调角度为 20~80°。配用动力,1 瓩和 2.2 瓩电机各一台,1.1 瓩电机二台。

太阳能盖板式粮食烘干仓是利用太阳能透过玻璃盖板照射在黑色铁皮的瓦楞板(V形板)上,把光能变成热能,使采光板与玻璃板之间的空气不断升温,再用风力将热空气不断地送入烘干仓底部,使其相继穿透粮层向外扩散,带走湿粮中的水分,以达到干燥的目的。山东省胶南县粮食局设计的太阳能盖板式粮食烘干仓工作效果如下:

表 15-6 太阳能盖板式粮食烘干仓工作效果

(山东省胶南县粮食局,1979)

烘粮名称	最高温度 (°C)	吹风时间 (小时)	数量 (公斤)	粮层厚度 (厘米)	粮 温(°C)		水 分(%)	
					吹 前	吹 后	吹 前	吹 后
玉 米	26	7.15	19,440	39	22	32	14.5	12.5

太阳能干燥装置虽有很多优点,但因太阳能是一种聚集性很低的能量,其工作效率还受日照时间和日照率的影响,在阴天和夜间效能较差。如只干燥粮食,每年的应用时间较短,成本相对较高,应该加以改装,与温水设备交替使用,做到一机多用,提高设备利用效率。

### 第三节 储 藏

#### 一、玉米果穗的吸湿性和解湿性

玉米果穗穗轴和籽粒的构成物质不同,其吸湿性和解湿性也有所差别。穗轴质地较为松软,吸湿性和解湿性比籽粒强,当空气的相对湿度为 75~80%、果穗的平衡水分为 14~16% 时,穗轴与籽粒含水量大致相等;若空气湿度低,整个果穗的水分少,穗轴比籽粒含有的水分则少,穗轴便不断地吸收籽粒内的水分;若空气湿度高,整个果穗的水分多,穗轴比籽粒含有的水分则更多,此时穗轴内的水分便不断地输送给籽粒。所以,玉米储藏期间由于空气湿度不同,穗轴比籽粒含水量的变化范围大。这就是我国农民多年来在高温潮湿的南方多采用脱粒储藏,在低温干燥的北方多以果穗储藏的主要原因。

玉米胚部周围是由疏松细胞组成的薄壁组织,其内部含有的脂肪和蛋白质较多,水分传到薄壁组织后便迅速扩散到胚内,由于胚比胚乳的吸湿性强,所以在高温潮湿条件下,籽粒的霉变也都先从胚部开始。当籽粒的平衡水分在 18% 以上时,胚的平衡水分则高于胚乳和整个籽粒的平衡水分。反之,则低于胚乳和整个籽粒的平衡水分(表 15-7)。



表 15-7 玉米胚与胚乳平衡水分的变化情况

(黑龙江省哈尔滨市香坊仓库, 1957)

处 理 方 法	含 水 量 (%)		
	籽 粒	胚 部	胚 乳
新剥的玉米	31.4	45.2	29.0
收获后五天的玉米	23.8	36.4	22.4
晾干后的玉米	14.4	11.2	14.8
烘干后的玉米	12.8	10.2	13.2

## 二、玉米籽粒储藏期间的生命活动

### (一)呼吸作用

玉米储藏期间的籽粒仍是一个有生命的活体,能进行呼吸作用,并以籽粒内的营养物质为基质,在氧的参与下分解为二氧化碳和水,并释放出能量以维持生命过程。充分干燥的玉米籽粒中的酶大部分处于酶原状态,分解作用十分微弱,在进行有氧呼吸的同时,还存在一定程度的无氧呼吸,并靠籽粒中营养物质分子内部的氧化还原作用释放出能量,产生乙醇和二氧化碳。无氧呼吸消耗基质极少,但是由于基质氧化不完全,在长期密闭或空气流通不畅的条件下,由于乙醇的大量积累,也能使有机体中毒,所以完全的无氧呼吸不能维持很长时间。实践证明,储藏期间影响玉米籽粒安全的不是呼吸的性质而是呼吸强度<sup>①</sup>,也就是说,不论是有氧呼吸还是无氧呼吸,当其呼吸微弱时,储藏的玉米一般不会发生问题。如果粮堆温度高,籽粒水分含量大,带菌多,损伤破碎和未充分成熟时,则呼吸强度增大;其中尤以含水量对呼吸作用的影响最为明显。由于籽粒中的含水量超过安全水分,便可出现自由水,使呼吸酶和水解酶的活性增强,其呼吸作用则表现旺盛。就不同品种而言,脂肪含量愈高的品种,呼吸作用愈旺盛。胚部比胚乳含有较多的脂肪,故千粒重低的籽粒,胚所占的比例大,所以呼吸作用较强。

玉米籽粒带菌愈多,呼吸作用的强度愈大。据辽宁省沈阳市调查,在18~25℃的情况下,每1克含有标准水分的种子带菌9.8~14.7万个时,呼吸强度为8~17.4毫克CO<sub>2</sub>/100克·24小时,带菌23.5~40.2万个时,则呼吸强度为25~32.7毫克CO<sub>2</sub>/100克·24小时。

玉米籽粒的胚较大,脂肪含量高,营养物质多,所以比一般谷类作物的呼吸作用较强。在高温潮湿的条件下,玉米籽粒的呼吸强度比小麦大3~5倍,在低温干燥时则大200倍左右。

### (二)酶的活动

玉米籽粒内含有多种酶,它们是由蛋白质构成的胶体性质的催化剂,能够促进籽粒内部生物化学反应的进行。酶的活性在35~55℃范围内随着温度的增高而加强,超过55℃时则活性下降,75~80℃以上时酶的作用便遭到破坏。总之,在玉米成熟期间,酶的活性是随着

<sup>①</sup> 呼吸强度指100克籽粒在24小时内放出二氧化碳的毫克数

籽粒的成熟逐渐增强,在达到最大限度以后,便开始下降。完全成熟的籽粒,酶的活性不十分强烈;进入储藏期以后,酶的活性钝化,即过渡到酶原状态。

籽粒内的酶大部集中在胚和接近种皮的部分,它主要有两类:一类是水解酶类,如淀粉酶、酯酶和肽酶等,均能使各种复杂的有机化合物分解成较为简单的化合物;另一类是氧化还原酶类,如脱氢酶和氧化酶等,呼吸作用是借助于这类酶的活动而完成的。

淀粉酶是淀粉水解的催化剂,它分为 $\alpha$ -淀粉酶和 $\beta$ -淀粉酶,前者主要是将淀粉水解为糊精,后者主要是将淀粉及糊精水解为麦芽糖。在玉米籽粒成熟初期,这两种酶的活性都很强,蜡熟期以后, $\alpha$ -淀粉酶即迅速钝化, $\beta$ -淀粉酶直到储藏期间活性并未停止,但却十分微弱。

酯酶是指能够水解酯键的酶类,其中一类是水解有机酸或无机酸与醇所合成的简单的酯类,这类酶通称为酯酶。另一类则为水解甘油三酯成为甘油及脂肪酸的脂肪酶类。脂肪酶也对甘油及脂肪酸合成脂肪有催化作用,反应是可逆的。酯酶和脂肪酶对基质的专一性不甚强,但对不同基质的催化效率是不同的。玉米乳熟初期至乳熟中期籽粒中脂肪酶的活性迅速下降,以后下降速度减慢。储藏条件不良时,脂肪酶的活性较强,脂肪水解作用旺盛进行,脂肪酸值迅速增加,容易引起粮食的霉变,在良好的储藏条件下,脂肪酶的活性很弱,这是衡量储藏期间玉米品质优劣的一个重要标志。

肽酶是水解蛋白质肽键的酶类,按其作用基质分子量的大小又可分为蛋白酶及多肽酶。蛋白酶可以水解蛋白质成为氨基酸,多肽酶是水解肽、肽及多肽的酶类。肽酶对基质具有严格的专一性,每种肽酶只能水解蛋白质分子中符合一定要求的肽键。肽酶主要存在于玉米籽粒的胚部,胚乳部分极少,储藏期间活性极弱。

脱氢酶的活性与玉米籽粒的呼吸强度有极密切的关系,在脱氢酶的参与下,籽粒才能进行呼吸作用。籽粒成熟前期,脱氢酶的活性较强,随着成熟活性逐渐减弱,至完熟时期活性已经很弱。玉米的呼吸作用和脱氢酶的活性均比小麦强。

### 三、玉米籽粒储藏期间的带菌情况

玉米籽粒上寄生的微生物有两个来源,一是在田间生长时就寄附在籽粒上的,另一是在收获、运输、脱粒和储藏过程中从土壤和空气中感染的。这些微生物感染到籽粒上以后,有的寄附在籽粒的表面,有的侵入到组织内部,分布于表层、胚部,甚至深达胚乳之中。胚部含有较多的营养物质,呼吸作用也较强,因此寄生的霉菌比胚乳部分多。成熟前期收获的籽粒,含有可溶性糖较多,宜于霉菌的繁生,所以往往比成熟后期收获的籽粒带菌多。这些微生物在储藏期间遇有适宜的条件,便生育繁殖。对籽粒有败坏作用的主要有霉菌、酵母菌和细菌三大类,其中霉菌繁殖所需的温度和水分较低,所以寄生得最多。

玉米的霉菌大多数为中温性的,生长的最适温度为 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。例如,较常见的青霉为 $25^{\circ}\text{C}$ ,烟曲霉为 $37^{\circ}\text{C}$ 。大部分霉菌在 $0^{\circ}\text{C}$ 左右生长缓慢或处于休眠状态,一般很少发生霉变的籽粒。霉菌营养细胞的渗透压较大,细胞的渗水性强,具有较大的吸水力,在较低的温度中孢子即能萌发生长,如绿曲霉就是明显的一例。但当基质的渗透压超过霉菌适应的渗透压时,便能造成霉菌细胞的生理“干燥”,使其代谢机能发生障碍,以致死亡。因此,在玉米

储藏期间,将温度和含水量降低到一定的限度就可以防止霉变。总之,在适宜的温度下,含水量愈大,霉菌的繁生愈快,玉米也愈容易降低发芽率和发生霉烂变质。

北京地区不同含水量的玉米种子,在不同的温度下储藏 75 天时,霉菌孢子的消长情况如下(表 15-8)。

表 15-8 不同含水量的玉米种子在不同的温度条件下霉菌孢子消长情况

(中央粮食干部学校,1958)

每克籽粒上 霉菌孢子数 (千个) 含水量(%)	温度 (°C)	-5	5	15	25	35	45	55
14.16		243	243	710	751	710	729	583
14.96		405	932	1547	1662	784	383	292
16.16		324	344	1590	1120	419	329	546
18.10		648	1276	1924	2943	2059	346	456
19.12		1855	1863	1640	3997	1932	401	492

由表 15-8 可以看出,玉米籽粒在含水量相同、温度不同的条件下,霉菌的孢子数以 15~35°C 时最多,25°C 时是带菌量的最高峰; -5°C 和 5°C 的低温以及 45°C 和 55°C 的高温,对霉菌的活动都有明显的抑制作用。不同温度下玉米籽粒带菌种类一般以 15~35°C 内霉菌寄生的种类最多,在 45°C 的高温下发现有集麴霉和烟麴霉,在 -5°C 的低温下,有青霉、芽枝霉和交链孢霉等。

在温度相同、籽粒含水量不同时,含水量愈大,霉菌孢子数目愈多。当含水量增加到 18.1% 时,霉菌孢子数目显著增加,并且在含水量较高的条件下,孢子数目的变化幅度较大,含水量较低时,变化幅度则较小,明显地显示出温度和水分对霉菌孢子繁生的影响。

北京地区 2~4 月份从玉米粮堆中培养分离出的霉菌种类与出现次数分析看出,寄生的霉菌以青霉、头孢霉和黑根霉为最多,麴霉及镰刀霉等次之(表 15-9)。

玉米带穗储藏时,由于通风换气良好,含水量较低,所以带菌量远比脱粒储藏时为少。在相同条件下,脱粒储藏比带穗储藏的带菌量一般约多一倍左右。

在适宜的条件下,一部分属于麴霉、青霉、镰刀霉、芽枝霉和交链孢霉的菌株能产生有毒的代谢产物,称为霉菌毒素(mycotoxins),现在已知的霉菌毒素有 100 余种,如黄麴霉毒素、棕麴霉毒素、棒麴霉毒素及镰刀霉毒素等;其中黄麴霉毒素是目前已知毒性和致癌性最强的一种物质,比剧烈的致癌物二甲基亚硝胺的毒性还要大 75 倍。它是由黄麴毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>、M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>、P<sub>1</sub>、GM<sub>1</sub> 及其衍生物 B<sub>2</sub>a、G<sub>2</sub>a、四氢脱氧 B、黄麴霉醇等十二种化合物组成,熔点为 200~300°C;其毒性以黄麴霉 B<sub>1</sub> 最大,在人体内的潜伏期达一、二十年,能引起肝癌等癌症,受黄麴霉毒素污染最严重的作物是花生,玉米及其制成品的污染也是比较严重的。黄麴霉毒素虽然对人类和畜禽的健康有较大威胁,但也并非是不能控制的,因为只有某些品系的一部分菌株产生毒素,只要在储藏期间掌握好温度和水分,或采用冷藏、熏蒸处理,并结合物理

表 15-9 北京地区储藏玉米的霉菌种类与出现次数分析\*

(中央粮食干部学校, 1958)

次 数 种 类	月 份	2	3	4	总 计
青霉 <i>Penicillium</i> (sp.)		120	86	109	315
赭霉 <i>Aspergillus</i> (sp.)		13	45	57	115
头孢霉 <i>Cephalosporium</i> (sp.)		61	89	70	220
黑根霉 <i>Rhizopusnigricans</i>		54	53	40	147
黑孢霉 <i>Nigrospora</i> (sp.)		23	14	5	42
镰刀霉 <i>Fusarium</i> (sp.)		9	11	12	32
木霉 <i>Trichoderma</i> (sp.)		6	18	2	26
毛壳霉 <i>Chaetomium</i> (sp.)		4	4	2	10
毛霉 <i>Mucor</i> (sp.)		3	2	1	6
芽枝霉 <i>Cladosporium</i> (sp.)		0	2	0	2
交链孢霉 <i>Alternaria</i> (sp.)		0	1	0	1

\* 每天从 4 个粮囤中各取出样品 48 份, 共 192 份, 在每份样品中发现该霉类时即为一次。例如, 2 月份在 192 份样品中有 120 份发现青霉菌, 则青霉为 120 次; 有 13 次发现赭霉菌, 则赭霉为 13 次。

化学方法进行解毒, 对黄曲霉毒素的控制均有一定效果。

#### 四、玉米储藏期间温度和水分的变化

玉米籽粒的化学组成基本上是各种亲水胶体物质, 所以对水分子的吸附能力很强, 但对热能的传导能力较差。储藏期间, 大气的相对湿度和温度对玉米籽粒的含水量和温度有显著的影响。

玉米储藏过程中的温度和水分会在一昼夜之间的变化称为日变化。一般情况下, 温度以每日上午 6~7 时最低, 下午 5~6 时最高, 变化幅度约在 0.5~1°C 的范围内。含水量以每日上午 2~4 时最高, 下午 4~6 时最低。玉米脱粒储藏时, 温度和水分的变化多发生在表层 5 寸之内, 如果带穗储藏, 其变化幅度则大于粒藏的, 但也因放置方式的不同而有所差别。

玉米储藏过程中的温度和水分会在一年之中的变化称为年变化, 粮温一般是随气温的高低而升降的, 但比气温约慢 0.5~1 个月。每年的气温一般均以 1~2 月最低, 3 月份转暖, 而粮温却在 3 月份出现低温, 9 月前后出现高温, 在一年之中粮堆的温度以 1~3 月份下层温度最高, 中层次之, 上层最低。4~5 月与 11~12 月的内外层温度基本上是平衡的。含水量的变化因季节和南北各地相对湿度的不同而有较大差异。粮堆表层和接触地面的玉米容易受大气温度、湿度的影响, 而发生结露现象, 应注意检查, 防止霉损。

一般的土圆仓, 因为仓容小, 密闭条件差, 受大气温度和湿度的影响较大。因此在土圆仓内经过一年储藏, 其表层的玉米生活力均有所降低, 一般不宜做种用。

## 五、储藏的方法和管理

### (一) 玉米的储藏特点

玉米胚部约占籽粒总体积的 20~25%，其重量约占总重量的 10~14%，远较其他作物为大，并且呼吸作用和吸湿性较强；另外，由于胚部含有大量的脂肪，其酸度经常比胚乳高，极易引起霉变，因此耐储性较差(表 15-10)。

表 15-10 不同温度、湿度条件下，不同储藏时间的玉米胚和胚乳的酸度变化情况\*

(引自《粮油储藏》)

储藏时间(天)	常温常湿 (温度为 13°C, 相对湿度为 50~60%)		高温高湿 (温度为 25°C, 相对湿度为 90%)	
	胚乳酸度	胚部酸度	胚乳酸度	胚部酸度
5	11.0	97.0	18.5	132.0
10	20.8	143.2	26.2	135.0
15	26.3	176.9	28.0	300.0
20	26.3	172.5	30.7	403.0
30	26.3	211.5	31.0	633.0

\* 酸度为酒精提取液的酸度。

玉米储藏过程中经常由于含水量较高，或粮质不均，致使粮温有所升高，霉菌孢子首先在胚部生长繁殖，淀粉被不断分解，玉米便产生甜味，在胚部可看到白色的菌丝体，约再经一周后又产生孢子，成为绿色或青色，有时呈黑色、黄色或白色的霉变，俗称“点翠”。霉变如继续下去便产生酒味，如不及时采取措施，菌丝不断增长，最终将腐烂结块而不能食用。因此，必须在一定的温度限度之内采取预防措施，才能保证储粮的安全(表 15-11)。

表 15-11 粒藏玉米的含水量与霉变、出汗\*及预防处理的温度关系

(引自《粮油储藏》)

含水量(%)	发生霉变及预防处理的温度(°C)			
	产生甜味	出汗*	生霉	预防处理温度
13~14	27	30	35	26
14~15	24	26	28	22
15~16	18	20	24	16
16~17	15	18	21	14
17~18	13	15	19	11
18~19	9	12	15	10
19~20	2	6	12	9

\* 出汗：粮温逐渐升高时，粮粒表面发生湿润的现象。

玉米入库时的水分,北方玉米的籽粒含水量在 14%,粮温不超过 25°C;南方玉米的籽粒含水量在 13%,粮温不超过 30°C,皆可安全过冬或渡夏。但天暖之后,如发现粮温和水分增高时,应采取散热和降低水分等措施。

黄玉米中含有的类胡萝卜素(维生素 A 原),在储藏中损失很大,尤以第一年为甚,一般可达 50%,在高温条件下损失更多,只有在缺氧储藏条件下才较为稳定。

## (二)玉米的储藏方法

1. 籽粒储藏 仓库要干燥通风,坚固耐久,有利排水,便于密闭,防潮隔热性能良好。入库前须将仓库打扫干净,把各种储藏工具彻底消毒,保证无虫。玉米在库内应按品种、质量等分类存放,并要充分利用仓库,降低仓储费用。其主要的堆放方法如下:

(1) 散装堆放: 这种方法不用任何包装器材,而直接把籽粒堆放在仓内,因此能充分利用仓容。具体堆放方法有以下三种。

全仓散装 仓房结构牢固,仓墙不返潮,粮食数量大、干燥质量好又属于长期储存的原粮,可采用这种最大限度利用仓容的方法。但堆粮高度一般以靠近墙壁处 2 米,粮堆中央平面增高 3.5~4.5 米为宜。如果储粮不足时,可将仓房隔开,再分间堆放。

围包散装 先以粮包垛成围墙,要层层骑缝,包包排紧,中间散装堆放。玉米干燥质量好,需要长期保存,但数量不多或仓墙不牢,容易返潮时,宜采用围包散装。

围囤散装 以芦苇或高粱秆制成的席围成圆囤,将玉米散装于囤内。这种方法适于在品种多、储存数量少的农村生产队采用。

(2) 包装堆放: 即将玉米装入麻袋内,然后成垛堆放。为了便于通风,粮垛多堆成“非”字形或半“非”字形,并留有检查作业的操作道。对于水分较低的玉米,也可采用实垛法,即粮袋之间不留距离,依次靠近堆放,直至放满全仓。包装堆放的优点是便于运输加工和保持纯度,但费用较高,只适宜于保管短期的周转粮和种子。

我国北方也有的采用露天储藏法,即在坚实、平坦、干燥向阳、排水方便的地基上,露天散装堆放和露天包装堆放,其储藏多属临时性的。

2. 果穗储藏 我国北方玉米收获季节,气温骤降,籽粒含水量常在 20~30% 以上,而冬季气温低,空气相对湿度大都在 70% 以下,所以农民常采用果穗储藏,在低温干燥通风的条件下,有利于穗层的降温、降湿和籽粒的干燥,经过冬季储藏后,籽粒亦可达到安全水分(表 15-12)。

表 15-12 露天干燥穗藏玉米的籽粒和穗轴含水量变化情况

(顾渐道等,1957~1958)

日期(月/日)	10/25	11/4	11/24	1/4	1/24	2/13	3/5	3/25	4/15	5/4
籽粒含水量(%)	16.9	14.7	14.3	16.4	14.4	14.3	15.2	13.5	13.0	14.4
穗轴含水量(%)	16.4	15.0	12.7	14.7	13.7	14.1	14.0	12.7	11.1	12.4

玉米果穗在储藏条件下,胚部隐蔽,籽粒的顶部有角质层和果皮掩盖,微生物不易侵袭,因此能减轻玉米的霉变发热,保持较好的品质。据辽宁省粮食科学研究所试验,果穗储藏的带菌量和呼吸强度都较籽粒储藏的低(表 15-13)。在食味、色泽和完整性方面也都比籽粒

储藏的好。我国东北及内蒙等地,玉米收获后,一般要到入冬以后或翌年春季才进行脱粒,故多采用果穗储藏的方法。但穗储也有一定缺点,如体积大,占用场地多,装卸运输比较困难等。

表 15-13 玉米果穗储藏与籽粒储藏的带菌量与呼吸强度的比较

(辽宁省粮食科学研究所)

测定日期 (月/日)	储藏方式	水分(%)	温度(°C)	籽粒外部带菌量 (万个/克)	呼吸强度 (每百克干物质 24 小时排出 CO <sub>2</sub> 的毫克数)
4/23	果穗	13.4	18	113	17.4
	籽粒	13.6	18	236	32.7
5/26	果穗	19.2	18	98	8.0
	籽粒	18.0	18	242	27.8
8/7	果穗	14.6	25	126	—
	籽粒	14.7	25	361	25.0
9/4	果穗	14.6	25	147	10.4
	籽粒	14.8	25	402	31.5

表 15-14 籽粒储藏的玉米,在不同温度、水分条件下与安全储藏期限的关系

(引自《粮油储藏》)

安全期限(天) 含水量(%)		温度(°C)						
		25	20	15	10	5	0	-5
23~25		2	3	4	7	10	13	15
20		3	5	6	9	12	17	28
18		4	6	8	11	14	22	30
16		14	22	30	37	45	60	75
14		40	50	60	70	80	90	100

表 15-15 果穗储藏的玉米,在不同温度、水分条件下与安全储藏期限的关系

(引自《粮油储藏》)

安全期限(天) 含水量(%)		温度(°C)						
		25	20	15	10	5	0	-5
25		2	10	15	20	23	52	120以上
23		5	15	25	33	33	60	120以上
21		14	25	37	48	57	120以上	
19		30	41	58	68	58	120以上	
17		49	64	92	92	92	120以上	
15		72	74	120以上				

3. 粒藏和穗藏的玉米在不同含水量及温度条件下的安全储藏期限 玉米的安全储藏期限决定于含水量的多少和温度的高低,凡含水量愈多,温度愈高者,则其安全储藏的期限愈短。果穗储藏,由于通风,空气的温、湿状态较好,期限较长。如果穗储藏的含水量在 23~25%时,在 0℃条件下能保存 50~60 天,而脱粒储藏的仅能保存 13~17 天。这两种储藏形式的玉米,在不同含水量及不同温度条件下的安全储藏期如表 15-14 和表 15-15。

### (三)储藏期间的管理和检查

玉米储藏期间的管理和检查,是保证粮质安全和增强耐储性的重要措施,管理的重点措施是适时进行通风、密闭和安全检查,以便为储粮创造良好条件。

1. 合理通风 玉米进行自然通风和机械通风,都是为了通过气体交换达到降温散湿的目的。

自然通风主要是利用仓库和粮堆内外的压力差进行对流,以降低玉米的温度和水分。具体做法主要是在干燥和冷凉的冬季,就仓、就垛打开门窗和覆盖物,使粮堆暴露在流动的空气之中。一般外界温、湿度低于仓内粮堆的温差、湿差愈大,迎风换气、降低水分的效果愈好。为了充分发挥通风换气的效果,可结合深翻粮层,增大粮堆与外界空气的接触面积,加速散发热量及水分,以改善不良的仓储条件。自然通风简便易行,宜于采用。

机械通风是把通风管道插入粮堆内,用动力鼓风机通风,改变局部的空气压力以促进气体交换。目前应用的有吸风式及鼓风式两种类型。吸风式是将鼓风机的吸风口和通风管道相接,通风时把粮堆内高温高湿的空气从管道口吸出来,干冷的空气便能从粮面透入粮堆,采用这种方式,气体交换比较均匀,降温降湿的效果较好,有时还能把管道附近的尘土和害虫吸出来。另一种为鼓风式,就是把鼓风机的出风口和通风管道相连接,鼓风时把外界的空气吹入粮堆,促进湿热空气从粮面散发,这种方式有时会引起局部水分增加,使用时应注意检查。机械通风具有速度快、效果好的特点,宜于储量较大的单位使用。

2. 适时密闭 玉米的含水量降低到安全水分时,籽粒含有的水分主要为胶体水,它不易结冰,一般在 -25~-30℃时也不会降低玉米的品质。而大部分仓库害虫在 0℃以下即可被抑制而死亡,霉菌也不易在低温下生存,所以玉米常采用低温密闭储藏。一般当玉米达到安全储藏水分进仓以后,即将仓库门窗严密封闭,控制仓内空气流通,降低玉米的呼吸作用,以控制其生理活动。密闭性能较差的仓库,除严密封闭门窗以外,需用干燥无虫的席子、篷布等物盖压在平整的粮面上,并要注意选留便于启闭的检查口。

3. 储藏期间的检查 玉米储藏期间的生命活动,随着储藏条件的变化而变化。因此,玉米入仓之前,首先要对水分、粮温、杂质、虫食率及饱满度等情况,分区设点,普遍抽样,进行检验分析,或按仓库形状、入库方式,分别设立若干固定层点的分层定点法进行检查,以便为采取措施提供依据。储藏期间的主要检查项目为:

(1) 温度: 温度是影响安全储藏最重要的因素和指标,要定时定点进行观测,冷凉季节每月检查 2~3 次,温暖季节每 5 天检查 1 次。水分较高时还要不定期地进行检查。较大的玉米堆要分段分层定点或机动抽样检查。

(2) 水分: 水分除定期定点检验外,还应根据空气湿度的影响和不同的返潮部位,随时进行检验,并与原始水分比较,以观察其变化。在潮湿的季节里,要增加检验次数,一般以三



层五点十五处混合取样较好。

(3) 虫害: 虫害的检查次数, 要根据储藏玉米的品质、水分和温度而定, 粮温较高的部位和门窗、墙角等易受虫害感染的角落, 要定期进行扦样检查。检查害虫一般采用筛检法, 分析活虫的头数及害虫的种类, 但麦蛾类善飞的害虫, 则宜筛检后再观察其虫口密度。害虫的感染程度用害虫密度来表示, 就是 1 公斤玉米籽粒内外部所有害虫的活动头数, 并以严重部位的害虫密度代表全仓。害虫对粮食的为害以及因虫蚀而损耗的情况可以用虫蚀率和虫蚀粮重量损失率表示。计算时应抽取平均粮样, 重复检查 3~5 次, 求其平均值代表之。

每次粮质的色泽、气味和霉变的感官鉴定以及温度、水分、虫害等检验结果, 都应登记在记录本上, 作为分析粮情变化规律的依据。

#### 4. 储粮害虫及其防治

(1) 储粮害虫的种类及其为害: 储粮害虫在玉米储藏期间分布广、为害重, 主要有以下几种:

- 玉米象 *Sitophilus zeamais* Motschulsky
- 米象 *Sitophilus oryzae* (Linné)
- 谷蠹 *Rhizopertha dominica* (Fabricius)
- 麦蛾 *Sitotroga cerealella* (Olivier)
- 粉斑螟 *Cadra cautella* (Walker)
- 印度谷螟 *Plodia interpunctella* (Hübner)
- 锯谷盗 *Oryzaephilus surinamensis* (Linné)
- 赤拟谷盗 *Tribolium ferrugineum* Fabricius
- 大谷盗 *Tenebroides mauritanicus* (Linné)

上述前 6 种称为初期害虫, 即其可直接为害原粮或整粒粮。米象的食性很杂, 对玉米、小麦、高粱及稻谷等均可为害, 也在田间为害作物。一般是虫卵随籽粒带入仓内, 孵化后幼虫蛀食籽粒。它有背光性和趋温、趋湿性, 长期保持低温干燥是防止米象发生的有效措施。谷蠹的食性也很杂, 成虫和幼虫都能为害, 幼虫尤其喜欢蛀食玉米胚部。它的抗干性和抗热性较强, 但耐寒能力较差, 冷冻防治的效果较好。麦蛾常产卵于粮堆表层的籽粒上, 因此对粮堆表层采用压盖措施有较好的防治效果。赤拟谷盗有背光性和群集性, 常群集于包装物或苇席的夹缝部位及籽粒的碎屑中, 要对储藏工具严格消毒。上述这些害虫为害玉米的方式和部位虽有不同, 但所导致的严重后果却基本上是一致的。储粮害虫的数量大, 繁殖力强, 钻蛀为害严重, 除能造成粮食的损失外, 并因积累了大量虫粪、虫尸及皮屑等, 还能增大湿度, 促使发热发霉而变质, 显著降低粮食的品质。

(2) 防治方法: 防治储粮害虫是做好玉米储藏工作的重要环节, 要掌握“防重于治, 防治并举”的方针, 搞好储粮的环境卫生, 杜绝害虫潜伏和繁殖的场所, 采取综合防治措施, 才能有效地抑制储粮害虫的发生。

① 物理防治: 利用高温、低温、烘干热、蒸汽热以及微波和原子能射线等物理手段改变害虫的生活条件, 破坏害虫的生理机能与虫体结构, 使其生命活动受到抑制, 甚至死亡。

高温杀虫 一般储粮害虫的适温上限是 38~40°C, 超过 52°C 时由于虫体的护蜡层熔

化,虫体内蛋白质凝固和磷脂、脂蛋白等类脂质液化,使神经系统损坏而导致死亡。杀虫的方法多用烘干机对玉米进行热通风处理,然后再利用余热进行闷仓,只要保持 $45\sim 50^{\circ}\text{C}$ 粮温达4~6小时,就可将害虫杀死。

**日光曝晒** 这是我国农村经常采用的有效杀虫方法,做法是于炎热天气将玉米籽粒薄摊3~5厘米在晒场上曝晒,使粮温升至 $45\sim 50^{\circ}\text{C}$ ,持续4小时以上。但每小时要翻动一次,不但能杀死害虫,而且能降低玉米的含水量,有利于长期保存。

**冷冻杀虫** 在低温条件下,虫体细胞内的原生质脱水,细胞膜破裂,造成的生理机制损坏能使害虫死亡。一般在 $-10^{\circ}\text{C}$ 以下的低温经过10小时以上,便能将害虫杀死。我国北方多用仓外冷冻杀虫,即选择寒冷天气在傍晚将玉米薄摊7~10厘米,在场上冷冻,并勤加翻动,午夜后用篷布等物遮盖,以防结露受潮,清晨趁冷入仓,密闭储存,杀虫效果显著。仓内自然通风冷冻时,要打开门窗,使粮温接近外界气温后即行关闭,亦可收到较好的杀虫效果。室内机械通风冷冻,可在寒冷干燥的天气打开门窗,用鼓风机通风,使仓内外气体交换,待粮温接近库外气温时密闭,以保持低温。近年来使用制冷剂将冷气由管道送入仓房,短时期即可达到低温要求。应用较多的制冷剂是氟利昂-12(即F-12),杀虫效果很好。

② 化学防治:亦即药剂防治。防治储粮害虫常用的熏蒸剂有磷化铝、磷化钙和磷化锌,俗称“三磷”。这三种药剂施用后最终放出的都是有毒气体磷化氢( $\text{PH}_3$ )。纯磷化氢无味,溶于酒精、乙醚或氯化铜时有蒜腥味,能破坏害虫的呼吸酶系,杀虫力很强,残留量较低,浓度为每升0.03~0.04毫克时能杀死米象、谷蠹等成虫,谷蠹卵的致死浓度则为每升0.35毫克。磷化铝有粉剂和片剂两种,熏蒸散装粮时,用药量为每立方米粮堆4~6克,密闭15~20天,以埋藏覆盖法施用效果较好。熏蒸包装粮和种子,则密闭的时间可稍短一些。磷化钙价格低廉,近年来推广较快,因各地所生产的有效成分不同,用药的参考剂量是:纯度为20%的磷化钙,整仓混合计算每立方米用药10~20克,密闭时间为5~8天。磷化锌的熏蒸方法很多,密闭时间一般约为5~7天。

应用较多的尚有氯化苦(三氯硝基甲烷)。纯氯化苦为无色液体,受光后或混有杂质时呈淡黄色,溶于酒精、乙醚及煤油等有机溶剂,对储粮害虫有较大的杀伤效果,但对鳞类的卵,毒杀能力较差。氯化苦的用药剂量因熏蒸对象而异,在仓房密闭的条件下,整仓熏蒸时,用药量按空间计算每立方米为20~30克,按粮堆计算,每立方米为35~70克,以喷洒法施用须密闭72小时。熏蒸种用玉米时含水量必须降到13%以下,密闭时间可控制在36~48小时之内,否则会影响玉米的发芽率。

马拉硫磷、辛硫磷也常用作储粮害虫的防除剂,具有高效、低毒、低残留,不污染粮食,使用方便,药效期长等特点。

此外,常用药剂还有敌百虫和敌敌畏等,一般多用于空仓和运输工具的杀虫。敌百虫可用0.5~1%溶液喷雾,80%的敌敌畏乳剂多配成2%浓度的水溶液使用。喷雾法的特点是短时间内的挥发量大,但持续时间短,一般需密闭72小时。

使用化学药剂,均应熟悉药剂的性能,严守操作规程,以保证人畜和储粮的安全。

③ 机械除虫:主要有风车除虫和溜筛除虫。风车除虫是以人力或动力风车利用虫体与玉米比重不同的原理,借用风力将害虫清除出去。溜筛除虫是根据害虫与玉米的大小不

同,通过筛孔进行分离。机械除虫设备简单,成本低廉,但粮粒内的害虫不易清除,除虫效果较差,而且害虫容易向其他场所转移,故应在工作结束以后,注意清扫场地。

#### 第四节 种用玉米的干燥和储藏

种用玉米籽粒除要求无虫害、无感染以外,还要保证有较高的发芽势、发芽率和旺盛的生命力。所以种用玉米品质的好坏,与翌年产量有极为密切的关系。

我国北方春播玉米区,由于冬季严寒,玉米种子很易遭受冻害而降低发芽率。南方地区高温多雨,冬季空气相对湿度常在80%以上,因此种用玉米常因微生物的寄生而发生霉变,降低发芽率。为了保持优良的种用品质,种子储藏则需要有一定的技术指标和安全措施。

##### 一、玉米不同成熟度和温度、含水量对种子品质的影响

玉米储藏期间,水分过大、温度过低,是影响种子品质的主要因素,而且低温程度和低温期限又具有连应的关系,如黑龙江省冬季在室内及室外的不同低温下,处理玉米种子的结果如下(表15-16、表15-17)。

表 15-16 低温 $-6\sim-7.5^{\circ}\text{C}$ 对不同含水量的玉米种子发芽率的影响

(顾渐道等,1961,冬季)

处理天数	含水量(%)	发芽率(%)	含水量(%)	发芽率(%)	含水量(%)	发芽率(%)	含水量(%)	发芽率(%)
对照	14.1	99	18.9	96	24.8	94	30.4	100
2	13.5	100	18.8	99	23.4	93	29.3	94
4	14.7	99	18.1	97	24.6	91	29.9	93
6	14.2	99	19.7	100	23.8	92	29.1	90

表 15-17 低温 $-12\sim-18^{\circ}\text{C}$ 对不同含水量的玉米种子发芽率的影响

(顾渐道等,1961,冬季)

处理天数	含水量(%)	发芽率(%)	含水量(%)	发芽率(%)	含水量(%)	发芽率(%)	含水量(%)	发芽率(%)
对照	14.1	99	18.9	96	24.8	94	30.3	100
1	13.4	100	18.2	100	23.7	99	29.9	68
2	13.3	99	18.2	100	25.8	98	28.9	51
3	14.1	98	19.1	99	24.3	97	30.7	35
4	13.9	99	18.5	100	24.5	95	29.6	29
5	14.7	97	19.6	96	24.8	85	29.6	30
6	13.9	98	18.7	96	23.6	88	30.9	5
7	—	99	—	96	—	75	—	16
8	13.5	99	18.6	86	23.7	63	29.9	13
9	14.3	100	17.6	78	25.5	45	30.8	7

从以上资料可以看出,含水量愈高的玉米种子耐低温的能力愈弱,耐低温的期限也愈短,也就是说,低温的程度和低温的期限对玉米种子的生活力都有明显的影响。

北方春玉米区玉米收获时间一般在9月上、中旬,到气温急剧下降的10月中、下旬尚有30~40天,如果玉米果穗采用自然风干,亦可达到安全水分。少数生育期较长的玉米品种,也可适当早收,延长晾晒时间,以保持玉米有较高的发芽能力。试验证明,玉米在蜡熟末期收获,果穗经过后熟干燥,其发芽率和发芽势,与完熟期收获的种子基本一致(表15-18)。

表 15-18 不同成熟度的玉米种子经过后熟后的发芽能力

(顾渐道等,1962)

品 种	成 熟 度	时 间		9/16		9/22		9/27		5/5	
		发 芽 势	发 芽 率	发 芽 势	发 芽 率	发 芽 势	发 芽 率	发 芽 势	发 芽 率	发 芽 势	发 芽 率
黄金塔	蜡熟初期	3.0	12.0	79.0	91.0	67.0	87.0	64.8	88.4		
	蜡熟中期	2.0	34.0	98.0	98.0	85.0	98.0	74.4	98.4		
	蜡熟末期	4.0	87.0	97.0	99.0	95.0	97.0	79.6	99.2		
	完 熟 期	8.0	44.0	85.0	100.0	97.0	98.0	84.8	99.6		
白头霜	蜡熟中期	11.0	50.0	95.0	99.0	96.0	99.0	82.5	95.5		
	蜡熟末期	12.0	44.0	93.0	97.6	95.0	99.0	74.0	100.0		
	完 熟 期	31.0	57.0	98.0	99.0	99.0	99.0	84.4	100.0		

由上表看出,玉米种子达到蜡熟末期以后,干物质积累即不显著增加。所以严寒地区为了延长自然风干的时间,此时即可收获留种。个别晚熟的品种,也可于蜡熟中期带穗收获,经过后熟,籽粒得到充实,其种子品质与正常收获的差别不大。如延迟到完熟期收获,则种子风干时间缩短,不利于充分干燥和安全储藏。

## 二、种用玉米果穗储藏

玉米成熟期间先将母本果穗摘下,在场间进行穗选,选择通风良好,阳光充足的地方,采用囤储法或立柱式塔挂法储藏过冬。玉米种子易受冻害的黑龙省以立柱式塔挂干燥为宜,对保证种子发芽率亦有较好的效果。

由表15-19看出,果穗在自然干燥过程中,籽粒含水量的变化与当时的气温和大气相对湿度有密切的关系。在10月25日以前,种子水分与大气相对湿度的差异较大,由于当时气温较高,种子含水量急剧下降;待种子水分与大气相对湿度的差异逐渐缩小时,气温也日益降低,种子含水量即缓慢下降,到11月4日含水量降到14.7%之后则较为稳定,其含水量一直在13~16%之间,此时穗轴和籽粒的含水量较为接近,即使通过冬季长期低温,甚至在-39.9℃的条件下,发芽率仍保持在92%以上。

我国北方带穗储藏的玉米种子,除了主柱式塔挂法以外,还有采用木架吊挂及棚内风干等各种不同的方法,但从干燥效果看,都不及主柱式塔挂法(表15-20)。

表 15-19 立柱式塔挂法对籽粒、穗轴含水量及种子发芽率的影响\*

(顾渐道等, 1957~1958)

日期(月/日)	9/25	10/5	10/15	10/25	11/4	11/24	12/14	1/4	1/24	2/13	3/5	3/25	4/15	5/4
平均气温(°C)	—	8.0	8.2	3.1	4.1	-2.4	-11.4	-21.4	-22.2	-19.0	-16.9	-8.1	-3.1	11.2
平均相对湿度(%)	—	65	75	54	62	63	69	73.6	70	70	72	66	62	63
籽粒含水量(%)	50.3	26.9	18.2	16.9	14.7	14.3	15.3	16.4	14.4	14.3	15.2	13.5	13.0	14.4
穗轴含水量(%)	51.1	44.7	37.9	16.4	15.0	12.7	15.3	14.7	13.7	14.1	14.0	12.7	11.1	12.4
发芽率(%)	100	98	99	95	99	100	99	97	99	93	99	93	92	100

\* 试验品种: 白头霜, 本试验9月24日收获, 当时降水较多, 故含水量偏高。气温与相对湿度均为平均值。

表 15-20 玉米自然干燥方法效果鉴定\*

(顾渐道等, 1961)

干燥方法	六叶鲜的含水量(%)				白头霜的含水量(%)			
	10/4	10/14	10/24	11/4	10/4	10/14	10/24	11/4
立柱塔挂	24.6	18.7	16.5	13.8	28.2	14.4	14.6	11.5
晒棚风干	24.6	19.4	17.5	15.9	28.2	19.2	16.1	15.0
木架吊挂	24.6	17.0	17.9	19.0	28.2	15.9	14.6	11.2
温度(°C)		8.7	2.2	0.12				
降水(毫米)		42.9	4.4	1.2				
相对湿度(%)		59.7	56.0	62.0				

\* 温度、降水及相对湿度均为平均值。

木架吊挂法干燥的种子数量较少, 但占用场地较大; 棚内风干的通风透光条件不如室外, 效果较差。

### 三、种用玉米籽粒储藏

我国南方, 如四川、云南及广西等省(区), 常年温度较高, 湿度较大, 玉米种子常因发霉发热而丧失发芽率。一般当空气相对湿度在 75~80% 以上时, 穗轴的含水量比种子的含水量高, 不宜以果穗储藏。例如, 四川省重庆市每年有 11 个月空气的相对湿度在 80% 以上, 最高达 87%; 成都市和湖北恩施县每年均有 9 个月空气相对湿度在 80% 以上, 因此这些地区都以籽粒储藏。

四川省万县和达县地区的寒冷山区, 因温度较低, 湿度较大, 阳光不足, 也不宜自然干燥, 通常是把玉米果穗放在屋顶下的搁楼内, 借助取暖或做饭的火力使果穗干燥以后, 再脱粒储藏。

### 主要参考文献

- [1] 中央粮食干部学校: 粮食保管讲义, 1956。
- [2] 粮食部采购贮存局: 粮食贮藏, 财政经济出版社, 1958。
- [3] 武恩吉: 克山拜泉地区玉米生产上的几个问题及解决意见, 东北农业科学, 第1期, 1959。
- [4] 农业部种子管理局: 种子保管经验, 农业出版社, 1958。
- [5] 顾渐道、张雅清: 合江地区种用玉米干燥贮藏技术研究, 作物学报, 第2卷第4期, 1963。
- [6] 浙江农业大学种子教研组: 种子贮藏简明教程, 农业出版社, 1979。
- [7] 山东省胶南县粮食局: 盖板式太阳能粮食烘干仓, 胶南科技, 第9期, 1979。
- [8] 武恩吉: 玉米的穗藏和粒藏, 农业科技通讯, 第9期, 1980。
- [9] 于英: 太阳能粮食烘干机, 农业知识, 第9期, 1980。
- [10] 武恩吉: 玉米栽培技术(九), 农业知识, 第22期, 1981。
- [11] М. Т. Голик: Физиолого-Биохимические основы хранения кукурузы, Изд. АН СССР, Москва, 1955。



## 第十六章 饲用玉米的栽培、青贮及利用

玉米是优良的饲料作物,不仅单位面积产量高,而且地上部分茎、叶、籽实的营养丰富,每百公斤玉米籽粒含有 136.7 个饲料单位,高于谷子、高粱和燕麦,饲喂家畜后,能显著提高其繁殖率和泌乳力。目前,玉米在各种家畜的饲料配方中,一般占 75% 左右,特别是玉米青贮之后,植株茎叶仍然保持青绿,酸香适口,家畜喜食,在冬春缺草季节,是最经济、最有营养价值的多汁饲料。因此,适当增加饲用玉米的栽培面积,大力推广青贮饲料,对我国饲料生产和畜牧事业的发展具有重要意义。

### 第一节 饲用玉米栽培

我国畜牧业发展的关键是饲料的生产能力。目前,国家每年约需拨出饲料用粮 500~600 亿斤,社队和农户作为饲料的粮食为 700~800 亿斤,占我国粮食总产量的 10% 以上,个别地区高达 20~30%。如果用这些耕地直接生产饲料,比种植粮食作物可以提高热量和蛋白质 3~4 倍,同时也有利于轮作和地力的培养。随着家畜饲养业的专业化和个体饲养规模的扩大,搞好饲用玉米的栽培,为饲料加工业的发展和按家畜饲养标准向用户提供优良的混合饲料,创造了有利的条件。

青贮玉米的栽培主要是大量生产适于青贮的绿色植物体。其栽培技术,如冬耕冬灌、整地保墒、种子处理、中耕培土等一系列田间管理措施,与食用玉米栽培基本相同,但也有其不同的特点和要求。

#### 一、选用良种,调整播种时期

饲用玉米的栽培品种,一般应根据当地的自然条件,因地制宜地选用生物产量高、植株成熟后茎叶青绿,营养丰富的品种或杂交种。通常植株高大、茎叶繁茂、抗病抗倒伏的晚熟品种,如金皇后、白马牙、白鹤等地方品种,以及中单 2 号、丹玉 6 号、郑单 2 号、桂单 17 号、龙牧 2 号和高赖氨酸玉米农大 101 等优良玉米杂交种,这些品种一般在果穗成熟后,仍有 75% 左右的茎叶保持青绿,适宜于饲用或食饲兼用,而且生物产量均较高。如桂单 17 号,1980 年上海市朝阳农场试验,每亩茎叶产量达 10,542 斤,平均日产量为 107.6 斤;龙牧 2 号的粗蛋白含量高,用于饲喂家畜,适口性好,亩产青秸也可达到 5000 斤以上。但是,由于高秆晚熟品种植株含水量高,在东北、西北等冬季气温很低的地区( $-30\sim-40^{\circ}\text{C}$ ),玉米青贮后,其青贮料常易结冰而被冻坏。因此中晚熟品种要适当晚收,以降低青贮时的水分含量,减少青贮料在越冬期间的损失。选用植株较矮,分蘖力强的早中熟品种,进行适当密植,亦可获得



较高的生物产量。据山西省山阴农牧场 1982 年的资料,多穗白 131 和穗穗红 220 的青秸产量均达到万斤以上。

饲用玉米的播种期,要根据各地气候特点和生产需要,因地制宜,灵活确定。一般北方春播玉米区以 4 月下旬至 5 月上旬为宜,黄淮海平原夏播玉米区的夏玉米应在前作收获后及时整地抢播;西北灌溉玉米区则以 4 月中旬前后播种较为适宜;南方丘陵玉米区还应适当早播。但是为了延长青饲料的供应时间,尚应合理搭配早、中、晚熟品种,或进行分期播种。通常播种青贮玉米,可分 3~4 期,每期间隔 20 天左右。如东北春玉米在 5 月份播种,60~70 天即可利用,而在 7 月份播种,40 天以后亦能开始应用。南方丘陵玉米区气温高,玉米苗期生长快,播期应适当提前。但青贮玉米,不论夏播或秋播,均以秋季霜冻来临之前,使玉米能长至蜡熟期为宜。

青贮玉米晚播时,可催芽座水播种。播前先用温水泡种 6~8 小时,取出种子置于 20~25℃室内,每天以温水浸浇一次,催出种芽即可进行播种。

## 二、因地制宜,确定种植方式

玉米多与豆类、甜菜、马铃薯等间作、套种和混作,生产的植物体,不但对改进饲料配方,提高营养价值有一定作用,而且间、套作能充分利用土地和光热资源,提高玉米产量;特别是玉米与秣食豆、苕子、豇豆、扁豆等豆类作物混作,能充分利用豆类根瘤菌所固定的氮素,提高其固氮效率,在良好的栽培条件下,用作饲料部分的总产量,一般不低于单作玉米,其营养价值却比单作玉米高。如秣食豆的耐阴性强,与玉米混作,不但能增进食用品质,而且也能获得较高的产量。玉米与大豆、秣食豆、草木樨、甜菜、南瓜等间作,在东北、华北一带,玉米行距多为 60~70 厘米,采用 4:4 或 6:6 的种植方式。玉米与小麦、马铃薯、甘薯、南瓜等作物套种,在河北、河南及山东一带,多在冬小麦行间套种玉米;东北多在旱马铃薯和大垅春小麦行间套种一行或数行玉米;南方则多与甘薯、南瓜等进行套种。1980 年上海市农业科学院土壤肥料研究所在松江、青浦等地开始示范、推广小麦——青贮玉米——水稻的“两旱一水”的栽培制度,其具体做法是,小麦于 11 月 5~10 日播种,并按 1:10 的比例留出苗床地,次年 4 月 5~8 日点播青贮玉米。5 月 15~18 日移栽,每亩密度 6000 株,7 月 15 日即可收割,大田生长期约 60 天。水稻于 6 月 15 日落谷育秧,7 月 20 日左右移栽,11 月 5 日收割,这种方式基本上不影响全年粮食产量,而且还能改善土壤理化性质,增加饲料来源,较好地解决了粮食和饲草的矛盾。

另外,在食用玉米栽培经验的基础上,因地制宜,选择适于小型机械化作业、粮草双丰收的种植方式,也是十分重要的。

## 三、增加密度,加强田间管理

饲用玉米在早播多收绿色植物体的前提下,可适当增加密度,以保证单位面积内有足够的苗数。种植密度每亩约 6000 株,一般比食用玉米增加 50% 左右。如果食饲兼顾,种植密度应与食用玉米大致相同,早熟矮秆品种每亩 5000 株,中晚熟品种每亩 3500 株左右为宜。

青贮玉米播种或出苗以前 3~5 天,可用化学除草剂防治杂草,每亩用 50% 西玛津可湿

性粉剂 0.8~1.2 斤或 50% 莠去津可湿性粉剂 0.6~1.0 斤。玉米 3~4 片叶时要及时进行定苗。苗高 8~10 厘米时开始中耕,以后再每隔 10~15 天进行一次,直至玉米封垄为止。苗高 20~30 厘米、遇干旱或缺肥时,要及时进行追肥浇水。

饲用玉米种植密度一般都较密,生育期间对水分、养分的要求很高,为保证其生长发育的需要,应结合灌溉,适当提高基肥、追肥用量。一般地力条件下,按每亩生产 8000 斤青贮玉米计算,约需基肥 1500 斤,硫酸铵 44 斤,过磷酸钙 30 斤,硫酸钾 27.2 斤,并浇水 1~3 次。土壤瘠薄,基肥、追肥量还应酌情增加,以获得高额的群体产量。

#### 四、适期收获,确保饲料质量

不同时期播种的青贮玉米,其适宜收获时期和每亩总产量均有很大差异(表 16-1)。

表 16-1 青贮玉米的收获期和鲜草产量

(引自《饲料生产学》,1980)

播种期(月/日)	项 目	收 获 日 期 (月/日)							
		6/15	6/25	7/5	7/15	7/25	7/30	8/5	9/30
4/30	间隔日数	46	56	66	76	86	91	97	152
	亩 产 量(斤)	1989.2	4957.2	6341.4	8222.9	8455.4	8404.4	7504.4	6200.4
	日 产 量(斤)	43.2	88.5	96.1	108.3	98.3	92.4	77.4	40.8
5/10	间隔日数	36	46	56	66	76	81	87	142
	亩 产 量(斤)	2450.4	4149.4	5745.4	7513.2	7536.1	7703.0	8635.4	7241.6
	日 产 量(斤)	68.1	90.2	102.6	113.8	99.2	95.1	99.3	51.0
5/30	间隔日数	—	26	36	46	56	61	67	102
	亩 产 量(斤)	—	2940.6	4848.8	6357.0	7467.0	8271.2	7890.4	6219.0
	日 产 量(斤)	—	113.1	134.7	138.2	133.3	135.6	117.8	61.0

由上表可以看出,4月30日和5月10日播种的青贮玉米,在播后 60~85 天收获的亩产量和日产量为最高。5月30日播种的亩产量以 56~67 天为最高,而日产量则以播后 36~

表 16-2 马齿型玉米全株不同生育时期的营养成分(%)

(Morrison, F. B., Feeds and Feeding, 1956)

生育时期	干物质	可消化 蛋白质	可消化 总养分	占 鲜 重					占 干 物 质				
				粗蛋 白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸 出物	灰分	粗蛋 白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸 出物	灰分
抽丝期	15.0	1.0	9.7	1.6	0.3	4.2	7.8	1.1	10.7	2.0	28.0	52.0	7.3
乳熟期	19.9	0.9	13.7	1.6	0.5	5.1	11.6	1.1	8.0	2.5	25.6	58.2	5.5
乳熟期至蜡熟期	26.9	1.2	19.1	2.1	0.7	6.2	16.6	1.3	7.9	2.6	23.0	61.7	4.3
完熟期	37.7	1.7	2.6	3.0	1.0	7.8	24.2	1.7	8.0	2.6	20.7	64.2	4.5

61 天为最高。一般播期较早时,生育期较长,收获期也相应延长。播期较晚时,由于气温高,生长快,生育期较短,收获期可适当提前。

青贮玉米开花以前,主要是积累蛋白质,而在开花以后,则以积累淀粉和粗纤维为主。蜡熟期至完熟期,植株体内干物质、蛋白质、脂肪和无氮浸出物等养分含量均较高(表 16-2)。但玉米生长到完熟期时,植株叶子大部分已经枯黄,饲用价值明显降低。一般以蜡熟期前后收获较为适宜,此时植株下部约有 3~4 片叶已经开始变黄。霜期来临较早的地区,也可在乳熟至蜡熟期收获。

## 第二节 饲用玉米青贮

玉米青贮,根据各地的实际情况和需要,可以整株青贮,也可以只青贮茎叶。整株青贮一般是在玉米茎叶青绿、果穗进入蜡熟初期时进行,整株收割后,铡碎果穗、茎叶,一齐贮藏在青贮窖里,经过 40~50 天的自然发酵,茎叶已经变得柔软湿润,即可随时取出饲喂家畜。如果只青贮玉米茎叶,一般多在果穗籽实刚成熟时,先收果穗,然后再把茎叶割下,铡碎青贮。

### 一、青贮的好处

1. 青贮是保存多汁饲料既经济又安全的措施。采用一般窖藏法,玉米茎叶仅能保持几个月。如果技术不当,则会大量霉烂变质。而青贮玉米,如果按技术要求操作,一般可以贮存 6~10 年,长者可达 20~30 年,不受季节限制,随时供应。

2. 玉米青贮能提高植株利用率,减少营养物质的损失。风干、晒干的玉米,质地粗硬,大部分营养物质受到损耗,饲用价值很低。而青贮玉米在制作过程中,氧化分解作用微弱,养分损失一般不超过 10%,而且茎叶柔软多汁,可消化的维生素、蛋白质、脂肪和无氮浸出物等养分含量丰富,一般比风干、晒干的玉米秆高 2~4 倍,通常约 3 斤玉米秆(果穗部分除外)可抵 1 斤谷草,5 斤就相当于 1 斤精饲料,喂乳牛时,每 100 斤青贮玉米约与 30~40 斤豆科干草的饲用价值相当。因此,能保证家畜的健康,改善冬季的饲养条件。

3. 玉米青贮后能增进家畜食欲。青贮玉米经微生物发酵后,碳水化合物转化成乳酸、醋酸、琥珀酸和醇类,可产生芳香族化合物,具有酸香味,消化率高,适口性好,能增进家畜食欲,并具有轻泻作用,对防治便秘,保持家畜健壮有一定功效。如果晒成干草,营养成分减少,质地粗硬,家畜多不愿采食。

4. 玉米青贮能消灭害虫。玉米螟多潜伏在玉米茎秆内越冬,除了在大田进行药剂防治外,收获后将玉米进行青贮,在缺氧和高酸度条件下,茎秆中的幼虫会被杀死。如果结合青贮青草,对于控制杂草的孳生,消灭草害也有一定的作用。所以,青贮玉米秸秆和杂草是防治虫害、草害的有效措施之一。

5. 玉米青贮在单位容积内的贮量大。玉米青贮的同时,也可混合青贮所有能被利用的青草、树叶及其他青绿植物体,以便利用玉米茎秆含糖量较高的特点,促使其他含糖量低的原料正常发酵,一般 1 立方米青贮料重量为 450~700 公斤,其中含干物质为 150 公斤,而 1

立方米干草重仅 70 公斤, 约含干物质 60 公斤。

## 二、青贮的原理和方法

### (一) 青贮期间的微生物活动

青贮玉米原料上, 往往附着大量的乳酸菌、酪酸菌、酵母菌、霉菌、肠道杆菌和腐败细菌等微生物。而青贮饲料的调制, 主要是依靠乳酸发酵作用。但是, 青贮料放置过久, 腐败细菌的数量, 远远超过了乳酸菌。因此, 青贮料如不及时进行青贮, 堆放 2~3 日后, 腐败细菌即会迅速增加, 一般在 1 克青贮料上可达数十亿以上。在青贮处理过程中, 空气、泥土和污水也会带进许多杂菌, 影响青贮质量。

乳酸菌有呈杆状的乳酸杆菌, 也有呈球状单独存在或互相连结成链球状的乳酸球菌或乳酸链球菌(图 16-1)。

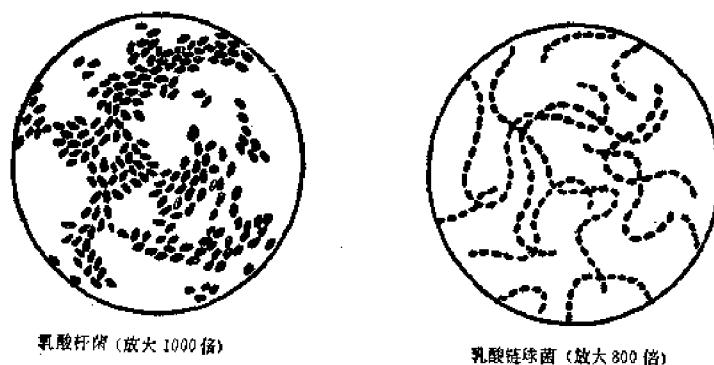
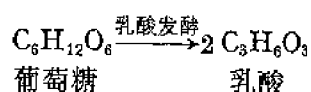


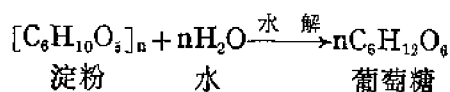
图 16-1 乳酸菌形态

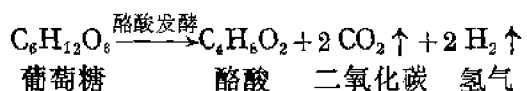
乳酸菌属嫌气性细菌。在缺氧条件下, 靠分解植物体内糖分生存繁殖。青贮时由于窖口密闭, 窖内氧气逐渐减少, 乳酸菌迅速繁殖, 而将青贮饲料的糖分分解成乳酸, 这种变化称为乳酸发酵。



在青贮窖内, 乳酸菌不断繁殖积累, 酸度相应增加, 当青贮饲料的 pH 值达到 4.2 时, 大部分细菌即停止繁殖, 酸度再增加, 则为其自身所产生的酸类所控制, 从而停止活动。所以, 青贮饲料可以保存很多年。经验证明, 在多年密封的青贮窖内, 几乎呈完全无菌状态。

青贮时, 如果高温不加控制或水分不足, 则酪酸菌(丁酸菌)迅速繁殖, 形成酪酸发酵, 青贮料便会产生一种难闻的臭味, 品质下降。酪酸发酵的程度是鉴定青贮饲料质量的标准, 酪酸含量愈多, 青贮饲料的品质愈差。





放大 (1000 倍)

图 16-2 酪酸菌形态

酪酸菌亦属嫌气性细菌,一般呈杆状。有时呈纺锤状,或相互连在一起,形成链状(图 16-2)。

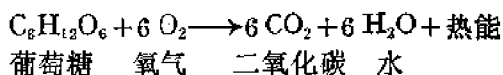
酪酸菌较耐高温,在 60°C 下也能繁殖,但对酸的抵抗力很弱。在嫌气条件下,青贮时由于窖内乳酸酸度迅速增加,能抑制住酪酸菌的活动。采用人为加入酸液的办法,也能控制酪酸发酵。

青贮窖封闭不严,会引起好气性细菌大量繁殖,酵母菌可把糖分解成酒精,醋酸细菌又能把酒精转化成为醋酸。另外,还有很多好气性的腐败菌,可以把蛋白质、脂肪、糖等营养物质分解成为氨气、二氧化碳、沼气、氢气和硫化氢等气体。所以当青贮窖内空气较多,而酸度的积累又不足以控制这些细菌繁殖时,不但能破坏青贮料的营养价值,而且还能使之腐败,产生臭味和苦味。有时,青贮窖内水分不足,酸度不够,窖的周围或青贮饲料的上层,都会产生白色或黄色真菌类霉菌的丝状结块,并能产生多种酶,这是破坏蛋白质、维生素等营养物质的媒介物。霉菌繁殖也能产生臭味,从而降低青贮料的品质。因此,玉米青贮时,排除空气,严封窖口是促进乳酸菌繁殖、保证青贮质量的关键措施。

## (二) 获得良好青贮饲料的主要环节

青贮技术的关键是提供有利于乳酸菌繁殖的良好条件,这是获得高质量青贮饲料的主要环节。

1. 排除窖内空气 首先要把青贮料铡细,平铺窖内,踩实压紧,将空气排出,再严密封闭窖口,这时虽然窖内仍有残留的氧气,但是由于刚收割下来切碎的青绿植株,其细胞仍在进行呼吸作用,因此窖内的氧气很快就会耗尽,而植物体内的糖类也即发生变化:



由于窖温增高,特别是窖内残留氧气过多,温度可以达到 60°C 左右,从而助长了其他杂菌的繁殖,妨碍乳酸菌的生长,致使养分损失。实际上在青贮窖内是乳酸菌与其他杂菌(包括嫌气性酪酸菌在内)在进行激烈的生存竞争,使窖内形成无氧状态,为乳酸菌的繁殖创造了良好环境,才能确保青贮饲料的质量。

2. 掌握适宜的水分含量 青贮料中应具备最适宜于乳酸菌繁殖的水分含量,水分不足,青贮料就不易被踩实压紧,空气排不出去,窖内温度将迅速上升到 50°C 左右,而形成高温青贮。当温度下降,即会形成酪酸发酵,使青贮饲料质量降低;水分过多,青贮料中原有植株组织的汁液容易被压挤流失或粘结成块,也会引起酪酸发酵。

青贮时植株水分的适宜含量,应根据青贮原料的质地而定,一般应保持在 65~75% 左右。玉米植株的组织比较粗硬,不宜压紧,可适量增加水分;如果玉米与菜类、萝卜等混合青

贮,因后者质地柔软,踩压后植物内部的液体容易挤压出来,因此不宜多加水分。

3. 青贮料中要含有一定糖分 乳酸菌是以植物中的糖分为养料而生存的,乳酸迅速生成,才能保证青贮质量。青贮料里的含糖量,一般不宜低于新鲜原料重量的1.5%。玉米茎叶和果穗中都含有足够数量的糖,很易青贮,而马铃薯秧、花生秧等含糖量较少,不适于单独青贮。因此必须根据不同植物体中的糖分含量,有比例地进行混合,以保证青贮料中含有一定数量的糖,满足乳酸发酵的要求。

### 三、青贮窖的修建

青贮窖是制造青贮饲料的容器。我国农村大部分采用简易的临时性土窖,有的地区也以砖石为原料,建筑永久窖。

#### (一)青贮窖址的选择

确定窖址是保证青贮质量的重要关键。宜选择地势干燥,土质粘重,地下水位不高,无砂石、砖、瓦,距离河流、沟渠、水井、池塘、林地较远和靠近饲养场所的地方作为窖址,比较适宜,这样可以防止透气、漏水或塌陷,也便于取饲。

#### (二)青贮窖的种类

青贮窖按形状可分为圆形和沟形青贮窖,按位置可分为地上式、地下式和半地下式青贮窖三种类型。

1. 地上式青贮窖 多半为圆形塔状,故又称为青贮塔。这种青贮窖容积大,占地面积小,在地势低洼、地下水位较高的地区,多采用这种类型。地上式青贮窖,窖的高度应根据设备条件确定。如果有自动装填原料的机具,青贮窖的建筑高度,可达6~9米;如果依靠人力装料,一般不宜高于3米。圆形青贮窖的口径大小,可以根据青贮数量及饲喂家畜头数来确定,一般为1.7~3.0米之间。口径小于1.7米时,由于青贮植株与窖壁的接触面增大,其损耗量也大,故多不采用;如果口径太大,青贮料容量较多时,开窖后也不易保存。为了便于原料的装填和青贮料的取用,地上青贮塔都在朝畜舍的一面,从上到下每隔1.0~1.5米留一个窗口,以便取料和密闭。地上式青贮窖的窖壁,必须砌得牢固,以免装入青贮料后塔身裂缝。因此,用砖、三合土和黄粘土堆砌时,窖壁厚度不应少于70厘米。

2. 地下式青贮窖 建这种窖需用的材料少,适于地下水位低、土质坚实的地区应用,由于建窖时挖掘容易,镇压方便,窖内温度也不易受外界气温影响,有利于青贮料的发酵和保存。所以,广大农民都喜欢采用这种地下式长方形或圆形的青贮窖。

长方形地下窖 宽度为1.7~3.0米,深度为2.0~3.0米,长度按场地和装填青贮料的数量决定,一般为3.0~9.0米。如果长方形地下窖过窄过浅,青贮料往往不易填实压紧,而且由于青贮料与窖壁的接触面较大,容易浪费饲料。挖窖太深,下层青贮料取用时也不方便。长方形地下青贮窖的窖壁要尽量做到平滑垂直,这样封闭窖顶以后,经过发酵作用,青贮料容易下沉,否则青贮料松紧不均,甚至造成漏气霉烂。土质不够坚固的地区,为了避免窖壁坍塌,可把窖的上口宽度稍微加大,使窖壁略有坡度,青贮效果也较好(图16-3)。

圆形地下窖 直径多为1.7~3.0米,深度因地下水位的高低而定,一般3米左右,其他挖窖措施与上述相同。

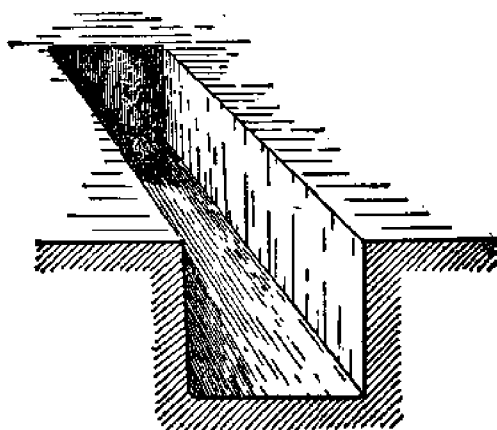


图 16-3 地下式长方形青贮窖

3. 半地下式青贮窖 适用于地下水位较高的地区，窖身一部分在地下，一部分在地上，装料、取料比较方便。筑窖时可在较浅的地下式圆形青贮窖或沟形青贮窖的基础上，利用挖出的粘湿土壤或用土坯、砖石等材料，由地面向上堆砌 1.0~1.7 米高的窖壁，即可建成半地下式窖。如果用粘土堆砌窖壁，其厚度一般不应少于 0.7 米，用砖石砌成的窖壁，所有空隙都要用灰泥封严，外面再用土培厚，以免裂缝透气(图 16-4)。

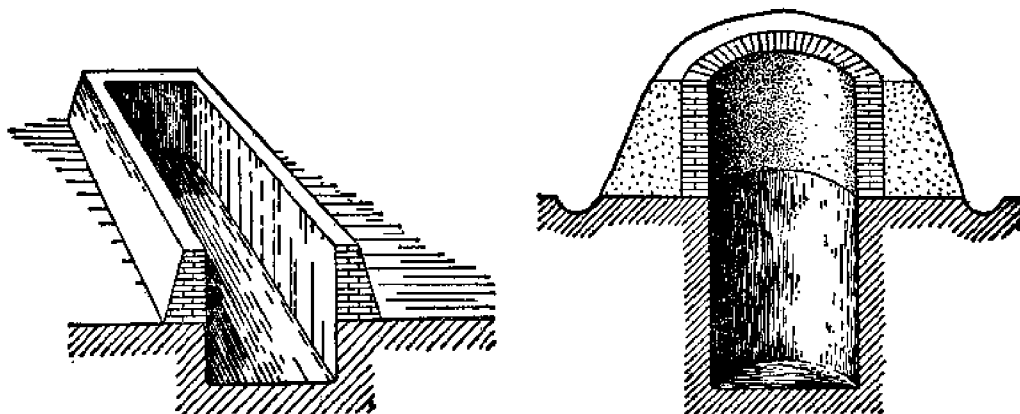


图 16-4 半地下式青贮窖

(1) 长方形 (2) 圆形。

4. 塑料袋、塑料棚 青贮窖选地困难，利用杂草、泥土封顶，往往会霉损一部分青贮料，而采用地面青贮薄膜封顶或利用塑料袋代替青贮窖，省工省料，安全可靠，简单易行。

塑料袋 青贮塑料袋，袋色不限，一般每斤塑料布可做成两个大口袋，袋底及旁侧可用热压压紧，每个塑料大袋可装切碎的青贮料 400~500 斤，并要保持清洁，防止混入铁钉、铁丝或其他杂质，以免捅破塑料袋，发生漏气现象，而霉损青贮料。青贮料装袋时，要边装边压，尽量排除袋内空气，然后再用绳子扎紧袋口，放在畜舍附近即可。

青贮薄膜封顶 地面青贮可选择比较高燥的地方，用三合土或水泥制成底面，周围挖一道深、宽各 20 厘米左右的环形排水沟，再将切碎的青贮料在地面上堆成圆堆，然后上面覆

盖1~2层塑料薄膜,排除空气,并将四周薄膜埋在环形沟内。最后,用粗绳将青贮堆封紧;也可在半地下窖的基础上,顶部制成塑料大棚,其内装满切好的青贮料或直接覆以薄膜,四周压实(图16-5、图16-6)。

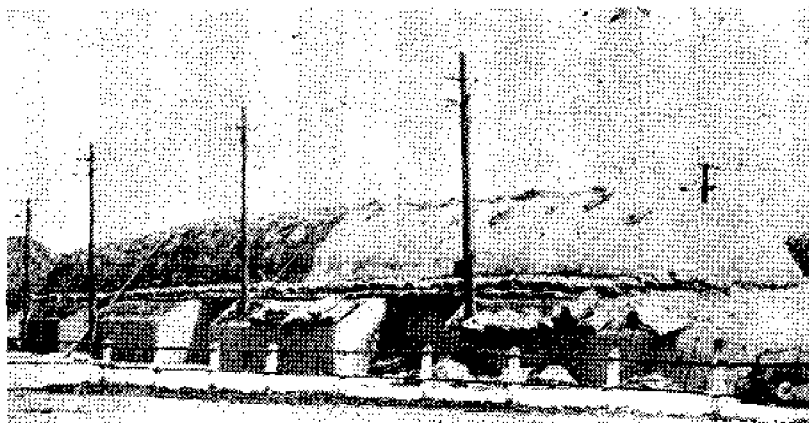


图 16-5 地窖青贮薄膜封顶

(上海第五牧场供稿)

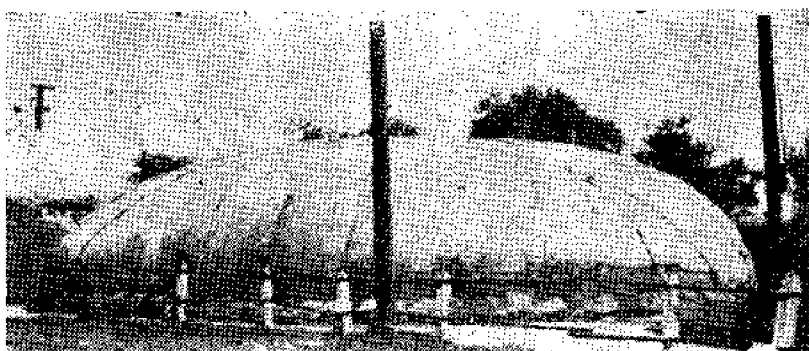


图 16-6 地面青贮薄膜封顶

(上海第五牧场供稿)

### (三)青贮窖的体积

青贮窖的体积,主要决定于青贮数量、劳动力和当日收割玉米植株的多少。如果每天收割的青贮原料多,而且当天能把收割的原料铡碎青贮,即可把窖挖得大些,否则应挖得小些。青贮窖体积的简单计算原则为:

1. 计算青贮原料总重量时,要增加由于霉坏或因混入泥土不能利用的损耗约1%。
2. 一般每立方米体积的平均重量为499.5公斤,每立方市尺体积的重量为37市斤,可按此标准计算窖的容量。

3. 青贮原料的总重量,除以499.5即为青贮原料的总体积。青贮原料发酵下沉的体积约占青贮原料总体积的15%左右,所以青贮原料的总体积加青贮原料体积的15%,等于青贮窖应该具有的体积。

例如,某一个生产单位养猪1000头,冬春季节需要贮备120天的青贮饲料,按每头每天平均供给青贮饲料2公斤计算,青贮的总量、体积及饲料的种植面积如下:



## (1) 青贮饲料的总需要量

每天需要量:  $1000 \times 2 \text{ 公斤} = 2000 \text{ 公斤}$

补加损耗 10%:  $2000 + 2000 \times 10\% = 2200 \text{ 公斤}$

120 天的青贮料总量:  $2200 \text{ 公斤} \times 120 = 264,000 \text{ 公斤}$

## (2) 青贮料和青贮窖的总体积

青贮料的总体积:  $264000 \div 499.5 = 528.5 \text{ 立方米}$

青贮窖应有的总体积:  $528.5 + 528.5 \times 15\% = 607.8 \text{ 立方米}$

## (3) 青贮窖的数量和体积:

如果每亩玉米可以生产青贮原料 2000 公斤, 而青贮饲料的总量为 26.4 万公斤, 则需要种植的玉米面积即:  $264,000 \div 2000 = 132 \text{ 亩}$ 。

如果每天只能收贮 13.2 亩, 至少需要挖青贮窖  $132 \div 13.2 = 10$  个。每个窖的体积即:  $607.8 \div 10 = 60.8 \text{ 立方米}$ 。

如果每个窖的宽度和深度都为 3 米, 则窖的长度即:  $60.8 \div (3 \times 3) = 6.76 \text{ (米)}$ 。

## 四、青 贮 程 序

## (一) 青贮前的准备

无论全株玉米青贮或只青贮玉米茎叶, 在装窖前均要把原料铡碎切细, 植株组织中的液汁渗出之后, 茎叶、果穗的残体表面都很湿润, 有利于乳酸菌的迅速繁殖、发酵, 也便于原料的装填压实。整株青贮封埋, 虽然节省劳力, 但效果不好, 多不采用。

青贮玉米的收获、切碎, 应在晴朗无风天气进行。风雨天气容易淋湿植株, 增加水分或混入泥沙, 不利青贮。所以玉米植株收割后, 应该立即铡碎、装填, 全部过程必须在一天内完成或分段封顶, 并要保证清洁, 没有铁钉、铁丝、石块、泥沙等夹杂物。

## (二) 装料

窖内经过清扫后, 先在窖底铺 6 寸左右不易腐烂的干草。装填时还要在窖口铺上席子, 以免被泥水沾污。填料入窖时, 窖内可留 1~2 人, 将料层层铺严、踏实, 每铺 10 厘米左右, 用喷壶均匀洒水一次, 使青贮原料的水分含量保持在 75% 左右。加水数量应根据玉米植株的含水量确定 (表 16-3)。最简单的检查方法是用手抓一把青贮原料, 握紧后手掌可被完全沾湿, 但没有汁液滴下, 即为适宜。为了促进乳酸发酵, 提高青贮质量, 有时向青贮玉米中加入糖、尿素、甲醛、酶制剂、盐、高蛋白青料、牧草、湿谷物或接种乳酸菌, 降低含水量, 进行特种青贮 (即所谓特殊青贮法)。据山西农学院养牛小组 1976 年的资料, 在含干物质 30% 的青

表 16-3 玉米茎叶含水量及青贮时的加水量

原 料 情 况	估 计 含 水 量 (%)	每 100 斤原料加水数量 (斤)
茎叶全部青绿	75~80	0
茎叶一半以上青绿	70~75	5
茎叶一半以上干枯	65~70	10

贮玉米中,加入 0.5% 尿素,青贮后其干物质中粗蛋白质含量高达 12% 左右,而一般青贮玉米干物质中仅含 7~8% 的粗蛋白。

### (三)封窖

封窖的目的是为了把青贮原料压紧、封严,使空气和水分不能进入青贮窖。一般当青贮料装填到距离窖口 0.5 尺高度时,即应停止装料,然后在其上面铺一层不易腐烂的干草或青草,再压实、盖土封窖。盖土必须用湿润的泥土,一层层踏实,盖土厚度一般在 2 尺以上,否则容易透气。窖顶一定要突出地面,呈圆形或坡状(图 16-7)。封窖后在一周之内,必须随时将因青贮料下沉而造成的盖土裂缝,及时进行修补,以防漏气。

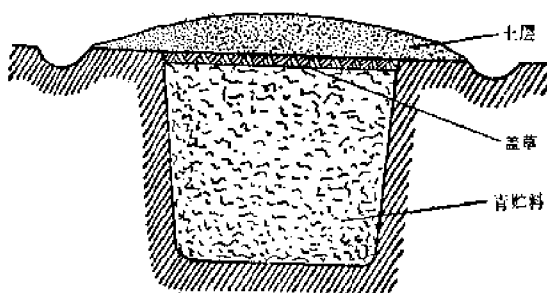


图 16-7 封闭后的青贮窖剖面

## 五、青贮饲料的质量鉴定标准

青贮饲料的质量一般分为优、中、劣三级,劣等不能饲喂家畜。质量鉴定,通常以青贮料的色泽、酸度、气味、质地和结构为标准(表 16-4)。

表 16-4 青贮饲料质量鉴定标准

等 级	色 泽	酸 味	气 味	质 地	结 构
优	黄绿色、绿色	较浓	芳香味	柔软稍湿润	茎叶易分离
中	黄褐或暗褐色	中等或较淡	芳香稍有酒精味或醋酸味	柔软稍干或水分稍多	茎叶分离较困难
劣	褐色、黑色或暗墨绿色	很淡	腐臭味	干燥或粘结成块	茎叶粘结并有污染

酸碱度是衡量青贮料品质好坏的重要指标之一。一般优质青贮料的 pH 值为 4.2~3.8,除半干青贮外, pH 值超过 4.2,说明青贮发酵过程中,腐败菌、酪酸菌等活动强烈,青贮质量较差,劣质青贮料的 pH 值可高达 5~6。另外,也可根据青贮料中有机酸含量检验品质。良好的青贮料,在 2% 的游离总酸量中,乳酸要占 1/2 以上,醋酸占 1/3 左右,若酪酸含量较高,青贮料则出现臭味,影响质量。

## 六、开 窖

青贮封闭 45 天以后,即可不受季节气候限制,随时开窖取料。开窖前要先把盖土、盖草

挖开, 打扫干净窖口, 不让泥土等杂物落进窖内。取料后, 要随时用席或苫盖住窖口, 或在窖口处搭个简单小棚, 以免阳光直射或雨淋。

青贮窖开窖后, 要继续不断地按每天需要量分层向下取料, 每天取料的厚度至少保持 7 厘米左右, 以避免干燥变质, 发霉长毛。如果开窖后长期不用, 或只从当中挖洞取喂, 将会因变质而破坏全窖的青贮饲料。长形窖可从背风向阳的一头开口, 层层取喂, 如果发现青贮料干枯霉烂, 要随时取出扔掉。若中途停用的时间很长, 就要用草和土把窖再次封闭, 以免影响整窖青贮质量。

### 第三节 饲用玉米的利用

玉米是重要的饲料作物之一, 它不仅产量高, 而且籽粒、穗轴、茎叶及其青贮料营养丰富, 品质良好, 因此, 在畜牧业上是一种很有价值的饲草、饲料。

#### 一、籽 粒

玉米籽粒中含有大量淀粉, 粗脂肪的含量亦较高, 特别是黄粒玉米还含有丰富的甲种维生素(表 16-5)。因此生产上广泛应用玉米作为牛、羊、马、猪、鸡等家畜、家禽的精饲料。但是, 玉米籽粒中粗蛋白质含量较少, 一般仅 5~10%, 而且家畜、家禽所必需的赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸等氨基酸含量较低, 钙、磷等矿质元素亦比其他谷类作物少。所以玉米作为青饲料, 还应与其他富含蛋白质的饲料及其麸、糠等配合。奶牛的日粮配比中, 玉米粉一般约占 50%。以玉米作为肉牛、绵羊和猪的主要育肥饲料, 配合豆科、牧草或适当补充蛋白质和粗饲料, 不仅能量高, 而且适口性好, 增重效果比较明显。玉米籽粒在鸡的配合饲料中也可

表 16-5 玉米饲料的成分与营养价值

(根据 1983 年《奶牛饲养标准(试行)》整理)

饲 料 名 称		青割	青贮	秸秆	叶片	籽粒	种皮	苞叶	胚芽饼
原	干物质(%)	17.9	25.5	91.6	91.6	88.7	88.3	91.5	93.0
	粗蛋白(%)	1.7	1.6	7.1	6.6	8.6	9.4	3.8	17.5
	粗脂肪(%)	0.4	0.7	1.7	1.2	3.7	3.8	0.7	5.6
	粗纤维(%)	5.3	7.8	23.8	25.2	1.9	10.6	33.7	14.9
	无氮浸出物(%)	9.9	13.4	61.7	61.1	73.0	62.0	49.9	63.3
样	粗灰分(%)	1.4	2.0	7.3	7.5	1.5	2.6	3.4	1.7
	钙(%)	0.07	0.09	0.39	0.08	0.05	0.18	—	0.05
	磷(%)	0.06	0.06	0.23	0.12	0.23	0.42	—	0.49
	胡萝卜素(毫克/公斤)	14.52	11.70	—	—	2.21	—	—	—
中	产奶净能(兆卡/公斤)	0.35	0.30	1.35	1.35	2.11	1.56	1.62	1.72
	奶牛能量单位(NND/公斤)	0.38	0.41	1.80	1.80	2.81	1.98	2.16	2.29
	可消化粗蛋白(克/公斤)	11	8	24	22	61	52	11	110

(续上表)

饲 料 名 称		青割	青贮	秸秆	叶片	籽粒	种皮	苞叶	胚芽饼
干 物 质 中	产奶净能(兆卡/公斤)	1.52	1.19	1.43	1.47	2.37	1.68	1.77	1.84
	奶牛能量单位(NND/公斤)	2.03	1.53	1.97	1.96	3.17	2.24	2.36	2.46
	可消化粗蛋白(克/公斤)	62	31	26	24	69	59	12	119
	粗纤维(%)	29.1	30.7	26.1	27.5	2.2	12.0	36.3	16.0
	钙(%)	0.41	0.72	0.43	0.09	0.14	0.29	—	0.06
	磷(%)	0.27	0.23	0.25	0.13	0.33	0.42	—	0.53
	胡萝卜素(毫克/公斤)	63.40	45.70	—	—	2.50	—	—	—
	粗蛋白(%)	9.6	6.5	7.7	7.2	10.1	10.6	4.2	18.8
样 品 数 目		12	9	6	1	168	9	1	1

达 50~70%。

高赖氨酸玉米含赖氨酸、色氨酸分别为 0.48% 和 0.098% 左右,比普通玉米高 70%,甚至高达 1~2 倍以上。用这种玉米喂猪、鸡等,增重效果明显,饲料效率也高。据中国农业科学院与通县农业局、畜牧水产局 1981 年协作试验,在配合饲料中含 9% 的蛋白质水平下,用高赖氨酸玉米喂养的猪平均日增重 1 斤,料肉比为 4.20。至 185 日龄时,猪的平均体重为 142.8 斤;而喂普通玉米的猪,日增重仅 0.437 斤,料肉比为 6.40,至 185 日龄时,猪的平均体重仅为 92.3 斤。试验还表明:用 60% 高赖氨酸玉米加 5% 豆饼(蛋白质水平为 12.5%),饲养效果最佳,日增重 1.29 斤,料肉比为 3.84,至 185 日龄时平均体重达 166.3 斤。宁夏回族自治区暖泉国营农场 1982 年试验,用 60% 的高赖氨酸玉米比用同样比例的普通玉米组成的饲料喂养体重 20~50 公斤的生长猪,其日增重前者比后者多 152 克,每增加 1 公斤毛重可节省混合饲料 1.23 公斤。刘杰龙、王端民等 1981 年试验表明:用高赖氨酸玉米喂养“莱克杭”小鸡 70 天后,鸡的平均体重由 35.65 克增加到 296.3 克,而喂普通玉米的小鸡,体重仅由 36.58 克增加到 184.9 克。

## 二、青 贮 玉 米

青贮玉米含有乳酸、醋酸、酪酸和丙酸等挥发性脂肪酸(VFA),醋酸、酪酸有合成乳脂肪中短链脂肪酸的功能,而丙酸又是合成葡萄糖和乳糖的原料。但是青贮玉米中所含挥发性脂肪酸的比例并不完全符合乳牛瘤胃的要求。以青贮玉米饲喂反刍家畜时,需要配合蛋白质和淀粉含量高的饲草、饲料。宁夏回族自治区银川市平吉堡奶牛场 1972 年试验,每头产奶母牛日喂 10 公斤青贮玉米,并适当搭配铡碎的稻草和 4.5 公斤混合精料,每头奶牛日平均产奶量由不喂青贮玉米时的 7.96 公斤增加到 11.57 公斤,而且还显著降低了奶牛消化道疾病的发生。1975 年乌鲁木齐市五一农场畜牧队试验,在不同种类的饲草中,以苜蓿干草和半带果穗青贮玉米饲喂奶牛,产奶效果最好(表 16-6)。

以青贮玉米秸秆饲喂奶牛,也能保证有一定的产奶量。兰州市奶牛繁育场奶牛日粮中,

表 16-6 几种饲草和牛奶产量的关系

(乌鲁木齐市五一农场畜牧队, 1975)

饲草种类	平均泌乳月	总采食量(公斤/头·日)	采食率(%)	产奶量(公斤/头·日)
苜蓿干草	7.2	10.4	89.5	13.5
青贮玉米	7.2	23.3	94.4	13.3
干玉米秆	6.8	12.1	87.6	10.6
杂干草	7.6	10.6	87.3	10.1
稻草	7.0	9.7	93.2	8.4

注: (1) 青贮玉米: 系收获部分成熟果穗后青贮。

(2) 杂干草: 以芦苇及其他禾本科杂草为主的青干草。

青贮玉米秸秆约占 40%, 精饲料占 5.26%, 基本上能满足体重 550~600 公斤奶牛年产奶 4000 公斤的营养要求。一般每生产 1 公斤奶, 仅消耗精饲料 0.25 公斤, 而且奶牛的受胎率也比较高。

玉米青贮料的饲喂量, 以乳牛为最多, 肉牛和马、驴次之, 猪、羊等最少(表 16-7)。

表 16-7 各种家畜每天饲喂青贮饲料的适宜分量

家畜种类	每头每日喂量(公斤)
乳牛	10~20
种用公牛	5~10
役用牛	8~13
肉用牛	8~13
犏牛*	3~5
马、骡	5~10
驴	3~5
猪	2~3
羊	1~2

\* 2~6 个月的小牛每日不超过 3 公斤。

青贮玉米柔软多汁, 在高产奶牛日粮组成中, 比重较大。1981 年上海第七牧场、北京北郊奶牛一队和哈尔滨香坊实验农场年产 6000~7000 公斤奶量的奶牛, 喂给青贮玉米约占日粮的 23~38%。

青贮饲料由于有酸味, 家畜往往不愿采食, 可先少喂一些或把青贮饲料放在槽底, 上面覆盖其他饲草、饲料, 待家畜习惯青贮饲料的气味并逐渐喜食之后, 再大量饲喂。如果青贮饲料酸度太大, 可在喂家畜前加入 1~2% 的石灰水中和, 再加适量干草做调剂。但这种青贮饲料不宜用来喂幼畜、孕畜和病畜。另外, 用青贮饲料饲养奶牛等, 应在挤奶以后喂给, 每次喂完后都要把槽洗净, 以防奶汁吸附青贮饲料的气味。凡是存放、搬运青贮饲料的槽、

桶、箱等用具,每天都要洗刷干净,以免残存饲料发霉,家畜食后得病。产前或产后的母畜,要少喂或停喂青贮饲料。

### 三、青 饲

玉米的青绿茎叶从幼苗到乳熟亦可饲喂家畜。由于玉米幼苗柔嫩多汁,粗纤维含量少,消化率高,特别适宜于饲喂幼畜,一般未满月的小牛,每昼夜可喂2~3斤,2个月的小牛可喂4~6斤,3~6个月的小牛可喂10~16斤。成年家畜青饲玉米的日用量,猪10~20斤,牛80~100斤。喂猪时宜将秸秆切碎或打浆为好。直接利用鲜嫩的植株作饲料,不但浪费,经济收益也较低,而且饲喂奶牛,还会影响产奶量的提高。因此,生产上多不直接利用玉米进行青饲,而广泛采用乳酸发酵后的青贮玉米饲喂家畜。

### 四、干 饲

晒干的玉米秸秆有利于贮藏,是家畜冬季的主要饲料之一,但这样易造成养分损失,特别是丙种维生素几乎全被破坏。直接利用时,由于玉米秸秆质地粗硬,家畜多不喜食。

粉碎的玉米穗轴、苞叶,粗纤维、灰分、碳水化合物含量较高。如果以精料和粉碎的玉米穗轴各占25~30%,青贮玉米秸占40~50%或利用粉碎的玉米苞叶喂牛,其养分含量,除可消化蛋白、粗蛋白等较低以外,其他均与青刈、青贮和晒干的茎叶等接近。因此,对扩大饲料来源有着重要的作用。

### 主要参考文献

- [1] 山东省农业科学院主编:中国玉米栽培,上海科学技术出版社,1963。
- [2] 上海市农牧业科技情报网:农业科技动态,1983。
- [3] 上海市奶牛公司:上海奶牛,1982。
- [4] 中国奶牛协会等:奶牛饲养标准(试行),1983。
- [5] 《玉米遗传育种学》编写组:玉米遗传育种学,科学出版社,1979。
- [6] 农民画报,农业出版社,第6期1981。
- [7] 陕西省科学技术情报研究所:秸秆喂牛技术资料选编,1976。
- [8] 南京农学院主编:饲料生产学,农业出版社,1980。
- [9] 常瀛生译:饲料学,农业出版社,1981。
- [10] 黑龙江省畜牧局:黑白花奶牛育种论文集,1982。
- [11] 粮食部江苏科研设计所:加强玉米的开发利用:光明日报,1981年11月20日第3版,1981。
- [12] 嘉思编译:国外畜牧科技,第1期,1980。