

作物群落 育种学

UOWU QUNLUO YUZHONGXUE

杜心田 刘英华 刘卫民 著



郑州大学出版社

作物群落育种学

杜心田 刘英华 刘卫民 著

郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

作物群落育种学/杜心田,刘英华,刘卫民著. —郑州:
郑州大学出版社,2011.6
ISBN 978-7-5645-0107-5

I. ①作… II. ①杜…②刘…③刘… III. ①植物
群落-作物育种 IV. ①S33
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 084417 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南省公安厅文印中心印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:10.5

字数:245 千字

版次:2011 年 6 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

1/16

印次:2011 年 6 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-0107-5 定价:26.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

前 言

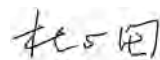
作物生产粮食以及其他衣、食、住、行、用等生活资料和生产资料。所以,作物生产是密切关系着国计民生的大事,是第一性农业生产。从微观到宏观,构成作物的层次包括粒子、分子、细胞、器官、个体、群体和群落。群落是作物集合的最高层次。遍及祖国各地的立体种植,就是栽培植物群落包括作物群落在内的、在生产中实际存在的种植方式。这些种植方式包括混作、间作、套作、叠种和轮作,都是群落所特有。一种作物的个体和群体只有单作,不会有间作、套作、叠种和轮作。作物的混作和套作在我国已有 2 000 多年的历史。然而,历来从没有把它作为群落的种植方式来看待。1981 年作者在《耕作学》(第二版)^[1]中提出“栽培植物群落”;2003 年编写出版了《作物群落栽培学》^[2],定义“作物群落是异类作物群体的集合体”。目前,从内蒙古到海南,从东部沿海到西部绿洲,作物群落遍及全国,作物群落生产已成为作物生产的重要组成部分,发挥着增产、增值、增效的积极作用。

在作物生产中,种子和其他种植材料是首要的生产资料,选用优良种子成为作物高产的先决条件。种子有好有坏,又有优良品种和一般品种的种子之分。优良品种的种子具有巨大的增产潜力,往往比一般品种增产 10% ~ 20%。据《科技日报》(2008 - 01 - 25)报道,目前,我国“良种在粮食增产中的贡献率接近 40%”,“主要农作物良种覆盖率达到 95%”。各地也都把作物良种化作为农业生产的奋斗目标之一。作物育种是产生良种的唯一手段,各地也都把培育和推广良种看做是作物增产的有效措施,设立专门机构从事这项工作。因为作物品种的优良性状具有相对稳定性,培育的良种可以应用一定的年限,保持高产优质,少有大的变化,所以,育种工作一直备受重视。新中国成立以来,在新品种培育方面取得了优异的成绩,在作物生产中起到了积极的推动作用。作物育种学科不断深入研究,个体和群体育种不仅广泛应用远缘杂交和诱变育种等技术,并且开展了细胞育种、分子育种和航天育种。

2002 年,作者在中国作物学会理事年会上提出“作物群落育种”;在《作物杂志》上定义“植物群落育种是利用自然和人为的遗传和变异,为植物群落培育优良品种”^[3]。一些作物育种工作者为小麦棉花群落培育了麦棉配套良种,作物群落育种已成为作物群落培育良种的重要手段。作物群落育种学将是一门适应生产需要的、作物学科的、新的分支。这本新编《作物群落育种学》是一部原始创新的导引性著作,对作物个体、群体和群落的特征特性和关系、作物群落育种的目标、理论、技术、内容、田间试验方法、良种繁育和发展前景,做了系统的介绍。特别是提出新概念:相利性状、相害性状和品种集等。新增添了以往各类育种学所不曾有过的章节和内容:系统论、个体、群体和群落及其育种、航天育种、染色体工程、品种集选育、品种集栽培、作物产量增减法则,栽培植物人为分类系统和作物群落育种目标系统,这些都值得进一步探讨。但愿本书能引起作物学界,特别是

作物育种学界的关注、修正和补充。初版新书不免有不妥之处和错误,希望有关专家不吝赐教。

承蒙陈伟程教授和季良越教授详阅本书原稿并提出宝贵意见,河南农业大学图书馆提供方便,在此深表谢意。



2011 年 5 月

目 录

第一章 作物的个体和群体及其育种	1
第一节 作物及其演进	1
第二节 作物个体	2
一、形态特征	2
二、生理生态	4
第三节 作物群体	12
一、特征特性	12
二、田间结构	15
三、作物群体和环境的关系	18
四、群体的生产力	21
五、作物个体和群体的育种	29
第二章 作物群落及其育种	31
第一节 群落的特征	31
一、形态	31
二、外貌和季相	32
第二节 群落的生理和生态	33
一、生长发育	33
二、群落与环境的关系	34
三、群落的特性	35
第三节 群落的结构	37
一、组分结构	37
二、空间结构	48
三、时间结构	52
四、组合类型	55
第四节 作物群落的功能	58
一、对环境的影响	58
二、对群体的影响	59
三、作物群落的生产力	59
第五节 作物群落的分类和命名	62
一、植物的自然分类方法	62
二、作物的人为分类方法	63
三、作物群落的分类和命名	63
第六节 群落的演替	64

一、自然群落演替	64
二、作物群落演替	65
第七节 作物群落育种	67
第三章 作物群落的种质资源	69
一、种质资源的收集和研究	69
二、种质资源的保存和利用	69
第四章 作物群落育种的理论依据	71
第一节 系统论	71
第二节 进化论	72
第三节 遗传学	73
第四节 生态学	75
第五章 作物群落育种的目标	76
第一节 作物群落对品种的要求及育种目标	76
一、主要目标	77
二、辅助目标	80
第二节 作物群落育种目标的制订	81
一、一般原则	81
二、制订育种目标的程序	82
第六章 作物群落育种技术	83
第一节 引种技术	83
一、引种材料的收集	83
二、检疫消毒	83
三、材料选择	84
四、引种试验	84
第二节 系统育种技术	85
一、系统育种的理论依据	85
二、系统育种的方法和程序	85
第三节 杂交育种技术	87
一、杂交育种的理论依据	87
二、杂交方式和技术	88
三、杂种后代的处理	92
第四节 诱变育种技术	93
一、辐射诱变	93
二、化学诱变	94
第五节 航天育种技术	95
一、种子筛选	95
二、太空诱变	95
三、地面试验	95

第六节 细胞工程	96
一、组织培养技术	96
二、花药培养技术	97
三、体细胞杂交技术	98
第七节 染色体工程	99
一、整倍体染色体加倍	99
二、非整倍体染色体更换	103
第八节 基因工程	103
一、基因工程的概念	103
二、基因工程的步骤和技术	104
第七章 作物群落育种的田间试验	107
第一节 田间试验的意义及种类	107
第二节 田间试验的设计	108
一、试验小区的排列方式	108
二、重复排列方式	110
第三节 田间试验的方法步骤	112
一、试验计划的制订	112
二、试验田的规划	112
三、试验观察记载	112
四、测产和鉴定	113
第八章 品种集选育	116
第一节 分类育种	116
一、粮食作物群落品种集选育	116
二、经济作物群落品种集选育	121
三、绿肥饲料作物群落品种集选育	127
四、复合群落品种集选育	130
第二节 目标育种	138
一、产量育种	138
二、品质育种	141
三、效益育种	142
四、和谐育种	143
第九章 品种集区域化鉴定和良种繁育	144
第一节 品种集区域化鉴定	144
一、区域试验	144
二、生产试验	144
第二节 品种集良种繁育	145
一、品种集良种繁育的意义和任务	145
二、良种繁育的程序和方法	145

第十章 品种集栽培	146
第一节 品种集管理	146
一、种植	146
二、密植和间定苗	148
三、植株调控	149
四、收获	149
第二节 生境管理	149
一、整地	150
二、施肥	150
三、灌溉	152
四、中耕和培土	154
五、群落植保	154
第十一章 作物群落育种的展望	156
一、广泛收集群落育种的种质资源	156
二、深入开展群落育种技术的研究	156
三、群落育种理论和方法的创新	157
四、群落育种普遍开展,新品种集普及应用	157
五、新兴分支学科建立,原创著作编写出版	157
六、作物群落育种有着广阔的发展前景	158
参考文献	159

第一章 作物的个体和群体及其育种

第一节 作物及其演进

从无机化合物开始,经过化学进化,出现有机化合物,如蛋白质、核酸和糖类(碳水化合物)等;再经过团聚形成非细胞型生物,如病毒和类病毒;细胞壁产生后,内部原生质进一步变化,逐渐形成菌类和藻类等低等植物以及蕨类和种子植物等高等植物。根据发生方式,植物可分为野生植物和栽培植物。野生植物是自生自灭的一类植物,它有着自己的进化历程。栽培植物是人工培育、管理和繁殖的一类植物,也就是广义的作物。作物一词是由日本转借而来,广义的作物包括农作物、园艺作物(蔬菜作物、药用作物、花卉作物、果树作物)和林作物等所有栽培植物;狭义的作物仅包括粮食作物、经济作物和绿肥饲料作物,也就是在农村中常说的“庄稼”。本书中的作物除了注明的以外均指狭义的作物。它与野生植物不同,受自然和社会的双重影响,并且主要是受社会的影响,所有栽培低等植物和高等植物,由于人的作用,向着与野生植物不同的方向进化。离自然生境越来越远,离人工生境越来越近,越来越不适合自然生存,越来越适合人类需要。芝麻(*Sesamum indicum*)耽误了“紧三遍”中耕除草,会因草荒而被毁掉。小麦(*Triticum aestivum*)和水稻(*Oryza sativa*),不仅要高产,由高秆向低秆品种发展,而且随着高产,又要优质,由低蛋白质含量向高蛋白质含量发展。

自从人类起源以后,原始人在采集野果和菌类食用过程中,开始种植植物。所以,作物是由野生植物演进而来的。至今,在评论和确定作物的原产地时,仍以作物野生种的发现为主要依据。从野生低等植物经野生高等植物到作物,这是作物的阶段演进。

作物的集合层次可分为粒子、原子、分子、细胞、器官、个体、群体和群落,它们从低级到高级逐级相属,粒子 $\in$ 原子 $\in$ 分子 $\in$ 细胞 $\in$ 器官 $\in$ 个体 $\in$ 群体 $\in$ 群落,而且其中只有个体、群体和群落能单位存在,其他层次都依存于个体。当器官组成个体后,个体集合为群体,群体再集成群落,从个体和群体到群落,这是作物的层次演进。

概括起来,作物的阶段演进和层次演进相结合构成作物的整体演进。当今世界上,不仅存在着野生和培养的低等植物、野生和栽培的高等植物及其高度发展的作物的个体、群体和群落,而且仍在共同向前继续演进着。

作物在我国已有 3 000 多年的历史,稻、菽、粟、茶等多种作物都起源于我国,生产经验丰富,集约化程度高,已总结成为历代农书的重要内容。20 世纪 20 ~ 50 年代,出版了

《中国作物论》(原颂周,1923)和《普通作物学》(孙醒东,1951)等有关作物学科的专著。新中国成立以后,作物栽培学、作物育种学和耕作学等新学科相继建立,作为农业院校农学专业的专业课,并出版了各课程的全国通用教材,奠定了我国作物科学的基础。

作物学是研究作物理论和技术的科学。其中已形成为一级分支学科的有耕作学、作物栽培学、作物育种学、作物生态学和作物生理学等,并积累了大量材料,为它们的分支学科的发展创造了条件。随着作物的整体演进,不仅这些内容将会逐渐独立出来,充实为新学科,而且作物学科将由个体和群体扩展向群落领域,孕育着作物群落栽培学和作物群落育种学等新分支学科的诞生。

第二节 作物个体

一、形态特征

作物个体(crop individual)(图1-1)由不同器官构成。根据其功能,作物的器官可分为营养器官(包括根、茎、叶)和生殖器官(包括花、果实、种子)。这些器官的形成决定作物个体的形态和结构。

(一)根

根是植物生长在地下的营养器官。种子萌动后,胚根突破种皮,向下向四周生长,扩展为作物的根系。它的功能在于吸收并贮存水分和养料,进行无性繁殖和固定个体于地上。

按照发生前后,作物的根可分为初生根和次生根。前者是由胚根生长而成,后者是从初生根发生,并发展成为作物根系的主体。此外,在根尖处还生长着细小的根毛。这是作物直接吸收水分和养料的器官。按根的着生位置,可分为由胚根延伸的、与茎直接连接的主根和由主根生出的侧根。侧根按发生顺序,还可分为一级、二级、三级和多级侧根,它们共同组成庞大的根群。

按照根的形状可分为直根系(如棉花根系)和须根系(如小麦根系)。按照根系在土壤中的分布,还可分为深根系(如苜蓿根系)和浅根系(如芝麻根系)。作物的根在土壤中的分布,横向可达数厘米至数米,向下深可达数十米,浅不到1 cm,而以0~80 cm土层最多。不同根系对于水分和养料的吸收与作物地下部分的结构有着密切关系。



图1-1 棉花个体

(二) 茎

茎是维管植物的地上器官,连接根部与地上部的器官。当种子发芽时,胚芽分生组织不断分化出皮层和中柱,向上继续长高,向四周发粗,形成作物的茎。它的功能主要是连接根、叶、花和果实,输送并交流水分和营养物质,支持植物体接受阳光和空气,贮存水分和养料以及繁殖新的植物体。

茎的外部构造分节、节间和顶尖,节是茎上的分生组织所在地方,从这里分生叶、花、果实和枝条。节与节之间的一段茎为节间,其长短直接影响作物的高低。顶尖是茎的顶端,是顶芽所在的部位,叶、侧芽、节和节间都是由此处的生长锥发生的。按茎的形态可分直立茎如稻、麦、棉等作物的茎,缠绕茎如蔓性菜豆的茎,攀缘茎如豌豆的茎,匍匐茎如甘薯蔓等。按茎所处位置可分地上茎如棉茎和地下茎如无芒雀麦草(*Bromus inermis*)等。另外,尚有一些变态茎如马铃薯的块茎。茎的生长靠顶部和节部的分生组织。顶部分生组织产生顶芽,分生节、节间、叶芽和花芽。节上分生组织产生侧芽,分生侧枝及其叶芽和花芽。有的作物其茎节也可分生新根如甘薯(*Ipomoea batatas*)和甘蔗(*Saccharum sinensis*)等,所以,能够无性繁殖。如此,连续向上,向四周扩展成不同体积的地上部分。作物的株高由数厘米到数十米,横向扩展数厘米和数米。按作物茎高可分为高秆、低秆和匍匐3种类型。

株型是植物的地上部分呈现的外部形状。由于主茎生长情况和分枝方式不同,因而作物表现出不同的株型,大体可分为塔形如棉花(*Gossypium hirsutum*)等,植株下部宽大,向上缩小至顶端成尖头状;圆柱形如烟草(*Nicotiana tabacum*)等,其植株上下部同大小;匍匐型如甘薯等,其植株蔓生,匍匐地面;丛型如麦类,其主茎和分蘖不易区分而成簇生长。了解并根据作物的株型以进行作物群落的群体组建、立体种植和管理工作。

(三) 叶

叶是绿色植物制造有机养料的主要器官。作物的叶由茎、枝顶端生长锥直接分化而成。它的功能是进行光合作用,制造有机物和通过气孔进行气体交换和蒸腾作用。它由叶片、叶柄和托叶构成。叶片是叶行使功能的主要器官。叶柄是叶片和茎相连接的部分,是物质交流的通道。托叶位于叶柄基部两侧,有保护叶芽的作用。按照小叶的有无,可分为单叶如棉叶等和复叶如大豆叶等;按照组成部分的缺全可分为完全叶和不完全叶;叶在茎上的排列方式称为叶序,可分为互生叶如蚕豆叶等,对生叶如芝麻叶等;按叶片的形状可分为掌状叶如棉叶等,条形叶如麦叶等,带状叶如玉米叶等。此外,还有一些变态叶如豌豆的卷须等。

(四) 花

花是有花植物着生在叶腋内进行有性繁殖的器官。作物的花由茎、枝顶尖的生长锥产生花芽而逐渐发育而成。它实际上是一个缩短了的变态枝。其构造分花柄、花托、花萼、花冠、雄蕊和雌蕊。各部俱全称为完全花如棉花等;不全者,为不完全花如玉米雄花等。雄蕊和雌蕊俱全的花为两性花如芝麻花等;两者缺一者为单性花如大麻雄株等。生

殖器官的雄蕊和雌蕊同在一朵花内的植株称为雌雄同花;单性花同在一株上的植株称为雌雄异花同株如玉米花等;单性花不在一株上,植株有雌株和雄株之分的称为雌雄异株如大麻(*Cannabis sativa*)等。有些作物的花冠颜色鲜艳,有红、黄、紫等色。有些作物的花散发香气,分泌蜜汁有引诱昆虫传粉的作用。

(五) 果实和种子

由子房或者花的其他部分发育而成的器官为果实,包括果皮、果肉和种子等部分。果实内含有营养物质,因此成为谷类作物栽培的收获物。完全由子房发育而成者称为真果,如棉铃等;由子房和部分花器发育而成者称为假果,如梨等。由一花雌蕊形成的为单果,如花生果;由整个花序形成的为复果,如桑葚。果皮肥厚多汁称为肉果,如番茄;果皮干燥的称为干果,如苘麻的蒴果。

种子是种子植物的胚珠受精而发育成的繁殖器官,是许多作物栽培的目的物。它由种皮、胚乳和胚组成。种皮由珠被变成;胚乳是营养物质;胚由合子发育而成,是一个幼小的植物体,分胚根、胚轴、胚芽和子叶。种子发芽后胚根发育成主根,形成地下部分。胚芽分化成叶、茎、枝,形成地上部分。作物的种子小如沙粒,例如烟草种子;大如碎砾,例如蚕豆种子。颜色有黑、黄、白等色,有轻有重。种子重量以百粒重和千粒重来表示,单位为克(g)。收获种子的作物,其单株种子重量是个体的经济产量。

二、生理生态

(一) 生长和发育

作物个体是单个作物体。种子植物在母体形成种子,而成为幼株,这是有性繁殖;无性繁殖则是母体的营养器官发芽生根而形成幼株。不管哪种繁殖方式,幼株都在适宜的环境条件下继续生长和发育。生长是作物个体的形态特征量变的过程,它是数量的增加,如体积增大,重量加重和数目增多。发育是作物个体的形态特征和生理功能质变的过程,它是在生长的基础上,形成新细胞、新器官,从而进入一个新的发展阶段。就作物体而言,作物增大、加重和长高,这样的量变过程为作物体的生长;作物生长到一定的时期,花芽分化,进行生殖生长,这样的质变过程为作物体的发育。作物的细胞,器官和作物体的量变与质变过程的综合构成作物个体的生长发育。在此基础上,形成群体和群落的生长发育。

作物的一生可分为营养生长和生殖生长 2 个生长发育时期。营养生长时期是作物营养器官形成的阶段。一般从胚根和胚芽生长开始,生根抽茎长叶,由小到大,由少到多,形成健壮的营养体。其作用在于吸收、制造、运输和分配空气、水分和养料。生殖生长时期是作物生殖器官的形成阶段。从花芽开始分化出花器,产生雌蕊和雄蕊,再产生出雌配子和雄配子,由雌雄配子结合为合子,形成胚,发育成种子,开始下一代新个体的生长发育。但是,这两个阶段并非截然分开,它们中间有一个过渡时期。当一年生作物的种子萌动发芽时,个体进入营养生长阶段;花芽或幼穗开始分化,则进入生殖生长时

期;在茎叶生长停止以前,是营养生长和生殖生长并进的时期;以后主要是生殖生长阶段,直到成熟死亡。多年生作物则是从营养生长时期经营养生长与生殖生长并进时期到生殖生长时期,完成一个生育周期,经过越冬又开始新的生育周期;年年如此,直到生命结束为止。还有一些植物,人们为了收获其营养体,不让其开花结果,利用无性繁殖一直处在营养生长阶段,如一般大田栽培的甘薯和甘蔗等。掌握作物的营养生长和生殖生长的规律,对于组建作物群落有一定的实用价值。

作物的生长发育时期的划分,到目前为止,尚没有一套统一的名称和规定,如生命周期、生育期、生长期、生长时期、生长阶段、生长发育过程及物候期等,应用的十分紊乱,很有必要进行取舍归并。

生命周期是从作物的种子或芽苗萌动到死亡日期的总天数(d),即生命的活动时期。短命的作物,其生命可维持数月,长命的作物可以延长数年和百年。生育期是作物种植或发芽日期到种子成熟日期的总天数。一年生作物如早熟马铃薯的生育期仅 55 ~ 60 d,多年生作物则更长,如苕麻(*Boehmeria* spp.)可达百年。

物候期是作物生长发育进入另一个生长时期的日期(日/月),如棉花出苗期是子叶展开的日期,小麦的出苗期为麦苗露出地面 2 ~ 3 cm 的日期。作物的物候期总的可分为:出苗期、现苗期(抽穗期)、开花期和成熟期。不同作物都有人为的记载标准,并还可根据具体情况增加一些物候期,如小麦增加分蘖期,大豆增加分枝期,以便满足生产应用的需要。

生育时期是作物的一些形态特征出现后所持续的时间(d),它是某一物候期始期和终期之间的天数,例如“出了土四十五”、“花见花四十八”,棉花的苗期和花铃期约为 45 d 和 48 d。作物的各生育时期相加即为生育期。

各种作物的形态和生长习性不同,生育期和生育时期也各有不同的特征,甚至差别很大。现将有代表性的作物生长发育时期归纳如下(表 1-1),以资参考。

(二)作物的生态因素和生态适应性

作物的生态因素是与作物生长发育有着密切关系的环境条件。生态因素包括日光、温度、水分、养料、空气和土地等。这些因素或条件对作物不可缺少,且不可代替。作物必须适应这些条件。作物对生态条件的适应能力称为生态适应性。作物具有这样的能力,才能生存下去,不然,就会被自然淘汰。

1. 日光 日光是太阳辐射的电磁波。它是绿色植物进行光合作用的能量来源。绿色植物体内的叶绿素,利用日光能将水和二氧化碳合成光合产物。光合产物是作物生物产量的基础,所以日光是作物必要的生存条件,它对作物的作用表现在光照度、日照长度和光质等方面。

(1)光照度 光照度是指物体在单位面积上得到的光通量,也就是光线明暗的程度,单位为 lx。作物的生长,不管是细胞分化和增殖,还是身体增长和生理活动,都需要一定光照度方可实现。在弱光下,有些作物产生光合产物少,生长缓慢,身体瘦弱,叶绿素也要减少,叶发黄,甚至不能开花结果。在强光下,有些作物不能正常生长,甚至会受到伤害。在一定的光照度范围内,光照度增大,光合作用增强,但超过这一范围的上限,光合

作用不再增强。这是光饱和现象,其光照度称为光饱和点。它是作物的光合作用的速度不再随光照度增大而增强时的光照度,也就是光合作用光照度的上限。在光合作用的气体交换和呼吸作用的气体交换完全相等时的光照度称为光补偿点,这时的光合作用不再积累光合产物,也就是作物积累有机物的光照度的下限。光饱和点和补偿点都是作物对于光照度要求的参数,可以根据作物的需光明暗的特性判定它属于何类作物。根据需光照度的大小,作物可分为如下几种。

表 1-1 作物的生长发育时期

作物	种植 材料期	营养生长期			生殖生长期			
谷类	休眠期	萌发期 (播种— 出苗)	苗期 (出苗—拔节)		穗期 (拔节— 抽穗)	花期(抽 穗—开花)	结实期 (开花— 成熟)	衰老期
甘薯	休眠期	萌发期 (排薯— 出苗)	苗期 (出苗— 秆插)	大田生长期 (秆插— 收获)	蕾期 (现蕾— 初花)	花期 (初花— 终花)	子实期 (终花— 成熟)	衰老期
棉花	休眠期	萌发期 (播种— 出苗)	苗期 (出苗—现蕾)		蕾期 (现蕾— 开花)	花铃期 (开花— 吐絮)	絮期 (吐絮— 摘收期)	衰老期
芝麻	休眠期	萌发期 (播种— 出苗)	苗期 (出苗—现蕾)		蕾期 (现蕾— 开花)	花期 (初花— 终花)	子实期 (终花— 成熟)	衰老期
油菜	休眠期	萌发期 (播种— 出苗)	苗期 (出苗—现蕾)		蕾期 (现蕾— 开花)	花期 (初花— 终花)	子实期 (终花— 成熟)	衰老期
花生	休眠期	萌发期 (播种— 出苗)	苗期 (出苗—现蕾)		蕾期 (现蕾— 初花)	花期 (初花— 终花)	荚果期 (终花— 成熟)	衰老期
烟草	休眠期	萌发期 (播种— 出苗)	苗期 (出苗— 移栽)	大田生长期 (移栽— 采收)	蕾期 (现蕾— 初花)	花期 (初花— 终花)	子实期 (终花— 成熟)	衰老期

1) 阳性作物:这是一类只在充足的日光照射下方可正常生长发育的作物如大豆 (*Glycine max*) 和棉花等。这类作物枝叶稀疏,叶小而厚,叶色较淡,叶面具蜡质,叶绿素

含量少,开花结实能力强;生长较快,寿命较短;光补偿点和光饱和点均高,呼吸作用和蒸腾作用均强;抗高温、干旱和病害能力强。生长在旷野、阳坡和平原地方。

2) 阴性作物:这是一类只在弱光下才能生长良好的作物,如茶树(*Camellia sinensis*)等。它们枝叶浓密,叶色较深,叶绿素含量多;生长较慢;喜阴恶光,光补偿点和光饱和点均低,呼吸作用和蒸腾作用均弱;抗高温、干旱和病害能力弱。生长在阴湿、背阴和密林地方。

3) 耐阴作物:这是介于阳性作物和阴性作物之间的作物,这类作物在全日照强光下生长较好,能忍耐适度隐蔽,在较阴湿的地方生长。由于自然选择的结果,阳性作物和阴性作物自然伴生一起,前者为后者遮光,充分地利用日光。

研究和了解作物的对光照度的适应类型,对于作物群落种植具有重要的参考价值。

(2) 日照长度 日照长度是指每天太阳的可照时数。由于地球与黄道面呈 $66^{\circ}33'$ 交角倾斜着围绕太阳旋转,因而每天日光射到地球的时间有长有短,并且在一年之中有规律的变化着。在赤道附近,终年昼夜时间等长。在北半球的赤道与北极之间,从春分到秋分,昼长夜短,以夏至的昼最长夜最短,北极圈内全天为白天没有黑夜;从秋分到春分则昼短夜长,以冬至的昼最短夜最长,北极圈内全天为黑夜没有白天。在南半球则相反,赤道与南极之间,从春分到秋分昼短夜长,以夏至的昼最短夜最长,南极圈内全天为黑夜没有白天;从秋分到春分昼长夜短,以冬至的昼最长夜最短,南极圈内全天为白天没有黑夜。这样一来,在地球上的日照长度不断变化的情况下,某地区的作物已适应了当地日照长度,所以它们必须在一定日照长度的条件下,才能正常发育。作物对日照长度变化的反应为光周期性。根据光周期性,将作物分为短日照作物,长日照作物和中间性作物。

1) 短日照作物:在一定的发育时期内,每天日照长度只有小于某一时数(临界日长),并经过一定天数才能开花的栽培植物为短日照作物。如果日照长度大于某一时数,则保持营养生长而不开花结果;适当延长黑暗缩短日照则提前开花,延长日照缩短黑暗则延迟开花,例如棉花和大豆。

2) 长日照作物:在一定的发育时期中,每天日照长度只有大于某一时数,并经过一定天数才能开花的栽培植物为长日照作物,延长其日照,缩短黑暗可提前开花,延长黑暗,缩短日照则延迟开花,如小麦和油菜(*Brassica* spp.)等。

3) 中间性作物:对日照长度没有严格要求的栽培植物为中间性作物。它们在开花前不要求一定的昼夜的长短,在四季里都能开花结果,如荞麦(*Fagopyrum* spp.)等。作物需要一定的日照长度的特性,要求一定的日照和黑暗时期,才能通过其光照阶段。如果日照达不到一定的天数,都不能正常发育和开花结果。

2. 温度 所谓冷热就是生物对环境热能的感觉。热能实质上是物体内部粒子不规则运动的动能。而温度则是物体冷热程度的物理量,是热能的一种量度。物体的温度说明物体存在的热能的大小。除了地球内部的热能,向外喷发外,地球上的热能绝大部分是从太阳辐射而来。

海拔高,温度低;纬度低,温度高。夏天温度高;冬天温度低。这种因空间差和时间差所造成的温度差影响着作物的生长发育。首先温度影响作物的生理过程。植物吸收水分和矿物养料,无不与温度有关。温度高低吸收的速度会有快慢和多少不同。特别是

影响光合作用,一般来说,作物正常进行光合作用的温度范围为 $10 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 。温度升高,光合作用加强,而以 $20 \sim 28^{\circ}\text{C}$ 最为强盛;再高,又逐渐减弱,达到 $40 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 便会停止。在低温的情况下,叶内的生物化学反应减缓;然而,温度过高,不仅不适于光合作用进行,而且呼吸作用加强,反而消耗光合产物。所以,在白天温度较高,夜晚较低,昼夜温度差较大时,有利于光合产物的积累。其次高温和低温可以伤害作物。高温能够加强作物的呼吸作用,超过了光合作用的强度,光合产物锐减造成作物生理饥饿。同时,蒸腾作用也会旺盛,特别在干旱的情况下,作物缺水,造成作物的叶和果实早衰早熟。过高的温度不仅促使作物体内蛋白质凝固,而且导致器官灼伤开裂。低温对作物伤害更为严重,零度以上的低温,对作物的伤害称为寒害,尤其在低纬度地区,遇到寒流侵袭容易遭受寒害,特别是受冻害后而温度又骤然回升则受害更为严重。

温度是作物生活的必要的条件。作物只有在一定的温度条件下才能进行体内生物化学变化和生长发育。

3. 水分 水分一般指水的分量。它和养分一起成为作物不可缺少的生态因子。水不仅溶解、运送和分配养分,而且它本身又是作物的组成部分,作物体内含有 $50\% \sim 80\%$ 的水分。由于水具有溶解其他物质的特性,无机和有机养料都是以水为介质进行合成、运输和交换。不仅如此,水本身就是光合作用的原料,有水和二氧化碳才能合成糖类,组成作物的各种组织和器官。

作物对水的适应首先表现在需水量上。每种作物一生吸收水分都有一定的数量。生产单位重量干物质所需的水量称为需水量,也称蒸腾系数。一般作物的需水量为 $125 \sim 1\,000\text{ kg}$ 。陆生作物由根吸收水分,因此土壤的含水量成为作物生长的重要条件。作物对土壤水分含量的要求都有最低、最适和最高的三基点。处在最低点以下,作物萎蔫,重则枯死,即所谓旱害;处于最高点以上窒息烂根,即所谓涝害;只有处在适宜的土壤水分之中才能发育正常。

生活在陆地上的作物为陆生作物。按照它们对水分的需求程度可分为:湿生作物、旱生作物和中生作物。

(1) 湿生作物 它们生活在潮湿的生境之中。其根系不发达,无根毛;根、茎、叶的通气组织发达,且互相连通;叶具角质层,抗涝能力强,如水稻等。

(2) 中生作物 它们生活在水分适中的生境之中,其根茎输导组织发达,能保证水分的供应;叶表面具角质层,栅栏组织整齐而发达,缺少完整的通气组织;不能在潮湿积水缺氧的土壤中生长,也不能在过于干旱的生境中生活,如小麦和棉花等属于这种类型。

(3) 旱生作物 它们生活在干旱的生境之中。按照抗旱特征和特性可分为少浆液作物和多浆液作物。

4. 养料 养料是作物的营养物质。营养物质和水分一样为合成作物体的重要原料,它可分为无机养料和有机养料。有机养料包括尿素、糖类、氨基酸、维生素等。可以通过根和叶被作物直接吸收,但作物直接吸收的养料主要是可溶性的无机养料。组成作物的无机营养元素多达 60 多种,因作物种类不同,其中元素的种类和数量也大不一样。但有些元素不可缺少,这就是作物的必需元素,共 16 种;有些元素可以缺少,则是非必需元素。在营养元素中,又因含量多少可分为大量元素,含量 $0.01\% \sim 10\%$,包括碳、氢、氧、

氮、磷、钾、钙、镁、硫 9 种和微量元素,含量 0.000 01% ~ 0.001%,包括铁、硼、锰、铜、锌、钼、铝等 7 种。在必需元素中碳、氢、氧来自空气和水,取之不尽;而氮、磷、钾则来自土壤,作物吸收的多,土壤含量却少。因此,氮肥、磷肥和钾肥成为主要施用的矿物肥料。其他营养元素吸收的量少,土壤中又不太缺,所以施用的也少。在必需营养元素中碳、氢、氧、氮、磷、钙、镁、硫等是构成作物的结构物质,如纤维素、半纤维素、木素和果胶等以及生活物质如氨基酸、蛋白质、核酸、叶绿素等的元素。钾、钙、镁和微量元素是构成起催化作用的物质,如酶和一些活化剂。这些必需营养元素在作物体内具有同等重要且不可替代。

作物对营养物质的需求并不是千篇一律的,有的喜欢某些元素,有的偏爱另一些元素,即使同一种元素,不同作物的吸收量也不完全一样。一般来说,水稻、玉米(*Zea mays*)、小麦、棉花、麻类以及马铃薯(*Solanum tuberosum*)等需氮素较多,并且需用氮肥种类也有不同。水稻、马铃薯等富含糖类的作物宜用氨态氮肥,而一些经济作物,宜用硝态氮肥,以提高其产品质量。然而,氮肥施用过量也会发生副作用,如倒伏、徒长和晚熟等不良现象。豆类、糖料、油料和茶树则需要较多的磷素。烟草和甘薯需要大量钾素,有“喜钾作物”之称。油菜和甜菜(*Beta vulgaris*)较需硼素,这些作物不可多施氮肥,不然,品质下降,含糖降低。

5. 土地 土地是作物生长发育的基地。它固定作物,保护根系,提供作物绝大部分水分和矿物养料以及根系吸收的空气。土地对作物的影响主要有土壤、海拔和地形诸方面。

(1) 土壤质地 土壤质地是指土壤中各粒级土粒所占百分含量,大体可分为沙土、壤土和黏土。

1) 沙土:沙土的土壤颗粒含沙粒多,黏粒少,具有疏松、多孔、通气、透水、升温降温快,易耕作等特点。然而养分少,易干旱,保水保肥性差,易流失,对作物“发小不发老”。收获物凡在土中形成的作物,如花生(*Arachis hypogaea*)、甘薯、马铃薯和甜菜等适应在沙质土壤上生长。

2) 黏土:黏土的黏粒和粉粒多,沙粒少,具有黏结、保水、土温稳。而通气性、透水性和耕性均差,对作物“发老不发小”。水稻适合在黏土中生长。另外小麦、玉米和高粱(*Sorghum bicolor*)也可生长在稍黏性的土壤。

3) 壤土:壤土的黏粒、粉粒和沙粒多少适中,既疏松又不黏重,通气透水,保水保肥,通气性、透水性和耕性介于沙土和黏土之间,是作物生长发育的好基地,适合许多作物种植。

(2) 土壤酸碱性 土壤中的氢离子和氢氧离子的多少决定土壤的酸碱性,以酸碱度表示。氢离子多于氢氧离子,酸碱度(pH 值)在 6.5 以下,土壤呈酸性;在 7.5 以上呈碱性;6.5 ~ 7.5 为中性。作物对土壤酸碱性适应不同,有的作物还特别敏感。按土壤酸碱度分作物为酸性土作物、中性土作物和碱性土作物。酸性土作物指生长在酸性土壤上的作物,如茶树等。有些则耐酸性土壤,如荞麦、马铃薯、燕麦(*Avena* spp.)和黑麦(*Secale cereale*),它们在碱性土或钙质土生长不良。中性作物指适于中性土壤生长的作物,如向日葵(*Helianthus annuus*)等;有些作物也能在盐碱土生长,如甘薯、棉花、甜菜和高

梁等。

(3)地形 地形是指土地表面的形态特征。它可分为陆地和海洋。陆地又可分为山地、高原、丘陵、盆地、平原、洼地和水域。这种不同的地形影响着该地的生境,如热、水、空气等条件,也影响了作物的种类及其特征特性。

1)山地:海拔高、地势复杂、土层薄、肥力差、温度低、无霜期短、空气稀薄,如泰山、嵩山等。一般适应于耐寒的和耐瘠的作物如黑麦等生长。

2)高原:海拔高,但地势平坦,温度低,肥力较差,无霜期短,如青藏高原。一般适合耐瘠作物生长,增施肥料可以种植一年一熟作物,如大麦(*Hordeum sativum*)等

3)丘陵:地势起伏,肥力较差,水土易流失。适合耐旱作物如黍子(*Panicum miliaceum*)和谷子(*Setaria italica*)等。

4)平原和盆地:地势平坦,土层深厚,肥力较高,如黄淮海平原和四川盆地,适合绝大部分的粮、棉、油、烟等多种作物生长,是我国的主要农业区。

5)湿地:地势低洼,常年积水,富含未分解的有机物。排水后适合耐淹作物,如水稻等。

6)水域:地势低,积水深,适合水生作物生长,如绿萍(*Azolla imbricata*)和水花生(*Alternanthera philoxeroides*)等水生作物。

6. 空气 空气是构成地球周围的气体,其成分中与作物关系密切的主要有氮、氧、二氧化碳和水汽。氮是作物的一种重要营养元素,约占空气的78%。但是作物不能利用空气中的游离氮。往往通过闪电和部分微生物作用转化为作物可利用的形态而被吸收。氧约占空气的21%。作物凭借氧进行呼吸作用,产生必需的能量。二氧化碳是作物进行光合作用生产有机物的原料,占空气的0.03%,量少但很重要。这些气体在局部地区的变化亦影响作物的生长发育,例如在日光温室和塑料大棚内立体种植,或者在大田种植麻类作物,密度过大,特别是在晴朗无风的天气,会因通风透气不良而使二氧化碳或氧气不足。当空气中的二氧化碳的浓度低于0.008%~0.001%时,光合作用减缓,甚至会停止。所以合理密植和增加二氧化碳都是现代农业所采取的补救措施。

空气流动成风。在田地上和风细雨,对作物有莫大好处。栽培上实行合理密植,改善作物群体通风透光条件成为一项有效的增产措施。风害是有些地区影响作物的一个因素。台风或飓风会严重伤害和破坏作物,所以,有风灾的地区,营造护田林,防范风害,保护农田,也是一件重要的工作。

7. 作物生态适应性 自然环境对作物的影响是客观存在的。一般来讲,虽然大范围环境的根本性改变不太容易,然而群体的外生境则随时都在变化。作物为了生存而具有适应生境变化的能力,以保持其生命的延续和后代的传递。适应的结果,产生作物的生态位、生态型和生活型。

(1)生态位(niche) 生态位是在生态系统中生物在空间和时间内、在环境变化梯度上以及在物质循环中所处的功能和地位。它包括时空生态位、环境生态位和生物生态位。时空生态位是生物所处空间的位置和时间顺序的时刻。环境生态位是在光、热、水、肥、气等生态因素的梯度上所处的范围,也就是生物在完成其生命周期对环境综合适应的特性。环境生态位在坐标上是一个多维立体几何形。虽然可以对单个生态因子逐个

分析,但在具体的情况中,它们有前有后,有的可以同时存在而综合作用于生物。生物生态位是生物在生态系统中的营养关系,如食物链和食物网以及营养物质循环中的地位。在作物群落中,运用生态位理论组建群体组合和管理以及合理资源利用,具有指导的意义。

(2)生态型(ecotype) 同种作物发生趋异适应,经过自然和人工的选择而分化出不同基因型的地方类群称为作物生态型,它属于种以下阶元的集合体。生态条件不同的、分布区域大的和适应季节广的作物,其生态型多;反过来,作物生态型就少,其适应范围窄。作物生态型可分为气候生态型和土壤生态型等。气候生态型是因气候条件不同而分化出不同的生态型。我国原产的,生活在南方沼泽地的野生稻,经过长期选择培育,产生了不同生态型的栽培稻。适应不同的温度,有籼稻生态型和粳稻生态型。适应不同的水分,又有了水稻生态型和陆稻生态型。适应不同的日照,又分出晚、中、早稻生态型。一般秋冬播种夏季收获的越冬作物多为低温长日照生态型;春夏播种,秋季收获的作物多为高温短日照生态型。

土壤生态型是因土壤条件不同,而形成不同的生态型。适应不同肥力的土壤,普通小麦可分为耐肥品种如百泉 3271 号等,中肥品种如丰产 3 号等和耐瘠品种如豫麦 11 号等。又有适应盐碱地的碱麦和红碱麦等耐碱生态型。了解作物的生态型对群落的群体选配具有一定的参考价值。

(3)生活型(life form) 不同种作物发生趋同适应而形成的特征特性相似的物种类型为作物生活型。属于同一生活型的不同作物,由于它们具有某些相似的形态、生理和生态特性而能够生活在同一地域。一个地区所以同时分布着绚丽多彩的作物,正因为它们都是同一生活型的原因。一般作物生活型大体可分为以下几种。

一年生作物:生活周期为一年的作物。

水生作物:在水体中生活的作物。

地下芽作物:在地下发芽而生长的作物。

地面芽作物:包括叶状体地面芽作物和生根的地面芽作物。

地上芽作物:在地上发芽而生长的作物。

高位芽作物:在植株上部发芽而生长的作物。

这些各种生活型的作物,虽然在系统发育上和分类学上不属于同类作物,但它们能够生活在一起,组成某一地区的群落植被。

生态适应性是生物与非生物相区别的重要标志。环境条件改变,生物随着也改变,以适应新的环境条件。一些适应不了新环境的生物就会被环境所淘汰;适应新环境的生物,不仅能继续生存下去,甚至形成新种。作物群落的组建一方面利用不同生态位的各种生活型和生态型作物;另一方面在现有物种、类型和品种不符合生产要求时,及时发现新变种培育新类型和新品种,以满足群落生产需要。

第三节 作物群体

作物个体很少单独存在,它们集合在一起,生活在群体之中。作物群体(crop population)(图1-2)由个体组成,而它的特征、特性、结构和生产力都不同于个体。



图1-2 棉花群体

一、特征特性

群体的特征特性是在个体的基础上表现出来的。包括群体的形态特征、生长发育、群体内个体之间的关系和群体的自动调节等。

(一) 形态特征

群体的形态是个体形态的综合表现,由个体器官形成群体器官如群体根、群体茎、群体叶、群体花、群体果实和群体种子。它们来源于个体又不同于个体。在大麻群体中,个体变短了的节间的平均值就是群体的节间长度。小麦个体柔细的茎秆和黄色的麦穗,随风飘动,形成群体的一片滚动的金色麦浪。并且随着个体的生长发育,群体的形态也是不断在变化着。在生长发育初期,个体的叶和茎均为绿色,整个群体亦呈绿色;个体处于苗期,植株不高,因而群体的平均高度偏低,体积偏小,群体内空隙大,结构松散。当群体发育到中期,个体增高增宽,群体的结构变紧密和体积增大,特别在开花以后,群体颜色也增加了花的颜色。到了后期,群体的高度和体积固定下来,颜色变紫或枯黄或增加果实颜色,这就是群体的季相,都是个体形态的综合表现。

(二) 生长发育

随着个体生长发育的进程,群体生长发育经历着初期、中期和后期3个阶段。初期是从群体种植到群体中各个体转入生殖生长以前,它们主要都处在营养生长期。中期是

从生殖生长开始到营养生长基本停止的时期,这是营养生长和生殖生长并进的时期。后期是从营养生长基本停止而处在生殖生长时期。生长发育的各个物候期与个体生长发育相同。群体的各物候期,以 50% 以上个体都达到该物候期为标准,如小麦群体的出苗期就是 50% 以上个体的幼苗露出地面 2~3 cm 的日期。棉花群体的开花期为 50% 以上个体开花的日期。群体的生育时期以同样的方法计算天数。从 50% 个体出苗日期到 50% 个体现蕾(抽穗)的日期所经历的天数为苗期,其他生育时期也是一样。

(三) 群体内个体之间的关系

作物群体中个体不像单独存在的个体,它们除了受大环境的影响之外,还受其它个体和群体内生境的影响,特别是在密植的情况下,个体对个体的影响尤为严重。

群体内个体间相互影响。个体与个体争夺水分、养料和空气,排泄物的积累以及病虫害传染等。因为群体内的个体属于同种,甚至是同一品种,它们的生活条件、生活方式以及生长发育进程都基本相同,而群体内的生态条件又是有限的,这就造成群体内个体必然竞争的结果。

由于个体与个体直接和间接的影响,群体中个体的光合速率、光合产物、呼吸速率和生物产量都会有不同程度的变化,并且与个体之间的邻接距离远近有关。往往个体邻接愈近互相影响愈大。而且由于单位面积株数不同,作物群体内个体的器官发育更受到不同的影响。中国农业科学院棉花研究所试验(表 1-2),棉花密度为 1 312 株/667 m²,平均单株结铃 42.7 个;株数增加至 10 775 株/667 m² 平均结铃仅 5.4 个,相差 6.5 倍。中国农业科学院油料研究所试验(表 1-3),芝麻密度为 5 000 株/667 m²,平均单株叶片为 114.43 个,叶面积为 2 930.02 cm²;株数增加至 25 000 株,个体邻接近了,单株叶片数减少到 54.85 个,叶面积缩小到 813.82 cm²,并且株数愈多,缩减愈多。

表 1-2 棉花密度与三桃的关系

密度(株/666.7 m ²)	伏前桃(个)	伏桃(个)	秋桃(个)	合计(个)
1 312	1.2	18.0	23.5	42.7
4 000	0.8	8.2	6.2	15.2
6 650	0.8	5.4	3.0	9.2
7 600	0.9	6.3	0	7.2
10 775	0.9	4.5	0	5.4

(四) 群体的自动调节

自动调节是指生物为了生存而改变自身以适应环境的能力。这是生物的一种适应环境而存在的本能。作物群体亦具有自动调节的能力。在群体中由于密度增大,个体与个体之间在生活条件上发生矛盾。这样,个体则自动改变其形态,如叶变淡、分蘖减少或死亡,以减缓个体与个体之间的矛盾。

在生态条件恶劣的情况下,自然而然地,一些幼小病弱的个体首先受到损害。严重时,个体互相争夺水分和养料,弱者失利,甚至死亡,“自然稀疏,强者保留”。这样可保持群体生存和继续生活。作物的基本苗和收获株数常不一致,除了“他疏”之外,也会因密度的压力而产生死亡。芝麻产区有“苗荒苗,胜似草荒苗”之说。这是因为出苗后,没有及时间苗,而导致密度过大,引起群体内个体竞争而“自疏”的现象。

表 1-3 芝麻密度与叶的关系

密度(株/666.7 m ²)	单株叶片数(个)	单株叶面积(cm ²)
5 000	114.43	2 930.02
10 000	76.48	1 615.74
15 000	68.75	1 764.02
20 000	57.15	949.53
25 000	54.85	813.82

(五)群体的特性

群体虽为个体的集合体,但有着自身的特性。

1. 形态特征的相似性和叠加性 群体内个体的形态特征,在正常生长的情况下,都是相似的,并且是可叠加的。如果群体内的个体属于同属,那么它们都具有属的共同的形态特征。群体内的个体属于同种,在种的范围,在一定程度上,它们的形态特征均相似,并且作物分类愈细,分类单位愈低,相似的程度愈大。这些相似的个体形态特征叠加起来就构成群体的形态特征。例如,小麦属群体的个体都具有平行叶脉、复穗状花序和颖果,它们在属内都相似;普通小麦种的群体均具有较优的经济性状。再如棉属群体的个体都具有合轴的果枝、单花和蒴果。它们在属内也同样都相似;陆地棉种的个体为四倍体($2n=52$),它们的形态特征主要为掌状叶、花瓣乳白色,铃大卵圆形;种子中等大小,有种毛,衣分高和产量高。棉花个体都有这些相似的性状,并且共同组合成群体的叶、花、铃、种子和纤维的数量、重量和体积。然而,陆地棉的蒴果与普通小麦的颖果大不相同,特别是小麦无种毛,它们无可比性,不能相加,其产量也不能统一计算。所以,群体具有形态特征相似性和叠加性,为作物群体的识别、保纯和计算产量提供依据。

2. 生长发育的一致性 从种到收,作物群体中个体的生长发育虽然有前有后,但总的来说,大体一致。它们都有相同的器官和形成过程,并且都经过相同的物候期和生育周期,在一定的时间内,完成其生命周期,表现为群体生长发育的一致性。仍以小麦和棉花为例,在河南省,小麦群体中的个体出苗、抽穗、开花和成熟,从10月到翌年6月,基本同步进行,逐渐结束。陆地棉群体中的个体出苗、现蕾、开花、吐絮和分次摘收,从4月到11月,大体一起完成。可是小麦与棉花群体的生长发育不仅器官形成不同,物候期和生育时期也不一致,整体生命周期相差几乎有半年之多,作物群体的一致性为实施先进技术创造条件。

3. 生态条件要求的共同性 作物群体是由同类作物个体组成。它们对生态条件要求有一定的范围,在此范围内具有共同性。如果它们是同日照类型的作物个体,则它们有着共同日照长短的习性。例如水稻中的晚稻对短日照很敏感,在秋后每天 13 h 以下的短日照下,才能完成光照阶段。晚稻群体中的个体对短日照条件的要求是共同的,它们在 13 h/d 以上的长日照下,均晚熟,甚至不能成熟。

4. 资源利用的不充分性 作物群体要求一定的生态条件,利用一定的生活资源,包括自然资源(如太阳能和土地资源等)以及社会资源(如化肥农药和劳动力资源等)。这些资源有些属于可再生资源,有些属于不可再生资源,即一次性资源,利用完后,不能复得。前面已经指出,作物群体具有生长发育的一致性和生态条件要求的共同性,它们利用一定数量的共同需要的生活资源,必然剩下一些不需要的生活资源或未曾利用完的生活资源。所以,单一的作物群体不能够充分利用生活资源,特别是不可再生资源。水生作物群体只能利用水域中的水分、养料、水和土地资源;而陆生作物群体也只能利用陆地上的阳光、空气和陆地土地资源。大田作物中的豆类作物群体与根瘤菌共生固氮,不一定用尽土壤中的氮素养料,并且还能增加土壤的氮素含量;一些深根豆类作物更可利用一些浅根作物吸收不到的土壤深层的水分和养料。在一定的时期内作物群体利用生活资料的种类和数量是有限的,群体具有资源利用的不充分性。

二、田间结构

作物群体的田间结构是指作物群体在田间的空间配置,它包括水平结构和垂直结构。

(一) 水平结构

作物群体在空间水平方向的配置称水平结构,包括株距、行距、带宽、带距和密度等。

1. 株距 株距是群体内相邻个体之间的距离。它是作物群体田间结构最基本的项目。株距的确定关系着个体的营养面积和生活空间的问题,对于群体生长发育好坏至关重要。株距过大,浪费土地;株距过小,由于个体之间相互影响的关系,个体发育不良,影响群体的产量。确定株距历来都是作物种植的一项重要任务。中耕作物如芝麻等,在人工撒播的情况下,个体不规则地散布在地面,由于分布不匀,还需要间苗和定苗,使群体均匀留苗,有一个相对适宜的株距。非中耕作物如小麦等条播后,行内不进行间定苗,播下的种子自然分布,即构成个体的株距。株距的大小主要根据作物的形态特征,特别是株高、株型以及枝叶和根群状况来确定。一般植株高大,株型松散的作物,株距可大些;反之,可缩小。

2. 行距 行距是作物群体成行分布时,其行间的距离。行距是作物田间结构规格化的标志之一。作物条播,有了行距即横向株距,也就确定。同时,纵向株距即行内株距更容易定距。因此,作物群体成行分布,规定了行距和株距,作物个体间的距离才实现有数据可循的水平结构,以便实现机械化作业。行距可分为等行距和宽窄行。前者是指种植行的距离完全相等,它的特点在于调整方便,容易机械操作,适合“密行密株”的配置方

法,它在密植作物种植上应用较广。后者是指宽行距和窄行距相间,它的特点是宽行通风透光,减轻群体的郁蔽程度,在棉花和玉米等作物均有应用。行距的确定同样根据作物个体的株高、株型以及枝叶和根群扩展状况来调整。玉米和棉花根群深广,行距都大,一般都在40~79 cm。小麦和亚麻(*Linum usitatissimum*)株小根浅,行距都小,一般为7.5~20 cm。

3. 密度

(1) 密度等级 作物的密度是在一定的土地面积上作物的个体数。在实际生产中,常指单位土地面积上的作物株数,其单位由面积单位导出,如株/m²、株/667 m²、株/hm²等。它是作物单位面积产量的重要构成因素之一。作物个体所占面积去除单位面积,即得群体密度。在撒播情况下,个体呈不规则的排列,群体密度为平均株距自乘,去除单位面积。在条播或方形穴播的情况下,个体呈行排列,群体密度为株距乘行距,再除单位面积。

作物的群体密度由株距所决定,株距随作物种类和环境条件而变化。因此,不同的作物种类在不同的环境条件下,作物群体密植的水平都有一套密度等级,它们的单位,因应用而有不同。在实际生产中,采用株/667 m²和株/hm²。密度等级是不同作物种类或在不同条件下,作物群体密度高低的分级。一般分为以下级别。

个级:群体单位面积密度在数株以内,如公园珍花异木。

十级:群体单位面积密度在数十株以内,如橡胶树(*Hevea brasiliensis*)等。

百级:群体单位面积密度在数百株以内,如小叶杨(*Populus simonii*)等。

千级:群体单位面积密度在数千株以内,如芝麻等。

万级:群体单位面积密度在数万株以内,如花生等。

10万级:群体单位面积密度在数十万株以内,如小麦等。

此外,各级中间尚有过度等级,如十至百级,百至千级等。

各种作物的密度等级常因作物品种,自然环境和栽培技术不同而有升降。原来是百至千级可以上升到千至万级,或下降到十至百级,如长江流域的棉花密度等级为百至千级;在新疆则上升到千至万级。

在各密度等级之内,都包含有一套密度数列。如芝麻的千级密度(株/667 m²)数列有2 500、4 000、6 000、8 000。了解密度等级及其密度数列,对于分析合理密植和提高单产具有重要的意义。

(2) 密度效应 作物的密度不同,群体内个体与个体的距离有大有小。因而,个体之间的相互影响也有重有轻。它们的生产量互有出入。在群体中,不同密度的个体产量与标准密度的个体产量之差额为密度效应(density effect)也称邻接效应(proximity effect)它的大小说明密度对作物产量影响的程度。

根据试验材料(表1-6),花生群体密度自“1”开始,逐渐增加,由于密度效应的关系,经历了最小密度(minimum density)、零效应密度(zero effect density)、效应密度(effect density)、临界密度(critical density)和零产量密度(zero yield density)(图1-3)。

最小密度是单位面积上株数为“1”的个体数。作物密度至此即不能再少了。

零效应密度是作物未发生密度效应的单位面积个体数。相应的,这时的个体和群体

产量称为个体零效应产量(zero effect yield of individual)和群体零效应产量(zero effect yield of population)。从理论上讲,因为个体相距较远,互不影响,不产生密度效应,所以,个体零效应产量应与最小密度“1”的产量相同。但实际上由于个体之间的差异和局部生境的不同,它们总是围绕着群体最小密度的个体产量上下浮动。

效应密度是作物发生密度效应的单位面积的个体数。相应的,这时的个体和群体的产量称为个体效应产量(individual effect yield)和群体效应产量(population effect yield)。作物的密度除了零效应密度之外,都是效应密度,在效应密度的范围内,作物个体都彼此相互影响。

临界密度是从最小密度到最大密度之间,作物群体相对最高产量的单位面积个体数。在临界密度以前,群体效应产量逐渐增加,到临界密度达到最高,以后就逐渐减少。临界密度成为群体效应产量由低到高再到低的转折点。相应的,这时的产量为临界产量(critical yield)。

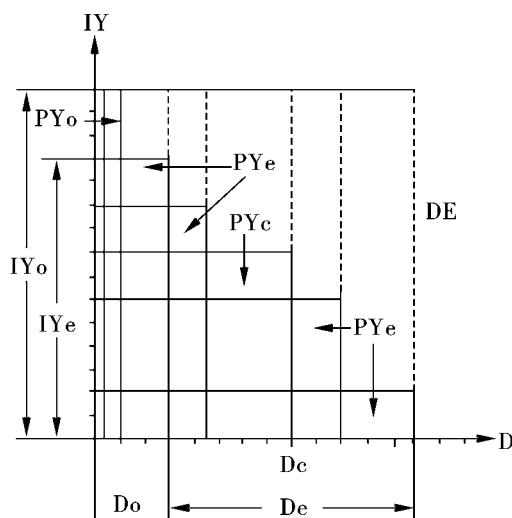


图 1-3 作物产量和密度的关系

D. 作物密度(以横直线表示); D_0 . 零效应密度; D_e . 效应密度;
 D_c . 临界密度; DE . 密度效应(以虚直线表示); IY . 个体产量
(以竖直线表示); IY_0 . 个体零效应产量; IY_e . 个体效应产量;
 PY_0 和 PY_e . 群体零效应产量和效应产量(均以矩形表示);
 PY_c . 群体临界产量(以正方形表示)。

零产量密度是作物经济产量为零的单位面积个体数。作物的主要收获物作为产品,有一个公认的产品规格标准,达不到这样的标准的产品数量,不作产量计算,因此作物的效应密度达到某一程度时,就收获不到合格的产品,产量为零,这时的密度即为零产量密度。

作物密度是群体田间结构的重要内容之一,它对于作物产量和田间生态条件,特别是作物群体的内生境都有显著的影响。

(二) 垂直结构

作物群体的垂直结构是指群体的器官在空间的垂直方向的分布。一般可分为三层,即地下层、茎下层和茎上层,必要时在三层中间再细分一些层次。有些作物的器官分布界限比较明显,如麦类和苘麻,另一些作物除了根部以外,茎、叶、花、果实和种子都是交叉分布,特别是茎叶,都是混在一起生长。所以,这类作物的层次不太分明,并且随生长发生相应的变化,如棉花和大豆等。

1. 地下层 此层主要是根系所处的部位。功能在于吸收和储藏土壤中的水分和养料。它仍可再分茎根层、根密集层和根下层。茎根层是离地面最近的一层,由埋在土里的部分茎和根组成,如块茎和块根作物。这一层占地下体积的比例较小。在茎根层以下是根密集层,它是地下层的主体。在比例上和功能上都占主导地位。作物群体绝大部分的水分和矿物养料都是这一层吸收的。这一层的生长对于地上部的生长发育具有极其重要的意义。根下层在根群的最下部。它的功能在于分生组织,产生侧根,并使根群向纵深发展。

2. 茎下层 此层是地面上的第一层,下面连接地下层,主要由茎和部分叶构成,功能在于支持茎上层和连通根系,输送从土壤所吸收的水分和无机养料给花、果实和种子,同时输送叶制造的有机养料给地下层。这一层有的主要是茎秆如麻类;有的是茎、叶、果实混生,如棉花和蚕豆(*Vicia faba*)等。

3. 茎上层 此层由叶、花、果及上部茎枝组成,主要功能是进行光合作用,造成有机物,产生种子传宗接代,这是作物最重要的层次,关系着最终的产量高低。尤其是地上部层次分明的作物,例如小麦和水稻,其上部功能叶和结实穗组成的上层对于产量起着决定性的作用。茎、叶、花、果实混生的作物,特别是陆续开花结果的作物如芝麻等,在中间层叶衰老后,其后期的生长发育,则主要靠茎上层活动维持生活。

三、作物群体和环境的关系

(一) 作物群体的环境

作物群体与自然环境有着极为密切的关系。群体的生长发育要求一定自然环境条件,如光、热、水、肥、气等,并且都有一定限度,超过作物生态适应的耐性范围,作物群体就生活不下去。一定的自然环境,都存在着相应的作物群体;一定的作物群体,必定生存在相应的自然环境之中。作物群体的自然环境是作物群体生存的一切自然条件的总和。然而,大环境中的生境(habitat)对作物群体影响更为重要。生境是作物群体生长地方的,直接影响作物的环境因子的总和。分析和改善生境对于作物群体的生长发育具有更大的实际意义。作物群体生境可分为外生境和内生境。前者是群体以外的,直接影响作物的环境因子。后者是指群体内的环境因子。作物群体内部接触到作物的自然环境,包括地上生境和地下生境。它们与群体的外生境不同。首先它是在群体外生境总的影响下起作用的,例如冬季到来,群体外温度降低,群体内的小气候的温度也要下降。雨季来

临,大气降水,群体内湿度随之而升高,土壤水分也会增加。其次群体内生境的因素虽然较少,但影响作物更大、更直接。有些大的自然灾害,例如大雨水灾开始都在群体外发生,而涝害和渍害则发生在群体内土壤之中,受内环境危害更加严重。另外群体内生境的各环境因子的变化比群体外生境较为缓慢,如大气的温度已完全升高,群体内的温度由于群体内个体的缓冲,升高较慢而低于大气。因此,研究群体内生境因子的变化如温度、湿度、光照度的升降和病虫害发生,对于群体的生长发育有着特殊的意义。

(二) 边缘效应

边缘效应(edge effect)是作物群体边缘部分和中间部分的性状的差异。它可用作物器官的数量和重量等来表示。由于群体的外生境因素和内生境因素的不同影响,群体边缘与群体内部个体的生长发育,常有一定的差异。1956 年我们在安阳市郭王渡观察到,棉花与甘薯相邻生长健壮,结铃较多,而靠近棉花的甘薯植株比中间植株生长较差。在郑州市又看到靠近灌水沟的麦株,株高穗大(图 1-4),处在梯田边沿的大豆,株低荚少。以后在河南省和甘肃省 14 个市县调查和试验 15 种作物,发现作物群体边缘效应递减律:作物群体的边缘效应的绝对值随水平边距递增而递减^[4,5]。



图 1-4 小麦边缘效应

作物群体是固定于地面上而生长的,作为一个群体系统,它的四周存在着一圈界面。通过作物群体最外个体的最外器官边沿而垂直于地面的平面为垂直界面。个体与垂直界面的距离为水平边距(HD)。由于群体外生境的作用和内生境的缓解的关系,群体边缘效应在群体内并非完全一致,有着大小和重轻的差别。从表 1-4 中,可以看出,在一定的范围内,各作物群体内的个体的水平边距愈小,边缘效应绝对值愈大;水平边距愈大,边缘效应绝对值愈小。作物群体的边缘效应与水平边距成负相关,形成一个递减梯度。根据河南农业大学的试验(1993)表明(表 1-4),在管理和其他条件一致的情况下,玉米和大豆邻接,玉米植株高大,通风透光良好,其 1~3 行的水平边距(cm)为 48.5, 108.5 和 168.5, 株粒重的边缘效应(g)依次为 70.2, 25.4 和 18.4;然而大豆株粒重的边缘效应(g)为 -5.0 和 -1.3, 它们的边缘效应的绝对值均递减。不论玉米的正边缘效应或是大豆的负边缘效应,其绝对值均随水平边距递增而递减。这个规律在组建作物群落的田间结构时,用于确定带状间套作的幅宽;在作物系统选种中,指导进行株选;在作物群落种植时,加强群体边缘部分管理,发挥边缘优势,增加产量,对于作物生产具有

续表 1-4

项目	边缘行序										中间行 (cm)	行 距 (cm)	备 注
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
大豆 边距 (cm)	26.6	66.6	106.6	146.6	186.6	226.6	266.6	306.6	346.6	386.6	25.0 (3~10 行平均)	40	邻 接 胡 萝 卜
株粒重 (g)	42.6	29.9	22.4	22.4	26.1	25.4	22.1	32.2	27.9	21.3			
边缘效 应(g)	17.6	4.9											
胡 边距 萝 (cm)	30.7	50.7	70.7	90.7	110.7	130.7	150.7	170.7	190.7	210.7	227.9 (5~10 行平均)	20.0	邻 接 大 豆
卜 单株生 物量 (g)	18.7	78.6	157.1	193.8	291.7	189.3	208.3	291.7	186.7	200.0			
边缘效 应(g)	-209.1	-149.3	-70.8	-34.1									
大 边距 豆 (cm)	20.6	65.6	110.6	155.6	200.6	245.6	290.6	335.6	380.6	425.6	68.8 (6~10 行平均)	45	邻 接 梯 田 边 缘
株高 (cm)	39.5	58.3	59.5	60.5	67.2	73.3	74.1	73.5	60.8				
边缘效 应(cm)	-29.3	-10.5	-9.3	-8.3	-1.6								
大 边距 白 (cm)	44.5	73.5	102.5	113.5	160.5	189.5	218.5	247.5			35.0 (4~8 行平均)	29	邻 空 地
菜 株高 (cm)	35.1	35.2	35.0	37.0	33.2	34.5	34.8	35.5					
边缘效 应(cm)	0.1	0.2											

四、群体的生产力

作物群体的生产力是指作物群体生产有机物的能力。它由作物群体产品产量、品质、产值和纯收入共同体现。产量高、品质差,产值不一定就高;品质优而产量低,没有一

定的数量,产值也要降低;只有高产、优质、高产值才能体现作物群体生产力的高水平。

(一) 产量

作物群体的产量是在一定的生命过程中和一定的面积上作物群体产品的数量。它以一定时间内的单位面积生产的产品重量或体积表示。一般可分为生物产量和经济产量。前者是由群体通过光合作用和呼吸作用,将水、二氧化碳和矿物养料组合成群体的全部体重或体积的总和。后者是群体的主要栽培收获物的数量。由生物产量减去非主要栽培收获物的产量而得。评判经济产量的高低可用收获指数,即群体的经济产量与生物产量的比值。根据测定,在正常的情况下,薯类作物的收获指数为 0.7 ~ 0.8,水稻为 0.5,玉米为 0.25 ~ 0.4,棉花为 0.3 ~ 0.45。收获指数说明经济产量占生物产量的比率。作物栽培的目的,不仅要求生物产量高,除了收获整株的作物(如绿肥、牧草等)以外,更要求经济产量高。有时生物产量很高,但经济产量却不一定高,譬如徒长的棉花,正因为生物产量过高,蕾铃脱落严重,反而经济产量降低。所以,正确贯彻科学的栽培技术措施,在提高生物产量的同时,也使收获指数增大,让经济产量同步提高。

作物的产量水平可由产量等级表示。个体产量等级如玉米有 10,20,30,40,50 g 等,芝麻有 2,4,6,8,12 g 等。群体产量等级如甘薯有 1 000,2 000,3 000,4 000,5 000 (kg/m²) 等,棉花有 10,50,100,150,200 (kg/667 m²) 等。作物产量等级可分如下级别。

个级:产量在 1 ~ 9 单位。

十级:产量在 10 ~ 99 单位。

百级:产量在 100 ~ 999 单位。

千级:产量在 1 000 ~ 9 999 单位。

万级:产量在 10 000 ~ 99 999 单位。

产量的单位可由重量(或体积)和面积导出。如 g/m²、m³/hm²、667 m²、t/hm² 等。作物产量一般都指经济产量,其构成因素为个体产量和群体密度。各类作物的经济产量构成因素,因形态不同而有自己的具体内容(表 1-5)。谷类作物由单位面积穗数,每穗粒数和粒重三因素构成。棉花由每株铃数、单铃重、衣分和密度四因素构成。如何协调各因素的关系是作物栽培和育种工作者的任务之一。

在单位面积上,作物个体产量(IY)之和构成群体产量(PY),也即群体产量等于个体产量与群体密度(D)相乘之积,公式:

$$\begin{aligned} PY &= \sum IY \\ &= IY \cdot D \end{aligned} \quad (1-1)$$

由(1-1)可知,个体产量、群体产量和群体密度三者之间存在一定的增减关系。Shinozaki 和 Kira 认为密度(d)与平均单株产量(w)的倒数之间呈线性关系($1/w = Ad + B$),并称之为“倒数产量法则”。作者认为:首先,密度与个体产量的单位不同,不宜用等式,例如表 1-6,花生的平均单株产量 1.5 g/268.8 cm² 不会等于密度 1/5 株/268.8 cm²;其次,在非效应密度范围内,产量根本不受密度的影响,它们更不会有相等的关系,“倒

数产量法则”并不存在。根据作者多年的研究,在同一条件下,在一定的密度范围内(从最小密度到零产量密度),它们的关系表现为以下法则(参考图 1-3)。

表 1-5 各类作物的产量构成因素

作物	产量构成因素
禾谷类	单位面积穗数、每穗粒数、粒重
豆类和油料	单位面积株数、每株角(荚)果数、每角(荚)粒数、粒重
薯类	单位面积株数、每株薯块数数、单薯重
棉花	单位面积株数、每株铃数、单铃重、衣分
烟草	单位面积株数、每株叶数、单叶重
甘蔗	单位面积茎数、单茎重
绿肥牧草	单位面积株数、单株重

第一,作物的个体效应产量随效应密度递增而递减^[6]。数学模型为:

$$\begin{array}{c} De \\ \longrightarrow \\ \longleftarrow \\ IYe \end{array}$$

(1-2)

(De 为效应密度, IYe 为个体效应产量)

第二,以临界密度为转折点,作物的群体效应产量随效应密度递增而先递增后递减。数学模型为:

$$\begin{array}{c} De \\ \longrightarrow Dc \longrightarrow \\ \longrightarrow PYc \longleftarrow \\ PYe \end{array}$$

(1-3)

(PYe 为群体效应产量, Dc 为临界密度, PYc 为群体临界产量)

第三,作物的群体临界产量随个体临界产量和临界密度递增而递增^[7]。数学模型为:

$$\begin{array}{c} IYc \times Dc \\ \longrightarrow \\ \longrightarrow \\ PYc \end{array}$$

(1-4)

(IYc 为个体临界产量, PYc 为群体临界产量)

根据表 1-6, 2002 年在郑州盆栽密度试验, 每盆面积 268.8 cm^2 , 花生密度为 $1 \sim 50$ 株/ 268.8 cm^2 , $3 \sim 50$ 株为效应密度, 个体效应产量(g)随效应密度递增, 由 2.0 g 递减到 0, 代入(1-2)得:

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 3 & < & 4 & < & 5 & < & 6 & < & 8 & < & 12 & < & 25 & < & 50 \\
 \hline
 & \longleftarrow & & & & & & & & & & & & & & \longrightarrow \\
 2.0 & > & 1.78 & > & 1.48 & > & 1.03 & < & 0.61 & > & 0.23 & > & 0.02 & > & 0
 \end{array}$$

表 1-6 作物效应产量与效应密度的关系^[8~19]

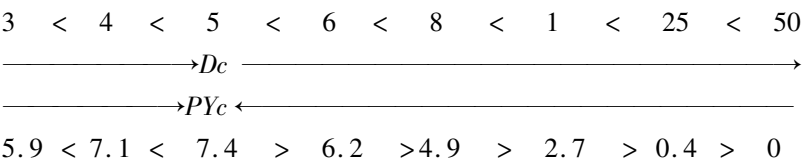
作物	项目	零效应 密度				效应密度										
花生 *	密度(株/268.8 cm ²)	1	2	3	4	5	6	8	12	25	50					
	群体产量(g/268.8 cm ²)	5.4	5.1	5.9	7.1	7.4	6.2	4.9	2.7	0.4	0					
	个体产量(g)	5.4	2.6	2.0	1.8	1.5	1.2	0.6	0.2	0.02	0					
大豆 *	密度(株/1 615 cm ²)	1	2	3			4			5			6			
	群体产量(g/1 615 cm ²)	7.6	7.9	5.0			8.8			7.6			7.4			
	个体产量(g)	7.6	4.0	1.7			2.2			1.5			1.2			
玉米	密度(株/667 m ²)	—	—	2 000		3 000		4 000		5 000		6 000		8 000		
	群体产量(kg/667 m ²)	—	—	261.8		290.3		305.7		250.3		233.3		211.7		
	个体产量(kg)	—	—	0.13		0.10		0.08		0.05		0.04		0.03		
小麦	密度(万苗/667 m ²)	—	—	4.1	5.3	6.2	8.1	10.4	14.7	15.8	17.9	18.2	21.4	25.7	30.4	33.8
	群体产量(kg/667 m ²)	—	—	121.4	130.5	137.9	151.5	176.9	197.3	208.6	198.7	202.5	196.8	175.5	160.0	100.3
	个体产量(g)	—	—	2.96	2.46	2.23	1.87	1.77	1.34	1.32	1.11	1.11	0.92	0.68	0.53	0.30
水稻	密度(万苗/667 m ²)	—	—	24		30		36		45		48		60		
	群体产量(kg/667 m ²)	—	—	517.8		537.6		568.9		518.8		508.6		475.1		
	个体产量(g)	—	—	2.16		1.79		1.58		1.15		1.06		0.79		
大豆	密度(万株/667 m ²)	—	—	0.25	0.5	1.0		1.5		2.0		2.5		3.0		3.5
	群体产量(kg/667 m ²)	—	—	185.3	244.5	212.5		199.5		193.2		183.2		182.3		176.4
	个体产量(g)	—	—	74.1	48.9	21.3		13.3		9.6		7.7		6.4		5.6
高粱	密度(株/667 m ²)	—	—	6 060			7 092			8 130			9 524			
	群体产量(kg/667 m ²)	—	—	483.24			560.27			535.00			514.35			
	个体产量(g)	—	—	80.0			79.0			65.8			54.0			
谷子	密度(万株/667 m ²)	—	—	1.3		2.0		3.0		4.3		6.0				
	群体产量(kg/667 m ²)	—	—	514.2		581.0		599.6		569.9		540.3				
	个体产量(g)	—	—	39.5		29.1		20.0		13.3		9.0				

续表 1-6

作物	项目	零效应 密度	效应密度					
甘薯	密度(株/667 m ²)	— —	588	696	988	1136		
	群体产量(kg/667 m ²)	— —	732.29	778.23	1012.25	798.54		
	个体产量(g)	— —	1245.4	1118.2	1024.5	702.9		
马铃薯	密度(株/667 m ²)	— —	4 000	4 500	5 332	6 000	8 000	12 000
	群体产量(kg/667 m ²)	— —	1 182.8	1 204.0	1 238.0	1 331.1	1 577.5	1 491.3
	个体产量(g)	— —	295.7	267.6	232.2	221.9	197.2	124.3
棉花	密度(株/667 m ²)	— —	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000
	群体子棉产量 (kg/667 m ²)	— —	112.4	133.0	135.6	131.0	122.3	120.4
	个体产量(g)	— —	56.19	44.33	33.89	26.20	20.55	17.19
大麻	密度(万株/667 m ²)	— —	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5
	群体产量(kg/667 m ²)	— —	86.38	90.71	104.82	110.36	108.69	89.7
	个体产量(g)	— —	1.7	1.2	1.1	0.9	0.7	0.5
油菜	密度(万株/667 m ²)	— —	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
	群体产量(kg/667 m ²)	— —	258.6	289.0	313.0	298.2	253.9	
	个体产量(g)	— —	25.9	19.3	15.7	11.9	8.5	
芝麻	密度(万株/667 m ²)	— —	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0
	群体产量(kg/667 m ²)	— —	48.90	52.60	58.15	53.10	52.45	48.70
	个体产量(g)	— —	8.2	6.6	5.8	4.4	3.5	2.4
花生	密度(万株/667 m ²)	— —	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	3.0
	群体产量(kg/667 m ²)	— —	127.2	129.0	135.0	145.2	135.0	105.0
	个体产量(g)	— —	10.6	8.6	7.5	6.6	5.4	3.5

* 2002 ~ 2003 年在郑州盆栽试验。

同时,以 5 株为临界密度,在此密度以前,群体效应产量(g/268.8 cm²)先由 5.9 递增到 7.4(g/268.8 cm²),以后转而递减至 0。盆栽大豆密度处理也有同样结果。



其他作物密度试验虽没有最小密度和零效应密度处理,亦随效应密度递增,各作物的个体效应产量递减和群体效应产量先增后减。

根据中国农业科学院江苏分院在南通等三处试验(表 1-7),棉花效应密度由

2 000 ~7 000 株/667 cm², 临界密度为 4 000 株, 随着个体临界产量(g) 由 29. 70 递增至 53. 32, 群体临界产量(kg/667 m²) 随之由 118. 80 亦递增至 213. 27, 代入(1-4) 得:

$$\begin{array}{ccccccc} 29.70 \times 4000 < 33.90 \times 4000 < 42.96 \times 4000 < 46.94 \times 4000 < 53.32 \times 4000 \\ \hline \hline 118.80 & < & 135.58 & < & 171.84 & < & 187.75 & < & 213.27 \end{array}$$

根据《河南省农情手册》, 在 20 世纪 50 年代, 河南省棉花适宜密度(临界密度) 约 3 000 株/667 m², 平均单产皮棉 13. 3 kg/667 m²。到 60 年代, 学习新疆植棉经验, 密度增加到 5 000 ~6 000 株/667 m², 皮棉单产上升到 17. 7 kg/667 m²。80 年代, 推广“高稳低优” 技术, 单株产量提高, 皮棉单产达到 43. 4 kg/667 m²。临界密度和个体临界产量提高了, 群体临界产量也随之提高。

根据《中国玉米栽培》所整理的材料(表 1-8), 各玉米密度试验的临界平均个体产量约为 0. 1 kg, 临界密度(株/667 m²) 由 2 000 增到 4 258, 则临界群体产量(kg/667 m²) 随之由 182. 2 增到 485. 24, 代入(1-4) 得:

$$\begin{array}{ccccccc} 2\,000 \times 0.091\,1 < 2\,500 \times 0.107\,0 < 3\,000 \times 0.098\,4 < 3\,500 \times 0.090\,1 < 4\,258 \times 0.113\,9 \\ \hline \hline 182.2 & < & 266.38 & < & 295.25 & < & 315.50 & < & 485.24 \end{array}$$

以上这些主要作物的盆栽和田间密度试验, 充分说明密度与产量的增减关系。

表 1-7 棉花产量与密度的关系(中国农业科学院江苏分院, 1957—1958) ^[15]

地点	密度(株/667 m ²)	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000
南通	群体子棉产量(kg/667 m ²)	—	112. 88	118. 80	108. 20	107. 84	—
	(平均)个体子棉产量(g)	—	37. 63	29. 70	21. 64	17. 97	—
	群体子棉产量(kg/667 m ²)	112. 38	132. 98	135. 58	131. 00	123. 28	120. 35
	(平均)个体子棉产量(g)	56. 19	44. 33	33. 90	26. 20	20. 55	17. 19
新洋	群体子棉产量(kg/667 m ²)	—	182. 00	187. 75	182. 21	180. 0	—
	(平均)个体子棉产量(g)	—	66. 67	46. 94	36. 44	30. 00	—
	群体子棉产量(kg/667 m ²)	—	170. 10	171. 84	165. 86	168. 89	—
	(平均)个体子棉产量(g)	—	56. 70	42. 96	33. 17	28. 15	—
淮阴	群体子棉产量(kg/667 m ²)	—	202. 40	213. 27	192. 47	187. 54	—
	(平均)个体子棉产量(g)	—	67. 47	53. 32	38. 50	31. 27	—

* 原表中个体子棉产量实为平均个体产量。

表 1-8 玉米临界群体密度与临界产量^[8]

临界群体密度(株/667 m ²)	临界平均个体产量(kg)	临界群体产量(kg/667 m ²)
2 000	0.091 1	182.20
2 500	0.107 0	266.38
3 000	0.098 4	295.25
3 500	0.090 1	315.50
4 258	0.113 9	485.24

注：根据《中国玉米栽培》材料整理。

(二) 品质

作物产品的品质是产品的质量,它说明产品的优劣。产量是产品的数量,如果没有一定规格的品质保证,产量再高也要降低其使用价值。如果达不到品质的最低标准,就成为废品,不能作为产品而计算产量。

评价作物产品的品质有化学指标和物理指标。前者指产品的化学成分特别是有用的成分,以及有害物质的含量。后者指产品的形状、外观、大小、容重、滋味、香气、色泽、粗度、长度、厚度、强度、一致性和成熟度等。各种产品各有各的测定和检验的规格和方法。

作物产品品质项目和规格,因作物生产时期和产地不同而各异。它是根据作物种类和商品要求而变动的。例如在新疆对棉花品质的要求,除了与黄河流域棉区要求的长度和强度等项目以外,特别提出纤维的含糖量。以下以棉花为例,说明作物的产品品质。

1. 纤维长度 这是棉花单纤维伸直后两端的长度(mm),纤维愈长,纺纱愈细。长的纤维,在纺纱时,成转曲的纤维接触面大,增加摩擦力,抱合较紧。因此,纤维愈长,成纱强度愈高。纤维长度是棉纤维品质中十分重要的项目,在棉花分级检验和收购计价中占有重要的地位,向来都为棉花工作者所重视。棉纤维长度分单纤维长度、平均长度和主体长度,以主体长度应用较广,它是棉花纤维中多数纤维的长度。在棉属内,以海岛棉的纤维最长,可达35~45 mm及以上。亚洲棉和非洲棉较短,一般不到25 mm。陆地棉纤维长度中等,在30 mm上下。子棉纤维测量用左右分梳法或子棉纤维长度分析仪测量法。皮棉纤维测量用手扯法或皮棉纤维长度分析仪分析平均长度及主体长度等指标。

2. 纤维整齐度 棉花纤维仅有一定的长度还不够,有一定的长度还要整齐,不能有的很长,有的很短。不然,在纺纱过程中,过短纤维被梳掉而成为废棉,过长的纤维又会被折断。子棉用左右分梳法所测量的长度,长短纤维与平均长度不超过正负2 mm。皮棉用仪器分析的长度可计算均匀度,说明整齐与否。

3. 纤维细度 这是指棉纤维的粗细,它也与纺纱细度和强度有关。一般纤维细,成纱也细。纺同样细度的纱,因为纤维细,根数多,各单纤维相互接触面大,所以成纱结实,强度高。但是过细的纤维在加工过程中易折断和结成棉结,影响成纱质量。细度以一定重量纤维的总长度(m/g)表示,称为公制支数。陆地棉纤维细度为5 000~6 000 m/g,海岛棉达7 000(m/g)。

4. 纤维强度 每根或一束纤维拉断时所需力量。也称断裂强力(g),亚洲棉粗,纤维强度为4.5~7 g,陆地棉为3.5~5 g,海岛棉为4.5~6 g。

5. 转曲度 棉纤维是一个转曲的条带。转曲的次数愈多,纤维与纤维的摩擦力和成纱抱合力愈强,成纱强度也愈大。亚洲棉转曲数较少,陆地棉中等,海岛棉最多。

6. 色泽 棉纤维的色泽要求白色,有光泽。其它有斑点、黄色和灰色等色泽都不算好,可是彩色棉有绿色和棕色,有光泽,则是好棉花。

7. 成熟度 棉花纤维是一个表皮细胞延伸而成,生长期间,纤维素一层层积累在细胞壁上,同一品种其胞壁愈厚,纤维的成熟度愈高。一般用纤维中腔宽度与双层胞壁厚度的比值,求出成熟系数来表示。成熟纤维的成熟系数为1.25~2.50之间,半成熟纤维为0.50~1.50,未成熟纤维在0.5以下。

(三) 产值

作物产值是以货币计算的作物产品的价值量。包括生产中生产资料的价值和新创造的价值。一般等于作物主副产品的产量乘其单位价格。它可按现行价格或不变价格计算。前者是某一时期某地产品的实际价格。后者是国家规定的统一采用某一时期的价格作为计算各时期产品价值指标的固定价格。用不变价格计算,在比较年际间或地区间作物产值指标时可消除价格变动的影响,对于评判作物生产十分有用。作物器官的用途不同,主要收获器官也不同,小麦与棉花的主产品与其产量单位都不相同,无可比性,这时就需要用它们的产值相比较。

当作物产量还处于低水平和作物产品尚供不应求的时候,提高作物产量是作物育种和作物栽培的主要任务。然而,当作物产量达到较高水平和产品相对自给有余的时候,在提高产量的同时,进一步提高产品品质,增加产值就成为生产的主要目标。为此,一方面继续改进技术,增加单产;另一方面改善产品品质,提高单价。

作物产值可分总产值和净产值。总产值是作物总产量以货币单位来计量。净产值是从总产值中扣除各种物资消耗的价值以后的余额。在实际计算中,一般作物副产品不出售,而用作物主产品产量和单价之积作为总产值。从中减去生产成本作为净产值,也称为纯收入。当前,我国农业正处在发展的新阶段,不仅要求高产高值,更要求高净产值。提高净产值一般应从提高总产值和降低成本两方面着手,方可取得成效。

以往在生产水平低的情况下,有些生产单位一味追求高产而忽略成本,高产和高成本的结果造成“高产穷队”,其原因就在于不计成本创高产而净产值低,在货币的支出和收入上得不偿失。

(四) 提高作物群体生产力的措施

群体生产力的提高,首先要有一定的生物产量,在增加生物量的基础上,提高群体主产品的产量和品质,增产增值。群体的生产力归根结底是转化日光能和合成营养物质构成作物群体的总重量,如以个别器官如种子、茎、叶、块根、块茎等为主产品,则进一步提高收获指数,取得较高的经济产量。当前作物利用日光能在0.4%左右。据估计,日光能最高利用率在12%左右,所以作物群体增产尚有巨大潜力。从多方面考虑,提高生产力

有以下途径。

1. 培育优良的作物品种 作物产量是光合作用产物的数量。光合作用的强弱,对于转化日光能,增加作物产量有着直接的关系。作物的种和品种的光合效率差异悬殊。高光效 C_4 作物如玉米等与 C_3 作物相差很多。作物的形态对其生产力影响尤其显著。小麦良种粒多粒重,品质优良,穗多不倒,高产稳产。作物抗病抗虫品种,能够减轻产量的损失和品质的降低,因此培育和选用优良品种是提高作物群体生产力的有效手段。

2. 正确确定密度 作物群体产量由个体产量和密度所构成。一方面提高个体产量,另一方面合理增加密度,在选用光合生产率较高的作物品种和适宜的生产条件下,达到其临界密度,取得相对的群体最高产量。

3. 改善作物环境条件 作物的环境是作物群体生产所需物质的储存库。如何使环境更适合作物群体生长发育,如何使作物群体适应环境成为提高群体生产力的 2 个方面。在作物品种确定后,要进一步改善环境条件,满足作物群体需要。环境条件包括光、热、水、气和养料等。其中光热气是取不尽用之不竭的,可更新的自然资源,主要是充分利用的问题。当前水是个短缺资源,特别是一些旱地只有靠降水供给作物用水。在采取蓄水保墒的措施的同时,要大力发展灌溉。灌区要节约用水,改进灌溉方法,提高灌溉质量,扩大灌溉面积。在低洼易涝地区完善排水设施,排水除渍,保证作物不受淹害。养料是作物群体的粮食,扩大肥源,积肥制肥、测土定性定量施肥,满足增产所需营养物质。此外,注意防灾抗灾,把自然灾害消除在发生之前,减轻到最低程度。

4. 加强管理技术 管理技术包括作物管理和生境管理 2 个方面,作物管理包括播种、田间管理和收获,做到苗全苗壮,不徒长倒伏,不早衰早枯,生长发育正常。生境管理包括改土整地、施肥灌水、中耕培土等,使生境达到丰产丰收的要求。作物生产获得高产,“三分种,七分管”,作物生产要达到高产、优质、高效的目的,管理起着重要的作用。

五、作物个体和群体的育种

在人类种植植物以前,以采集和狩猎为生,采集植物的器官,特别是果实和种子作为食物充饥。在住处,吃剩下的种子散落在地上,发芽生长,开花结果,即可就近采集食用。此后,就有目的挑选好的果实和种子,在住处附近种植。这就是作物引种的萌芽。自此以后,经过人类世代代的实践、研究和总结,发展成一项作物生产的重要环节——作物育种,形成一门独立的学科——作物育种学。

作物育种学是研究培养和繁殖作物良种的理论和技术的科学。对于良种培育工作,具有理论和实践的指导意义。作物栽培主要从种子开始,是栽培的主要初始对象,所以作物育种学在作物科学中占有重要的位置。作物育种学的任务是研究作物育种的理论和技术,培育和繁殖作物优良品种,为作物栽培提供充足的标准化的种子,以获得作物优质、高效的产品。作物育种学的内容包括总论和各论两部分。总论内叙述作物育种学的意义、目标、一般理论和技术以及良种繁育,而各论则具体到主要作物的新品种的培育和繁育。

由于作物具有变异性和遗传性,一方面受环境影响发生变异,给优良品种的选育创造条件;另一方面优良的性状能够遗传给后代,给作物持续增产带来极大的可能性。所

以,作物育种历来都受到农业界普遍重视,广泛开展研究并取得卓有成效的成绩。

(一) 收集众多的品种资源

我国作物生产历史悠久,地跨热、温、寒三带,从海平面到世界屋脊,自然条件复杂,作物品种资源极为丰富。据统计,自 1950 年起,有关科研院所收集到水稻、小麦、玉米、高粱、大豆、谷子等作物的原始材料,已在万份以上。有些是世界珍品,唯我国独有,并且成立专门机构和制定了收集、保存、研究和利用制度,为培育作物良种提供必需的条件。

(二) 选育和推广了大批新品种

经过了作物育种专家和工作者的辛勤劳动,我国各种作物都有自己培育的新品种,水稻和小麦的矮化育种尤为突出,矮秆高产品种层出不穷。超级杂交稻单产连连突破世界纪录^[20]。近几年,我国杂交水稻年种植面积占水稻总面积 50% 左右,产量则占稻谷总产量的 57%^[21]。双价基因抗虫棉和转抗虫基因三系杂交棉的、有自主知识产权的新品种大面积推广^[22],并且其他作物育种也取得了巨大成绩。大批的优良品种,转化为生产力,向作物良种化迈进。不仅如此,育种技术和成就世界领先。

(三) 育种方法和理论的创新

举世瞩目的航天育种是我国的一项重大原始创新。自 1987 年开始,已进行 20 多次试验,搭载材料 200 kg 以上,2 000 多种次,经国家审定的航天育种新品种达 60 种。在近 4 年中,累积推广 56.7 万 hm^2 ,增产粮食 1.7 亿 kg ^[23]。我国在分子育种方法上创造了花粉管通道法。在杂种优势利用上,总结出选育雄不育系和雄性不育恢复系的规律,超高产杂交稻选育成功,打破了水稻等自花授粉作物杂交优势弱的传统观点。在远缘杂交方面,创造了克服杂交困难的有效方法,培育了小黑麦和小偃麦等新物种。作物育种不仅是培育高产优质新品种的专门技术,而且是创造作物新种的有效手段。

按照作物层次和学科发展水平,当前作物育种可分为分子育种、细胞育种、器官育种、个体育种、群体育种和群落育种。由于作物的分子、细胞和器官不能独立存在,只能作为个体育种的一部分,例如转基因、细胞培养和矮秆性状的选择。个体育种则是作物育种重要内容,杂交技术、诱变技术和单株选择都是以个体为对象。在培育出优良单株以后,繁育种子,作为品种个体群进行推广。群体育种可以从个体育种继承优良植株,混合选择;也可以利用杂交优势,配制杂种一代。它和个体育种是当前作物育种学的主要内容。当前作物育种学书籍和课程,实际上是以个体育种和群体育种为内容的一门学科。群落育种是一个作物育种的新课题。一些地区和有些研究单位很早就为间作套种,立体种植,引种适宜的良种组合和培育专用品种,如中国农业科学院棉花研究所为麦棉套种培育出中育 4 号小麦和中棉 17 号。郑州市农林科学研究所为麦棉套种培育出豫棉 10 号。随着我国立体种植在全国普遍推广和作物科学进入群落发展阶段,作物群落栽培和作物群落育种,在有关作物的研讨会上提出并深入讨论,引起农学界普遍重视,特别是作物群落育种成为作物育种学具有学术价值的和增产意义的命题和热点。本书也将系统而全面地进行概括性的介绍。

第二章 作物群落及其育种

第一节 群落的特征

作物群落(crop community)(图2-1)是作物群体的集合体。它具有一定的识别性。根据一些特征能够区分不同的作物群落,并可作为群落分类和命名的依据。作物群落的特征表现在形态、外貌、季相(aspect)、数目、重量、体积和分布状况等方面。



图2-1 小麦棉花群落

一、形态

作物群落的形态是群落的外部表现,主要包括颜色、高度、面积和体积等,它是识别和管理群落的依据。

(一) 颜色

由于绿色植物表面积较大的叶是绿色的,所以绿色是作物群落的基色,在绿色的基础上再增加些红色、黄色、紫色和白色。这些是群落的花色和茎色。有时花朵开在群落的上部或者在春季先开花后长叶的情况下,花色占主导地位,群落也会以黄色、红色和白

色为主的景色。冬季作物的叶枯干脱落,呈现出黄的颜色,还有以灰色为主的色调。颜色是群落外貌的一个重要因素。

(二) 高度

群落的高度有 2 种表示方法,一是群落中最高个体的高度;一是平均高度即各群体高度的平均数,前者用于说明群落的极限高度;后者用于计算群落的体积。

(三) 面积

群落的面积是指整个群落水平分布的范围。植物的枝叶所覆盖的土地面积称为盖度(coverage),这是群落的,也是环境绿化的重要指标。它既反映了群落所占面积的大小,也在一定程度上说明利用日光能的情况。

群落的盖度分为总盖度,也就是投影盖度;纯盖度,也就是各群体或个体实际盖度的总和以及基部盖度,即植物基部着生的面积。按覆盖面积占单位土地面积的多少,分盖度等级为 5 个等级:5 级(占 $1/2$ 以上),4 级(占 $1/4 \sim 1/2$),3 级(占 $1/8 \sim 1/4$),2 级(占 $1/16 \sim 1/8$),1 级(占 $1/32 \sim 1/16$)。

二、外貌和季相

群落的外貌是指群落特征和外观。这是对群落的概括性观察。它首先描述作物的生长型,是乔木、灌木还是草本植物,再看叶的大小和分布,也要观察群落的整体的色彩。就生长型来说,有的群落是上部为乔木,中间为灌木,下部为草本,形成乔灌草结合,如防风林带;有的其群体为纯草本组合,如小麦草木樨群落。生长型不一样,外貌就不相同,并且它们的外貌随着群落的生长在不断变化。麦棉套种群落在春季棉苗在麦垄内,被遮挡,群落呈现着麦浪形外貌;小麦收后,到了秋天,棉花开花吐絮,群落呈现“春季一片麦,秋季一片棉”的变化。不同作物群落都有着自已不同变化的外貌。

群落的季相是作物群落随季节性变化所表现出季节性的外貌。在一年之中,由于地球与太阳的距离及其与公转轨道交角的关系,而受太阳的光热不同的影响,气候呈现冷热温暖和光照强弱等有规律的变化,区分出春夏秋冬四季。因此,作物的生长发育有快有慢,在各季节中,不同的作物群落的季相也各不相同。落叶乔木,冬季树冠稀疏,枯黄无生气;春季萌发幼芽新叶,逐渐转青;夏季生长旺盛,浓绿繁茂;秋季气候变凉,生长停止;以后“秋风扫落叶”,又出现冬天的季相。越年生草本作物冬季低矮暗绿,春季逐渐返青,夏季开花枯熟,完成生命周期。各种生长型不同的群落,都会有外貌绚丽多彩的时候,也会有萎靡衰退的季节。有夏季黄花开遍的油菜小麦群落(图 2-2),也有秋季叶黄干枯的玉米大豆群落(图 2-3)。了解群落的外貌和季相变化对于掌握群落的发育,进行科学管理有参考价值。



图 2-2 油菜小麦群落



图 2-3 玉米大豆群落

第二节 群落的生理和生态

作物群落的特征特性,并不与个体和群体完全相同。有些特性来源于个体或群体,又逐渐发育成群落统一的性状;有些性状继承后,又发扬光大;不仅如此,有的群落还可以增加一些新的特性。群落都有改变生境的独特能力,创造群落的内生境,甚至会拒绝某些群体进入本群落。作物个体和群体组成群落后,在生长发育和整体性能上都会有所不同,这些都是群落不同于个体和群体的特点。

一、生长发育

自然群落的形成和发育是一个自然过程,自发地受环境的作用和根据群落的适应能力而发生和发展。作物群落则大不一样。它们是人工群落,是按人的需要,有意识地组建而成的。生长发育也是在人的管理之下进行和完成的。一般情况下,作物群体的生育时期经过幼苗期,开花结实期和成熟期。如果群落中的群体同步生长发育,群落与群体生长发育相吻合。如果群体不同步生长发育,则群落中的群体有幼弱,有旺盛,有成熟,又有正在发生,它们前后交错生长。这时群落也会出现有盛有衰的交替发展。不管怎样,作为一个整体群落在一定的地方,都要经历着发生和消失的过程。总的来讲,群落的生长发育都可分出生育初期,生育盛期和生育末期。根据具体条件、群落特性和栽培目的,必要时还可划分得更细一些。

(一) 生育初期

这一时期从群落中的第一批群体种植,经过幼苗期到开花。其特点是群落年幼,高度低,盖度小,生物产量少,尚处在营养生长阶段;群落内生境尚未完全形成,抵抗灾害能力不强,此时期可分以下两期。

1. 萌发时期 这是从最先一个群体种植到发芽出苗的天数。作物群落的群体同时

种植如混播,就从种植日期算起。如果不是同时种植,则从最先一个群体种植算起到最后一个群体出苗或发芽达到 50% 的日期为止。这是所有群体都处在萌发的过程。因为各群体即使同时种植也不一定同时发芽出苗,所以需要时,再分出出苗时期即从最先一个群体发芽出苗到最后一个群体发芽出苗的日期。

萌发时期是群落开始生命活动的时期,主要是生长胚根、子叶和胚芽,生活力弱,容易夭折造成缺苗,影响群体和群落密度。划分萌发期的目的是在此时采取积极措施,保证全苗、壮苗。

2. 幼苗时期 这是从最后一个群体发芽出苗到最先一个群体开花的天数。这中间仍有一段时期,需要时,还可分出开花时期。这一时期是群落的营养生长时期,主要是扩展根群和生长茎叶,为以后生长发育打基础。如果生长发育不良,造成弱苗,将不能满足开花结果需要。如果生长过旺,造成徒长,又会造成落蕾、落花、落果。

(二) 生育中期

从群落的最先一个群体开花到最后一个群体开花为生育中期,其特点是群落发育到中年,高度和盖度增长迅速,群体数目多,进入生殖生长时期,或营养生长和生殖生长并进的时期,群落基本达到定型的程度。在整个群体生育期中,生物产量增长较多,内生境形成,抵御不良环境条件能力加强。作物群落发育中期是群落生长旺盛的时期,并且各群体生育时期交错发生。由于各群体的生长发育并不一致,有的较快,早发育成熟,有的较慢,可能还处在苗期阶段,所以,还可按各群体开花期再细分些时期。生育中期有种有管,劳动强度大,农事繁忙,而且又有收,取得劳动成果。可以说生育中期是作物群落的“黄金时代”。

(三) 生育末期

群落的生育末期是从最先一个群体成熟到最后一个群体成熟的时期。作物的生长发育是由人工控制的。等不到群落自然衰退枯死,为了取得作物产品,就会提前结束群落的生命活动。在一年生作物群落中,一般在春季进入生育初期,夏季处于生育中期,生育末期则在秋冬季,“春种、夏忙、秋收、冬藏”,几乎成了农事的进程表,例如棉花甘薯群落就是这样。越年生群落,一般秋冬种植,缓慢越冬,春季返青,进入生育中期,生育末期在夏季,如小麦油菜间作群落。有多年生作物群体的群落就比较复杂,正像前面所说,生育中期有种、有管、有收,其中群体有生有死连续交替,从理论上说,等到生产不需要继续时,在最后收获阶段就是群落的生育末期。

二、群落与环境的关系

作物群落与环境的关系密不可分。环境影响群落,同时群落也改变环境。它们是互为因果,构成一个整体。

作物群落从开始就种植在一定的环境内,特别是在特定的外生境之中。首先,群落中的群体的生态幅是否处在生境的生态条件变动范围之内,也可以说,生境的生态条件

的具体数值在不在群体对环境因素耐受的最低度和最高度之间。只有各个群体的生态幅处在生态条件的范围内,它们才能生活在一起,共同生存下去。在群落生长发育过程中,生境不断变化,不仅适合某一群体,并且要适合处于不同生育时期的所有群体。否则必定有的群体生长不良,群落的结构就会发生改变。只要有一个群体不能生存,群落就会解体。即使不解体,也要影响正常生长和最终产量。

环境不仅影响当代作物群落,而且还会影响群体的世世代代。在群体遗传型的基础上,环境的变化会使性状有着不同的表现。各群体性状的不同表现型,会带来了整个群落的形态、外貌和季相的变化。环境因素的变化也可能引起个体的性状突变,发生变种和新的生态类型。

遇到环境大的变化,会使原来的群落生存不下去。人们就要改种其它作物,重组新的群落,例如黄河泛滥造成广袤千里的黄泛区,有些淤地变成沙地,改种花生等作物,适应新的土壤环境,则组合小麦花生套种群落,这实际上是作物群落因环境变化而引起群落的人工演替。

群落的内生境同样会影响群体,也涉及整个群落。由于群落的存在,群落内的光照、温度、水分、空气和生物与外生境有一定的差异,直接影响着群落内的个体和群体。高秆的阳性作物安排在群落上部,低秆的阴性作物处在群落的下部。在带状组合中,高低群体相间,形成所谓“通道”,有利通风透光,改善群落的日光和二氧化碳条件,有利光合作用的进行;也有利于风媒花和虫媒花传粉以及降低温度,减轻病害。

群落与环境组成一个统一体,生态学上称为生态系统。环境作用于群落,群落反过来又作用于环境。

三、群落的特性

作物群落不同于个体和群体,有着相应的特殊性。

(一) 组分结构的多样性

群体为个体所组成,群落为群体所组成。在组分结构上群落比群体更加复杂。在组分的种类和数目上,群体是同类个体的集合,而群落是在此基础上又由不同类的群体集合而成。因此,群落中的群体是多种种类的,例如小麦、芥菜、大蒜、番茄、棉花群落,则由5个不同科的作物群体组成。根据现有材料,一般作物群落组分的数目由2~6个,因而,按群落组分的数目和种类可分二元型、三元型、四元型、五元型和六元型,多种多样。组分结构的多样性为群落创造高产高效益的条件。

(二) 空间结构的复杂性

群落的组分结构的多样性带来空间结构的复杂性。群体的组分只有一种个体集合,其空间结构只涉及一种株行距、带宽和类似个体的垂直结构。而群落的空间结构就复杂得多,不仅包括着不同群体的结构及其在群落中的形状,而且还包括群落的结构,如群落的间距、带宽、带长、高差、高度、深差和根深;并且群落中的组分种类和数目越多越复杂。

群落空间的复杂性使群落的空间利用更加充分,但也给群落管理带来麻烦,机械化更加困难。

(三) 时间结构的演替性

群落的时间结构除了群体的萌发、生育和收获时段外,尚有群体之间的收种时段和休闲时段。这是一个群落的完整时间结构。由于生产上的需要或生态环境所迫,某一群落常为另一群落所代替。在群落中的群体具有更替性,如小麦玉米群落中的玉米可以更替为棉花,变成麦棉套种群落,并且其中春棉品种还可更替为夏棉品种。作物群落都具有演替性。作物群落演替(crop community succession)是因生产上需要,而将一个群落轮换为另一个群落,甚至根据一定的原则指定一套群落轮作制度。

(四) 生活资料利用的竞争性

作物是人工栽培的一类植物,具有植物界的一般特征特性。各种作物群体对于生活资料的需要在总的方面、在大的方面有共同性,如共同需要光、水、养料和空气等。这样在生活资料缺乏的情况下,处在群落中的群体对于它们共同性生活资料互相争夺,还会出现强的一方争夺得逞,弱的一方争夺失利的现象。这种竞争性在群落中普遍存在。所以群落栽培经常地补充生活资料是一项非常重要任务。并且群落育种也要注意培育性状互补的品种,缓和竞争性。

(五) 生态条件利用的互补性

作物群落中的群体对于生态条件的要求,并不是完全相同。在基本相同的前提下,在局部的或需求的程度上,又有所差异。例如,有的需强光,有的需弱光;有的需水多,有的需水少;有的非常需要氮素养料,有的却非常需要磷素养料。这样就会给它们互补互惠,提供可能。

经过长期的自然选择、人工选择和群体适应,作物群落中的群体在一些生态条件的利用上,形成互补的关系。一些阳性作物占据着群落的上部;低矮的阴性作物处在下部,利用阳性作物上部的枝叶遮光,得以正常生长。例如,在小麦生姜群落中,“小麦火里秀”,在生长后期,好光喜温,生姜则怕烈日暴晒,小麦在高处接受阳光,生姜在低处由小麦为它遮光,它们在光的利用上互补。蚕豆棉花群落(图2-4)中的蚕豆利用群落前期的光热条件,棉花利用群落后期的光热条件,并且蚕豆与根瘤共生,需氮少,而棉花需氮多,它们在光、热、氮的利用上互补。作物群落的这种互补性有利于充分利用生态条件,提高群落的生产力。

(六) 对不良环境的抗逆性

作物群体适应环境能力不同,对生态条件要求的极限有广有窄,抵御不良环境有强有弱。单独种植的单作群体,可能适应不了逆境而受到伤害。它们组合成群落,抗逆性就会加强。气候干旱,耐旱作物可以生长;多雨内涝,耐涝作物不受淹害,组合耐旱作物和耐涝作物的群落遇旱遇涝都不会绝收。在风沙害严重的地区,建立灌草阻沙带、乔灌

防沙带和农田林网、利用乔灌木群落集体力量抗风固沙。在新疆利用这样的农田防护生态工程,对于防止风沙流入绿洲发挥了良好的作用。



图 2-4 蚕豆棉花群落

第三节 群落的结构

作物群落的结构是指作物群落的组分,配置及其相互关系。它是作物群落研究的重要问题之一。结构决定功能,又受功能反馈的影响。许多研究材料说明,作物群落的组分或者配置方式不同,其生产力和效益相去甚远。1989—1990 年,河南农业大学试验棉田作物群落的生产力,3 种不同组分的群落(小麦蚕豆棉花、小麦油菜棉花和小麦豌豆棉花群落)同样的带宽(2 m)和行比(6:2:2),皮棉单产量相差 23.6 ~ 43.0 kg/667 m²,生物产量相差 95.8 ~ 230.7 kg/667 m²。根据河南省玉米高稳优低研究协作组的资料(1975—1985),在中等肥力的土地上,玉米大豆群落的带宽和行比相异,则粮食总产量各不相同,带宽 1.33 m,行比 2:1,总产 280.5 kg/667 m²,带宽 2.67 m,行比 4:3,总产 311.9 kg/667 m²。由此可知,合理配制群落结构是群落组建的重要内容之一。群落结构主要包括组分结构、空间结构和时间结构。

一、组分结构

作物群落的组分是指群落内部的组织成分,也就是群落内群体的组成。群落组分结构包括群体的种类、数目及其比例等。它们是作物群落结构的基本内容,对于群落的组建具有重要的意义。

(一) 群体的种类及其选配

1. 群体的种类 作物群落的群体种类是群落结构的基础。只有群体种类确定后,群落的形态、空间结构和时间结构等才能具体。在植物生态学中,调查和研究植物群落的群体种类,常以种为单位,统计物种,分析物种的多样性、多度和密度等。然而,在农业实践中,早已超越种的界限,而延伸到亚种、变种、类型甚至品种。作物个体是单个植物体。

各级分类阶元都有本阶元的个体。个体组成群体,作物群体实质上是植物分类阶元的集合体,如栽培稻种群、籼稻亚种群和胜利粳品种群。因此,应以不同阶元的群体单位组合作物群落。由于种是植物分类基本阶元,一般作物群落中的种类仍以种群为主。但是,种群不能完全说明问题时,再用亚种,或附加类型作补充,如晚稻紫云英群落和春性小麦夏棉群落等。

据记载,世界上的植物约 30 万种,其中栽培植物约有 1 500 种。这些栽培植物都是从野生植物演变而来,并靠人类种植而生存和繁殖,为人类所利用。因此,新的栽培植物陆续产生,而失去利用价值的老的栽培植物又会被淘汰。蓼蓝(*Polygonum tinctorium*)作为染料作物曾在我国广泛栽培,自染料工业发达以来,已不再种植了。甜菜于 19 世纪初才成为糖料作物。天麻(*Gastrodia elata*)作为栽培植物也是近十几年的事。作物的种类随着人类的需要和辛勤的劳动,还在不断地增加。然而,这些众多的作物不一定都能生长在一起,只有那些生态条件相似,且对人类用途大的作物群体才能被组成为高产高效的作物群落。

2. 群体的相互关系 作物群体组成作物群落。它们在群落内部互为环境,彼此相互影响,有着非常复杂的关系。

(1) 利害关系 从群体的利害关系上可分为正相互作用、负相互作用和中性作用。

1) 正相互作用:正相互作用是在群落中,作物群体彼此有利或对一方有利而对另一方无利。例如玉米大豆群落,大豆秆低且与根瘤菌共生固氮改善玉米氮素营养和光照条件,而玉米对大豆无利,危害也不大。

2) 负相互作用:负相互作用是在群落中,作物群体彼此有害,或者对一方有害而对另一方无害。如菟丝子(*Cuscuta*)与大豆,前者寄生于后者,吸取其营养,进行危害。一般植物都需要光、热、水、肥、气等生活条件,特别是同一生活型的植物,它们在一起互相争夺生活条件。这是一种多资源的竞争,结果不是双方受害,就是弱者一方失利。

3) 中性作用:中性作用是在群落中,作物群体彼此无利也无害。例如在农田中作物与无害和无利的微生物。

这里需要指出,在作物群落育种中,要有意识地培育具有正相互作用的群体组合,使新品种不仅高产优质高效,而且相互有利,好上加好,体现作物群落育种的特点。

(2) 相处关系 群体间的相处关系,可分为共生(symbiosis)、寄生(parasitism)和伴生(companion)。

1) 共生:在作物群落中,一种植物与另一种植物密切结合在一起,形成特殊的共生体为共生。这是一种正相互作用的关系。例如稻田养萍,绿萍是一种水生作物,其上层叶具有“共生腔”,为满江红鱼腥藻(*Anabaena azollae*)提供生活和繁殖的场所。该藻固定空气中的氮素,为绿萍利用,也提供给水稻养料。豆科植物与根瘤菌共生是作物群落中最常见的例子。根瘤菌进入根部,形成根瘤,从空气中固定并供给豆科植物以氮素营养,又从对方体内获得糖类和水分等。它们不仅亲密无间,甚至还有一定的“专化性”。应该指出,共生的互利关系是从总的来说的。在不同的时期和不同的情况下,这种关系是不断地变换的。有时互利微不足道,有时则对一方有利而对另一方无利也无害,或暂时有害。

2) 寄生:在植物群落中,一种植物侵入另一种植物体内吸收营养的生活方式为寄生。

这属于偏害作用。前者为寄生生物,后者为寄主。作物真菌病害即是一种病原菌侵入作物物体的一种寄生现象,如玉米瘤黑粉病病菌(*Ustilago maydis*)使玉米产生“灰包”。菟丝子是一种旋花科草本植物,无叶无根,茎上有吸盘,借以侵入寄主的身体,靠寄生生活(图2-5)。列当(*Orobanche*)营根寄生,细小的种子,由风传播,在土层4~6 cm处发芽,遇到向日葵、番茄和瓜果等作物的根,即侵入寄生危害,严重者置寄主于死地。



图2-5 菟丝子寄生于大豆^[1]

3) 伴生:在作物群落中,多种作物相伴而独立生活在一起,有着相互影响的关系为伴生。与共生不同之处在于2种作物并不形成不可分离的共生体,而是独立地共处在一个群落之中。这是一个较为普遍的现象。而在某些文章和书籍中,把间作套种的作物在一起生活称为共生,甚至,把它们在田间共同生长的时期也称为共生期,是不合适的。根据伴生双方的利害关系可分为互利伴生、偏利伴生、互害伴生和偏害伴生。

互利伴生是在群落中不同群体生活在一起,互相有利。它们是一种正相互作用的关系。如麦豌豆混作群落,豌豆(*Pisum* spp.)与根瘤菌共生固氮,增进小麦氮素营养,小麦提供豌豆以缠绕的支架,有利生长。这样伴生,对它们都有好处。

偏利伴生是在作物群落中不同群体生活在一起,对一方有利,而对另一方无利。此关系也属于正相互作用。例如,甘蔗(*Saccharum* spp.)与食用菌伴生。甘蔗成阴保湿,适合菌物生长,而食用菌对甘蔗无多大影响。

互害伴生是在作物群落中,不同群体生活在一起,互相有害的关系。这属于负相互作用。植物间对生态条件发生竞争,特别是同一生活型和亲缘接近的植物竞争的更激烈,例如高粱和玉米,同科同生活习性,它们在一起争光、争水、争肥。由于烟草、马铃薯、

茄子(*Solanum melongena*)和番茄(*Lycopersicon esculentum*)都是烟草花叶病病毒的寄主,所以不可种在一起。玉米和棉花都易受棉铃虫(*Heliothis armigera*)和玉米螟(*Pyrausta nubilalis*)危害。它们种在一起则加剧此虫发生,形成互害伴生,严重降低棉花和粮食的产量。

偏害伴生是植物群落中不同群体生活在一起,一方受害,而另一方无害。这也属于负相互作用。如高秆作物与喜光的低秆作物伴生,高秆作物株高遮光,影响低秆作物光合作用。

由于这种相处位置所发生的关系,在相互影响的程度上,因各方的距离大小不同而有差异;距离愈近影响愈大。因此在组合作物时,在种植方式上甚至确定群体结构时,必须考虑这种关系。特别在新品种和老品种改良时,更要注意这种关系,尽量促成互利的伴生。

3. 群体的选配 作物群体之间存在着相似性和相异性,在分类阶元上表现为:阶元愈靠近,也即亲缘愈近,相似程度愈大,相异性愈小。这种作物性状的双重性在形态特征方面表现在植株大小、高低、株型、根系深浅等。在生育特性方面表现在生长快慢和迟早,需水需肥的多少和先后,要求温度的高低和光照的长短强弱等。它们的关系有有利的一方面,又有不利的一方面。所以,群落的群体选配是一项复杂的工作,必须综合考虑形态因素、生理因素、生态因素和社会因素,方能做好。

(1) 群体选配原则^[24]

1) 特征特性对应互补:作物的不同群体都具有自己的特征特性。在组合群体时,应选配特征特性对应互补的作物。例如植株高低大小搭配,株型紧凑松散对应,叶大小圆尖互补,根系深浅疏密结合,生长期长短前后交错。植株高低不同的群体形成多层次和多“通道”的田间立体结构,通风透光,较为充分地利用光、热和空气资源。株型和叶对应互补,合理利用空间,增加群落的植株密度和总叶面积,在叶面积指数增效的范围内,扩大光合面积和强度,促进作物体内有机物的形成。根系深浅疏密,增多单位土壤容积内的根量,有助根系吸收土壤水分和矿物养料。这样,不仅提高当季作物的生物产量,而且遗留较多的作物残体,改善土壤理化性状和营养状况,对于后茬作物也有好处。生长期长短前后交错,能够充分利用空间和时间,最终将提高作物群落的年生产量。如若不然,所组合的群体特征不能互补,株高、株型和叶大体相同则争光争气争空间;根深相同则争水争肥,群体在伴生期间都生长不好。玉米、芝麻和甘薯的植株一高一中一低,叶一小一中一大,根系一深一中一浅,株型高大竖立、中等直立、匍匐低下3种状况,生长期春夏交错,它们组合在一起,对应互补,成为作物群落的典型模式。

2) 生态适应性大同小异:植物与环境有着极其密切的关系。各种作物都要求一定的生态条件。棉花和甘薯到冬季都会冻死,而冬小麦和冬油菜都需要经过冬季才能高产。土壤水分过多,芝麻和烟草都要淹死,而水芹(*Oenanthe stolonifera*)和水葫芦(*Eichhornia crassipes*)离开水就不能生活。自然选择和人工选择的结果,天经地义地什么样的作物,就适应什么样的生态条件,作物都具有一定的生态适应性。生态适应性是生物对环境的适应能力。这是由生物的遗传性和环境影响所决定的。如果作物与环境不相适应,不仅生长不良,甚至不能生活下去。在大范围和地质时期内,自然环境是相对稳定和不易改变

的。同时,生物都有一定的生态型和生活型,并且都处在一定的生态位。这就给作物群体组合提供了选择的基础。根据上述情况,作物群落内的群体,首先要共同适应大范围的生态条件,在伴生期间生态适应性要大体相同,那些旱生作物与旱生作物、水生作物与水生作物以及耐寒作物与耐寒作物才能够组合在一起。不然,组合的植物根本不能生活在一块,如深水稻和芝麻对水的适应性大不相同,就不能实行立体种植。

然而,生态适应性大体相同的作物,还不一定都能组合起来。根据竞争排斥原理,在稳定的环境中,受资源限制而具有相同利用方式的一些种,不能长久地共存于一处。它们发生负相互作用,相互竞争,必然弱者受害或两败俱伤。因此,这样的作物也不能组合在一起。群落中的群体在生态适应大同的前提下,还要小异,也就是在适应的程度和范围上有所差异。适合同样的生境,还要有各自最适生态位的作物伴生起来,才能有利而无害。例如橡胶树和茶树,同是绿色植物,都需要日光,进行光合作用,而前者株高喜光,适于在较强光照下生长;后者株低喜阴,适于在较弱光照下生活。选配它们组成一个群落,互利互惠。玉米和大豆同是旱生作物,都需要氮、磷、钾等植物营养元素,而玉米是个更为需水需氮的作物;而大豆与根瘤菌共生,可增进氮素供应,较耐旱耐瘠。它们组合在一起,生态适应大同小异,成为粮粮立体种植的普遍应用的模式。

3) 综合效益相对较高:经济效益、生态效益和社会效益是评价作物群落的群体组合的综合依据。在社会主义市场经济体制中,经济效益是依据的重要因素。群体组合的经济效益低,在农业生产中往往不容易被接受。如果得不偿失,也就没有应用的价值。例如,河南省和山东省在一些地方,过去曾实行小麦豌豆混作和大麦扁豆混作,这样的组合符合“对应互补”和“大同小异”的原则。如今,由于经济效益低,在农村已很少见。相反一些群落组合最初不一定符合前两项原则,因为经济效益高,人们也会采取一些必要的措施,以补偿和减缓因组合带来的不良影响。麦棉带状套种群落,起初,由于棉花晚熟和小麦早播,致使棉花不能按时摘完,或者小麦不能适时播种,造成产量和品质降低。在经济效益的驱动下,积极培育晚播小麦品种如偃师4号等和早熟棉花品种如豫棉10号等,采用育苗移栽和地膜覆盖,缩短麦棉伴生期和加强麦后棉花管理,从而提高了麦棉产量和经济效益。目前,在我国长江流域和黄河流域两大棉区已成为主要的种植方式。面积占全国棉花面积的56%。

在这里要着重指出,生态效益是关系着作物群落持续发展而常被忽略的问题。如果为了眼前暂时的经济效益而不顾生态效益,造成土壤肥力减退,病虫加重,土地和水体污染,生态失调,环境恶化,经济效益反而降低。并且还会出现经济效益愈低,生态效益更低的恶性循环,致使群落解体。作物是人工培育和种植的植物,是社会的产物。组合作物群体必须考虑社会效益,如果组合的群落缺乏社会效益或者重经济效益轻社会效益,同样是不明智的。尤其是组合有毒植物,损害人民健康,则要受到法律制裁。合理的作物群体组合要求经济、生态和社会效益的统一。

作物群落的群体选配3条原则,第一条是生物学的内容;第二条是生态学的内容。这两条同属于自然科学的规律,是基本的。第三条是经济学的内容,属于社会科学的规律,由于人们的需求,这一条往往是决定性的。但是,在实际生产中,必须把它们看成一个整体,全面权衡,综合应用。

(2)几个主要作物的搭配作物 群体选配是组建作物群落的一项基础工作。它关系着配置群落的空间和时间结构以及其他一切工作。在选配过程中,经济效益虽然常常左右群落的组分,支配着群落的存在和发展。然而,它受价格控制,波动很大。在运用3条群体选配原则时,首先考虑“特征特性对应互补”和“生态适应性大同小异”,使群落的组成合理,然后顺应市场,在经济效益差时,可暂时搁置起来;经济效益转好,再扩大种植。以下根据群体选配的前两条原则,归纳了几种主要作物的搭配作物。

1) 水稻

- 特征特性:属禾本科(*Gramineae*)稻属(*Oryza*)。须根系,根浅,密集深度2~28 cm。株高100 cm左右。叶披针形,窄而小。生育期105~175 d,生长季节在春夏秋季或夏秋二季。喜光、喜温、喜湿、怕旱、水生。适于黏重土壤生长。

- 伴生作物:排水落干后选配小麦、绿萍、紫云英(*Astragalus sinicus*)和黄麻等。

- 复种轮作作物:小麦、油菜、棉花、豌豆、蚕豆、大豆等。

2) 小麦

- 特征特性:属禾本科(*Gramineae*)小麦属(*Triticum*)。须根系,根浅,密集深度0~30 cm。株高100 cm左右。叶披针形,窄而小。生育期230 d左右,生长季节在冬春夏三季。喜光、耐寒、早生。适于壤土生长。

- 伴生作物:油菜、豌豆、蚕豆、棉花、玉米、水稻、花生、烟草、菠菜(*Spinacia oleracea*)、甜瓜(*Cucumis melo*)和西瓜(*Citrullus lanatus*)等。

- 复种轮作作物:芝麻、绿豆(*Phaseolus radiatus*)、大豆、谷子、高粱、水稻、甘薯和烟草等。

3) 玉米

- 特征特性:属禾本科(*Gramineae*)玉米属(*Zea*)。须根系,根浅,密集深度0~30 cm。株高2~2.5 m。叶长带状。生育期90~120 d,生长季节春夏秋三季或夏秋二季。喜光、喜温、需水。适于壤土生长。

- 伴生作物:大豆、绿豆、花生、甘薯、马铃薯、谷子、小麦、萝卜(*Raphanus sativus*)和白菜(*Brassica campestris ssp. pekinensis*)等。

- 复种轮作作物:高粱、棉花、甘薯、小麦和苜蓿(*Medicago ssp.*)等。

4) 棉花

- 特征特性:属锦葵科(*Malvaceae*)棉属(*Gossypium*)。直根系,密集深度10~30 cm。株高1~1.5 m。叶掌状,中等大小。生育期180~230 d,生长季节春夏秋三季或夏秋二季。喜光、喜温、需水耐旱。适于壤土生长。

- 伴生作物:小麦、油菜、蚕豆、豌豆、甘薯、马铃薯、花生、洋葱(*Allium cepa*)、大蒜(*Allium sativum*)、西瓜、甜瓜和毛叶苕子(*Vicia villosa*)。

- 复种轮作作物:玉米、高粱、谷子、水稻和黄花苜蓿等。

5) 大豆

- 特征特性:属豆科(*Leguminosae*)大豆属(*Glycine*)。直根系,有根瘤,与根瘤菌共生固氮,密集深度5~30 cm。株高50~100 cm。复叶,三小叶,椭圆形或卵圆形。生育期90~160 d,生长季节春夏秋三季或夏秋二季。喜光、喜温、耐旱耐瘠。适于壤土或黏壤土

生长。

- 伴生作物:玉米、高粱和棉花等。
- 复种轮作作物:玉米、谷子、高粱、小麦、棉花和甜菜。

6)花生

• 特征特性:属豆科(Leguminosae)花生属(*Arachis*),直根系,有根瘤固氮,密集深度5~30 cm。茎匍匐或直立,株高15~75 cm。复叶,四小叶,椭圆形或卵圆形。地上开花,地下结果。生育期130~150 d,生长季节春夏秋三季或夏秋二季。喜光喜热,耐旱耐瘠,适于沙壤土或沙土生长。

- 伴生作物:小麦、棉花、玉米、谷子和甘薯等。
- 复种轮作作物:小麦、甘薯、大豆和玉米等。

7)甘薯

• 特征特性:属旋花科(Convolvulaceae)甘薯属(*Ipomoea*)。直根系,密集深度3~30 cm,膨大块根为栽培目的物,分布在10~15 cm处。茎蔓匍匐,长60~300 cm。单叶,心脏形或掌状。生育期110~190 d,生长季节春夏秋三季、夏秋二季或秋冬春三季(秋冬薯区)。喜光喜温、耐旱怕淹,适于壤土或沙壤土生长。

- 伴生作物:大豆、花生、玉米、烟草、棉花和芝麻等。
- 复种轮作作物:小麦、玉米、高粱、油菜、棉花和芝麻等。

(二)群体的数目

1. 群体数目的确定 作物群落内群体的数目(*N*)是指一定分类阶元群体的个数。群体数目的多少影响群落的特征特性,特别是群落的性能。在配合相应技术措施的情况下,在一定的范围内群落的群体数目增多,生产力和效益也相对提高。1985年,河南农业大学和中牟县棉花办公室的调查表明(表2-1),二群体棉田作物群落生物产量(kg/667 m²)、纯收益(元/667 m²)和光能利用率(%)分别为1 909.9,1 091.9和0.62;三群体群落相应增加;四群体群落则达到8 280.3,2 237.7和2.12。作物的高产高效是种出来的,多种方能多收,如何适当地增加群体数目是作物群落生产的重要实际问题。

表 2-1 棉田作物群落的群体数目与效益

群体数目	生物产量(kg/667 m ²)	纯收益(kg/667 m ²)	光能利用率(%)
二群体群落(棉花大蒜)	1 909.9	1 091.9	0.62
三群体群落(棉花大蒜西瓜)	5 234.1	1 680.5	1.87
四群体群落(棉花大蒜西瓜大白菜)	8 280.3	2 237.7	2.12

一般可本着:①群体互惠因素多,互克因素少,生态条件优越和生产技术水平较高,则群体数目可多些;反之,可少些。②主要的和高值的作物占比例大可多些;反之,可少些。

增加群落中群体的数目,并不是无条件的和无限制的增加。为了保证群落更高的生产力,在增加群体数目的同时,一定采取必要的措施:①选配适宜的群体组合;②改善生

态条件,特别是水肥状况;③加强植物保护;④改进栽培技术。

2. 群体数目的类型 群落内群体数目的类型可以任何一个分类阶元为单位。可以种为单位,如普通小麦种和栽培玉米种组成小麦玉米二元型群落等。也可以类型为单元,如冬小麦夏棉二元型群落等。兹将生产中的群落数型介绍如下(表2-2)。

(1) 二元型 由2个作物群体组合而成的群落数型为二元型。这是一个历史悠久,分布又广的类型。早在公元前《汜胜之书》就记载了黍桑及瓜豆二元型群落。在2个作物群体生态适应性相似而又优势互补的情况下,这种数型可以采用适当的方式,实行同季种植,如玉米大豆群落。生态适应性只是在2个群体的部分生长期伴生时相似,特别是前茬作物生长后期和后茬作物生长前期相似,则可实行邻季种植,如小麦棉花群落和小麦玉米群落。这两种二元型群落已遍及全国主要棉区和夏玉米产地。

(2) 三元型 由3个作物群体组合而成的群落数型为三元型。在生态适应性相似的情况下,3个作物群体可以实行同季种植,如玉米芝麻甘薯群落。2个群体基本相似,一个与它们部分相似,则可以使2个相似群体同季种植,再在邻季套种另一作物群体。此外,还有3个作物群体,前中后三季连续套种。例如小麦棉花花生群落(图2-6),小麦套种春棉,麦收后套种花生。



图2-6 三元型小麦棉花花生群落(1988年5月摄于中牟县)

(3) 四元型 由4个作物群体组合而成的群落数型为四元型。这种数型多是2种同季作物群体套种另2种同季作物群体,例如,在浙江省冬种小麦和黄花苜蓿,春季套种玉米和甘薯。也有2个同季作物群体与另2个群体前后分别套种,如小麦油菜玉米大豆群落,冬季种植小麦和油菜,油菜收后套种玉米,小麦收后套种大豆。还有4个作物分别在四季连续套种,如,河南省中牟县的菜蒜棉瓜群落,冬季大白菜套种大蒜,春季大白菜收了套种棉花,大蒜收了套种西瓜(图2-7)。

(4) 五元型 由5个作物群体组合而成的群落数型为五元型。一般是2个同季作物群体与2个邻季作物群体套种,再和一个下茬邻季作物套种。例如小麦芥菜大蒜番茄棉花群落(图2-8)。冬小麦和芥菜(*Brassica juncea*)冬季种植,春季套种番茄和棉花,番茄收后套种大蒜。在浙江省实行这种五元型群落,曾收到良好的效果。产值曾达到2000元/667m²左右。此外,还有5个作物群体连续5季,分别套种。



图 2-7 四元型白菜大蒜棉花西瓜群落(1986 年 11 月摄于中牟县)

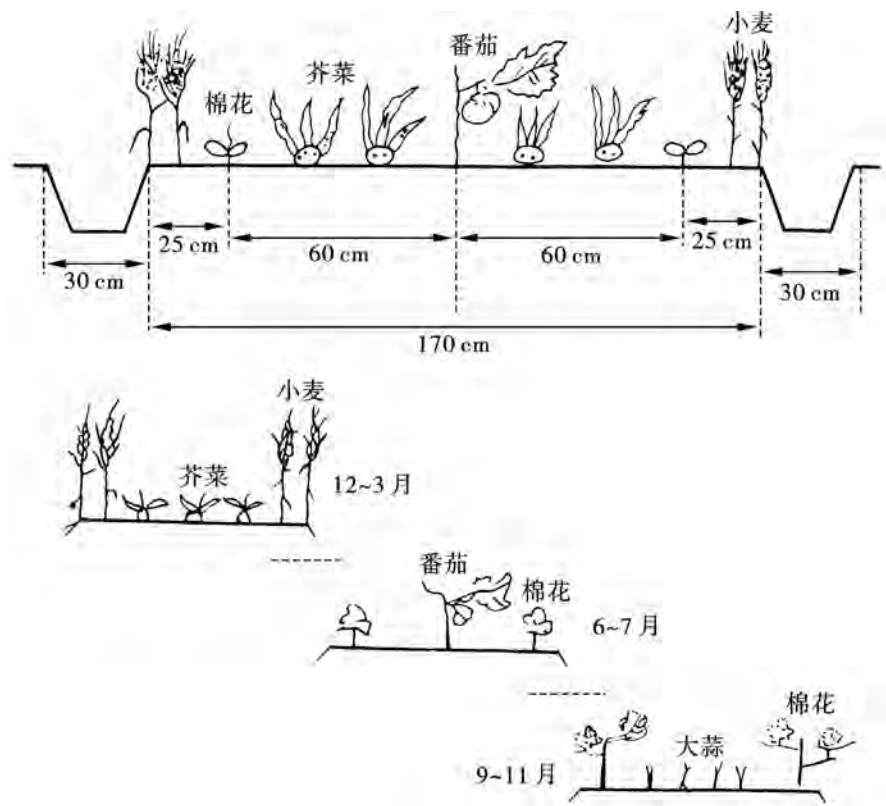


图 2-8 五元型小麦芥菜大蒜番茄棉花群落^[25]

(5)六元型 由 6 个作物群体组合而成的群落数型为六元型,如小麦菠菜西瓜玉米豆角番茄群落(图 2-9),小麦和菠菜冬季种植,菠菜收后套栽西瓜和玉米;小麦收后套种豆角,西瓜收后套栽番茄,此类型在河南省扶沟县推广,收入曾达 3 万元/hm²。

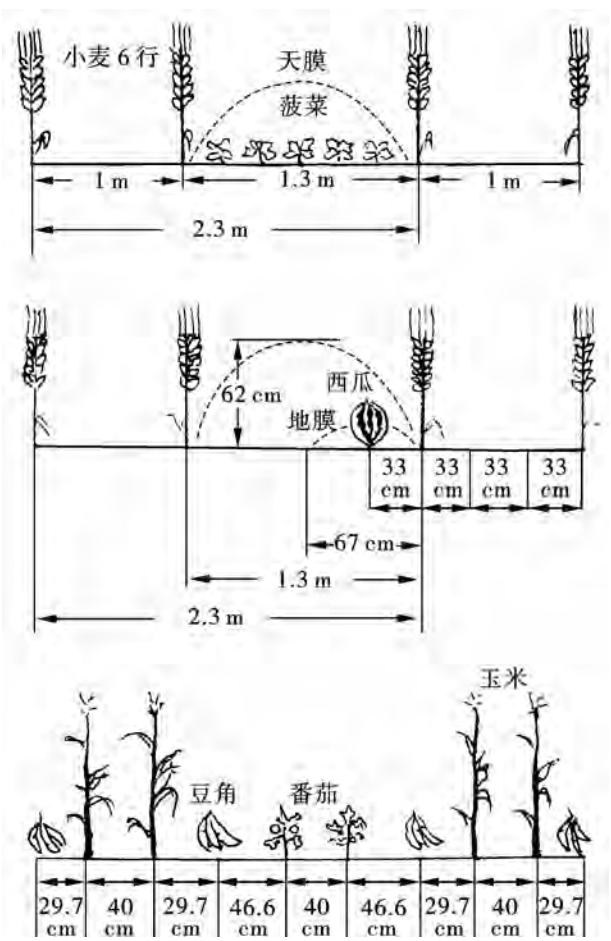


图 2-9 六元型小麦菠菜西瓜玉米豆角番茄群落^[25]

按照数型和种植季节,作物群落可以分出不同的模型。每种模型根据需求和可能加入或更换适宜的群体。表 2-2 是从理论上列出四季三种类型模型,供应用参考。并以这些模型类推出更多季节(隔年)和更多类型的模型。

(三) 群体的比例

作物群落中各群体结构有关项目的比例,主要的有株比、行比和面积比。从这些比值中能够看出各群体在群落中所占地位和价值。

1. 株比 群体的株比是在一定土地上,群落中各群体个体数的比值。以 $a_1:a_2:a_3:\cdots:a_n$ 表示之。它们之间不可相约,只能取绝对值。株比是作物群落的一项重要的比值,说明群落的主要成分和特征,也是确定群落名称的依据之一。例如小麦玉米套种群落,小麦基本苗每亩达 12 万株/667 m²,玉米为 3 500 株/667 m²,这样的株比说明小麦和玉米在伴生期间小麦是群落的主要成分,其盖度和密度均大,并因此称为小麦玉米群落。群体株数除以群落株数,可求出各群体的株率。

表 2-2 作物群落几个群体组合数型

数型	序号	冬季	春季	夏季	秋季
二元型	1	(C ₁ //C ₂)			
	2		(C ₁ //C ₂)		
	3			(C ₁ //C ₂)	
	4				(C ₁ //C ₂)
	5	(C ₁ / C ₂)			
	6		(C ₁ / C ₂)		
	7			(C ₁ / C ₂)	
三元型	1		(C ₁ //C ₂ //C ₃)		
	2			(C ₁ //C ₂ //C ₃)	
	3	[(C ₁ //C ₂) / C ₃]			
	4		[(C ₁ //C ₂ / C ₃]		
	5			[(C ₁ //C ₂) / C ₃]	
	6	[C ₁ / (C ₂ // C ₃)]			
	7		[C ₁ / (C ₂ // C ₃)]		
	8			[C ₁ / (C ₂ // C ₃)]	
	9	[C ₁ / C ₂ / C ₃]			
	10		[C ₁ / C ₂ / C ₃]		
四元型	1	[(C ₁ //C ₂) / (C ₃ //C ₄)]			
	2		[(C ₁ //C ₂) / (C ₃ //C ₄)]		
	3			[(C ₁ //C ₂) / (C ₃ //C ₄)]	
	4	[(C ₁ //C ₂)/ C ₃ / C ₄]			
	5		[(C ₁ //C ₂ / C ₃ / C ₄]		
	6	[C ₁ / C ₂ / (C ₃ //C ₄)]			
	7		[C ₁ / C ₂ / (C ₃ //C ₄)]		
	8	[C ₁ / (C ₂ //C ₃) / C ₄]			
	9		[C ₁ / (C ₂ //C ₃) / C ₄]		
	10	(C ₁ / C ₂ / C ₃ / C ₄)			

注:C 代表作物,//代表间作,/代表套作。

从群体的株率可以看出各群体在群落中的比重。株率大的群体,在群落中占优势,它是生态环境建设和栽培管理的重要依据,应当优先考虑。

2. 行比 行比是指在条播时,群落中各群体种植行数的比值。同样,它们之间不可

相约,只能取绝对值。它们在一定程度上说明各种群体的数量。从行比可以看出群落的种植方式,指导播种和移栽。6行小麦和2行棉花套种,其行比为6:2,也就是六二式种植方式。知道各群体的行比,可以利用行比计算各群体的幅宽,进一步计算各群体所占土地面积和单产。

3. 面积比 面积比是指在一定的土地上,群落中各群体所占面积的比值。它说明各群体的面积大小和比重。根据群体面积和群落面积得出各群体的面积比率。作物群体的面积比率愈大,在群落中的位置也愈重要。面积比率最大的群体,也必定是群落中的主要群体。对于群落的命名有重要的参考价值。面积比率对于制定和执行生产计划以及全面贯彻群落栽培技术具有指导意义。

群体各项比例往往需要综合分析。株比只是在各群体的密度相差不大的情况下,才有较大的意义,例如在玉米棉花群落中,玉米和棉花的密度相差不大。而在泡桐小麦群落中,两群体的株比可比性就小了。同样,在各群体的行距相差不大的情况下,它们的行比可比性也大;而行距相差甚远,行比的意义也就小了。这时,应说明行距的具体情况,作分析的参考。群体的面积比是一个重要的参数,配合株比和行比,利用它全面分析各群体在群落中的地位。

二、空间结构

作物群落的空间结构是指作物群落在空间中的配置。空间是由长度、宽度和高度三维因素表现出来的。作物群落是一个立体形物质实体,占有一定的空间,具有一定的空间结构,包括水平结构和垂直结构(图2-10)。

(一) 水平结构

水平结构是指作物群落的组分在空间中的水平配置。其组成要素包括:株距、行数、行距、行长、密度、间距、幅宽、带宽、带长和面积。

1. 株距和行距 群体内个体之间的距离为株距。它不只是群体的水平结构,而且是群落的水平结构的基本因素,影响着群落整个空间结构。在撒播的情况下,群落的株距以群体平均株距表示之。在条播和穴播的情况下,群体播行之间的距离为行距。群体行距的宽窄,关系着群落内环境的生态因素。宽行距通风透光,窄行距郁蔽阴凉。群落的行距亦可以群体平均行距表示。群落中的群体隔行条播,各群体的播行交替相间排列,群落的行距为群体平均行距一半。

株距和行距是群落水平结构的基本项目,必须首先安排妥当。一般可本着:高大、喜光、需水和需肥的植物,并且在群落中互相影响不良时,可以大些;反之,可小些。

2. 间距 在带状间作的情况下,相邻群体之间的距离为间距。它是群体、特别是边缘个体之间相互影响最大的地方。如果是竞争的关系,在这里群体争夺阳光,水分和养料最为剧烈。间距过小过大均不相宜。过小,矛盾加深;多大则浪费空间和资源。确定间距以相邻群体边沿个体的地上部分和地下部分最终相接触为宜,一般可按相邻群体行距一半之和,进行调整。

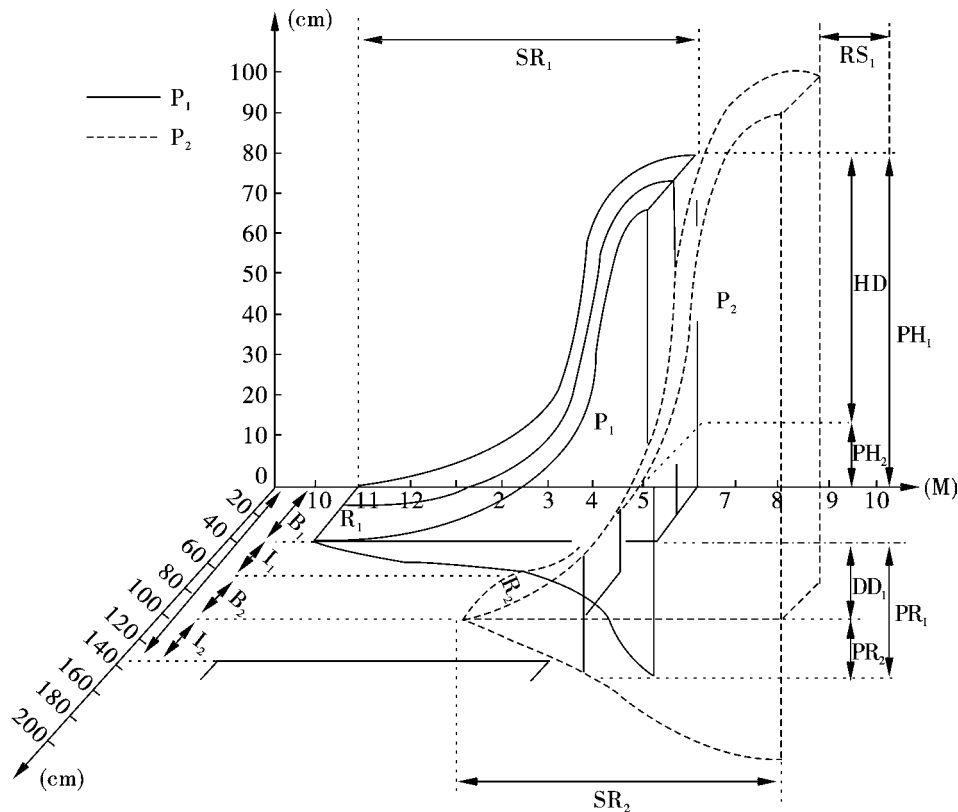


图 2-10 作物群落同基面空间结构

P:作物;R:行距;I:间距;B:幅宽;SR:种收时段;RS:收种时段;
HD:高差;PH:株高;DD:深差;PR:根深;cm:厘米;M:月。

3. 幅宽 在带状间作的情况下,群体的宽度为幅宽。撒播时,幅宽为群体两边沿上的个体之间的垂直距离。条播时,幅宽为每幅群体两边行的垂直距离,也就是各行距之和。安排幅宽,除了按照各个作物的计划种植面积外,可根据作物群体边缘效应递减律来调整。带状间作时每幅作物群体左右有 2 个边。因此,凡发生正边缘效应的群体,其幅宽应小于边缘效应递减范围的 2 倍,以充分发挥边缘优势;凡发生负边缘效应的群体,其幅宽应大于边缘效应递减范围的 2 倍,以减缓其边缘劣势。

4. 带宽和带长 在带状间作中,各作物群体按顺序种植一遍的宽度为群落的带宽,它包括各群体的幅宽和间距。幅宽、间距、行数和行距都是在带宽之内调整的,它关系整个田间结构的配置,决定着各作物面积和总产量。确定带宽是一个非常重要而且比较复杂的问题。在一般情况下,喜光的处于高层的作物,种植面积又大,处于低层的作物又不耐阴,带宽应宽些;相反,应窄些。植株高大的作物,肥力较高的土地和作业幅较宽的农机具,相应的采用带宽种植;反之,采用窄带种植。

带长是每带群体的长度。一般说,它就是种植土地的地块或一定灌溉地段的长度。在作畦作厢的土地上,带长即畦长和厢长。带长配合带宽可计算每带群体的面积和总

产量。

5. 面积 这里所说的面积为作物群落所占地面的大小,是长度和宽度的乘积。在作物群落的水平结构中的面积包括个体面积、群体面积和群落面积。它们由小到大逐步产生和发展。计算这些面积不仅对说明个体、群体和群落的关系,而且对产量和产值都有重要的意义。

在混作的情况下,作物群体中个体面积为株距的平方,再乘以个体数,即为群体面积。将群体的株距换为群落的株距也就是各群体的平均株距,乘以个体数,即为群落面积。在带状间作的情况下,各群体之间相隔着间距,再连续条播数行,成带状相间种植,这样,群体所占面积应包括间距所占面积。将各群体面积加起来,即为群落面积。

6. 密度 单位土地面积内的作物个体数为群体密度。它是作物群体产量的重要构成因素之一。在混作的情况下,群落中各群体的个体呈散状分布,群落密度为平均株距平方除单位面积。在隔行间套作的情况下,各群体隔行相间,播行互相交替。这时群落行距为各群体行距平均,群落密度为平均株距乘平均行距,再除单位面积。

在带状间套作的情况下,计算个体面积也应包括间距所占面积,因此,用以上方法算出群体密度后,还要按幅宽占幅宽和间距的共同宽度的比例来折算,才是真正的群体密度。

(二)垂直结构

垂直结构是指作物群落的组分在空间中的纵向配置。其结构组成要素包括:个体高度、群体高度、群体高差、群落高度、个体根深、群体根深、群体深差、群落根深、垂直层次和层距。

1. 高度和高差 作物个体高度也就是株高,一般指从地面向上到植株的最高部分的高度。如地面不平,可将植株茎周围的地面整平后再计算。植株的最高部分可能是顶芽的最高边缘,也可能是最高叶的边缘。特殊情况 and 特定作物测量个体株高,可根据实际另行规定,如从分蘖节到穗顶的高度为小麦株高。群体的高度可以用群体内最高植株的高度,也可以用个体的平均高度。

一般来讲,以茎秆为主要收获物的作物,如韧皮纤维作物等,它们的植株高度对于经济产量有很大的关系。茎秆高,其韧皮纤维产量相对也高。这些作物的植株以高为好。而一些以种子、块茎和块根为主要产品的作物如水稻和马铃薯等,在有一定的适宜的茎叶部分之后,植株不要过高为宜。在群落中的阴性作物的植株以低于其它群体为佳,以减少太阳照射而处于较弱的光照的环境。

高差是在同一时间和同一地点的,群落内群体高度的差额。在作物群落中,群体的高差与群落的体积有关。高差大,群体在垂直方向的空隙大而松散,整个群落在单位空间内的实际体积占空间的比列就小;相反,高差小,则空隙小而紧密,其实际体积占空间的比列就大。高差的大小对群落内的光照也有很大影响。根据我们研究,“在一定的范围内,群体的高差与下层群体受直射日光的照射时间呈负相关”。高差大,受直射日光照射的时间短;反之,高差小,受直射日光照射的时间长。并且相应的光照度也有同样的趋势。1984年,我们在西华县司渡口观测(表2-3),南北行向小麦棉花套种群落,在麦棉

间距为 33.3 cm 的情况下,自 4 月 30 日到 5 月 25 日,麦棉高差由 17 cm 增加到 104 cm,而棉苗受直射日光的照射时间由 4.72 h 递减到 1.70 h。

表 2-3 麦棉套种群落高差与棉苗受光时间的关系

日期(月/日)	麦棉高差(cm)	棉苗受光时间(h)
4/30	17.0	4.72
5/5	29.0	3.78
5/10	49.0	3.13
5/15	58.5	2.50
5/20	87.0	1.92
5/25	104.0	1.70

群落是由群体组成,最高群体的高度也就是群落的高度。

群落的高度和群落中群体的高差影响群落内的光照、空气和湿度。因此,组合群体时,阳性作物应选配比自己低的和高差大的阴性作物;阴性作物应选配比自己高的和高差也大的阳性作物。

2. 根深和深差 作物个体的根系深度为个体根深,指从地面向下到植株根系的尖端。群体的根深就是根深最深的个体根深。根深关系着作物吸收水分和养料的范围和深度。根深叶茂,有了强大的根系,作物才能生长健壮,才能有较高的生物产量。

群落的深差是在同一时间和同一地点群体间根系深度之差。它关系着群落整体根系的分布和各群体吸收营养物质的状况。各级群体根差和根深最浅群体的根深构成群落根深,也就是根深最深群体的根深。

3. 层次和层距 作物群落是人类有意识地组合起来的一些群体。虽然,它们的数目比自然群落少,但是,都占有自己的空间。陆生作物的同化器官、吸收器官和繁殖器官在空间内都有一定的分布,茎叶排列在地上不同的高度,根系排列在地下不同深度。食用菌放置在不同的位置。水生作物的各种器官也分布在不同水层中。这样组合成的作物群落在空间内形成不同的层次,表现为群落的成层现象。根据作物群落在大气和土壤中的分布,群落的垂直结构可分为同基面地上层次(图 2-11)、异基面地上层次(图 2-12,图 10-2)、同基面地下层次和异基面地下层次。以罗马数字表示地上层次数,以阿拉伯



图 2-11 同基面地上层次
(玉米棉花小白菜群落)

数字表示地下层次数,那么,两者结合起来表示群落的同基面垂直结构的类型。

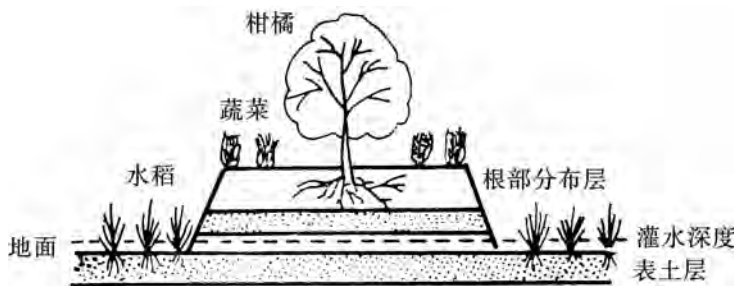


图 2-12 柑橘白菜水稻群落异基面层次^[25]

I-2 型:即地上 1 层、地下 2 层,如芝麻棉花群落。

II-1 型:即地上 2 层、地下 1 层,如玉米谷子群落。

II-2 型:为地上 2 层、地下 2 层,如玉米大豆群落。

III-3 型:为地上 3 层、地下 3 层,如泡桐小麦花生群落。

同基面群落的层次数与群体数目、群体高度和根深有关。群体高度和根深不同,群落有几个群体就有几个地上层次和地下层次。例如泡桐小麦花生群落在伴生期间高度和根深都不相同,则地上和地下层次各为 3 层。在组建作物群落时应选择不同高度和不同根深的群体,根据具体情况合理配置群体的层次,以便充分利用空间和发挥其互补作用。原则上,地上层次的顺序按照群体高度由低到高,按照作物需光强度由弱到强;阴性作物在下,阳性作物在上。地下层次的顺序,按照根深由浅到深。

在异基面垂直结构的情况下,作物群体不在同一平面上生长,其层次更加明显,层次与层次之间还保持一定的距离,如食用菌分层叠放和地上地下作物叠种。在群落中,群体的垂直距离为层距。它可按上一层次群体植株的最下部分和下一层次群体植株的最上部分垂直距离来表示。各群体的高度和层距构成群落的高度,层距的大小可根据上下两层作物的根深和株高以及它们生长发育所需空间适当安排。

三、时间结构

空间和时间是运动着的物质不可分割的基本形式。不能设想物质运动,只有空间变化而没有时间的延续。在作物群落存在和发展中,时间结构和空间结构同时存在。时间结构是指作物群落的时间配置。按照种植情况,作物群落时间利用的时段,可分为种收时段、收种时段和休闲时段。

(一) 种收时段

种收时段是作物种植日期到收获终止日期的天数。这是作物群体实际占用的时间。一般种子植物可分为萌发时段、生育时段和收获时段。第一个群体的种植日期到最后一个群体的收获终止日期的天数即是群落的种收时段。

1. 萌发时段 萌发时段是从种植日期到出苗期的天数。作物种子播种后,在适宜的温度、水分和空气等条件下,开始吸水膨胀;与这个“物理过程”同时,也进行着物质转化“生化过程”;经过一定的时期,幼小的胚突破种皮而萌发;再继续生长,伸出地表而出苗。因作物特性和生产需要,各种作物的出苗具体日期各有一定的标准和记载方法。如小麦的个体出苗期为第一片绿叶伸出芽鞘 2 cm 长的日期。群体出苗期为 50% 个体达到出苗的日期。棉花个体出苗期为子叶展开的日期。群体出苗期为 50% 个体子叶展开的日期。

由于作物的种子发芽条件和种植技术水平等因素的不同,因此,各种作物群体的萌发时段有长有短,即使同种作物也有差异。在正常播种的情况下,小麦的萌发时段需 5 ~ 6 d,烟草 8 ~ 11 d,棉花 10 d 左右。然而,由于播种期的关系,地温高低不同,同一种作物从播种到出苗的天数都相差甚大。棉花自 3 月 20 日至 5 月 19 日播种,出苗天数由 4 ~ 24 d 不等(表 2-4)。萌发时段占整个作物群体种收时段并不长,但对于个体数量、密度以及后来的时段都有很大的影响。这一时段过长,使种子在土壤中长期不能出土,容易烂种和缺苗。安排的过早或过晚,就会提早或推迟以后各个时段。因而,所处气候条件也不相同,群体的生长发育以及产量和品质也要受到影响。

2. 生育时段 生育时段是作物群体从出苗期到成熟期的天数。这是作物群体种收时段的主要阶段。作物的营养器官和生殖器官都是在这—时段形成的,并且重要的栽培技术措施也都是在这时贯彻实施,为产品产量和品质,打下牢固的基础。

表 2-4 棉花不同播种期的出苗期(河南省农业科学院,1962)

播种期(月/日)	出苗期(月/日)	播种至出苗天数(d)
03/20	04/16	24
03/30	04/15	16
04/9	04/19	10
04/19	04/25	6
04/29	05/5	6
05/9	05/15	6
05/19	05/23	4

根据作物特性,生育时段还可分出一些时期来。各种群体的情况不同,所划分的时期也各异,例如棉花的生育时段分为苗期(出苗到现蕾)、蕾期(现蕾到开花)、花铃期(开花到吐絮)和吐絮期(吐絮到拔秸)。又如水稻的生育时段可分为幼苗期(秧田生长的时期)、分蘖期(移栽到分蘖末期)、长穗期(分蘖末期到出穗)和结实期(出穗到成熟)。由于各种作物群体的生长发育、生态条件和技术水平各不相同,因此,它们的生育时段长短差异也很大。在华北地区推广的小麦品种的生育时段从 223 ~ 227 d。烟草的生育时段从 89 ~ 180 d,长短相差一倍。一些树木的生育时段可达数十年,甚至上千年。

生育时段占作物种收时段的比例最大。它的长短严重影响作物群体整个种收时段,生育时段长则延长种收时段,造成晚熟;生育时段短,则缩短种收时段,提前成熟,但过短

可能减少产量。因此,在保证产量和品种的前提下,适当缩短生长时段,以促进早熟收获。

3. 收获时段 收获时段是从作物群体成熟期到收获终止日期的天数。其长短亦因作物而不相同。有的作物一次收获完毕,如谷类作物。有的作物的产品需要多次摘收,如棉花和烟草等。这一时期占整个种收时段的比例亦小,但是它是种植一季作物取得产品的时期,非常重要。

(二) 收种时段

收种时段是前茬群体的收获终止日期到后茬群体的种植日期的天数。这是两群体在土地上生长的间隙。虽然土地上未种植作物而空闲着,可是也是生产过程所必不可少的。因为一个群体收获完毕后,再种植另一群体,中间有许多工作要做,仍需占用时间。

根据作业顺序,收种时段可分为前茬群体收尾时段和后茬群体备播时段。

1. 前茬群体收尾时段 前茬群体收尾时段是前茬群体收获后,一些收尾工作所占天数。收尾工作包括秸秆清理搬运、处理和灭茬等。这些工作不仅保证前茬群体生产的圆满完成,也给后茬群体种植腾出土地来。

2. 后茬群体备播时段 后茬群体备播时段是后茬群体种植的一些准备工作所占天数。备播工作包括施基肥、浇底墒水、耕地、耙地、作畦、作埂等。它们是群体种植的辅助工作,不但不能忽视和遗漏,而且要按技术操作规格认真做好。

收种时段是土地不种植的时间,应尽量短些,绝不要拖延和作些多余的工作。在保质保量的前提下愈短愈好。

(三) 休闲时段

休闲时段是在土地上能种植而不种植作物群体的天数。在水、肥、光、热等自然条件以及物资、劳力和技术等生产条件许可种植作物的情况下,土地休闲将造成土地、时间和资源的浪费。这是农业生产中所不允许的。但是,在一些条件差的地区,如丘陵旱薄地等,休闲也是轮作制度中的一个特殊茬口,尤其配合一些必要的土壤管理技术,已成为这些地区的必要的生产环节。休闲的总目的在于减少土壤水分蒸发、积蓄雨水、释放潜在的养分、消灭杂草和病虫害,为后茬作物创造高产的土地环境。按照时间的长短,休闲可分为季节休闲、全年休闲和多年休闲。

1. 季节休闲时段 季节休闲是在一年之内不同季节里不种植作物的方式。根据休闲所处季节进一步分为夏闲和冬闲。夏闲是在秋播或冬播的夏收作物如小麦、油菜和蚕豆等收获后不种植作物,土地休闲一段时间后再进行秋播或冬播。这种方式常在干旱地区和低洼地区实行。在干旱地区夏闲目的在于蓄积雨水、耕地晒垡、熟化土壤和消灭杂草。低洼地区的夏闲主要是避过雨季、防涝晒垡。两类夏闲目的不同,但都必须有一套土壤耕作制度,以保证夏闲的效果。冬闲是在秋收作物收获后,冬季不种植作物,土地休闲一段时间后,再进行春播。冬季寒冷,除了一些耐寒作物外,大多数喜温作物都不适于生长。在高寒地区如我国的东北和西北以及南方山区实行冬闲。经过冬耕,而使土壤冻融干湿,接纳雨雪,增加土壤含水量,改善土壤物理和化学性质,以恢复地力,为后季作物

增产创造条件。

2. 全年休闲时段 全年休闲是在一年之内完全不种植作物的方式。这种方式在干旱半干旱地区,如青海、西藏、甘肃、内蒙古等特别在人少地多的地方,仍然作为稳产和提高单位面积产量的有效措施之一。在全年休闲时段内,不种作物,但要贯彻土壤耕作,消灭杂草等,提高土壤水分和恢复土壤肥力的措施。

3. 多年休闲时段 多年休闲是超过一年的时间不种植作物的方式。由于人力和物力不足,地力消耗后又没有办法恢复,经过多年休闲时段,待地力自然恢复后,再种植作物。

地是种肥的,作物是种高产的。在科学的种植和管理以及适当投入的情况下,种植作物不只是消耗,更重要的还会提高土壤肥力。高度集约化的蔬菜地的土壤肥力、单位面积产量和效益,比休闲轮作制中的大田作物也不知要高出多少呢!在种收时段、收种时段和休闲时段构成的作物生产的全部时间内,群体栽培和群落栽培都应该根据具体情况,以种为中心,以最后总产量和总效益为目标,主动地创造条件,尽可能地使种收时段增长,使收种时段特别是休闲时段缩短。

群落的时间结构合理与否可以用时间指数来评判。时间指数(TI)是作物群落中各群体的种收时段(PSR)占群落的种收时段的百分率(CSR),公式为:

$$TI(\%) = \frac{\sum PSR}{CSR} \times 100 \quad (2-1)$$

时间指数表示作物群落的时间利用率,时间指数愈大,群体种收时段占时间愈多,时间利用得愈充分。

四、组合类型

根据群落的种植方法、种植方式以及对空间和时间的利用状况,群落组合可分为以下类型(图2-13)。

(一) 散式组合

在一定的空间和时段内,采用撒播的方法,实行混作方式,各作物群体的个体不规则地株株相间分布为散式组合(图2-13a)。撒播是用手工或机具将种子撒在地面的一种播种方法,用于绿豆、烟草和芝麻等小粒种子。混作是在同一空间和同一时段内同时混合种植不同的作物群体的种植方式。它们是我国农业一种传统的方式。所以,散式组合是一种较为原始的类型。虽然简便易行,但管理不方便。个体与个体距离较近,互相影响较为严重,因而对作物群体选配要求严格。

(二) 条式组合

在一定的时段和空间内,采用条播方法,实行隔行间作的,不同作物群体隔行相间分

布为条式组合(图2-13b)。条播是按一定的行距种植作物的播种方法。隔行间作是隔行相间种植不同作物群体的种植方式,如大豆与玉米隔行间作。此种类型比散式组合便于管理,使用畜力农具,提高工作效率。

(三) 带式组合

在一定的时段和空间内,采用撒播或条播的方法,实行带状间作的方式,不同作物群体成带状相间分布为带式组合(图2-13c)。带状间作是不同作物群体分带相间的种植方式。在我国长江流域和黄河流域普遍应用。可以采用撒播方法,使带内作物个体成散式分布,隔带相间;也可以采用条播方法,使带内作物群体成条式分布,亦隔带相间,如棉花甘薯带式组合。这种组合由于结构不同又可分出一些形式来,如行比不同,可以有三一式和三二式等。带式组合是一种适合当前生产水平的组合类型。它的优点在于分别管理,便于贯彻新技术,适合机械化和半机械化作业,提高劳动生产率和经济效益。

(四) 块式组合

在一定的时段和空间内,采用条播或条状移栽等方法,实行块状间作,不同作物群体成小块相间分布为块式组合(图2-13d)。如栓皮栎油松块状混交。块式组合按块形可分为规则和不规则2种。前一种是将地块划分为许多正方形或长方形小块,按一定的株距和行距种植一种作物,再在邻块种植另一种作物。后一种是按地形起伏和大小分块交替种植不同的作物。块式组合适合植株高大的多年生作物,有利作物互补互利,便于抚育、采伐和更新。

(五) 叠式组合

在一定的时段和空间内,采用叠种的方式,不同作物群体在空间、土地和水体内,上下成层分布为叠式组合(图2-13e)。叠种是不同作物在异基面上,上下相间种植的种植方式。天麻是一种在地下生长的寄生作物,在一定土层内栽种菌材,生产天麻,同时在地面上种植草莓(*Fragaria* spp.)和葡萄(*Vitis* spp.),形成葡萄、草莓、天麻三层立体种植,这是地上地下叠种。在塑料大棚内,顶部悬挂黑木耳(*Auricularia auricula*),棚中间分层袋栽平菇(*Pleurotus ostreatus*)等食用菌。也有在大棚内或温室中竖立支柱,在其上立体分层种植蔬菜,称为“立柱栽培”。这些都是地上叠种。稻田养萍是水体叠种的例子,水稻栽在水底,水面放养绿萍,形成上下两层结构。叠式组合是一种典型的立体种植,能够充分利用空间和光热条件以及不同土层的水分和养料。对于充分利用温室、塑料大棚和水体的珍惜的空间,具有重要意义。

(六) 交叉式组合

在一定的时段和空间内,采用条播或点播的方法,实行套作的种植方式,在前茬作物群体内,种植后茬作物群体为交叉式组合(图2-13f),如小麦套种花生。这种组合不仅能够充分利用空间,同时也增加了时间的利用,增长后茬作物的生长期,明显地提高生态效益和经济效益。

(七) 交接式组合

在一定的时段和空间内,采用撒播或条播方法,实行接茬复种的方式,在前茬作物群体收获后,接种后茬作物群体为交接式组合(图2-13g),例如油菜复种水稻。这种组合类型,提高土地和时间的利用,增加作物产量。

(八) 交替式组合

在一定的时段和空间内,各种群体实行轮作的方式,有计划地交替种植作物群体为交替式组合(图2-13h)。轮作是作物轮流在一块土地上种植的种植方式,如小麦、大豆和玉米轮作。它的好处在于避免和减轻作物的病虫害,调节和合理利用土壤水分和养料,改善土壤的理化性状。实行轮作的群体组合类型可以收到高产稳产优质的效果。

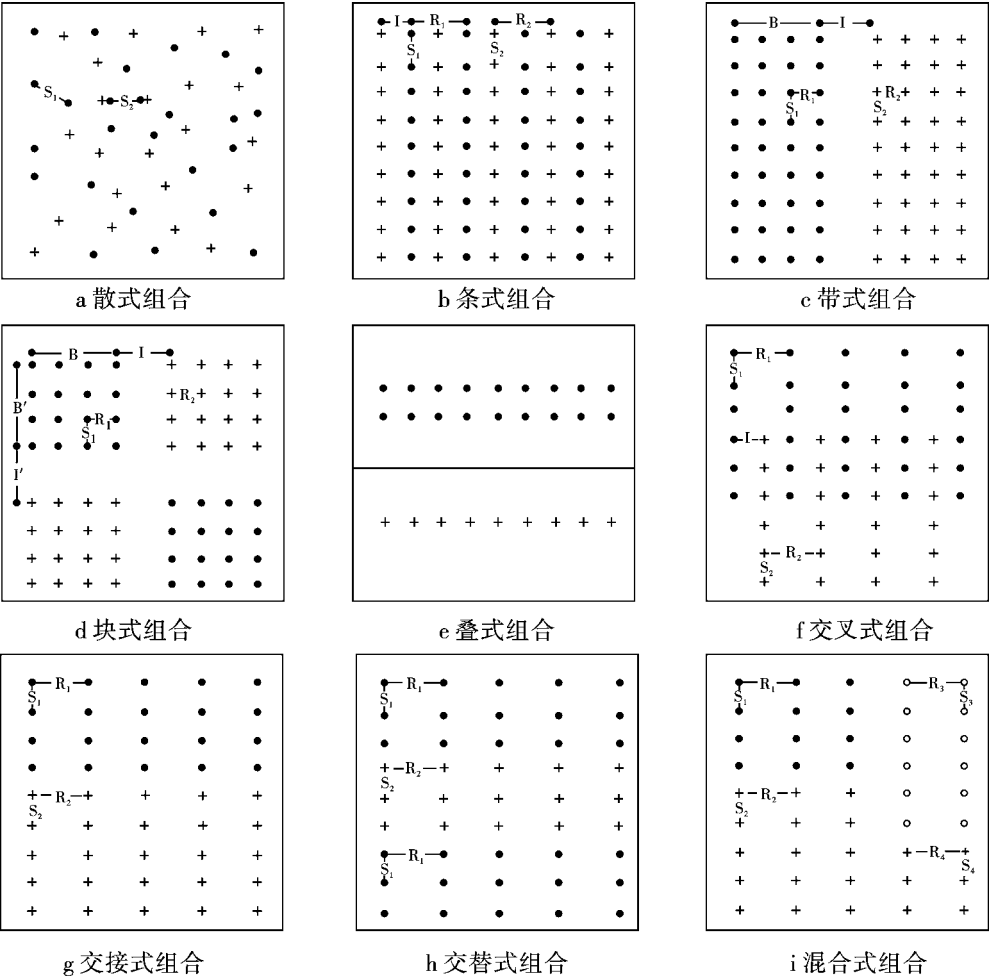


图2-13 群落组合类型

S:株距 R:行距 I:间距 B:幅宽

(九) 混合式组合

以上各种组合类型还可组成混合式组合(图 2-13i)。如散式带式交接式组合和带式交叉式交接式组合等。这是群体组合的高级类型。在实际生产中,少有单一的组合类型。那些多年生作物如苧麻和茶树等实行单作和连作,才会出现单一的组合。在一个生产单位的正常生产中都自觉不自觉地实行混合式组合。例如在棉区,小麦带状套种棉花,后接茬复种小麦套种玉米。这就是小麦、棉花和玉米带式交叉式交接式组合。

第四节 作物群落的功能

功能是事物发挥作用的能力。作物群落的功能表现在对群落本身的和对环境的两方面作用。个体和群体构成群落,组合了群落的特征特性;反过来,群落又影响着个体和群体的形态和生理功能,同时也会改变并适应着环境。作物个体之间,群体之间和群落与环境之间彼此影响,逐步发展成为互相适应、互相制约的生态系统。

一、对环境的影响

和群体一样,作物群落的生境亦可分为内生境和外生境。内生境直接与群落内的个体和群体发生关系,内生境影响群落,群落也反馈影响内生境。外生境主要与群落整体发生关系,而相互作用。

首先,群落影响内生境的光照,特别是群落下部的光照。由于群落枝叶的覆盖,群落下部群体的光照与单一群体有很大不同。根据 1993 年我们测定玉米大豆群落,距玉米 1~4 行,大豆的光照度平均为 3×10^5 lx,而空地光照度为 29×10^5 lx,群落内光照度约为空地的 10.4%。有经验的农民在实行间作套种时,选择高秆喜阳的作物与低秆耐阴的作物搭配,以收到更高的生态效益。

其次,对温度和湿度也有影响。由于群落内的群体高矮、疏密、壮弱以及体积随季节发生变化。群落中的平均温度和平均湿度变化比起单一群体大不相同。群体密集的群落升温降湿都慢,特别是群落内温度降得更慢,如麦豌豆混作群落。群体疏透的群落温度和湿度升降较快,如麦棉套种群落。

再次,群落降低风速和风害。风速说明空气流动的快慢。流动强烈,风速大,会形成风暴,具有极大的破坏性。群落有降低风速作用,对于保护群落内低矮的群体有一定的作用。桐农间作群落可降低风速 40%~50%,特别对桐农间作中的小麦,可以减轻干热风危害,增加小麦产量。根据山东省林业科学研究所测定,疏透结构的林带与空旷区相比,在 5 倍树高的地面处,风速降低 47.1%。另外,由于群落的叶枝交错可减少土壤水分的蒸发。庞大根系、根瘤和菌根也都会提高土壤肥力。还有推迟早霜,提前晚霜,调控有益和有害生物等作用。

二、对群体的影响

群落中的群体,相互直接和间接地影响。伴生作物有的互利,而有的染病受害。高秆作物遮挡低秆作物的光线,对阳性作物有害,对阴性作物有利。根系发达的作物,争夺幼弱作物的养料;固氮作物则可提供养料。它们既然处在同一群落之中和相同的生境之内,不可避免发生关系,有利有害,互相影响。

群落中的群体都是在基本相同的小气候、土壤和生物环境中共同生活,特别是作物群落又处在社会环境之下,它们相互适应同样的环境。“物竞天择”,在长期的环境选择和群落适应进化过程中,群体与群体之间,有些性状发生趋同现象,聚集着同样生活型植物,共处在相同的生境之中。在旱地上,群落聚集着耐旱的作物群体,如谷子绿豆群落。在水域中,作物群落包含着一些水生的作物群体,如水稻慈姑群落。在同一群落之中,由于所处的部位不同,在局部的内生境中也会发生趋同现象,如处在高处的群体自然都是喜光的作物;处在低处的群体都是些耐阴的作物。那些喜光的作物在低处满足不了其对光的要求,或者改变其喜光的习性,或者适应不下去,被排除在群落之外。

世界上的一切事物都处在永不停息的运动之中。从长远来说,作物环境一直不断地变化着,作物群落也在向前发展着,作物与环境是一个不可分离的有机整体。群落中的群体,在环境中特别在内生境中一起适应生活。它们彼此也要密切配合,协同进化。喜光的植物倾向增高,把群落下部位置留给忌光植物。喜肥的植物配合增氮植物和固氮藻类,组成较为稳定的群落,如玉米大豆群落和水稻绿萍群落。环境变化了,群落内的群体随着进化、适应新环境。

三、作物群落的生产力

群落的生产力是由其中群体的生产力形成的。然而,因为各种群体的产量表示的方法不同,有些群体不便统一比较。因此,群落的生产力与个体和群体相比更有其特殊性。

(一) 产量

作物的产量一般以年单位面积生产的有机物干重 $[\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})]$ 或体积 $[\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})]$ 来表示。也可把干重折算成能量 $(\text{J}/\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 表示,这多指群落的生物产量。在生产上,群落产量如用经济产量表示生产力就比较复杂。有些作物产品并不相同,谷类作物为子实,棉花为皮棉,麻类为茎纤维,绿肥为全株。这时不能够用统一的方法表示时,可以分别表示,例如麦棉套种群落年产小麦 $2\,000\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 和年产皮棉 $1\,000\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

(二) 经济效益

经济效益是指劳动耗费与取得有用效果的比较,经济效益可以用价值,也可以用实物评价。一般用产值和成本比较所得利润或纯收入表示。

在作物群落的生产力不便于用生物产量来表示时,就用经济效益来评价群落的生产力,如用总利润或纯收入。小麦玉米套种群落,撇开食用品质和价格不说,单就产量来讲,它们都是粮食,其经济产量可以放在一起计算和比较。例如,在河南省淮阳县春玉米单产 $478 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,小麦套种玉米共产 $896.2 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,后者比前者增产 $418.2 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ 。但是小麦棉花套种群落,把小麦和棉花的经济产量总起来算就不行,小麦子粒产量与棉花皮棉产量就失去可比性。在这种情况下,就可以用经济效益计算和比较了。在河南省郑州市麦棉套种群落经济效益为 $218.19 \text{ 元}/667 \text{ m}^2$;单作棉花群体为 $162.44 \text{ 元}/667 \text{ m}^2$,增加 $55.75 \text{ 元}/667 \text{ m}^2$ 。

(三) 群落与群体生产力的关系

群落由群体集合而成,它们的生产力之间存在着一定关系。作物群落生产力等于群落内的群体生产力之和^[43]。然而,作物群落生产力不一定等于其单独存在时的各作物群体生产力之和。这就是群落生产力不定等规律。单独存在时的作物群体是指在没有组成群落时的群体。它的生产力只是受本群体的特征和环境条件所影响,每个群体都有自己的生产力水平。当它们组成群落后,群落生产力不是其中群体原来生产力的简单叠加。它们进入群落后,由于群落结构和功能不同,群落内生境的影响以及受群体间的互补作用和互克作用,这时,群体的生产力与未进入群落而单独存在时的生产力就不一定相同。因此,群落生产力有可能大于、也有可能小于、还可能等于其群体单独存在时的生产力之和。根据玉米谷子间作群落试验(表2-5),不同行比的各群落处理的粮食产量等于其中玉米群体和谷子群体产量相加。如2:6行比的玉米谷子群落的产量($\text{kg}/667 \text{ m}^2$)为358.09,就是其中玉米群体产量(221.35)和谷子群体产量(146.74)相加。然而,不同行比的玉米谷子群落的产量($\text{kg}/667 \text{ m}^2$),却不一定等于单作玉米群体和单作谷子群体产量之和。群落行比2:6,2:10,1:8和4:2的粮食产量($\text{kg}/667 \text{ m}^2$)分别为358.09,412.07,336.12和336.91;而两单作群体产量之和为339.69;两处理高72.8和18.4,两处理低3.57和2.78,后者几乎相等,总的说来,玉米谷子群落产量不一定等于玉米群体和谷子群体单作产量之和。由于存在着这种不定等的关系,因而,提供了增加群落产量的可能性。

(四) 提高群落生产力的途径

作物群落生产是一个新的领域,它具有巨大的增产增效潜力。如何发展群落的生产力是今后研究和开发的新课题。从群落的性质和内容来看,提高群落生产力的途径有以下几个方面。

1. 开展群落育种,为群落生产提供相应的群体类型和品种 作物科学发展到群落阶段,对于作物育种提出了新的要求。以往的群体育种,单纯为了群体的高产优质所培育的新品种,已不完全符合群落的要求。群落生产所需要的性状,不单纯是群体高产优质,而且要求群落中的群体具有互利性状,避免互害性状。20世纪70年代,在黄河流域棉区实行麦棉套种,在小麦棉花群落中应用群体栽培的一些品种,如百泉3217小麦和岱字棉等,棉花晚熟,误了小麦播种时期,小麦减产;带桃早拔棉秸,棉花又减产降级;在棉行内

套种小麦,不耕不耙,引起小麦发生丛矮病,甚至绝收。麦棉套种群落迫切需要棉花早熟和小麦晚播的相辅性状。80 年代开始,陆续培育出晚播小麦品种如偃师 4 号和中育 4 号等以及早熟棉花品种如中棉 17 号和豫棉 10 号等。避免相克性状,促成相辅性状。由于麦棉套种群落产量高效益好,目前已遍及我国黄河流域棉区和长江流域棉区。随着群落生产的发展,群落育种也将提到议事日程上来,为群落生产提供相应的优良类型和品种。

表 2-5 不同间作方式的玉米谷子群落与单作群体产量比较
(1990,1995,郑州)

行比	产量(kg/667 m ²)			产值(元/667 m ²)	合计增产(kg/667 m ²)
	玉米	谷子	合计		
2:6	211.35	146.74	358.09	652.5	18.40
2:10	197.22	214.85	412.07	780.3	72.48
1:8	121.58	214.54	336.12	661.7	-3.57
4:2	308.30	28.61	336.91	543.9	-2.78
单作群体	172.42	167.27	339.69	637.0	——
合计					

2. 配置科学的群落结构 作物群落结构包括组分结构、空间结构和时间结构。这些结构如何才能科学合理,需要深入研究,总结出规律性的指导理论和具体的实践经验。在群落育种的基础上,选配“大同小异”和“对应互补”的群体,发扬其相辅性状,避免相克性状,使群落内的群体互利互惠,双双丰产。空间结构,特别是水平结构,具有协调群落之间相克的作用和充分利用自然条件的功效,例如群落的带宽和群体的幅宽,群体互利可以窄些,互害可以宽些。时间结构安排好了,可以提高时间指数和种植指数,扩大了时间和土地的利用率。群落结构,尚有许多问题需要深入研究。科学的配置群落结构是一项不增加投资而增产增收的措施。

3. 认真组装和贯彻实行集成技术 群落的集成技术具有整体性和先进性,是作物栽培的新发展。一些在天然群落中有些不可解决的问题,而在集成栽培技术中,通过人的主观能动性可以得到解决。例如地温低,种子不能发芽,则可以实行地膜覆盖,提高地温。高寒地区春玉米地膜覆盖以克服低温的不良影响,延长生育期,获得空前丰收。一些传统的技术通过组装可以扩大应用范围,发挥更大的增效作用。例如,蔬菜栽培的育苗移栽技术,组装进麦棉瓜群落集成技术当中,对增加棉花生育期,提早成熟和小麦适时播种都有莫大的好处。一些新技术组装进群落集成技术,往往会解决多年来的老大难问题。例如棉花徒长和蕾铃脱落,自推广缩节胺以来,使棉花节短矮壮,株型紧凑,抑制徒长,防止脱落,对高肥地棉花群落增产起到良好的作用。不仅如此,集成技术组装科学,可以促使技术间的协调,一技多用,事半功倍。当前,作物栽培试验仍属群体栽培试验,如群体密度试验和群体施肥试验。应当开展群落栽培试验,定性定量地确定群落的结构和科学地组装不同群落的集成栽培技术,为发展作物群落生产创造条件。

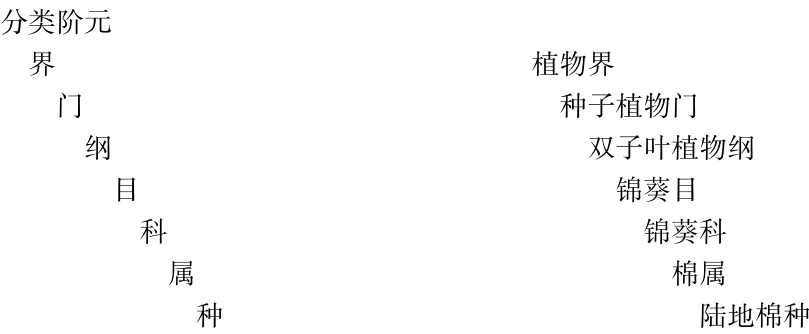
4. 创造群落适宜的生态环境 提高群落的生产力,除了群落本身的因素之外,群落的生态环境亦是个重要的方面。首先是农田基本建设,如沃土工程、水利工程和小气候工程都是不可缺少的。土地不平不肥,缺乏灌溉和排水设置,常受风沙灾害,这样,群落生产力必然不高。另外,科学施肥、合理灌溉、群落植保,特别是配制群落复肥等也都是改善生态环境有效的技术措施。群落栽培高产高效益,但也高消费。没有一定的物质基础和能量补充,群落生产就会停滞不前。创造群落适宜的生态环境是提高群落生产力的重要条件之一。

第五节 作物群落的分类和命名

栽培植物是人工培育的植物,它起源于野生植物。例如,原产我国的野生大豆(*Glycine ussuriensis*),经过劳动人民的长期驯化,种子由小到大,由黑变黄;油分由少增多;产量由低到高;成为遍及世界的栽培大豆(*Glycine max*)。这里说明一点,本节所论作物是指广义的作物,即栽培植物,它们与野生植物大不相同,如何分类和命名,仍是一个需要研究的问题。其分类方法,一种为自然的分类方法,一种为人为的分类方法,2种方法都有各自的依据原则和系统。

一、植物的自然分类方法

这种分类方法是以植物进化过程中亲缘关系的远近程度作为分类依据。形态结构相同,亲缘较近,归为一个分类单元。如苘麻和棉花相同之处较多,归为锦葵科;小麦同大麦相同之处也不少,同归为禾本科。虽然,苘麻和小麦相同之处较少,则不归为同科,然而它们都有种子这种特征,所以它们又归为种子植物门。从自然分类系统可以看出各植物间的进化和亲缘关系。以下以棉花为例说明自然分类系统。



二、作物的人为分类方法

著名的分类学大师林奈(1707 ~ 1778)很早就采用此方法。这种分类方法主要凭借人们对植物形态结构的观察,器官功能的认识以及习性和用途的了解,作为分类的依据。我国医学大师李时珍(1518 ~ 1593)曾按植物的外形和用途分植物为草、木、谷、果、菜 5 个部分。各类植物栽培学,根据本学科的特点,也都有一个人为的分类系统。为了本书的需要,在自然分类系统的基础上,归纳了作物栽培学^[11]、蔬菜栽培学^[36]、果树栽培学和树木学等书的分类系统,本着按经济意义分类原则,将作物分为农作物,园艺作物和林作物。以下按用途分农作物为粮食作物、经济作物和绿肥饲料作物;分园艺作物为蔬菜作物、果类作物、观赏作物等;分林作物为用材林、薪炭林、经济林等。再下根据主要收获器官分根用、茎用、叶用、花用、果用、种用和全株用作物;再向下与自然分类系统阶元接轨,即属、种、类型和品种。这里要说明一点,由于作物生产的需要把类型和品种也纳入分类单元。以棉花、萝卜和泡桐为例说明此种分类系统。

分类阶元

界	植物界			
门	栽培植物			野生植物
纲	农作物	园艺作物	林作物	—
目	经济作物	蔬菜作物	用材作物	—
科	种用作物	根用作物	茎用作物	—
属	棉属	萝卜属	泡桐属	—
种	陆地棉	白萝卜	毛泡桐	—
类型	夏棉	春萝卜	——	—
品种	中棉所 10 号	浙大长萝卜	亮叶毛泡桐	—

三、作物群落的分类和命名

对于作物群落分类国内外学者有着不同意见。为了本书的应用,根据我们归纳的作物分类系统,本着“特征特性大同小异和经济用途一致”的原则,初步提出小麦群落分类系统如下:

作物群落	如泡桐小麦群落
农作物群落	如小麦棉花群落
粮食作物群落	如小麦豌豆群落
颖果用作物群落	如小麦玉米群落
小麦群落	如冬小麦夏花生群落

国际上对于群落的命名,包括所有生物群落,都没有严格规定。根据实际情况,作物群落的命名可按以下 5 种方法。

1. 以各群体名称命名 因为作物群落中的群体数目,不像野生植物群落那样多。一般命名可将各群体的名称,按种植顺序列出,例如白菜大蒜棉花西瓜群落。如果群体数目较多也可以优势群体命名,如棉花群落。

2. 以生态条件命名 如水生作物群落。

3. 以耕作栽培命名 如旱作群落、间作群落和春播群落等。

4. 以产地命名 如棉田群落和粮区群落。

5. 混合命名 如平原麦棉套作群落和山区玉米大豆间作群落等。

以上各种命名方法可以应用于不同的情况,都有其一定的实际意义。

第六节 群落的演替

事物都是不断变化和发展的。植物在生命活动中,经过生、长、病、死、演变进化,形成庞大的植物家族。生长在一定地方的植物个体、群体和群落,由于内部和外部的原因,总会演变为另一些个体、群体和群落。植物群落随组分和环境变化而有顺序的演变过程称为群落演替(Community succession)。这是群落的一个普遍现象,也是群落进化的必要的过程。根据人类干预与否,植物群落演替可分为自然群落演替和人为群落演替。

一、自然群落演替

自然群落是未受人类直接干预的群体的集合体,它完全受自然因素所支配。由于人类的活动范围不断扩大,现在,在地球上存在的自然群落逐渐缩小,但是一些原始森林、原始草原和冻原植物则属于自然群落。它们仍在自然演替着。

(一) 演替的因素

1. 自然环境因子的作用 自然群落演替受自然环境因子的影响。自然环境因子不同,自然群落演替的过程、速度和方向都不一样。原为水生植物群落,随着水的减少而在不断变化着,减少到地面水消失,群落则演变为湿地植物群落;地下积水下降到土壤深层,水域变成旱地,群落即为旱生植物群落所代替。这种演替系列主要由水分因素所决定。其它尚有主要受土壤因素、气候因素和生物因素等所影响的群落演替系列。

2. 群落内组分之间的相互作用 群落中群体的特征特性各异,它们彼此互相影响,有好的影响,也有坏的影响。互相有好影响的群体,相辅互惠,兴旺发达逐渐占据优势;互相有坏影响的群体,互克互害,互相削弱,影响程度达到死亡消失的地步,群落就会演变为另一群落。另外有的植物群落生长慢,多年生寿命长,在它生命周期中的不同阶段也会有不同的植物发生和消失。有时植物繁殖体繁殖数量和散布方式也都会互相影响

群体的存在。

3. 新组分的发生和侵入 植物群落经过长期的演化,其中分化出新的植物分类单元,如新种、亚种和变种,或者有新的生活型发生。这样群落也要演变。在群落生长发育过程,由于水、风、鸟、兽等媒体的传播,也会将其它地方的其它植物的繁殖体带进群落。如果它们能够适应并大量繁殖,这时,群落就会增加新成员,群落的组成特征特性都会改变而演变为另一个新群落。如果这个侵入的新成员,活动能力强,还会使某些旧成员削弱,它的影响也就更大了。

(二) 自然群落演替的类型

按植物群落发生时期可分为原生演替和次生演替。此外,还可根据基质、时间和主导因素划分一些演替系列。

1. 原生演替 在没有生长植物的地方,开始的群落演变为原生演替,如高山岩石上,原生沙丘上和长期水淹地等。

2. 次生演替 随着原生植被受到破坏所发生的植物演变为次生演替。发生次生演替的原因除了火灾、水患和毁灭性病虫害之外尚有人为的经济活动。例如茂密的森林被砍伐后,喜光的草类蔓延开来,形成杂草群落。随后,喜光的阔叶树种也乘虚而入。阔叶树枝叶缓和林下小气候,适合较耐阴性树苗和杂草,并逐渐伸展开来。

(三) 自然群落演替方向

自然群落演替的方向无论在原生演替阶段或是在次生演替阶段都是由群落的内在因素和外在因素相互作用所决定的。在原生群落中,不论是旱生群落演替或是水生群落演替,群落发生后,就会影响环境因子,环境因子反过来又影响群落。同样,在次生群落中,环境改变了,原来的群落及其中的群体能够在改变了的环境中继续生活,也就是环境改变尚未超出其生态幅的范围,群落不发生或发生微小的变化,群落仍保持稳定。环境改变超出原来群落的群体即使某一个群体的生态幅,群落的组分就会改变,而变成另一个群落。受风、水、鸟、兽传播进入群落的植物繁殖体,如果能够生存下来,特别是竞争能力强的新成员,将改变群落的组分,演替为另一群落。群落的内在因素和外在因素是多种多样的,又是在不断改变的。在生态系统中,一定的群落适应于相对适宜的环境。在一个相对稳定的生境中,自然群落向相对适应于生境的群落演变。从原生演替经过次生演替,由简单的群落到复杂的群落。经过演变适应,适应演变,直到相对适应该地区生境的群落,这就是自然群落演替的全过程。

二、作物群落演替

作物群落的组建和演替则是在自然群落演替的基础进行的,并且受着自然因素和社会因素双重的影响。

(一) 作物群落演替因素

1. 自然因素 自然群落演替的3个因素也都是作物群落演替的因素。组建群落而

选配群体必须根据生境条件和群体的特性,特别是群体间的关系。在作物的生境中,每一个自然因素的改变同样会影响群落中的作物种类,人们总是选择比较适宜的作物。在作物群落的演替中,不管是增加新群体或是减少老群体,都是改变了群落的组分,而产生新群落。自然群落的演替因素对作物群落演替都起同样的作用。

2. 社会因素 作物群落是由人工组建和演替的群落。毕竟与自然群落不同。人的主观能动性改变着生境,也改变着群落及其组分。河南省内黄县在盐碱地上兴修水利,发展麦棉套种群落,如今已成为该省重点产棉县。在云南省试验的胶茶药群落,已在海南岛大面积推广。培育和引种新品种加入作物群落和组建全新的群落,都是人的意志在起作用。从某种意义上讲,社会因素,尤其是社会的经济因素成为作物群落演替的主导因素。

(二) 作物群落演替类型

作物群落的演替类型可分为局部演替和全部演替。

1. 局部演替 这是群落内部个别群体更换而导致群落组分改变的演替类型。某种群落模式,仍有一定种植价值,而只更换部分群体,使产量或产值提高,可进行这种演替。例如大蒜棉花西瓜群落,更换大蒜为小麦而成小麦棉花西瓜群落;或者把西瓜更换为甜瓜,则变成小麦棉花甜瓜群落。局部演替也像复种一样分套种演替和接茬演替。前者是群落中的某一群体尚未收获即将另一个群体套种其中,例如在小麦玉米大豆群落中,将大豆更换为花生,套种于麦行内,而演替为小麦玉米花生群落。这种方式对于更换的作物提早成熟有一定的效果。接茬演替为群落中的某一群体收获后接茬种植另一种群体。如在小麦玉米大豆群落中,小麦收后接茬种花生。

2. 全部演替 这是把群落中的群体全部更换为另一些群体的演替类型。在生态条件变化较大,如果水利条件和土地条件等得到改善,原来群落中的低产的群体全部更换为高产群体。例如旱薄地实行的谷子绿豆间作群落,更换为玉米大豆间作群落,甚至为小麦玉米大豆间作套作群落。原来的粮区,新规划为菜区,整个作物种类都不相同,群体与原来粮区的群体都不同了,新群体组成新群落。例如,小麦玉米套种群落都消失了,代之为洋葱菠菜群落和芹菜萝卜群落等。此外,遇到特大的洪水泛滥或流沙侵袭等自然灾害等,良田遭到破坏,也要完全改变原来的群落。

(三) 作物群落演替的方向

在某一特定地域内,从原生演替,经次生演替到相对稳定的群落的出现,在没有特殊的因素再引起次生演替时,群落将维持相当长的时期,这是天然群落演替阶段。在人类开发后,群落开始转向作物群落演替。演替的方向受人的意志所左右,在小农经济的情况下,以生活为主,“以粮为纲”自给自足,求得温饱,作物群落向高产再高产的模式演变。在市场经济的时期,以经济效益为目的,以市场为导向,作物群落演变的方向照着优质高产高效的群落发展。今后,社会经济的发展仍然还要支配着作物群落的演替方向。

第七节 作物群落育种

在西汉古农书《汜胜之书十八篇》中曾记载有“每亩以黍稷子各三升合种之”，“又可种小豆于瓜中”。前一句“合种之”即混合种植2种作物，在耕作学中称为混作。后一句“种小豆于瓜中”说明豆瓜套作。2种方式都是把2种或多种作物群体组合在一起；实际上，混作和套作是作物群落的2种植方式。种植一种作物称为单作，不会有混作和套种。可见作物群落在我国有2000多年的历史。在作物群落混作、套作时，一定要选择相当的作物类型种植，按理说原始的作物群落的群体选育在这时也就开始进行了。并且，以后历代也不断为作物群落的混作、间作和套种选配相宜品种，例如中国农业科学院棉花研究所曾为小麦棉花群落套种培育了“中育10号”低秆晚播小麦和“中棉所45号”丰产早熟棉花；山东省的作物育种工作者也为小麦玉米大豆群落选配了泰山1号小麦、丹玉6号玉米和东解1号大豆良种。不过，人们并没有认识到这就是作物群落育种。

作物群落育种是利用自然和人为的遗传和变异，为作物群落培育优良品种。作物群落的品种实际上是群落内的群体的品种，它不仅具有群体单独存在时的优良性状，而还具有适应在群落中生长的特点。首先各群体品种间要和谐，具有相利性状，避免相害性状，其次它们的生态适应性要大同小异，特别是都能适应群落的内生境。所以群落优良品种的内涵更为丰富。作物群落育种凭借变异性，创造其中群体的新的性状，培育优良新品种，再通过遗传性传给后代，在生产上发挥增产增效的作用。

作物群落育种的任务在于研究和应用作物群落育种的理论和技术，培育作物群落内多个群体的优良品种，繁育并提供充足的标准化种子。作物群落育种与群体育种不同，它将涉及多个群体的新品种，比较复杂，难度大，水平高。在这里提出品种集的概念。一般作物育种是从个体开始，进行单株选择、杂交和诱变等技术，选出优异的单株，育成品种，再参加比较试验，确定为品种。它们都是以优良品种个体群的形式出现而应用于生产的。品种个体群是每一个作物品种的个体的集合体。例如创世界单产最高纪录的超级稻“协优107号”品种个体群^[20]和夏玉米“登海超试1号”品种个体群^[45]。古今中外所推广的品种都是品种个体群。培育作物品种个体群属于作物群体育种的工作。许多作物品种个体群则构成品种集。品种集是2种或2种以上的不同作物品种个体群的集合体。例如，大蒜白菜棉花西瓜群落的宋城大蒜、山东4号大白菜、中棉所12号棉花、郑杂5号西瓜品种集。培育品种集则是作物群落育种的任务。这是作物育种的一项崭新的工作。作物育种按对象可分为个体育种、群体育种和群落育种。作物个体育种是采用单株选择、杂交和诱变作物个体，产生变异单株或直接应用或繁育成品种个体群，在生产上推广。它的任务是培育作物品种优良单株。作物群体育种是采用混合选育和杂种优势利用等方法，培育作物群体。它的任务是培育优良的品种个体群。作物群落育种是采用先进的育种技术，选育有特殊性状的单株及其群体，组成多个相适应的品种个体群。它的任务是培育作物群落的优良品种集。品种集的特性表现在形态上的互补性，生理上

的协调性和生态上的同一性。作物群落育种的目标是作物群落高产、优质、高效、和谐。高产是作物育种的首要目标,群体育种和群落育种都要求高产,前者的目的是一种作物高产;后者是多种作物高产,要求高,困难大。优质也是作物育种的总目标之一。群落育种与群体育种也都要求优质。它们的不同之处,在于如何利用群落中群体互相有利的性状以提高各群体产品的质量。例如培育群体植株高低、喜光耐阴、喜湿耐旱等性状,改善群落内生境的条件,以提高质量。高效包括经济高效和生态高效两方面。群体育种提高作物经济效益,主要靠优质,品种优质,价格高,成本低,经济效益自然就高。群落育种就不同了,不仅靠各群体本身优质,而且在群落中组合高价作物如瓜、藻、药等更能提高群落的整体经济效益,甚之达到超高效。和谐是作物群落育种所特有的目标。作物群落和谐包括群体和谐和环境和谐,前者是指群体互利互惠,伴生相处;后者是指群落与环境相适应。作物群落育种必须通过有效的育种技术,培育相应的性状,以达到上述高产、优质、高效、和谐的目标。其他如作物群落的理论和试验方法都有其特殊性及其需要研究的内容,值得开展深入探讨。

作物群落育种学是研究、培育和繁育作物群落品种集的理论 and 技术的科学。这是一门正在孕育着的作物群落领域中的分支学科。随着本书的编写和出版,在深入进行研究和大力开展新品种集选育的基础上,广泛收集和积累资料,到一定时期,这门学科及其下属学科将会相继建立,丰富作物科学的内容。

第三章 作物群落的种质资源

作物的种质资源是指决定作物遗传性状的基因资源。它们广泛存在于各种作物品种中和野生植物种类中,成为作物育种的必需的基本材料。作物育种工作实质上就是利用种质资源的有用的基因,组合成为品种的基因组。缺少种质资源,育种工作就无法开展。因此,收集、研究、保存和利用作物的种质资源具有非常重要的意义。

一、种质资源的收集和研究

作物种质资源的考察和收集是作物育种的基础工作。需要成立专门机构,有目的、有计划地进行。首先对现有的品种资源收集和研究,掌握它们所具有的、有价值的基因。不仅如此,还要开展野生植物资源考察。野生植物是一个极其广泛而又多种多样的“基因库”。它包含有作物所欠缺的有价值的种质资源。例如,具有林下耐阴性和对不良环境条件下的抗逆、抗病和抗虫等特性的植物。根据需要,应有选择的收集并加以研究。近几年,我国不少专门机构在这方面做了一些卓有成效的工作。云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所考察 8 年野生稻资源,发现一个普通野生稻自然分布点,2 个药用野生稻分布点和 10 个疣粒野生稻分布点,保存了近 50 个生态居群野生稻的材料,为水稻育种工作创造条件。

在考察和收集到植物种质资源样本的同时,应认真整理分类和研究,必要时还要种植,进行田间考察、鉴定和记载它们的形态特征、生理特性和生态特点。要注意有用的特殊性状和互补性状,特别是认为有突破性的材料,决不可忽略放过。必要时,还可在人为的条件下,分别进行控制试验,如分期播种、日照长短和光照度处理以及病害接种和害虫饲养等,并进行室内分析,通过仪器,测定其准确的质量性状和数量性状,最后将所有材料系统分析,综合评定,详细描述,编号登记,编制种质资源档案,输入电脑,建立网站,贮存交流,以备科学研究查阅利用。

二、种质资源的保存和利用

作物种质资源是祖国宝贵的财富,在收集和整理之后,必须安全妥善保存,并且不断增加样本数量,保持其生活力和繁殖力。

(一) 贮藏保存

对于种质资源的贮藏保存,首先要建立完善的种子库,使种子处在代谢作用最低限

度的环境之中。在低温、干燥和黑暗的条件下,适当密封。据统计,目前全球共有 1400 个种子库。美国的国家种子贮藏实验室温度为 4℃,相对湿度为 32%,贮藏样本 50 万份以上。日本平冢市低温种子贮藏管理室的温度为 -1℃,相对湿度 30%,贮藏 2 万多份材料,估计小麦可保存 35 年,水稻 160 年。我国新疆农业科学院的贮藏试验结果,水稻可保存 11 年,小麦可保存 18~19 年之久。根据最近信息,在挪威北冰洋斯瓦尔巴群岛建成并正式启用的国际种子库,可容纳贮存 450 万份种子样本,成为世界上最大的、最安全的作物基因资源库。以上种子库对于多样性作物种质资源保存和作物育种具有稳固的保障作用。

(二) 种植保存

种植保存是通过种植繁殖和扩大种质资源的数量和提高其生活力。长期贮藏的材料,会因为利用而减少。所以,每隔一定的年限进行种植繁殖。自花授粉作物如水稻和小麦等,要避免机械混杂,保证纯度和品质。异花授粉作物如玉米和大麻等不仅要防止机械混杂,而且要避免串粉杂交。除扩大种植的面积和加设隔离区,还有进行套袋自交,严格保纯。

(三) 种质资源的利用

种质资源的研究和保存是为了利用。对外公开,发挥最大的作用,为科学研究作贡献。

种质资源可以直接利用,例如收集到的野生药用植物,直接种植生产有用药材。重要地用于培育新种和新品种。作物品种资源可以用于杂交育种,许多优良品种就是这样产生的。野生种质资源可以采用物理育种方法如辐射处理和化学育种方法,特别是开展分子育种技术,把优良性状的目的基因标记分离、转移、合成、重组 DNA 分子,建立无性繁殖,使种质资源在生产上发挥应有的作用。

第四章 作物群落育种的理论依据

作物群落育种学是一门理论性较强的应用科学,与一些相关的学科有着密切的关系。在研究群落育种的理论和进行新品种培育时,需要一些基础理论作指导。除了高等数学、植物学、农业气象学、土壤学和作物栽培学等科学之外,还需要掌握系统论、进化论和遗传学等基础理论知识,以展开作物群落育种工作。

第一节 系统论

20 世纪 20 年代,奥地利生物学家贝塔朗菲(L. V. Bertalanffy)提出系统(system)的概念,“系统可以定义为相互关联的元素的集”^[26]。我国学者钱学森定义系统为“由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合的具有特定功能的有机整体”^[27]。从哲学上理解,系统是由元素组成的,相对于环境的整体,是事物表现的一种形式,它的外延是整体,内涵是元素,即各代子系统(subsystem)。没有环境无所为系统,没有组成元素,作为整体的系统也不存在。系统论是研究系统的结构、功能和运动规律的科学。结构是系统内部各要素相互联结的方式,包括组分结构、空间结构和时间结构。功能是系统对其内部和外部所发挥的作用。在系统中,存在着集合效应(E),因此,系统的功能(W)不一定等于其各元素独立存在时的功能(P)之和,^[28]即:

$$W \leq \sum P_i$$

或

$$W = \sum P_i + E \quad (4-1)$$

这就是系统功能不定等原理,借此可以计算或预测系统的功能。由于系统内部各元素并非绝对静止不变,所处环境条件也不完全相同,所以元素集合在一起产生的系统功能与其单独存在时的功能在质量异同和数量多少方面不一定相等。元素在系统中相辅或相克,所产生的集合效应具有不确定性。系统的内耗大于内增,则系统功能小于元素之和;当内耗小于内增,则系统功能大于元素功能之和;当内耗等于内增时,或无内耗和内增的情况下,系统功能和元素功能之和相等。应用这一原理调控集合效应值,以达到系统的目的和满足生活和生产需要。生态系统是由非生物与生物共同组成。物质特别是营养物质,从环境系统,流向生物系统,通过合成,转化和分解,进行生物的生化生理作

用,促进生物的生长发育,完成生命活动,以及繁殖后代的全过程。生物在繁殖过程中,遗传物质的结构及其遗传方式构成遗传系统。作物群落遗传育种是在系统中进行的,不仅受系统的支配,而且遵循系统的规律,以完成育种任务。

作物分类系统包括界、门、纲、目、科、属、种、类型、品种。作物属栽培植物,它的分类服从于植物分类系统,并且在实际应用中,需要增添品种(cultivar)的阶元。1980年国际栽培植物命名法对品种的定义为:“国际通用术语‘品种’表示栽培植物的一种集合,这种栽培植物可以通过任何一种特性(形态学的、生态学的、细胞学的、化学的或其他方面的)能明显地区分,而且它们在繁殖时(有性或无性)保留那些可区分的特性。品种(缩写为CV)只用在栽培植物上,是人类经过长期培育选择而形成的类型,其经济性状及生物学特性符合人类需要。”^[29]作物品种是在一定的生态和经济条件下,人为作物分类系统的基本阶元。

培育某种作物的新品种是作物群体育种的基本任务。培育作物群落中的多种群体的新品种是作物群落育种的特定任务。运用系统论的层次进化理论,结构和功能的关系,特别是功能不定等原理,对于指导作物群落育种具有重要的意义。

“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的方法”。这是钱学森给系统工程所下的定义。系统工程属于管理技术。它不仅有规划和设计的软件部分而且还要研究、试验、制造和使用等硬件部分。两者都是工程所不可缺少的。从实际意义上讲,硬件对于完成工程具有决定的意义。作物群落育种是一项软件和硬件相结合系统工程。

凡处理系统的事务都是系统工程的内容。系统是事务的表现形式。各种事务管理(包括软件和硬件部分)共同构成各类具体的系统工程,例如工程体系的工程系统工程、经济部门的经济系统工程、军事部门的军事系统工程、生物科学的生物系统工程。事无大小只要把它作为一个系统,按系统科学思想、理论、方法和程序组织管理都构成系统工程,譬如大的农业系统工程,小的基因工程。按照这样的思路,组织管理作物群落育种系统的规划、设计、研究、培育、试验和使用,把有关的育种系统工程如“三系”育种、细胞工程和基因工程等组合在一起,发挥整合效应,将使作物品种培育工作出现一个新的局面。

第二节 进化论

物质是由基本粒子、原子和分子构成,从低分子到高分子,产生了核酸和蛋白质,出现了原核生物如噬菌体和病毒。以后发展到真核生物,由单细胞生物到多细胞生物;一方面产生叶绿素,进行光合作用自造有机养料,成为绿色植物;另一方面无叶绿素,不能自养,而攫取其他生物的养料,成为异养的动物。从此生物朝着2个方向继续进化。分别产生自己的新种和新类型,繁殖自己的进化着的后代。到目前为止,在陆生的环境中,植物演变成高等显花植物;动物演变成高级的人类,这是生物进化的全过程。如此生物进化理论经过许多进化论的前驱倡导和发展。拉马克(J. B. Lamarck, 1744—1829)反对

神创论和突变论的观点,提出生物由低级到高级的进化思想。拉马克在《动物学的哲学》中,承认生命是连续的,认为有机体依照它们的结构的复杂程度排成阶梯,在较低的阶梯上排列着结构简单的有机体,而在较高的阶梯上则是较复杂的有机体。把动植物化石作为现代生物祖先的证据。一改林奈(C. Linne, 1707—1778)由高级到低级的顺序为由低级到高级的顺序进行动物分类,驳斥某些不变观点,反对神创论以及居维叶(G. Cuvier, 1769—1832)的“灾变论”,为进化论的创立和发展铺平了道路。达尔文(Ch. Darmin, 1809—1882)用大量的事实证明进化论的正确性,提出“自然选择”和“人工选择学说”。达尔文在《物种起源》^[30]中写到,“有利于任何生物的变异确实发生,则具有此等性状的个体将在生存斗争中有最好的机会得以保存;并且根据坚强的遗传原理,它们将会产生具有相似性质的后代。此项保存原理或适者生存,我称它为自然选择”。“自然选择的作用仅在于保存和积累每一个对生物有利的微小遗传变异。”并进一步阐明“每种生物产生的个数,远超过其所能生存的个数,所以常引起生存斗争,于是生物的任何变异性质,不论其如何微小,只要是在复杂的和殊异的生活条件下,有利于它本身的,即将有较佳的生存机会,因而它就自然地选择了。”“一种植物只有在多数个体能够共同生存的优异生活条件下,才能生存而不至于完全灭绝。”在《物种起源》中他还说:“我们不能假定所有动物品种都是突然产生的,……它们是人类用选择的方法积累变异的结果。”“自然给予不断地变异,人类却对着和自己有利的方向,使积累增进;这样,可以说人类是在造成对自己有用的品种。”“人类只为了自己的利益而选择,‘自然’只为了被它保护的生物本身利益而选择。”达尔文明确阐明自然选择、人工选择和品种起源的理论,对于作物育种具有指导性的作用。达尔文之后,又有魏斯曼(A. Weismann, 1834—1914)提出“种质连续论”,狄·弗里斯(H. De Vries,)的“突变学说”和约翰生(W. L. Johansson, 1859—1927)的“纯系学说”,他们并与摩尔根(T. H. Morgan, 1866—1945)等创立基因理论,共同丰富了生物进化论。

进化论阐明生物发生、发展和形成新种和新品种的理论和方法。对作物群落育种具有重要的指导意义。

第三节 遗传学

生物和非生物的区别之一,在于是否具有繁殖的能力以及遗传和变异的功能。遗传(heredity)是生物的“性状由亲代向子代传递的现象”^[31]。它是生物个体发育和系统进化的基础。没有遗传,生物就不能保留既有的性状。变异(variation)是生物的“亲代与子代间或群体内不同个体间基因型或表型的差异”^[31]。变异结合选择,作物才能适应不断变化着的外界环境。它是生物由低级到高级发展的原因之一。没有变异生物将永远停留在一个水平上,不会产生新性状,便没有进化。遗传和变异是生物进化过程的一对矛盾,是进化的动力。

具体来说,生物的遗传和变异指的是生物性状保持和改变。作物具有生物所共有的

遗传和变异的特性。性状(character)就是生物体的任何可以鉴别的表型特征。生物体所表现的性状可分为单位性状(unit character)和相对性状(relative character)。也就是先按性状分出不同的项目,如豌豆的花色和种皮光皱等,再在各项目内分出不同的表现,如花色分红花和白花,种子分光皮和皱皮等。按性状在子代表现与否又分为显性性状(dominant character)和隐性性状(recessive character)。前者是显性等位基因支配的,在子代表现出来的性状;后者是被显性等位基因掩盖而未呈现的性状。根据性状的连续性分为数量性状和质量性状。前者表现为可计算的相连续的数目,如高度和产量等;后者则各性状间区别明显,不存在中间型,如托叶或苞叶有无等。在群落中的群体尚存在着特有的性状,按其相互作用分为相利性状,如根瘤固氮和株低增光等,也有相害性状如争肥争水和致病招虫等。确定和分析作物不同性质的性状,对于作物育种,特别是群落育种具有十分重要的意义。

了解和阐明生物性状及其遗传和变异,需要从生物的微观结构开始。细胞是生物的基本结构单位。其细胞核是它的中心组成部分,对于指导细胞发育和控制性状遗传起着主导作用。核内存在着能为碱性染料着色,因而被称为染色质的网状物。当细胞分裂时,染色质集聚成一定形态结构和数目的、具有自我复制能力的染色体(chromosome)。它由蛋白质和核酸(nucleic acid)构成,其中核酸包括大量的脱氧核糖核酸(DNA)和少量的核糖核酸(RNA)。脱氧核糖核酸(图4-1)是由4种碱基(A. G. T. C)与脱氧核糖和磷酸结合成的多种核苷酸(nucleotide),而且表现为螺旋梯状结构的生物高分子。如果用酶把DNA水解,可以得到4种核苷酸,每个核苷酸分别由一种碱基、一个脱氧核糖和一个磷酸分子所组成。所以DNA实际上是脱氧核苷酸的成螺旋链序列的多聚体^[32]。目前已能用化学的方法,把化学元素人工合成DNA。随着研究的深入,进一步知道在DNA上,存在着特定遗传信息

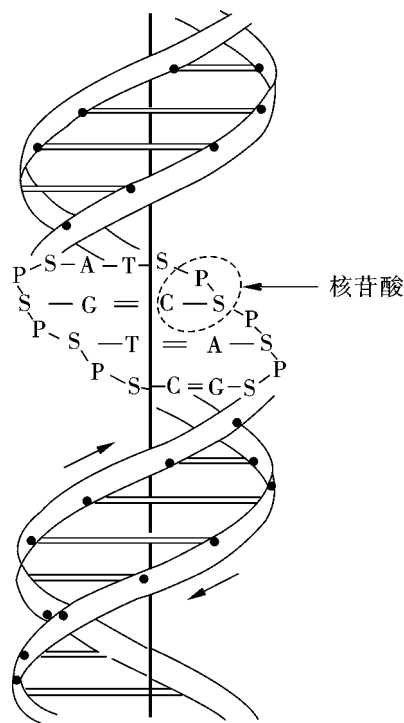


图4-1 Watson-Crick DNA 结构

P. 磷酸 S. 糖 A. 腺嘌呤 T. 胸腺嘧啶 G. 鸟嘌呤

C. 胞嘧啶(横线代表碱基对之间的氢键)

的一段核苷酸序列,成为决定生物性状的遗传物质的基本功能单位,这就是基因(gene)。一般基因平均含500~1500个核苷酸。每个基因在染色体上都有自己的基因座(locus)。凡是在同源染色体上占据同位点的基因称为等位基因(allele)。在杂合体的2个不同的等位基因中,表现其性状的基因为显性基因(dominant gene),不表现其性状的为隐性基因(recessive gene)。根据功能,基因分为两大类:决定各种蛋白质的合成者称为

结构基因(structural gene);调节结构基因的活动者称控制基因(controlling gene),它们共同作用而操纵和控制着生物体内的蛋白质生成的种类、数量和速度。追根究底,基因是自我复制,繁殖后代和生长发育等生物功能的遗传变异的物质基础。遗传学是研究生物遗传和变异的科学,涉及新种和新品种形成的机制。它是作物群落育种的理论基础。1856—1864年,孟德尔(G. J. Mendel, 1822—1884)开创性地进行豌豆杂交试验,提出生物性状遗传的分离规律和独立分配规律,“被认为是遗传学建立和开始发展。”随着研究的不断深入,突变学说、纯系学说、种质论和连锁遗传规律相继提出,丰富遗传的理论。特别是DNA分子结构模式理论和中心法则的发表,为分子遗传学的建立创造了条件。并且细胞学与遗传学相结合,产生了细胞遗传学;数学与遗传学相结合产生了群体遗传学;计算机在遗传学的应用,促进了数量遗传学的诞生,此外还有生化遗传学、辐射遗传学和进化遗传学。这些交叉科学共同成为作物群落育种的理论基础。

第四节 生态学

生态学是研究生物与其环境关系的科学。生物系统与环境系统构成生态系统,成为生态学重要内容。生物系统大体包括微生物、植物和动物。作物狭义地是指农作物。它由粒子、原子、分子、细胞、组织、器官、作物个体、作物群体和作物群落集合层次构成,是一个完整的作物系统。其中只有个体、群体和群落能够独立存在,作物群落是作物系统存在的最高层次。它与环境有着密不可分的关系。

环境因子包括气候、土壤、地理、生物以及人为的因子,其中光、热、水、肥、气、土等是作物生长发育所需要的生存条件。没有这些条件,作物就不能正常生活,丰产将是一句空话。并且这些条件对于作物所需来说,都有一定限度,超过这一限度作物就不能生存。谢尔福德(V. E. Shelford)提出耐性定律(law of tolerance),“对于具体生物来说,各种生态因子都存在着一个生物学的上限和下限,它们之间的幅度就是该生物对某一生态因子的耐性范围。”在耐性范围内还存在着最适范围,超出最适范围则作物生长不良。不仅如此,以上条件还可以改变作物的遗传性,作为培育新品种的手段,现在生态育种技术已在生产中广泛应用。培育耐阴作物品种,可以在光照度弱的情况下,选育补偿点和饱和点小的植株。可以在寒冷的条件下,选择抗寒的植株。也可以在旱薄地上,选育耐旱耐瘠的品种。广东省农业科学院进行水稻高光效育种,育成早籼良种“叶青伦”。上海市农业科学院筛选出耐冷的粳稻良种“寒丰”。生态育种也在其他作物育种上推广应用。

由于作物群落的作物种类增多,与生态环境的关系更加复杂。作物群落育种更要以生态学的理论为指导,特别是研究和遵循作物群落生态学规律、法则和方法,同时培育群落中各群体的、相适应的优良品种集。

第五章 作物群落育种的目标

作物群落育种的目标是在一定的自然和社会条件下,对作物群落选育新品种的优良性状的要求。它关系着育种工作的方向问题。作物群落育种目标不符合作物群落生产的需要或者不全面,必然会影响作物育种的成败。所以,确定育种目标是作物群落育种工作的首要任务。

第一节 作物群落对品种的要求及育种目标

在作物群体育种中,对品种的要求一般是“高产、稳产、抗性强、熟期适当、优质、适应农业机械化”^[33]。这样的要求对于作物群落育种就显得不够了。作物群落是由几个群体组成的,各群体之间存在着明显的差异性和关联性,并且对环境各有一定的要求和相互影响等问题。与群体相比,群落育种目标的项目多,要求高。为了更好地达到群落育种目标,在群体育种的基础上,应分出主要目标和辅助目标,并制定出目标系统(表5-1)及其标准。

表 5-1 作物群落育种目标系统

主要目标														辅助目标															
高产				优质				高效				和谐		适机械		耐储运													
高产形态		高产生理		内在品质	外在品质	加工品质	高经济效	高生态效	相生相利	避害	适管	适收	耐储藏	耐搬运															
高产块根	高产茎	高产叶	高产果	高产种	高光效	低补偿点	节水	高吸收	早熟	高蛋白	高糖	高纤维	外观齐	高强度	高纯度	高产值	低成本	增强抗磷	互利性	偏利	无伤害	少害	生长齐	株紧凑	适熟落粒	抗霉烂	适休眠	耐碰撞	长熟压熟

一般来讲,主要目标是在一定的时期内,对作物群落品种性状的主要要求。当前作物群落的主要目标应是高产、优质、高效、和谐。辅助目标是随时间、地点和条件而变动的,是对作物群落品种的次要要求,如适机械、耐储运等。根据需求和条件,主要目标和辅助目标都可再细分出各级子系统。以逐步达到既定的具体目标。例如,高产可定出具

体高产形态,规定谷类高产茎秆为秆硬秆低,高产子粒为粒多粒重;高产棉铃为铃多铃大,绒长衣分高。在所列作物群落育种目标系统中也可根据具体情况加以取舍增减。

一、主要目标

(一) 高产

人们要求作物产品首先是数量。生活资料和生产原料在数量上有了保证,生活和生产才能提高和发展。在作物群体生产过程中,始终都贯彻着高产的指导思想,选用高产品种,采用高产管理技术,丰产丰收,以高产告终。所以,培育高产品种成为群体育种的主要目标。在作物群落育种中,同样把高产放在首位。育出的新品种要求在一定的面积上比原来种植的老品种增产,也就是在单位面积上取得高产。不仅如此,而且在群体高产的基础上,要求培育的,由几个群体的品种所组成的品种集,周年产量要高,要高产超高产。对于作物群落来说,超高产有两层含义:一是培育的群体品种要超高产如超级稻和超级棉等;二是培育出的高产群体品种在群落中和谐共处、互利互惠,比其单独种植情况下超高产。为此群落育种还需要进一步要求高产形态和高产生理。

1. 高产形态 作物的形态是作物整体及其器官的外部形状表征及空间分布。并且各种作物的收获器官不同,在育种上以其收获器官形态为重点,培育与高产相关的各种优良性状。作物的根是吸收水分、养料和交换气体的器官。土壤中的水分和矿物养料全靠根来吸收,对于作物生长发育和产量高低关系很大。一般要求根系庞大,吸收能力强,特别是收获块根的作物如甘薯和甜菜等。在根部,育种目标应为根大、根重、吸收能力强,获得高产块根。作物茎的功能是支持全体,连接各器官和转运物质。在育种上要求茎秆坚硬,高度适宜。谷类作物茎部育种目标是秆硬、秆低;麻类和甘蔗则要秆硬秆高,含纤维,含糖要高,获得高产茎秆。叶的功能在于进行光合作用,吸收光能,制造有机物,进行空气和水分交换,是作物的主要营养器官,直接影响着作物产量的形成,左右着增产和减产。一般要求叶厚、叶深、叶多、竖叶、寿命长。对于收获叶的作物如烟、茶和剑麻等更要保证品质,获得高产叶。果实是作物生长种子和保护种子的器官。结果多少,其中的种子多少亦与收获子实的作物的产量有关。如单株棉花的铃数和铃重就是棉花子棉产量的重要因素。一般对果实的育种目标要求果多果重。种子是作物有性繁殖的器官;又是许多作物的主产品,即栽培的主要收获物,成为作物育种的目的物。种子生产的多少说明产量水平的高低。高产种子的目标是子多子重,小粒种子以千粒重,大粒种子以百粒重表示种子的大小。并规定了大粒、中粒和小粒的标准,作为产量的重要构成因素。

作物的种类繁多,形态各异,栽培目的和育种要求也不尽相同,应当根据具体情况制定相应的群体育种高产形态标准。这里特别要强调,除了为群落中的群体品种规定的形态标准外,并且在形态上要互补互利,如根系一浅一深,茎秆一高一低,叶一大一小,以便充分利用自然资源。切记不可互相损害,影响产量。

2. 高产生理 作物高产除了具有高产形态之外,在生理方面也要适应高产要求。作物的产量依靠作物光合作用生产有机物质,这就需要作物品种具有高光效的性能。各种

作物的光合速率和光能利用率都不相同。这些生理参数关系着作物生产有机物质的多少。一般 C_4 作物如玉米和高粱等净光合速率比 C_3 作物如小麦和大豆等为高,因而,生物产量都高。所以,群落育种应选 C_4 及光合速率高的作物及其品种。此外,作物利用日光能可以达到 5%,然而,一般作物只利用到 0.5% ~ 1%,吨粮田才达到 1.03%。因此,光能利用率还可提高,增产潜力仍然很大。作物群落育种不仅培育其中群体的高光效品种,而且还要为处于群落下位的群体选育高产优质的光补偿点低的、耐阴的品种,以充分利用群落内生境的弱光条件,增加群落整体产量。因此对于处于群落高位的群体品种要求高光效,对于处于低位的群体品种要求低光补偿点。以充分发挥作物生理功能和生态效应。

作物吸水吸肥的特性各不相同。根系庞大,分布范围深而广,特别是生理吸收性能良好的作物,吸收能力就强,抗旱耐瘠;反之,则弱,适应干旱条件的能力就差。所以吸收能力也是作物高产的因素之一。在作物群落育种中,在要求高吸收的品种的同时,在群体搭配上,也需要培育耐瘠耐旱的品种,以达到和谐共处的目的。

作物的熟性表明其成熟的早晚和成熟期的长短。在群落育种中,一般要求早熟的特性。有时为了接茬轮作和赶季节,产品也需要晚熟的特性,例如蔬菜和瓜类延迟到淡季成熟,以提高产量和增加出售价格。而在群落中有些群体需要晚熟如春播作物,有些需要早熟如夏播、套种和接茬作物,一早一晚,对应互补,充分利用一年中有限的生长期。

(二) 优质

农产品市场要求满足需要的产品数量,特别是要求产品的质量。近几年粮食高产后,对粮食的品质提出了高蛋白、高营养和专用途等要求。同样对棉花要求绒细长和拉力强,能纺高支纱的优质棉。作物的种类不同,它们的用途多种多样,粮食作物食用,棉花用种子纤维、麻类用韧皮纤维、油料作物用其油脂。因此不同用途,对作物品质有不同的要求。作物育种对品种的要求,不仅要超高产,更要优质高值。

作物的品质是指作物产品满足人们使用的质量,是作物产品性质的综合表现。由于作物产品使用价值不同,各种作物各有其具体的品质规定。作物产品的品质可分为内在品质、外在品质和加工品质 3 个方面。内在品质包括糖类、蛋白质、脂肪、矿物质以及纤维素等有用物质的含量等项目。外在品质包括外观、整齐度和饱满度等。加工品质如小麦分为制粉品质和食品制作品质等。此外,还制定了面包、馒头和面条粉专用小麦品种品质项目和标准的规定。纤维作物重视纤维的长度、细度及强度。对油菜的品质目标,不仅要求含油量高,而且芥酸含量低。一般作物品种考种,都把有关品种指标规定的非常具体。例如棉花纤维的长度、细度和整齐度;烟叶的叶片厚薄,组织细致与粗糙以及颜色和光泽等,规定的更加严格。随着产量不断提高,优质在育种目标中,愈来愈显得重要了。

作物品质均有一定的标准和测定方法,对于加快培育作物优质品种,创造了必要的条件。在培育作物高产品种的同时,积极开展品质育种,提高作物品种经济效益已成为当前作物育种的重要任务。

(三) 高效

高效指的是作物群落品种的高经济效益、高生态效益和高社会效益。经济效益是指劳动耗费与所取得有用成果比较。它可以用价值评价。一般以产值减去成本所得纯收入即利润表示。经济效益的高低由产量、质量和成本所决定。优质价格高,再加上产量高和成本低,经济效益自然就高。对于群体育种来说培育出一个新品种,它的品质好,其经济效益也随着提高。对于作物群落育种来说,不只是提高品种的品质,而且培育出价格高的作物品种如高档瓜菜等,其经济效益超高效的意义就更大。产值高只是高经济效益的一个方面。在产值提高的同时,并降低成本,经济效益才能真正提高。因此,在培育优质品种的同时,应培育省工、低耗的性状,经济效益将会更高。许多作物收获物都不相同,用产量相比不能说明问题,譬如小麦收获子粒、棉花收获皮棉、烟草收获烟叶,它们产量的多少就没有可比性。这时用群落整体经济效益,用纯收入就可比出高低。高经济效益对于作物群落具有特殊的意义。

生态效益指的是对生态环境的改善、利用和适应的效果。作物群体育种可以培育高光效品种和具有固氮和释磷能力的品种,以扩大利用日光能、空气中氮素以及土壤中不可给态的磷素,例如与根瘤菌和蓝藻共生固氮以及分泌有机酸释磷的品种。培育对恶劣环境条件的适应、忍耐和抗逆的强抗性品种,例如抗虫、抗病、抗旱和耐寒品种。对于作物群落育种就不仅如此,它还要培育群体彼此相和谐的品种集,发挥生物资源的内在潜力,提高群落的整体产量,例如培育高秆阳性品种和低秆阴性品种,种在一起,以增加阳性作物的受光强度和时间;高秆作物又为阴性作物遮阴,充分利用日光能。这也是群落育种比群体育种优异的特点之一。

社会效益通常是指满足社会需求,提高人民福利的效果。主要包括人民的基本生活资料、公共事业、国家和集体利益等。培育高产粮食作物品种、增产粮食,保证人民口粮。增产优质作物品种,提供给国家工业原料,生产高档产品,增加税收和外汇,例如最近培育出含锌丰富的“中麦 175 号”和营养价值高的“北京 0045 号”,为食品工业提供特异的原料。培育特殊用途的作物新种和新品种,在满足工业上的特殊需要的同时,增加农民的收入,改善生活,提高文化、科技水平和整体素质,对于小康社会建设亦有重大意义。

高效是作物群落育种的重要目标。不仅群体育种不可忽视,而且要在群落育种中特别加以强调。高效不仅是群落生产的最终目的,而且应作为群落育种主要目标的重点之重,中心之中。只有达到高效,群落品种集的利用价值方大,推广面积才广。

(四) 和谐

作物群落和谐指的是群落中各群体的品种融洽,适应环境,技术配合,伴生共处的状态。在作物群体育种中,对个体要求形态整齐一致,植株紧凑,便于合理密植。在群落育种中,把群体之间和谐作为育种的重要目标,对品种提出更高的要求。这是群落育种与群体育种的最大区别。

1. 品种融洽 作物群落内各群体品种间的关系,存在着正负相互作用。正相互作用包括彼此互利和偏利;负相互作用包括竞争生存空间和生活资源,甚至分泌物质伤害对

方,也分互害和偏害。在群落育种中要培育有正相互作用的品种。在形态上和生理上互利互惠,能够充分利用空间、时间和生活资源。例如,在形态上,“根系一深一浅,茎秆一高一低,叶一宽一窄,株型一大一小”,能够对应互补,分别利用群落内上下、前后、左右,全方位的光热水肥气等自然资源。在生理上,也要配合恰当,生长期一长一短,一前一后;生长发育一快一慢;光饱和点及补偿点一高一低、一阳一阴;蒸腾系数一大一小,需水量一多一少,能够适生适熟,平衡协调。否则品种间相争相害,矛盾迭出,各群体都生长不好,群落整体产量和品质相应的均受到影响。

2. 适应环境 群落的品种对环境的生态适应性要大同小异,也就是在大环境大体相同的基础上,在小环境内以及适应环境的程度上又有差异,这样才能共处在同一环境之中。不然,大环境不同,它们不可能生长在一起,如东北的亚麻与南方的甘蔗,它们对温度和光照大不相同,所以,根本就种不到一起。另一方面如果小环境也完全相同,特别对环境条件适应的程度没有差异,则它们生长在一起,就会发生争夺生活资源的现象。在一个稳定的环境内,生态位完全相同的物种,不能经久地共存在一起,竞争力弱的一方将被强者所排斥。所以,培育在同一环境中生态适应性大同小异的品种集亦是群落育种的目标。

3. 技术配合 群落的管理技术比起群体要复杂得多。在品种融洽和适应环境的情况下,还得各项技术措施得当,不仅不能相互干扰,最好能够互补,互相配合。例如小麦棉花群落在麦棉伴生期,棉苗需光喜温怕涝,而小麦需水需肥。如何同时满足两者对灌水施肥的技术要求呢?河南省新乡市农民用高低畦整地,小麦种低畦,棉花种高畦,以减轻棉苗受小麦遮光的影响和浇麦淹棉的问题。如果进一步培育耐阴抗低温,抗病病的棉花品种和早熟低秆的小麦品种,将会补充技术措施的不足。再如为了解决麦棉伴生期较长,培育根茎容易发芽生根的棉花品种,以利育苗育根,移栽扦插,提前现蕾,早发育,早吐絮,多收花;并且能解决棉花收获迟,耽误种麦的问题。同时,在育种上,应培育早熟棉花和晚播小麦,以配合棉花收获和小麦播种的衔接。

二、辅助目标

作物群落育种的辅助目标是为了保证主体目标而提出的。如机械化和耐贮运以及一些特殊的要求。

(一) 适应机械化

作物群落生产要在同块地上种植几个作物群体,是比种植单一群体费工费事,并且机械化作业也较困难,容易损伤植株。因此,机械化成为群落生产一个思想障碍。

解决这个问题,从两方面着手。一方面,进行群落生产,应当千方百计地研发适合群落生产的农机具,如高地隙小型机车及其配套农具,这方面长江流域棉区已做出了成绩。另一方面,作物群落育种工作,也应主动配合机械化作业。广泛收集种质资源,采取有效技术,积极培育株型便于机械作业,适管适收的机械化品种。

(二)耐储运

我国改革开放以来,在商品经济支配下,农业生产,特别是作物群落生产,要想达到高产超高产和提高经济效益,必须扩大市场,走出产地,走出国门。因此,农产品耐储运的育种目标,也就提到日程上来了。

耐储藏是指农产品收获后长久储藏,不降质不变坏。这是作为商品的很重要的条件。耐储藏一方面延长收获物的休眠期,另一方面能够抵抗微生物感染。这些都是对品种的新要求。

耐运输是指农产品长途运输,不损伤,不降质。这就要求农产品有一定硬度,有一定的耐磨性,例如农产品内部质地坚韧,种皮或果皮耐磨富弹性。在培育良种时,应注意增添这些特性。

培育的群落品种的收获物能够耐储运,可以长久储藏,长途转运,才能满足广大市场的需要。

在农作物产品中,一般都能满足耐贮运的要求。然而在作物群落生产中,为了充分利用环境资源和显著地提高经济效益,往往组合一些蔬菜和瓜类作物。例如菜蒜棉瓜群落的品种集,就需要大蒜和大白菜休眠期要长,甜瓜和西瓜,耐压耐磨。1979 年我国应用转基因技术,已培育出耐储存的番茄,并被批准商品化生产。

第二节 作物群落育种目标的制订

作物群落育种目标的制订是育种工作的首要任务。目标制定的好才能顺利地培育出当地适宜的品种集。不然,多年劳动投资,辛苦工作可能会返工重作。

一、一般原则

(一)服从国民经济需要

作物群落育种属于农业生产,它的最终目的是培育良种,取得高产、优质、高效、和谐的群落品种集,提供群落生产的良种,生产社会的生活和生产资料。所制定作物群落育种目标,首先符合当地农业生产的,特别是作物生产的中心任务,服从当前国家经济建设需要,并且还要照顾到国家经济发展前景。在新中国成立初期,作物生产水平不高,当时需要充足的作物产品数量,所以高产稳产成为作物育种的主要目标。当前,我国作物生产水平空前提高,一些作物单产如水稻和棉花,打破世界纪录,有的也在世界前列。在继续提高单产,高产再高产,超高产的同时,应当以优质高效为主攻目标,一方面提高作物产品品质,一方面降低成本,增值增效,全面提高经济、生态和社会的综合效益。

(二) 符合自然和社会条件

作物和环境是相适应的。优良品种只有在其适应地区才能发挥增产作用。20 世纪 50 年代,河南省大口麦,高产优质,引种到广州,大面积减产。20 世纪中后期,河南省推广小麦棉花群落套种先进技术,原来小麦为冬性品种,需要 10 月播种,而棉花晚熟,耽误小麦适时播种,生产上缺少早熟棉花和晚播小麦品种成为当时棉区的主要矛盾。为了解决这一问题,育种工作者制订早熟丰产棉花和晚播丰产春性小麦育种目标,经过共同努力,培育成中棉所 19 号、豫棉 10 号中早熟棉花和中育 4 号、开选 701 号等春性小麦良种,促进小麦棉花群落推广全省,辐射黄河流域棉区。

(三) 照顾品种集和谐

群体育种常遵循品种搭配的原则,为一个地区培育一批适合不同条件的多种类型的品种,以防意外情况发生,确保生产安全。群落育种不但如此,更要培育一套适宜的品种集,使群落各群体品种配套,并能互惠互利,和谐共处。

二、制订育种目标的程序

制定育种目标应本着以下原则,有步骤地进行。

(一) 调查和研究基本情况

在制定目标以前,对当地的基本情况进行调查。首先收集气候和土壤资料和数据,作物特别是所培育作物的生产历史和品种演变过程以及社会经济、农情民情和风俗习惯。其次研究分析基本情况,得出结论,作为制订育种目标的依据。

(二) 确定育种目标

根据调查研所得出的结论,制定初步的育种目标,征求当地群众和农业工作者的意见,反复修改,方可确定。

(三) 实施调整

育种目标既经确定应努力实现,切不可轻易改变。然而在育种工作进行过程,或达到目标之后,农业生产确实发生较大变化,也可根据新情况,适当加以调整,甚至重新制定新的育种目标。

第六章 作物群落育种技术

作物群落品种集的选育概括起来有 3 类方法:一种是物理方法,利用物理因素诱变育种,如电离辐射和航天育种等;一种是化学方法,利用化学因素诱变育种,如化学诱变剂处理。再一种是生物方法,利用生物因素进行育种,如杂交技术和转基因技术。以上方法以生物方法应用最为普遍,并且取得了巨大的成就。在这些方法中,适用于群落育种的技术计有引种、系统育种、杂交育种、诱变育种、航天育种、细胞工程、染色体工程和基因工程。

第一节 引种技术

引种是指从外地引进新品种,通过适应性试验,从中筛选出有生产价值的品种和品种集而进行推广种植的过程。引种工作,简单易行,事半功倍,特别是对于作物群落生产更具有现实意义。

一、引种材料的收集

引种工作应当深入考察原产地的社会和生态条件,作物品种生产状况。一般应本着生态条件相似性,品种特征特性和群落生产的需要,广泛收集各种品种类型,甚至,在群体育种中,并不一定适合单作群体应用而对群落生产有用的特殊材料更得进行收集、试验和提高。例如低补偿点和低饱和点的单株。材料的收集是一项基本工作。有一定数量的多种多样的样本,才可筛选出适合本地群体栽培的优良品种和群落生产的品种集。

二、检疫消毒

引种的材料往往携带病原、害虫和杂草种子等有害生物,特别是从国外和长距离引种,必须经过检疫部门,严格检疫,对有检疫对象的材料更要经过合法手续,包括登记、检疫、药剂处理、签发证明,确保安全。

经过检疫的材料,在种植试验以前,必须进行播种前种子处理并先在检疫圃,隔离种植,从种到收,认真观察,鉴定记载。如发现有携带的病虫草害,立即采取有效措施,销毁根除,严防繁殖蔓延。在我国,新疆是一个无红铃虫的地区。1954 年,某单位从内地引种

一批有红铃虫的棉种到吐鲁番,政府采取断然措施,种子沿路停放的地方进行消毒,种子、盛种子的用具和库房全部烧毁,成为引种除害的范例。

三、材料选择

为了保证引种材料的种性纯度,必须进行品种选择。首先是去杂去劣,将杂子杂株和不良个体全部淘汰,排除新品种退化变劣的隐患。其次是混合选择。根据在原产地直接观察和品种介绍,掌握引进品种特性,特别是引种的目的性状,确定典型植株,混合选株,作为试验用的标准种植材料。再次是单株选优,进行选拔优株及群落需要的有特殊意义性状的单株,分收分藏,分别繁殖。如有必要,再进行其他育种方法和程序,培育特用的新品种。我国曾种植过的许多作物优良品种如阿夫和阿勃小麦、德字棉和岱字棉以及大金元和佛光烤烟品种,都是引种而来的优良品种。作物群落最初栽培的品种也都是从群体品种中挑选引种的。

四、引种试验

引种试验是一项经常进行的工作。在作物育种工作中所进行的品种观察试验、品种区域试验和品种栽培试验都属于这类研究。目的只有一个,就是为本地区评定出优良的生产上应用的品种来。

(一) 品种观察试验

这是引种的初步试验。收集到的引种材料,经过检疫消毒,材料选择,先在小面积上试种。以当地有代表性的良种作为对照,观察、测定、比较它们的形态特征、生长发育、产量品质、抗逆抗病虫害以及对群落有特殊意义的性状。凡发现符合试验要求的品种,确定入选,留足种子,提供给区域试验,进一步比较评选。

(二) 比较试验和区域试验

对在观察试验中表现优良的品种,进行比较试验,在同地、同时、同试验材料、同试验方法和规定,经过两三年规范的比较试验。试验小区面积适当大些,设置重复,室内分析项目齐备,并经过生物统计计算,取得数据精确可靠的试验结果,选定表现优异的品种,确定几个适宜的地点,进行群落区域试验,以测定其适应地区。凡是在当地表现优异的品种集,得到初步认可,进一步再参加群落栽培试验,以适应生态条件和栽培管理。

(三) 群落栽培试验

在区域试验中表现优良的品种,进行群落栽培试验。一方面继续观察其适应当地条件的状况;另一方面发现问题和适应栽培技术,以配合新品种的特殊需要和探索新的品种集的关键性措施。群落栽培试验应扩大试验区面积,甚至实行大区对此试验。尽量接近大田的条件,特别是要设立用当地品种组成的群落作对照,以便试验成功后,及时应用

推广,尽快在生产上发挥良种的增产作用。

第二节 系统育种技术

系统育种是选择作物优良个体,优中选优,连续选优,从个体到群体,自成一个系统的育种技术。俗称“一粒传”,“一株传”。这是一种有效的、常用的育种方法。通过这一技术培育了不少优良品种,如老来青水稻、中棉所2号棉花和中芝5号芝麻等。

一、系统育种的理论依据

作物的系统育种和引种都属于传统的育种技术,是在生物变异和遗传的理论指导下形成和完善的。

(一) 生物变异学说

生物变异学说是法国学者拉马克建立的。通过大量事实,纠正了林奈的“种不变的理论。”他认为“自然界本身或宇宙中的一切物质都在进行着连续的循环的变异。”当然作物也在不停的变异。关于生物的遗传和变异理论也是达尔文主义的主要内容。达尔文明确指出,动植物的变异性是自然界的自然法则,这种变异性不仅是家畜和农作物所具有,而且是一切野生生物所具有。并归纳变异的原因是生活条件和杂交所致。提出生物变异分为:相关变异、延续变异、用进废退、环境促变。生物发生变异后,才有可能产生新性状、新品种。变异学说为系统育种提供依据。

(二) 纯系学说

纯系学说是丹麦植物学家约翰逊(W. L. Johannsen, 1857—1927)提出来的。这是菜豆试验所得出的结论:①在自然授粉作物群体品种中,通过单株选择可以分离出许多纯系,表明原始品种是纯系混合物,纯系即同一基因型组成的个体群;②从同一纯系内继续选择是无效的,同一纯系的不同个体的基因型是相同的。

纯系学说是自然授粉作物育种的理论之一。它把变异分为遗传的变异和不遗传的变异。植物选择的依据是遗传的变异。这里说明一点,纯系是相对的,变异是绝对的。

二、系统育种的方法和程序

(一) 系统育种的方法

系统育种是从株选开始的。调查和发现优良单株,选留整个单株的种子、单穗或单铃等繁殖器官,进行系统种植,连续选株,最后选出优良性状的品种来。

1. 选株对象 一般以当前生产上应用的良种作为选株的对象。因为这些良种有较多的优良性状,在其高产优质抗逆的基础上,更容易选出好上加好,优中选优的品种来。特别是为群落选育品种,这种方法,从良种中挑选所需要的单株更是一个有效的捷径。譬如小麦棉花群落迫切需要具有晚播特性小麦良种,从郑引1号良种中选出白子类型、适于晚播的开选701号,解决了播种的实际问题。^[33]

2. 选株标准 选株时,以主要目标为标准。首先是高产形态、高产生理和品质优良,在群落中与其他群体品种和谐互补,并具有所需的特殊性状;其次明确要克服的不良性状。一般来说要在综合优良性状的基础上,再求特殊要求的性状。不然,所选良种在生产上推广不开,或者易遭风险。此外,选株要注意生长情况和所处条件,要在生长一致、条件相同的情况下进行,不要在田边、渠边和缺株断垄及条件过优或过差的地方选株,以免被一些假象所蒙蔽。

3. 选株的时间和数量 系统选株要在作物的整个生育期进行,要观察全生长过程的综合表现。并且每一生育时期都有其观察和选择的重点。不然,错过时期就无法补救。每次观察都要编号、标记,最后进行总评入选。

选株数量应根据实际情况,一般数量以多为宜。因为品种的株变条件不大,机会较小,应以量取胜。然而,因条件和能力有限,亦非愈多愈好。少则数十株多则千株,关键是认识水平和经验。慧眼识精英,有时少量植株,也能选出优良品种。

(二) 系统育种的程序

系统育种一般经过选择,株行试验、品系比较试验、区域试验和生产试验,然后参加品种审定。

1. 选择 选择优株是系统育种的基本环节。选择的方法有单株选择法,即从各处随时选择自然变异的优异植株,进行小区试验与对照品种比较,淘汰不良株系,选留优良株系。还有应属于群体育种方法的混合选择法。也就是按照既定的目标,选择一定数量的性状相似的优良个体,混合脱粒,混合种植一个小区内,集体与对照品种比较,从中选出优于对照的良种群体。此种群体混合选择法还可再分为一次混合选择法,即只进行一次性混合选株,第二年就种植比较;另一种是多次混合选择法,如第一次混合选择的个体性状还不够一致,再进行第二次,选择一致植株,除去不良植株,直到群体性状表现基本一致,然后参加小区比较试验。

2. 株行试验 株选的材料,一株一行种植,每9个材料设置一行对照。认真在田间继续观察、测定和比较,详细记载,分收分装;然后进行室内考种,再会同田间观察结果,选取几个,最多几十个优良株行,作为入选品系,参加次年品系比较试验。凡是表现优异的株行,但生长不够一致,尚有分离的现象,可不必淘汰,留待次年再参加株行试验,继续观察。

3. 品系比较试验 品系比较试验是育种工作者取得初步成果的一个环节。选定接近大田生产条件、土地平整、肥力均匀的试验田。每份材料种植一定面积的小区,按规格排列方法,设置重复对照和保护行,以保证试验的准确性。品系比较试验一般进行2年,第一年试验,得出初步结果,第二年重复试验一次,着重一些重要的项目或被忽略的项目

进行观察,并全面验证第一年的材料。这是出优良品系的一年,要求选出1~2个品系参加一定范围的新品种区域试验。同时,凡预见到有希望的品系,立即加大繁殖,以便审定后有足够优质种子推广。

4. 区域试验和生产试验 在一定的地区内,由合法单位组织某种作物的区域试验是对作物新品种评定的有效方式。许多新品种只有在同一条件下公开比较才能确定新品种优劣和适应地区。区域试验是新品种产生的摇篮,必须严格认真、公平合理进行。同时,为了保证新品种推广,在生产上顺利发挥作用,在区域的范围内,进行较大面积生产试验,通过实际考验,客观鉴定,取得认可,以便推广辐射。

5. 品种审定 区域试验的优异新品系,经过生产试验的实际考验,即可申报品种审定机构审定;批准后,定名发证,成为合法正式品种,进入种子市场,推广应用。

第三节 杂交育种技术

杂交育种是利用两性植株进行人工交配、产生杂种的过程,是作物育种常用的、效果较好的方法。新中国成立以来,杂交技术培育并推广的优良的作物品种占作物品种总数的60%以上。以蚂蚱麦和碧玉麦杂交而育成的碧蚂1号小麦,推广面积达600万 hm^2 。^[33]以乌干达4号与邢台6871号杂交而育成的中棉12号,累计推广面积达177.9 hm^2 ,曾是当时全国种植面最大的一个棉花品种。^[34]杂交育种技术运用较为普遍,在于它的效果明显。首先,能够综合重组双亲优良性状;其次,能把特殊的外源性状转移给后代,特别是远缘杂交,可以产生新类型,甚至新种,为作物育种开创新局面。

一、杂交育种的理论依据

作物繁殖分为无性繁殖和有性繁殖。无性繁殖是作物通过营养器官繁殖后代,如根发芽和茎节发芽,产生植株,生长发育。不同植株的根茎也可嫁接,进行繁殖,甚至发生变异。有性繁殖是产生雌雄配子体,再交配产生下一代。有花植物产生雌花和雄花,或者同花中产生雌蕊和雄蕊,由花粉中的2个单位性细胞,一个与2个极核相融,形成3倍体初生胚乳核;一个与卵细胞融合,形成胚,即幼小植物体。这就是指导有性杂交技术的植物双受精理论。

作物杂交后代是多种多样的,它们的性状来自双亲,又不同于双亲。杂种的性状不一定相同于其父本或母本的性状,有的相同,有的不同,多数为亲本的中间型性状。杂种的某些性状与双亲相比有的表现为杂种优势,有的为劣势,也有的无优势和劣势。例如斯字棉4号叶的裂片宽、裂口浅、果枝长、植株塔形、大铃,绒长26~28 mm,衣分32%~34%。鸡脚德字棉,叶的裂片窄、裂口深、果枝长、植株塔形、大铃,绒长26~29 mm,衣分30%~33%。斯字棉4号与鸡脚德字棉的杂种S32-42,叶的裂片宽、裂口浅(同母本)、果枝短、株型筒形(新性状)、大铃(同双亲),绒长27~30 mm,衣分35%(均高于双亲),

表现为主要性状不定等现象。不仅如此,即是同一组合的杂交第一代常常因性状的显隐性,性状互作,生态条件以及时间和地点不同,也会有优势、劣势和优劣势不明显的种种表现。例如,玉米杂种的穗长、行粒数、单株粒重和株高表现为优势;而叶数、叶长和叶宽优势不大;叶着生角度,不表现优势。远缘杂交产生新种更是如此。所以这一现象为有性杂交技术产生优良性状提供可能性。杂交后代,可以产生不良性状,更可以产生优良性状,并有可能产生群落所需特殊性状和品种,对于杂交技术中进行去劣选优,具有导引作用。杂交育种也就是利用杂交种性状不定等现象,选择并稳定具有优势目的性状的杂交后代。

根据孟德尔豌豆杂交试验,遗传学总结出分离规律和独立分配规律。当二倍体亲本杂交时,一对显性完全的性状,在杂种第二代的表现型按 3:1 比例分离;对于两对显性完全的性状来说在杂交第二代表现型中,按 9:3:3:1 分配。此外,尚有连锁遗传规律,即处于同一核酸分子上邻近位置的基因联系在一起,相伴遗传。这些规律对于杂交技术均具有指导的意义。

二、杂交方式和技术

(一) 亲本的选择

进行杂交首先准确地选择适宜的父母本。只有优越的亲本才能产生所要的理想品种。要想达到此目的,育种工作者必需长期观察原始材料,熟悉每个材料的优点和缺点以及其他有用的性状。根据育种目标,确定母本和父本。实践证明亲本适当,选出良种的机会就大。例如碧蚂 4 号与早洋麦一对亲本,组合适当,在河南选出郑州 24 号,在山东选出济南 2 号,在北京选出北京 8 号,河北、山西甚至江苏也都选出了适当的品种。可见选择亲本对杂交育种是何等重要。一般选择亲本遵循如下原则。

1. 优点多于缺点 作物具有遗传性,亲本的性状是子代性状的来源,亲本的好坏性状,经过杂交遗传给子代,亲本的优良性状多,遗传给子代的机会也多,所以应选优点多,缺点少的亲本。如需要培育特殊性状的品种,也需要亲本亦具有此特殊性状。如抗病性,首先亲本能抗某种病害,才能获得抗这种病害的品种。此外,注意在选择优点多的同时,还要照顾到缺点较少,特别是严重的缺点不能有。例如有高产形态和高产生理性状,而且抗逆性强,但易感染毁灭性的病害,如小麦锈病和棉花黄、枯萎病,即是高产也不能作为亲本。

2. 选当地推广品种 当地推广品种是经过当地自然条件选择的和栽培条件适应的品种,已经具有许多优点和较少缺点,在此基础上,进一步强化优点,或克服存在的部分缺点,所以比较容易达到目的,得到满意的结果。根据对国内外 200 个杂交品种分析的结果,亲本为当地推广品种的占 92%。有力地证明这一原则的可靠性。

3. 选用生态类型差异较大的材料作亲本 生态类型差异较大,它在自然选择的作用下,作物遗传基础丰富,将会产生多种性状和特殊性状,给选择提供更多的机会。一般情况下,不同生态型的亲本杂交往往产生适应性广、抗逆性强的品种,特别是进行群落育种

产生互补性状的可能性增大。

(二) 杂交方式

杂交方式是指杂交组合所用亲本特点和数量以及杂交的次序。可分单交、复交、杂交优势利用和远缘杂交等。

1. 单交 这是一个母本和一个父本成对一次杂交。简单易行,省事省时,规模小,只要亲本选择恰当,效果也好。单交可采用正交(甲 $\times$ 乙)也可采用反交(乙 $\times$ 甲),一般正反交所产生后代的性状差异不大。主要根据方便,掌握开花期迟早和母本性状优良为原则。多数常以当地品种作母本,用外地品种作父本,以增加新的优良性状。也可正反交同时进行,从中选出不同的优良品种,以便挑选。

2. 复交 这是2个以上的亲本进行杂交。先是一些亲本各配成单交组合,再用其杂交一代进行杂交,或者用其他品种与这些组合杂交一代交配。因为亲本的数目不同,复交方式有以下几种。

(1) 三交 三交即2个亲本单交后,产生杂交一代(F_1)再与另一品种杂交,以(甲 $\times$ 乙) $\times$ 丙表示。这是消除单交后代的缺点或增进其特优性状而进行的有效方式。

(2) 双交 选用两对亲本。第一对亲本杂交后的第一代(F_1)与第二对亲本杂交后第一代(f_1),再进行杂交,以(甲 $\times$ 乙) $\times$ (丙 $\times$ 丁)表示。双交的后代遗传性状多,综合效果好,出现优良类型机会也多。

(3) 四交 这是三交的杂交第一代,再与另一个品种杂交,以[(甲 $\times$ 乙) $\times$ 丙] $\times$ 丁表示。为连续补救杂交的缺点或增加杂种优点,有目的地进行四交。

此外,尚有更多数目的亲本杂交。这就更加复杂,需要根据实际需要和可能有计划进行。一般遵循:综合性状好,适应性强,丰产优质的亲本占较大比重,并将最好的亲本放在最后一次杂交,使杂种获得较多优良性状。例如丁亲本综合性状好,可以采用[(甲 $\times$ 乙) $\times$ 丙] $\times$ 丁或[(甲 $\times$ 乙) $\times$ (乙 $\times$ 丙)] $\times$ 丁以增进丁亲本的分量和作用。

3. 回交 2个亲本杂交后代的个体和亲本之一重复杂交,称为回交。这是用一个亲本的优良性状,反复转育给子代而获得优良品种的有效方式。回交的目的在于保持和转移亲本的优良性状,克服后代存在的缺点。其程序:①选用优良性状较多的当地推广品种作轮回亲本的父本,再选具有父本所缺少的优良性状作非轮回亲本的母本,以便双亲优良性状结合到杂交第一代(F_1)后,作为母本与轮回亲本的父本,进行多次回交,直到满意为止。②杂交一代与父本回交产生回交一代(B_1),选择优良单株再与父本回交,如此连续回交。③回交次数以轮回亲本的遗传型在重要性状上得到恢复为原则,一般经4~6次回交,在后一代回交后必须让其进行一两次自交,使重要性状的基因纯合化,以选出所需品种,再经适当比较鉴定即可应用于生产。

4. 杂交优势利用 遗传性不同的亲本杂交后的第一代(F_1)具有比亲本更强的生长优势称为杂交优势。常表现在植株高大、生长健壮、抗逆性强、生理性能好、产量较高。所以,杂种优势具有较高的利用价值,成为水稻、玉米、高粱和棉花等作物的主要育种方法,培育了不少著名的优良品种,如超级杂交稻协优107、杂交夏玉米掖单13号和杂交棉中棉所45号等,在生产上发挥了积极作用。利用杂交优势首先应选配遗传性差异较大、

优良性状互补、配合力高的亲本。其次选好制种区,做好安全隔离,严格规范种植和管理技术;做好去杂去劣,去雄授粉和分收分藏工作,保证杂种一代有充足的种子应用。这里需要指明杂种二代(F_2)性状分离,不可作种用。

为了提高杂交效率和保证杂种种子质量,常利用雄性不育系、雄性不育保持系和雄性不育恢复系,即三系制种技术(图6-1)。或者采用两系法制种(图6-2),只用部分不育系和恢复系,而省去保持系,直接配置杂种种子。部分不育系是育性比较稳定的部分雄性不育材料,有90%以上的不育花,和5%~10%的可育花能自交结实,借以保持雄性不育性,一方面不育花生产杂交种,同时可育花自交结实。因为部分不育系与恢复系杂交,部分不育系植株上会产生杂交种和自交种种子,所以恢复系需要有显性遗传标记性状如叶色带紫色等,以便将它们分开。两系制种的关键是获得部分不育系。一般以高产不育株作原始材料,通过杂交、理化处理等方法,以获得自交结实率5%左右的株系,严格隔离种植再套袋自交而成。

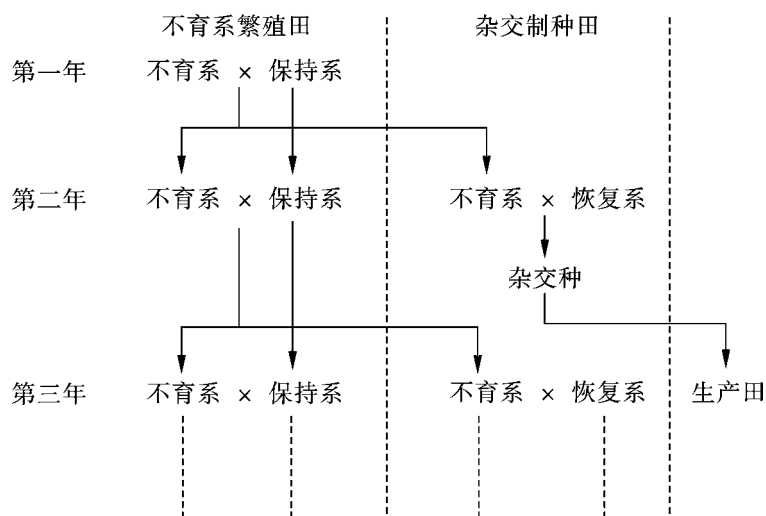


图6-1 三系法示意图

利用作物如十字花科植物的自交不亲和性,配置杂交种,也是发挥杂交优势的好办法。自交不亲和性是指雌配子和雄配子均有正常受精能力,与不同基因型株杂交授粉能够结子,而自交则结子率极低的特性。具有自交不亲和性,并且能够稳定遗传类型则称为自交不亲和系。

种子植物内大约有3000个种存在自交不亲和性。在182种十字花科种内发现有80个种都有自交不亲和性。由S复等位基因控制不亲和性。当雌雄性器官具有相同的S基因时,则自交不亲和;雌雄双方的S基因不同时交配时,则能亲和。由S基因控制的不亲和性可分为以下2种类型:一类为配子型,这种类型的自交不亲和性体现在雌雄配子间的相互抑制作用,如禾本科植物;另一类为孢子型,它们的自交不亲和性体现在雄蕊花粉粒与雌性柱头上的柱头毛或乳突细胞间的关系,如十字花科植物。虽然,不亲和性在以上植物存在,然而,不同品种和个体的自交不亲和程度和稳定性不同,所以,从存在有

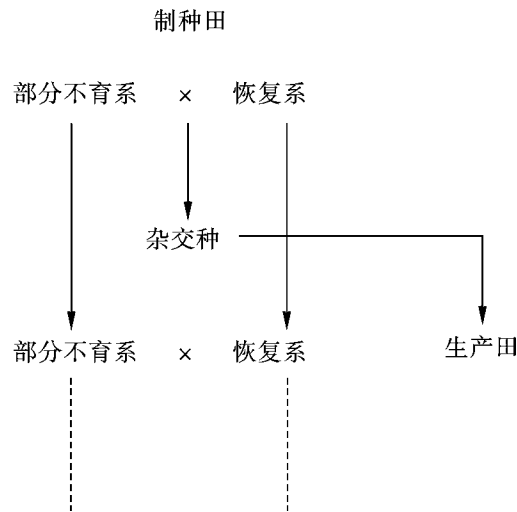


图 6-2 两系法示意图

自交不亲和植物中,通过自交分离,选育自交不亲和系,利用自交不亲和系,配置单交种是普遍采用的有效方法。一般选用正反交增产效果均显著的亲本组合,隔行种植采种。也可采用“不亲和系 × 自交系”的制种法,先选育一种基因型自交不亲和系作母本,从而育成优良组合,简便易行。这种方法在大量制种时,需要用蕾期授粉来繁殖自交不亲和系。或在开花时用 5% 的盐水喷雾,使柱头喷上盐水,乳突细胞失水收缩。可克服自交不亲和性,提高结实率,即可获得较多自交不亲和的种子。此法制种较利用雄性不育系省去培育保持系,且正反交的种子都可以利用。但有获得自交种子困难的缺点。

5. 远缘杂交 远缘杂交是指亲缘远的作物间的交配,如不同科、属、种,甚至作物与野生植物杂交。这种方式的优点在于:①引入和利用物种的特殊的和有用的性状,我国育种工作者克服困难使小麦与黑麦、冰草和偃麦草进行属间杂交,培育出小黑麦、小冰麦和小偃麦;②创造雄性不育系,扩大杂交优势在育种工作中应用,例如利用花粉败育型野生稻与栽培水稻远缘杂交,并连续回交而育成籼型水稻雄性不育系,而后培育出了“培矮 645/E32”和国稻 6 号超级杂交稻;③培育单倍体和多倍体,如小麦与球茎大麦 (*H. bulbosum*) 属间杂交获得小麦单倍体;小麦与黑麦属间杂交,产生八倍体小黑麦;④通过远缘杂交,可以研究作物起源与亲缘关系,探讨作物演化理论。

然而,远缘杂交常有不育或育性低、杂种生活力弱、后代性状分离严重等问题。一般可以用媒介法、回交法、染色体加倍法和化学药剂处理等方法加以部分补救。也可采用混合种植法,放宽选择标准,多观察几代,并使用有突出优点的中间类型,有目的地与栽培品种进行回交与复交。这样做对于加快培育新品种有莫大好处。

(三) 杂交技术

杂交是生物雌雄配子结合产生合子而发育成新个体的过程。所以进行作物杂交必须了解作物的生殖器官类型,是雌雄同株同花,还是雌雄同株异花或者雌雄异株,要熟悉

其花器构造、开花习性、授粉方式和条件以及胚珠受精和发育的过程。并且熟练杂交方法,提高杂交效率和成功率。

1. 掌握开花期 雌雄同株同花作物掌握在开花盛期进行杂交。雌雄同株异花,不但掌握开花盛期,还要把握雌花和雄花分别开花时期。一方面使雌雄花开花期相遇,另一方面,也要避免自交。在正常播种的情况下,亲本花期不遇,应当调节开花期。可采用,使晚开花的亲本早播,早开花的亲本晚播,计算准时间,务必使双亲开花相遇。或者母本适时播种,父本分期播种,总会有它们开花相遇的时机。

2. 授粉受精 人工授粉受精是杂交育种的中心工作,必须严格操作规程方可达到目的。同株同花作物在母本雌蕊成熟以前,去雄隔离,以免雌蕊受精。去雄的方法有摘除雄蕊,如镊子摘除小麦雄蕊;剥花冠去雄,如棉花用手剥花冠去雄;还有温汤杀雄法和化学杀雄法等,如我国最近研制成的小麦化学杂交剂“哒优麦”颇为实用。以上方法可根据作物的特点适当选用,并且在去雄后将雌雄蕊套袋隔离。去雄时间多在开花期的前一天进行,次日上午进行授粉,将花粉散落在雌花的柱头上,必要时,用扩大镜检查柱头花粉粒的附着状况。受粉后仍套袋保护隔离,并注意挂牌,注明父母本名称和日期。同株异花和异株异花作物,在开花前,也要将雌花和雄花套袋隔离,开花当日上午,收集雄花花粉,用授粉器授粉。

3. 加强管理 作物杂交后,着重施肥灌水,严防病虫害和人畜危害,确保杂交植株正常生长。成熟时,及时收获,连同牌子,分收分藏,保存安全,以便种植试验观察。

三、杂种后代的处理

进行杂交只是得到杂交种子,如何选育出优良单株,繁育充足的良种,还有许多事情要做。选育方法主要有系谱法和混合法 2 种,其他方法都是派生出来的。

(一) 系谱法

自杂种的第一次分离世代开始,进行株选,每株种一行,成为株系,以后代代选株,均种成株行。并系统编号,排列成系谱,直至选育出表现优良的群体,再进行杂交组合比较试验。这种方法适用于以质量性状为目标的育种,以便较早发现良株,缩短育种年限,但也易过早淘汰以后分离出的良株。

(二) 混合法

自花授粉作物杂交后,在其分离世代,按杂交组合混合种植,收获时淘汰劣株,不进行选株,直至杂种群体性状基本稳定,才开始选择一次单株,种成株系,再选择优良株系升级试验。此法可保留更多的类型和优良个体,更多地选出有希望的株系,适于自花授粉作物高产育种。

(三) 派生法

1. 派生系统法 在第一次分离世代进行一次选株,往后代代混播,淘汰劣系,保留良

系,不进行株选,除去劣株,混收混播,直至性状趋于稳定时,才进行株选,种成株系,再选优系,参加比较试验。此法是系谱法和混合法的结合,兼备两者的优点,具有良好的效果。

2. “一粒传”混合法 杂交所得第一代(F_1),按组合每株采收一粒或等量几粒种子,混合群体繁殖,在第5,6代群体中,选择基本达到纯合的单株,保持完好,次年种成株系,从中选拔优系,进入产量试验。

3. 集团混合法 从第二代(F_2)选株,每组合选若干集团,按集团混合播种。各集团基本稳定后,从中选株,再进行株系试验和产量试验等。此法具有混合法的保留丰富的变异性状和类型的优点,又减少了不同类型的互相干扰,比较简便实用。

第四节 诱变育种技术

诱变育种是利用物理和化学方法诱导作物变异,培育新品种的过程。自20世纪上半期利用X射线和化学剂诱变技术以来,诱变育种工作在世界各国逐渐开展应用。我国对水稻、小麦、棉花、大豆和薯类等作物进行此项工作,培育出水稻矮辐9号、小麦鄂麦6号和大豆黑农16号等品种,取得了一定的成果。

一、辐射诱变

(一) 射线的种类

1. X射线 由X光机产生的射线是一种高能电磁波,剂量单位为伦(R)。
2. β 射线 由放射性核素 ^{32}P 或 ^{35}S 产生 β 射线,穿透力较弱,用于处理种子。
3. 紫外线 这是属于非电离射线,穿透力很弱,用于微生物和高等植物的花粉。
4. 中子 它是不带电的粒子流。可分为热中子、慢中子、中能中子、快中子和超快中子。应用较多的为热中子和快中子。
5. γ 射线 由放射性核素 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 产生,其波长很短,穿透力强,半衰期分别为5.3年和30年,剂量单位为伦(R)。
6. 激光 它是受光或电激发的,由高能级跃迁回低能级而产生的高强度的单色相干光。其特点是亮度高,颜色纯,方向性好,能量高度集中。作物辐射用的有红宝石激光器、氮分子激光器、氦-氖激光器和 CO_2 激光器等。

此外,尚有无线电微波、电子流和离子束等作为诱变因素。

(二) 辐射处理方法

按辐射处理的部位可分为外照射和内照射,以外照射应用较多。采用外照射一般照射干种子,也可照射植株、花粉、子房和受精卵。采用内照射时,利用放射性核素的化合

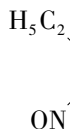
物的溶液浸种或注射于作物体内。按辐射处理的时间和次数可分为急性照射、慢性照射和重复照射。急性照射是在短时间内(几分钟到几小时)照射完毕全部剂量。慢性照射是在较长的时间内(一星期到几个月,甚至全生长期)分多次照射完毕全部剂量。重复照射是指在作物一个或几个世代,分次连续照射。这些方法对不同作物有着不同的效果,根据具体情况选用。

二、化学诱变

(一) 化学诱变剂的种类

化学诱变剂种类繁多,主要有:①硫酸二乙脂(DES),分子式为 $\text{SO}_2(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$, 液体,无色,溶于乙醇;②甲基磺酸乙脂(EMS),分子式为 $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{OC}_2\text{H}_5$, 液体,无色,溶于水;

③乙烯亚胺(EI),结构式为 $\text{NH} \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \end{array}$, 液体,无色,溶于水;④亚硝基乙基脲,结构式为



, 固体,黄色,微溶于水;⑤秋水仙素,分子式为 $\text{C}_{22}\text{H}_{25}\text{NO}_6 \cdot$

$1\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, 针状结晶体,一般为淡黄色粉末状,溶于水和乙醇,极毒;⑥富民隆,分子式为 $\text{C}_{19}\text{H}_{17}\text{HgNSO}_2$, 白色粉末状,基本不溶于水,与丙酮定量混合,加水加热,制成富民隆原液,稀释后应用;⑦萘嵌戊烷,分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{CH}_2)_2$, 无色结晶,溶于乙醇和氯仿等,不溶于水,易升华。

(二) 化学诱变处理方法

1. 诱变材料 诱变材料可选用高纯度的优良品种,以改良个别缺点而保留其优点,也可选用杂交后代材料,以便在重组机会多、变异程度大的情况下,取得较好的效果。还可以应用单倍体和多倍体的材料,它们各有其优点,可以利用。

2. 诱变处理 预先要进行浸种,将种浸透,打破休眠状态,使生理功能活跃起来,提高诱变敏感性。处理要掌握化学诱变剂溶液的浓度、温度和时间。浓度必须适当,不然,浓度过高会影响正常生长和可育性,甚至畸形死亡。通常先进行苗期诱变剂浓度试验,确定所用诱变剂的适宜浓度。处理时间以所处理的部分被诱变剂浸透,并完成水解作用为准,并且与浓度相配合。提高浓度时,处理时间可缩短;降低浓度时可适当延长。完成种子化学诱变处理后,必须用清水冲洗,消除残留诱变剂,避免继续发挥作用。经过处理的种子,即可作种用材料。最好配合播种期直接播种,如若不然,播期未到或因其他原因不能播种,也可晾干安全贮藏。但不能拖延时间。

一般来讲,化学诱变经济简便,尤其对叶绿素影响较大,提高其突变率较明显。但有

毒性,特别要注意避免发生意外事件。

第五节 航天育种技术

1975年,我国研制成功返回式卫星。并于1987年在世界上首次开展航天育种。这是利用太空的物理环境培育优良作物新品种的技术。太空有着其特有的宇宙射线、高真空、重粒子、微重力、弱磁场等与地面不同的诱变因素。经过20年的试验研究,搭载品种2000多种次,培育出60种新品种,如Ⅱ优航1号超级稻,单产 $1\,449.7\text{ kg}/667\text{ m}^2$ (再生稻),太空5号小麦,单产达 $636\text{ kg}/667\text{ m}^2$,太空南瓜单个重达 $91\text{ kg}^{[23]}$,取得了显著的成果。

航天育种的优越性在于突变多、变异大、稳定快、时间短,并且对人畜无害。但是发射一次成本高,机会少。这是一个有前途的植物育种的新领域。进行太空诱变程序如下。

一、种子筛选

由于航天育种的机会少,对种子要求必须严格,以免不合格的种子上天,浪费时间和精力。先确定作物种类及品种。要求其种子纯度高,遗传性稳定,千粒重,容重以及饱满度良好。并且在地面有相应的种子作对照,以便与太空诱变的种子一起种植,进行比较试验。

二、太空诱变

经过精细筛选的作物种子,可以由卫星和宇宙飞船携带升空,经过太空所特有的环境因素的作用,在分子层次上对种子起到诱变作用,促使产生基因突变,性状变异。

三、地面试验

经过太空物理环境影响,种子返回地面后,随同留在地面未经诱变的同样种子作对照,全部种植,对比观察试验,选出突变单株,年年种植所有繁殖的种子,并且自交留种,保留优良的或所希望的性状,一直达到遗传性状稳定的品系,参加区域试验,经过作物品种审定机构审定命名,才能成为太空诱变育种的品种。

航天育种是一个新兴作物育种领域,育种理论需要探讨,技术方法也需要创新,并且存在着一些问题需要解决。因此,加强合作,开展综合研究,成为航天育种的迫切任务。

第六节 细胞工程

细胞工程是以细胞为基本单位,在离体条件下,进行培养、繁殖,有计划地改进细胞的遗传基础,改良和培育新个体的技术。它包括组织培养、细胞杂交、花药培养、胚胎培养和试管受精等技术。以下仅就前三项作扼要介绍。

一、组织培养技术

组织培养(tissue culture)是利用植物组织和器官,通过无菌操作接种于人工配制的培养基上,经过人工诱导增殖,产生完整植株的过程,也称微体繁殖(micropropagation)。

作物的组织培养,首先根据作物特性,选择繁殖的材料,包括根部、茎尖、腋芽、花芽、胚轴和胚等组织。其次建立无菌培养基,一般常用的有MS、ER、B5和N6等培养基(各培养基的成分可参考表6-1),控制适当的温度和光照,培养产生再生苗,当苗长3~4片真叶时,移入温室锻炼,再移出室外,用玻璃罩或薄膜覆盖,保湿保栽保活。

表 6-1 一些植物组织培养基的成分^[35]

成分	培养基(单位:mg/L)						
	White	Heller	MS	ER	B ₅	Nitsch	N ₆
无机物							
NH ₄ NO ₃	—	—	1 650	1 200	—	720	—
KNO ₃	80	—	1 900	1 900	2 527.5	950	2 830
CaCl ₂ · 2H ₂ O	—	75	440	440	150	—	166
CaCl ₂	—	—	—	—	—	166	—
MgSO ₄ · 7H ₂ O	750	250	370	370	246.5	185	185
KH ₂ PO ₄	—	—	170	340	—	68	400
(NH ₄) ₂ SO ₄	—	—	—	—	134	—	463
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	300	—	—	—	—	—	—
NaNO ₃	—	600	—	—	—	—	—
Na ₂ SO ₄	200	—	—	—	—	—	—
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	19	125	—	—	150	—	—
KCL	65	750	—	—	—	—	—
KI	0.75	0.01	0.83	—	0.75	—	0.8

续表 6-1

成分	培养基(单位:mg/L)						
	White	Heller	MS	ER	B ₅	Nitsch	N ₆
H ₃ BO ₃	1.5	1	6.2	0.63	3	10	1.6
MnSO ₄ ·4H ₂ O	5	0.1	22.3	2.32	—	25	4.4
MnSO ₄ ·H ₂ O	—	—	—	—	10	—	—
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	3	1	8.6	—	2	10	1.5
Zn·Na ₂ ·EDTA	—	—	—	15	—	—	—
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	—	—	0.25	0.025	0.25	0.25	—
MoO ₃	0.001	—	—	—	—	—	—
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.01	0.03	0.025	0.025	0.025	0.025	—
CoCl ₂ ·6H ₂ O	—	—	0.025	0.002 5	0.025	—	—
AlCl ₃	—	0.03	—	—	—	—	—
NiCl ₂ ·6H ₂ O	—	0.03	—	—	—	—	—
FeCl ₂ ·6H ₂ O	—	1	—	—	—	—	—
Fe ₂ (SO ₄) ₃	2.5	—	—	—	—	—	—
FeSO ₄ ·7H ₂ O	—	—	27.8	27.8	—	27.8	27.8
Na ₂ ·EDTA·2H ₂ O	—	—	37.3	37.3	—	37.3	37.3
NaFe·EDTA	—	—	—	—	28	—	—
有机物							
肌醇	—	—	100	—	100	100	—
烟酸	0.05	—	0.5	0.5	1	5	0.5
盐酸吡哆醇	0.01	—	0.5	0.5	1	0.5	0.5
盐酸硫胺素	0.01	—	0.1	0.5	10	0.5	1
甘氨酸	3	—	2	2	—	2	2
叶酸	—	—	—	—	—	0.5	—
生物素	—	—	—	—	—	0.05	—
蔗糖	2%	—	3%	4%	2%	2%	5%

二、花药培养技术

花药培养是细胞工程中的重要内容。它是将植物花药中的花粉粒培养成完整的个体的技术。这种技术对于远缘杂交以及控制杂种分离有着特殊的利用价值。一般经过

以下步骤:花粉在培养基上诱导产生胚状体,胚状体分化成各器官的原体和芽点,再生长发育成植株。技术关键在于配制适宜的培养基。从花粉到成株都在培养基上分化生长,培养基的成分和状态,对于形成能独立生存和繁殖的个体至为重要。

(一) 培养基

培养基的配制方法和种类很多。不同作物,不同要求应试验和选用适宜的培养基。首先确定基本的培养基,而后选择激素的种类和浓度,蔗糖的浓度以及天然复合物的采用,以保证诱导花粉小孢子分裂分化。根据试验和应用结果,介绍几种培养基作为选择试验的参考。 N_6 培养基适用于粳稻。 M_8 培养基适用于籼稻。 $Nitsch\ H$ 培养基适用于烟草。 MS 培养基适合于棉花及多年生植物。其他尚有 $Millor$ 和 B_5 等可以应用。以上培养基可在试验中适当增减某些成分,以增进培养效果。

(二) 花药培养方法

在田间选取中晚期的花药,经过灭菌、低温等预处理,将花药散落于盛在小烧杯的液体培养基中,挤出花粉,经网筛过滤,低速离心,除去残渣,使悬浮液平铺在培养皿,并用封口膜密封培养皿,以免蒸发脱水,再置于适当温度($26 \sim 30\ ^\circ\text{C}$)和红的荧光灯、低强度的白炽灯或黑暗条件下培养。这样培养3~4周后,生出愈伤组织,再将其移植到芽分化的和生根的培养基中,待生出正常根茎叶后,除去封口膜,锻炼1~2 d,将小植株移于盆中。

三、体细胞杂交技术

体细胞杂交(somatic cell hybridization)是指不同体细胞的原生质体融合一起的过程,也称细胞融合(cell fusion)。这种技术可克服育种工作中杂交不亲和性及转移雄性不育基因,培育新种、新品种等。成为作物育种的一个重要手段。体细胞杂交一般经过原生质体融合、杂种细胞选择和杂种植株再生和鉴定。

(一) 原生质体融合

原生质体是细胞壁(膜)以内的半透明的胶体物质,包括细胞质和细胞核,是细胞新陈代谢和分裂繁殖的物质基础。原生质体融合可以把不同作物的细胞结合起来,综合不同的遗传物质。原生质体融合按性质可分化学融合和物理融合,以下列举聚乙二醇融合和电融合加以说明。

聚乙二醇(PEG)是一种化学多聚物,可作为原生质体融合剂。由于其中醚键的存在,在分子的末端带有弱电荷,其溶液处理混合的异源原生质体使之黏着而融合,如果再结合高钙(Ca^{2+})和高pH值处理,诱导融合率显著提高,成为较为先进的体细胞杂交技术。

电融合是使原生质体的悬浮融合液,在两电极间施加高频交流电场,原生质体偶化极化,则沿两电极线方向泳动,并相互吸收而形成与电场线平行的原生质体链。以后再

用一次或多次瞬间高压直流电脉冲,以引发质膜的可逆性破裂,促使原生质体的融合而形成杂交融合体。

(二) 杂种细胞选择

在 PEG 溶液中,进行不同作物的异源原生质体的融合,其中除了杂种细胞外,尚有未融合的原生质体,如何把杂种细胞选择出来呢?一种方法是物理方法,根据原生质漂浮而采用离心沉淀异核体;根据细胞的颜色差异,在显微镜下,将融合细胞分离。另一种方法是代谢互补选择,用不同的生化抑制剂分别处理不同的原生质体,阻断它们的代谢途径,使它们在培养基内生长不同,以达到选择的目的。其它尚有同工酶分析, DNA 印迹法和随机扩增多态性 DNA 分析(RADD)等方法,用作不同融合体选择。

(三) 杂种植株再生和鉴定

细胞杂交完成异源原生质体融合后,进而发育成完整的杂种植株,从中选出新品种才能达到最终目的。根据不同作物和实际情况,制备适宜的培养基,在适当的条件下,培育试管苗,进行营养钵假植锻炼,带钵带土移栽,确保成活。杂种植株生长期间,可按常规杂交育种技术的田间试验程序和方法,观察鉴定,选出理想个体,进行繁殖比较,育成体细胞杂交新品种。1971 年,我国首次从烟草叶片原生质体培养出完整植株。1972 年培养出粉蓝烟草(*N. glauca*)和蓝格斯多夫烟草(*N. langsdorffii*)种间体细胞杂交植株,取得重大突破。

第七节 染色体工程

染色体是生物遗传物质的主要载体,其数目、形态和结构的变化,严重地影响着细胞的分裂和增殖以及生物的繁殖和遗传。所以,加倍染色体的数目,进行染色体更换,改变染色体的结构,亦是培育作物新品种的有效途径。

一、整倍体染色体加倍

(一) 染色体数目和加倍

各种植物细胞中的染色体的数目都是一定的、有规律的,并且,在同科、同属和同种的植物中,它们的染色体数目常有一个基数,以“ x ”表示,以此基数构成一个染色体组,再成倍增添,形成染色体组系列。所以,按染色体倍性,植物可分为以下类型。

含一套染色体组的细胞或个体称为一倍体(monoploid), $x = 1$ (即单元单倍体)。这类作物植株弱小,生长迟缓,高度不育。在动物中,蜜蜂和蚂蚁的雄性个体都是一倍体。在植物中,也会出现一些一倍体,但都不能繁殖。由于一倍体仅有一套染色体,可以自然

或人工加倍得到纯合二倍体,所以,在育种工作中有一定的价值。

含两套染色体组的细胞和个体称二倍体(diploid), $x = 2$ 。世界上的植物多数为二倍体,这是能正常发育的,可以有性繁殖的庞大群体。例如重要的粮食作物水稻、玉米、谷子和高粱等以及经济作物糖用甜菜和大麻等都是二倍体。与一倍体相比,它具有较大的生产力。所以,二倍体的培育在育种工作中占有一定的地位。

含3个或3个以上的染色体组的细胞或个体称为多倍体(polyloid), $x = 3, 4, 5, 6 \cdots$ 有三倍体(triploid),四倍体(tetraploid),五倍体(pentaploid)和六倍体(hexaploid)等。多倍体是由二倍体或较少倍数的多倍体加倍而成。例如黑麦二倍体($2x = 14$)加倍而为黑麦四倍体品种——Petkus($4x = 28$),曾在德国大量推广。按其来源多倍体可分为同源多倍体和异源多倍体。前者的成对染色体的来源是相同的。这是由于种或品种进行有丝分裂失常,染色体加倍而发生的结果,如多倍体甜菜等。后者的成对染色体的来源是不同的。由不同种的亲本杂交而得,如图6-3。

多倍体的染色体增加,引起植物形态、生理和生态上的巨大变化。一般表现生活力提高、适应性加强、营养生长旺盛晚熟、光合产物增多、器官增大、成分改善,然而可稔性降低。多倍体育种已成为作物培育新品种的重要手段之一。例如三倍体甜菜与二倍体甜菜相比,表现抗病,块根增产,产糖量提高15%左右。需要指出,以上“巨大性”的表现,不同作物并非一致,甚至还有相反的表现,这就说明染色体的变异影响植物性状是多方面的。

植物合子的染色体数在一个基数(x)上,按染色体的倍性而变化的个体为整倍体(euploid),如二倍体黑麦($2x = 14$),四倍体野生二粒小麦($4x = 28$)和六倍体普通小麦($6x = 42$)都是在一个基数($x = 7$)的基础上成整倍增加的。

植物合子染色体数比其整倍体多或少一个或者若干个染色体的个体为非整倍体(aneuploid)。一般以二倍体的染色体数目为准,缺少一个染色体为单体(monosomic)。缺少2个,两套染色体各缺少一个,则称为缺体(nullisomic)。多出一个染色体为三体(Trisomic),多出2个称四体(tetrasomic),正常个体为双体(disomic)。

人工加倍整倍体的染色体数目,可以从一倍体加倍二倍体,也可以由二倍体加倍到三倍体和四倍体等多倍体,并克服其不良影响,能够培育新的作物品种。

(二)多倍体诱变方法

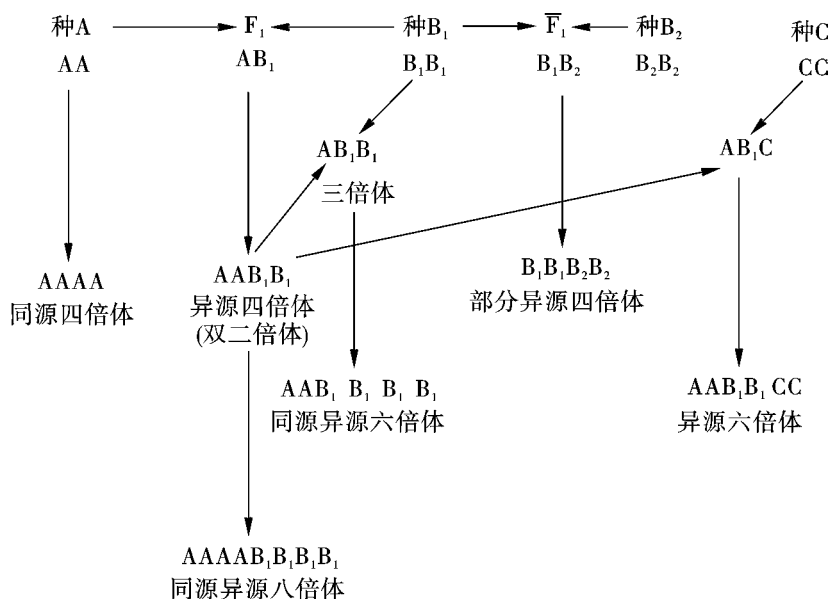
诱变多倍体的方法可分为物理诱变、化学诱变和杂交诱变。

1. 物理诱变 物理诱变的因素有温度激变、机械创伤、电离射线和离心力等。温度,特别是高温 $43 \sim 45^{\circ}\text{C}$,可以从作物授粉到结合子第一次分裂期产生多倍体植株。伦道夫(L. F. Randolph)用此方法曾获得玉米四倍体植株。植物受到机械创伤后,在愈合时,发生不定芽,有些不定芽的染色体加倍而发生多倍体。温克来(H. Winkler)在茄科植物中,利用反复摘心的方法,获得多倍体。

其他也可用X射线和 γ 射线诱变。

2. 化学诱变 化学诱变可用秋水仙素、萘嵌戊烷和富民隆等药剂处理,进行诱变。

(1)秋水仙素诱变 秋水仙素是从秋水仙(*Colchicum autumnale*)的根、茎和种子中提

图 6-3 植物多倍体的关系^[36]

取出来的一种生物碱($C_{22}H_{25}NO_6 \cdot 1\frac{1}{2}H_2O$)。它有阻碍细胞纺锤体形成的作用,使染色体停留在赤道板上,虽然可以正常复制,但不向两极移动,细胞不分裂,染色体加倍而成多倍体。秋水仙素诱变方法如下。

1) 浸渍法 秋水仙素溶液诱变有效浓度在 0.000 6% ~ 3%, 以采用 0.01% ~ 0.4% 为较多。选取萌发的种子、膨大的嫩芽、分枝生长点、幼苗和花蕾等这些细胞分裂最活跃和生长最旺盛的部分,浸渍 12 ~ 24 h, 多则数天,一般掌握分裂快的组织和浓度大的溶液,浸渍时间可缩短,反之则适当延长。浸渍结束后,务必把溶液冲洗干净,以免秋水仙素继续影响细胞生理活动。

2) 涂抹法 以硬脂酸 1.5 g、羊毛脂 8 g 和 1,4-氧氮杂环己烷(C_4H_9ON)0.53 ml,加水 20 ml,配成乳酪状液。用时加水稀释到能喷雾状态,再加入适当浓度(0.1% ~ 1%)的秋水仙素溶液,即可用以涂抹幼苗或分枝顶端。或者用甘油 7.5 ml,水 2.5 ml, santomerse 湿润剂 6 ~ 8 滴,加入所需浓度的秋水仙素溶液,进行涂抹诱变。

3) 滴液法 用秋水仙素 0.1% ~ 0.4% 水溶液,对较大植株的顶芽、分枝顶端和腋芽滴渗透变,一日数次,处理数日。或用脱脂棉轻包处理部位,以配好溶液浸透脱脂棉,最好再用塑料薄膜套上包扎好,以防挥发。

4) 套罩法 处理植株顶芽或分枝顶芽用此法。把顶芽以下的叶片剪去,将顶芽套上一个防水胶囊,囊内盛 1% 秋水仙素的 0.65% 的琼脂,处理时间约 24 h。

(2) 萘嵌戊烷诱变 萘嵌戊烷($C_{12}H_{10}$)是一种无色结晶体,不溶于水,而溶于乙醇、乙醚、氯仿、甲苯、醋酸或橄榄油中,有升华的性质。所以,可以将处理材料,放进充满萘嵌戊烷的饱和蒸气的容器中。方法简单,药品反复使用,处理材料多,容易获得多倍体。

(3) 富民隆诱变 富民隆是对甲苯磺酰苯胺基苯汞($C_{19}H_{17}HgNSO_2$), 本为有机汞杀菌剂, 白色粉末状, 基本不溶于水, 与秋水仙素一样, 可破坏纺锤体, 使染色体收缩变短, 不分向两极而形成多倍体。使用时, 将纯的富民隆倒入其本身 20 倍的丙酮中, 加热溶解, 再倒入蒸馏水中, 配成浓度为 0.1% 的乳白色原液, 使用时稀释到 0.01% ~ 0.03%。处理时间 2 ~ 3 d。效果也好, 且价格低廉, 手续简便。

3. 杂交诱变 人工有性杂交可以诱变多倍体, 例如二倍体甜菜与四倍体甜菜杂交产生生产上广泛应用的三倍体甜菜。此外, 尚有三倍体与四倍体杂交产生五倍体等方式。一般用化学药物诱变多倍体都是把原来染色体数目增加一倍, 构成同源偶数多倍体, 而有性杂交诱变可以得到异源奇数多倍体。所以它在作物育种中有着特殊的意义。

杂交诱变的技术与一般杂交育种相同, 也是要注意杂交组合选择。如何利用优良的多倍体亲本及如何能使它们杂交成功, 得到较高频率的多倍体后代, 是值得认真研究的问题。

(三) 多倍体的鉴定、选择和利用

植物的倍性鉴定是一项重要工作。无论是育种的原始材料或是育成材料都需要进行倍性鉴定, 以确定它们的染色体数目。多倍体诱变是否诱变成功, 能否在生产上应用, 更需要鉴定。鉴定方法包括直接鉴定和间接鉴定。

直接鉴定是直接对染色体计数, 不仅能区别染色体是否加倍而且还可以鉴定出整倍性和非整倍性, 也就是染色体是否是基数(x)的多次整数加倍。方法是直接取用所要鉴定植株的, 正在分裂过程中的根尖和茎尖细胞或花粉母细胞, 制片染色, 在显微镜下, 直接检查染色体的数目, 确定是否真正加倍。

间接鉴定是通过形态学和解剖学的方法鉴定。一般多倍体茎秆变短, 叶片变厚, 叶片栅栏组织细胞增大, 叶色变深, 气孔变大变少, 花、果变大, 结实率降低。通过这些特点与非多倍体比较, 以确定染色体是否加倍, 是不是多倍体。

诱变出的多倍体不一定都能成为生产应用的优良新品种。像其他育种技术一样, 也需要进一步选择和培育, 如淘汰劣株、克服不育性以及其他一些缺点。

首先需要诱变和鉴定数量众多的不同类型的多倍体材料, 以增加出品种出成果的机会。这样在大量的多倍体群体中比较容易选择出具有育种目标的或特殊性状的植株, 淘汰不合格的劣变植株。次年, 将入选材料种于选种圃, 全面而系统地观察, 并与当地推广品种或亲本比较。同源多倍体结实率低, 种子较疵, 发育不良, 还要找原因找规律。对一些不稳定的嵌合类型, 进行分离纯化。对有些符合应用的材料, 做进一步培育, 有育种价值的材料也要保留, 以便今后继续进行杂交或诱变。

人工诱变多倍体的例子还不很多。国外许多国家栽培甜菜大部分都是三倍体。我国已培育出双丰 303, 304 等三倍体甜菜, 在生产上应用。北京农业科学研究院利用黑麦(*S. cereale*)($2n = 2x = 14 = 7 II$)与普通小麦($2n = 6x = 42 = 7 VI$)杂交, 再使杂种($2n = 4x = 28 = 7 IV$)染色体加倍而培育成小黑麦(*Triticale*)($2n = 8x = 56 = 28 = 7 II$), 已经在云贵高原大量种植^[30]。其他尚有同源四倍体黑麦($2n = 4x = 28 = 7 IV$)和四倍体荞麦(*Fagopyrum esculentum*)($2n = 4x = 28 = 8 IV$)诱变多倍体也在生产上应用。

二、非整倍体染色体更换

非整倍体不是比二倍体的染色体多,就是少的个体,因而在遗传上不平衡,往往对植物不利。如同源多倍体的单体活力差而不孕。因此,它在育种上没有直接应用的价值,然而,可以测定基因所在染色体,有助于遗传和育种工作的研究,特别是可以用以更换染色体,改进和培育新品种。例如利用杂交方法,将不抗病的小麦品种的 6B 染色体($6B II^r$)更换为抗病品种的 6B 染色体($6B II^{RR}$)。以该品种的 6B 单体($20 II + 6BI^r$)为母本,以抗病品种($2 II + 6B II^{RR}$)作父本进行杂交。杂交第一代(F_1)即成为抗病植株。淘汰双体植株,保留单体植株,并使单体植株自交得到杂交第二代(F_2),再淘汰其中单体及其它非整倍体,保留其中染色体加倍的双体($20 II + 6B II^{RR}$),或选择优良植株繁殖应用或再与其他优良品种杂交,培育新品种。

利用非整倍体还能以单体使栽培种换取远缘种的染色体。例如改进小黑麦杂种性状。由于小黑麦包含了黑麦的全部染色体,把黑麦的一些不良性状也带给小黑麦杂种。补救的办法也用有性杂交,以小黑麦($2n = 8x = 56 = 28 II$)与普通小麦($2n = 6x = 42 = 21 II$)杂交,得到倍半二倍体 F_1 ($2n = 7x = 49 = 21 II + 7I$)。再使 F_1 自交得到 F_2 。其中出现的外加一个黑麦染色体的小麦,再与小麦单体杂交。在这个杂交组合的子代群体中,选出更换小黑麦染色体的小麦或繁殖或作杂交亲本。

非整倍体的染色体缺体同样可以用做染色体的更换。我们知道,小麦抗秆锈 17 号生理小种的基因(R)是在 6D 染色体上。某小麦品种不抗秆锈,可以用此品种的 6D 缺体($21 II - 6D II = 20 II$)与抗该病的品种($20 II + 6D II^{RR}$)杂交,杂交第一代(F_1)全部成为 6D 单体($20 II + 6DI^R$),使此单体自交,在 F_2 群体中即有更换后的,带有抗秆锈病基因(R)的 6D 染色体的双体($20 II + 6D II^{RR}$),性状理想可按育种程序,选择繁殖,也可作为育种材料,培育更为优良的品种。

染色体属于植物的微观结构,是植物遗传和育种基础研究领域。染色体工程是一种理论性强的育种技术,需要进一步深入研究和实践,总结规律,积累经验,充实完善。

第八节 基因工程

一、基因工程的概念

基因工程是生物分子育种技术。作物育种科学已深入到分子水平,研究与遗传相关的核酸高分子,尤其是脱氧核糖核酸(DNA)的构造、功能、重组和转化,在分子遗传学的理论指导下,培育一般常规育种所难以得到的新个体及其品种。基因(gene)是 DNA 链上的,携带有特殊遗传信息的一段核苷酸序列,是能够自我复制,转录核糖核酸(RNA),

翻译蛋白质,进一步决定生物性状表现的遗传物质的最小功能单位。如能利用生物的,甚至人工合成的 DNA,使基因重组,并导入其他生物细胞中,改变生物的性状,进一步创造新品种和新类型。这一系统的、将人工分离和修饰过的基因,导入其他生物细胞中的转基因育种技术就称为基因工程。

1972—1973 年曾将猿猴病毒和 λ 噬菌体的 DNA,用限制性内切酶(EcoRI)切割成片断,再用 T_4 连接酶,连接成新的 DNA 分子。1973 年又把大肠杆菌的质粒的片段在体外重组 DNA。特别是利用根癌农杆菌的 Ti 质粒的 T-DNA,携带外源基因插入作物基因组,而引起细胞特性的变化,开创了作物基因工程的新纪元。1983 年,转基因技术在烟草和马铃薯高等作物上应用成功。近几年,在我国培育出转基因抗虫棉(图 6-4),经国家批准商品化生产的新品种计 55 个,累计推广面积 666 万 hm^2 以上。其他尚有粮食、油料和蔬菜等作物都获得了转基因品种或植株。并且技术和方法有所创新,日趋完善,在作物育种工作中发挥着积极的作用。目前,全世界转基因作物已遍布 23 个国家,面积达 1.143 亿 hm^2 ,仅去年即给全球农民带来 70 亿美元的增收^[39]。这些数字显示了基因工程的发展和成就。



图 6-4 英华 2 号转基因抗虫棉品种
(2004 年郑州英华优质棉研究所培育)

二、基因工程的步骤和技术

进行基因工程首先要做好一切准备工作,如明确工程目标、方法和步骤,将会遇到的问题及解决方案,特别是材料、工具、仪器、药品、材料的准备。基因工程是应用 DNA 重组技术,将外源基因,通过生物、化学和物理手段导入作物的基因组,以获得新作物个体或新品种。步骤分:基因分离和合成,DNA 介导转化以及检测 and 选择。

(一) 基因的分离和合成

转基因技术首先要确定“目的基因”,也就是决定育成新个体所需要的基因。在选定目的基因后,用以下方法进行分离和合成。

1. 限制酶法 在微生物中,有一种限制性核酸内切酶。这是一种水解 DNA 的磷酸二酯酶。它既能把 DNA 切成小片段又可把运载工具如质粒或病毒 DNA 切成便于携带的

小片段,以便进行 DNA 重组。它可作用于特异的核苷酸,在一定的序列上切断 DNA,成为许多片断。目的基因就可能存在于其中某一片断。将这些片断与载体(carrier)如 γ 噬菌体等,组成重组 DNA 分子,再转化到大肠杆菌去,进行纯系繁殖、分离、鉴定和选择,得到所需要的目的基因。目前,这种方法得到广泛应用。

2. 化学合成法 合成基因最常用的方法是固相合成法。将要合成寡核苷酸链的末端核苷固定在一个不溶性高分子上,再从此末端核苷开始逐步接长此寡核苷酸链,当整个链增长到所需要的长度后,再将整个链切割下来,经过分离纯化,得到所需要的合成基因。1976 年考兰纳(H. G. Khorana)等合成第一个人工合成的有生物活性的基因,大肠杆菌酪氨酸 tRNA 的基因。这种方法所费时间长,不过现在已有核酸合成仪可用,对于研究基因结构和功能大有用途,意义重大。

此外,尚有密度梯度超速离心法和酶促合成法等方法可进行基因分离和重组。

(二) DNA 的介导转化

DNA 介导转化有以下方法。

1. 农杆菌介导转化法 农杆菌是土壤中的一种革兰阴性细菌,共有 4 种。其中用于基因工程的主要是根癌农杆菌(*A. tumefaciens*)和发根农杆菌(*A. rhizogenes*)。它们可引起双子叶植物冠瘿瘤和发状根。其细胞中分别含有 Ti 质粒(tumour inducing plasmid)和 Ri 质粒(root inducing plasmid),其上都有一段 T-DNA(transfer DNA),通过伤口进入细胞,将 T-DNA 插入到细胞的基因组。基于这种情况,将 T-DNA 的致瘤基因切除,插入代之以目的基因,以进行转化,方法可采用单感染法,将农杆菌直接涂在作物伤口上,直接感染;也可用共感染法,将农杆菌长芽突变体与含有目的基因的农杆菌一起涂在作物组织上而共同感染。应用最广的是叶盘法,将含有目的基因的农杆菌感染的叶小片(也可用子叶和下胚轴等)共同培养,再用抗生素进行选择,得到再生植株。

2. 花粉管通道法 此法为周光宇(1972)首创,效果好、方法简单、容易掌握。在作物授粉后,即形成花粉通道,穿过雌蕊花柱直通子房,这时将外源 DNA(目的基因)溶液通过微量注射器,从花柱进针,将 DNA 溶液注入子房、导入受精卵细胞,整合到基因组中,发育成带转基因的新个体。也可在授粉前后,将外源 DNA 溶液滴加在柱头上,自然进入花粉管,再到达子房,进行整合。还可利用 DNA 溶液处理花粉粒,让 DNA 进入花粉粒内部,直接授粉受精。应用此法育成了棉花新品种英华 1 号和 GK12 等。

3. 基因枪介导转化法 将 $1\ \mu\text{m}$ 左右的金属粒,如钨粉,浸泡在目的基因溶液中,使此基因吸附在金属粒表面,再用特制的基因枪,在高压电场内,以 $400\ \text{m/s}$ 的速度,把这些微粒射入受体细胞,将目的基因带入,然后通过细胞和组织培养技术,再生出完整个体,从中选出转基因植株。这种方法也得到广泛的应用。

此外,尚有电击穿孔法(electroporation)、微注射法、原生质介导法和超声波处理法,可以根据具体情况和实际需要选用。

(三) 植株的检测和选择

供体的有用基因,特别是作为基因工程已选定的目的基因,经过分离、修饰、转化给

受体,需要进行检测,以确定供体基因是否整合到受体基因组中,转录翻译出蛋白质。这是转基因的一项重要工作。DNA 印迹法(southern blotting)是一个在 DNA 水平上测外源基因的存在与否的常用方法。将层析或电泳分离后的,待检测的 DNA,在琼脂糖凝胶上经 NaOH 处理,变为单链形式,盖上转移膜(transfer membrane)如硝酸纤维素膜,然后,再盖上一层特种厚滤纸,单链 DNA 与膜结合,便可用特定的放射活性物质或荧光探针测定。此外,尚有 RNA 印迹法(northern blotting)、蛋白质印迹法(western blotting)和点印迹法(dot blotting),可用于不同分子水平的检测。

转基因植株经过一系列的检测,证明克隆(cloning)成功,目的基因得到了完满的表达。但是对于整个基因工程来说,还不算最后结束。作为作物育种技术,转基因植株必须种植在田间,经过生长实际试验,例如转基因抗虫棉,需要种植田间,经过虫害检验,鉴定其危害程度及生产意义。况且抗虫性状良好,不一定其他性状如丰产性、熟性和抗逆性等,都符合生产要求。因此,还需要像常规育种技术一样,进行田间试验,以完成基因工程的全部程序。

第七章 作物群落育种的田间试验

第一节 田间试验的意义及种类

作物生产是在大田进行的,培育新品种必须田间试验。当然需要时也可以盆栽,在温室和人工气候室内试验,但一般只做辅助试验。田间试验是农业科学实验在大田进行的基本方法。它是农业新品种和技术措施在生产上应用之前的必要步骤。缺少这一步骤,从事作物生产将是盲目的,甚至是冒险的工作。田间试验按试验因素可分为单因子试验和复因子试验。只研究单个因子的试验称为单因子试验。单因子试验的试验因子可以分成具体的试验项目,也就是“处理”。例如把抗虫棉品种作为单因子,试验中棉所45号、鲁棉研15号、英华2号、晋棉26号和国抗1号作为5个处理,从中选出最优的品种。单因子试验的特点在于除了要研究试验因素以外,其他因素不变,也就是在其他条件相同的情况,筛选某一个因素。例如,单因子品种试验,在同样的土壤、气候和田间管理条件下,对单个品种因素进行试验,以选择最为适合的品种。再如密度试验则是在相同的土地、气候和田间管理条件下,用同一品种,试验作物单位面积种植多少株数为宜。单因子试验对某一因素来说,简单易行,准确有效。但有局限性,在复杂的田间环境条件下和农业技术不断改进的情况下,单因子试验就满足不了生产实际的需要,所以进行了某个因子的试验还得做其他单因子的试验,如做了品种比较试验之后,试验出最好品种,生产上需要确定播种期,还需进行该品种的播种期试验,甚至,还要做密度试验。这就是品种试验、播种期试验和密度试验,3个单因子试验。复因子试验是同一地点,同时进行包括2个和2个以上因素的试验。它的处理是一个因子的处理与其他因子的处理相结合的处理组合,例如品种、播种期和密度试验,在某年某地同时确定那个品种最好、何时播种、单位面积种多少株的3个问题,这样的试验即属于复因子试验。它的优点在于能够分析各单个因素的优劣以及各因素结合起来的综合效果。节省时间、人力和物力,特别是更符合生产实际。但是设计费事,技术性强。作物群落田间试验更加费事,应先以单因子试验为主。

田间试验按试验小区的面积可分为大区试验和小区试验。大区试验的面积在 333.5 m^2 以上,一般为 $667\sim 1\,334\text{ m}^2$,要求土地平整,肥力均匀,耕作栽培接近大田,优点在于简单省事,便于进行。但不适宜精确的复杂的试验研究。小区试验面积一般为 133.4 m^2 或更小。要求土壤条件更加严格,精确性和一致性更高。适于试验处理项目和

组合较多,种子量少的初期试验。然而小区试验与大田条件差别较大,试验得出结果后,再进行大区试验或大田对比,以接近生产实际应用。

第二节 田间试验的设计

作物在试验田里种植,株与株之间的距离为株距,条播成行,行与行之间的距离为行距。纵横株距相乘或株距乘行距等于单株的营养面积。在一定的面积内,单株的营养面积之和构成试验小区的面积。在试验田里,一个处理种植一个试验小区。有几个处理就种几个试验小区。各处理种植一遍为一次重复,种植几遍就是重复几次。重复也就是同一处理所设置的试验小区的数目。所有重复总起来就是试验田的田间总体结构。作物的田间试验设计也就是对以上内容全面设置和排列。

在作物田间试验田里,作物种植的行株距,特别是群落育种,应比大田生产的行株距适当加大,以便观察记载。群体育种的小区面积以 30.3 m^2 左右为宜;群落育种以增加一倍上下为原则,或进行大区试验。此外,在确定具体小区面积时,还应根据试验因子、气候和土壤条件以及耕作栽培等情况加以调整。小区形状以长方形为宜。为了减少误差,提高平均数据的准确性,一般试验处理应设置重复 2~4 次,群落育种可适当减少重复次数。进行大区对比,尽量做到条件相对一致,这样也可省去重复。田间试验都要设置对照区和保护区(行)。对照区也叫标准区,用以衡量试验的效果。不然,试验结果好坏就无法正确比较。保护区(行)有保护试验的作用,在试验田周围种植或试验区边缘种植一定行数的同一作物,以防人踏、畜啃和机械损伤所试验的作物。

一、试验小区的排列方式

试验小区排列方式分为顺序排列法和随机排列法 2 种。

(一) 顺序排列法

顺序排列法是按一定的顺序对一个重复内的小区进行排列。不同重复分别采用正向式、逆向式和阶梯式 3 种形式(图 7-1)。设计方法分为对比法设计和间比法设计。对比法的特点在于每 2 个处理小区设一对照区,以便各处理就近对比,方便准确。但对照区数目多,占用土地面积大,对于处理多的试验不太适宜。间比法是每隔 4 个,甚至 9 个处理小区设置一个对照小区。此法适用于处理较多试验。

(二) 随机排列法

随机排列法是用抽签法、抓阄法或随机数字表法使各处理在重复内随机确定其前后顺序的方法。这种方法可避免系统性的误差,试验结果准确性较高,但是排列、观察和分析都较为费事。这种方法还可细分一些方法。如单因子的完全随机排列设计法、随机完

全区组设计和拉丁方设计法以及复因子的随机完全区组设计法、复因子裂区设计法和正交试验设计法。以下介绍常用的有代表性的单因子随机完全区组设计法和复因子裂区设计法。

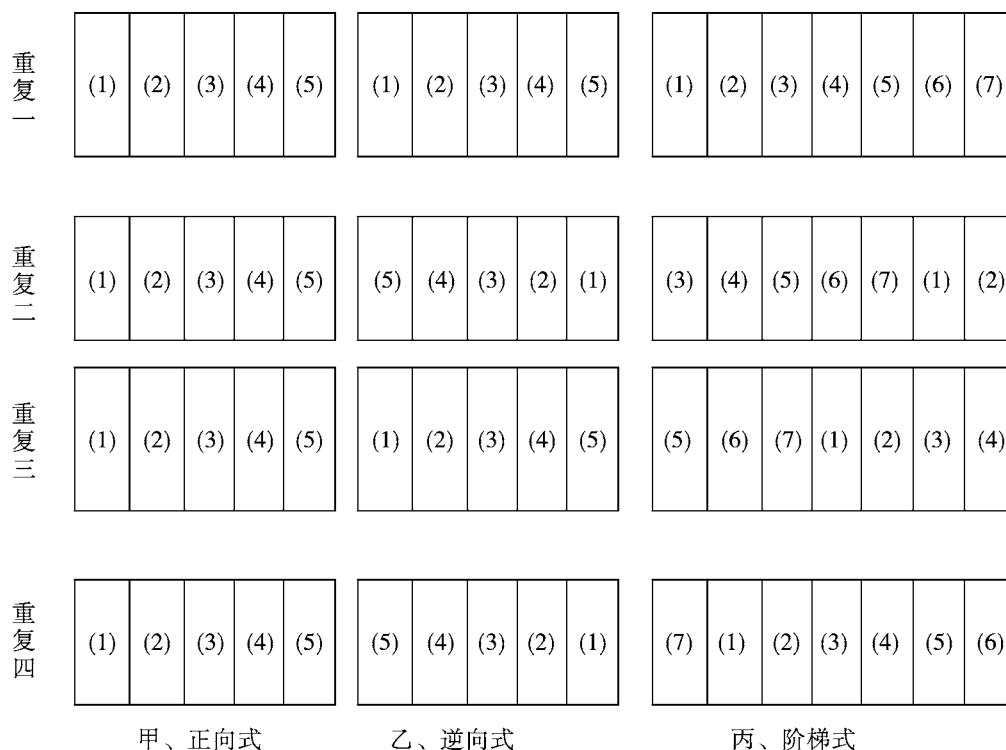


图 7-1 顺序排列法的 3 种形式^[37]

1. 单因子随机完全区组设计法 随机区组设计法是将若干试验小区,在土壤肥力基本上一致的地段上组成一个区组。在每个区组内,把一个重复的处理全部种在区组内,就成为一个处理,一个小区;一个重复,一个区组。区组实际上就是一次重复内所有的小区组合。区组内的处理小区随机排列,它们在田间的位置和顺序,机会均等。各区组中的各处理小区的次序相同的概率非常小。所以随机区组设计法适用于准确性要求较高的计产小区试验。

2. 复因子裂区设计法 裂区设计法就是在一种随机不完全区组的设计方法。复因子试验处理组合过多,而且各因子又有某些特殊要求时,宜采用这种设计。它的特点在于以大的小区作为主区,在主区内再划分出若干个副区,以满足不同因子的要求。例如施肥量和品种复因子试验,两因子都有特殊的要求,施肥量因子要较大的小区,而品种因子适宜较小的小区。施肥量因子和品种因子都有 3 个处理,则在施肥量 3 个较大的处理小区,每个再划分出 3 个较小的小区,种植 3 个品种处理。如果重复 4 次,共有 12 个较大的小区和 36 个较小的小区如(图 7-2)。

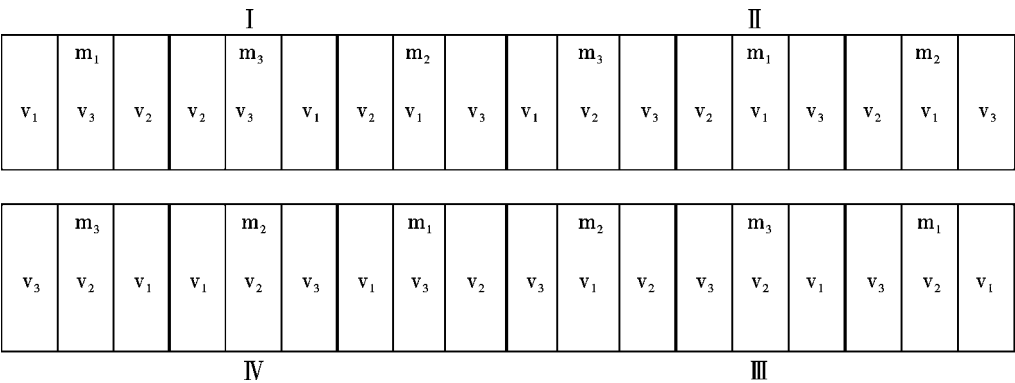


图 7-2 裂区试验设计图^[37]
m₁, m₂, m₃为施肥水平代号; v₁, v₂, v₃为品种代号

二、重复排列方式

重复是一个试验中同一处理所设置的小区数。在田间试验中,每个处理各设置一个小区,为一次重复;各设置 2 个小区,为二次重复;余类推。重复几次说明同一处理共种植几次。多重重复几次则把同一处理小区分布不同的地方,这就会降低因种植地方而引起的误差。然而,也不是重复越多越好,过多了,将会浪费土地、人力和物力。设置重复可本着以下原则:土壤肥力差异较大,试验准确性要求较高和小区面积较小,重复次数应多些,反之则少些。

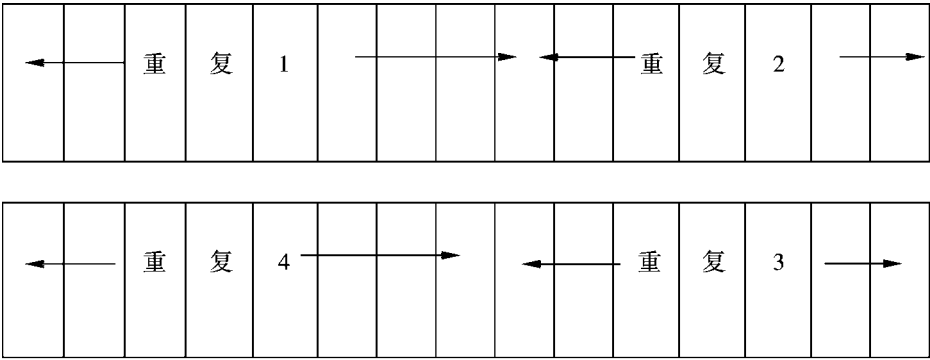
一般作物田间试验,在土壤肥力较为均匀的情况下,小区较大,可以重复 2~3 次,小区较小可以重复 4~6 次。

试验重复排列的方式有单排式、双排式和多排式 3 种(图 7-3)。单排式适用于试验处理和重复都不多,土壤肥力比较均匀的狭长条形试验地。否则,可以根据试验要求和土地情况选用另外 2 种重复方式。

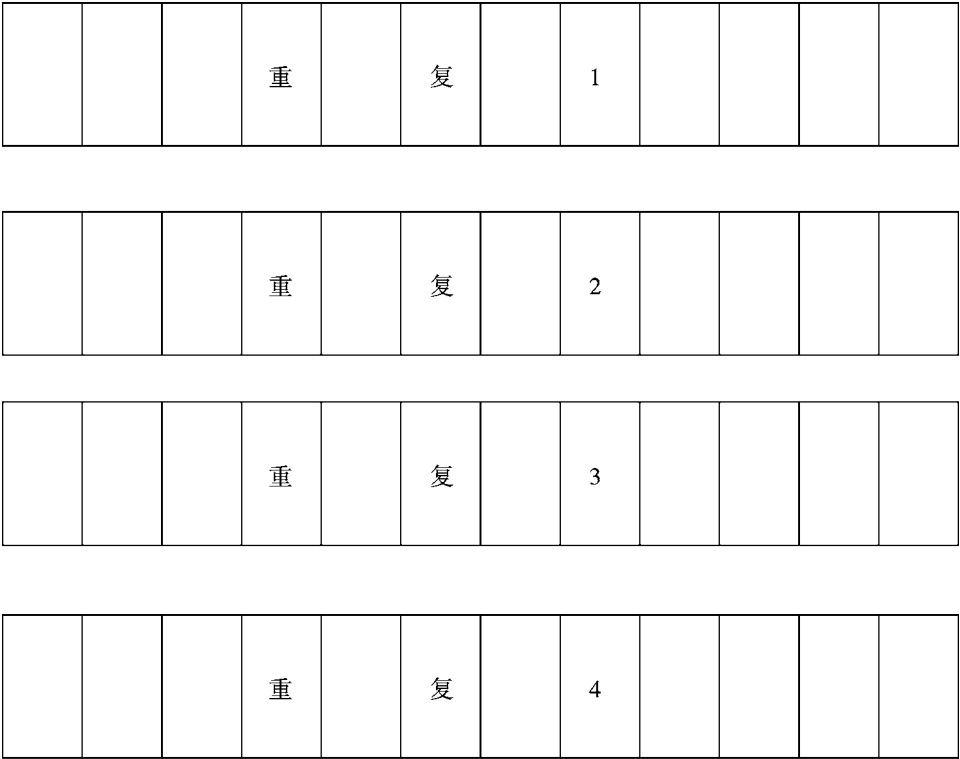


甲、单排式

图 7-3 田间试验的单排式、双排式和多排式(甲)^[37]



乙、双排式



丙、多排式

图 7-3 田间试验的单排式、双排式和多排式(乙、丙)^[37]

第三节 田间试验的方法步骤

一、试验计划的制订

田间试验计划是进行田间试验预先拟定的具体内容和步骤,是整个试验活动的依据。遵循周密的科学的试验计划,田间试验有条不紊地逐步实现试验内容,达到试验的目标,完成试验工作。

试验计划内容包括:试验名称、目的、内容、年限、预期效果、试验地规划(面积、小区和区组等及其规格)播种方法、密度、管理措施、田间观测、室内考种。并且最后制作出试验计划书和田间种植图。

二、试验田的规划

根据试验要求,试验之前,需要进行试验田土地规划、平整土地、试种匀地,达到试验田规格标准。根据试验计划认真丈量试验田总长总宽,实际占地面积,划出小区(区组)重复和走道。为了产量计算准确,采用勾股弦定理划定方形的方法,即在试验田较长的一边,取直画线,截3 m一段作为勾,在此直线的垂直线上划4 m为股,在两线上3 m和4 m处的连线即为弦。由勾股弦确定标准直角三角形,以此作基准,划定长方形小区、区组、重复以及方形试验田。

三、试验观察记载

观察分析和记载是田间试验非常重要的一个环节。试验的结果,就是靠观察记载的材料分析出来的。

田间试验观察记载可分为形态、生育、生态和管理四方面。

1. 形态特征观察记载 作物形态观察记载的项目有根、茎、叶、花、果实和种子的形状、大小、颜色等,有的项目不仅作直观定形定色,如叶形和花色,而且还要测量调查,求出平均值,如株高和千粒重等。

2. 生育特性观察记载 从播种期,出苗期经开花结果到种子成熟,最后收获拔秸,各生育期的日期和生长状况,连续观察记载。特别是各个时期生长状况以及形态表现,随时观察比较,并在现场分析,找出原因和结论,否则有的问题离开现场往往就不好解决和弥补。

3. 生态生理观察记载 试验田局部或临时发生的暴雨、积水、飓风和霜冻等灾害以及病、虫、草、鸟、畜害等都要观察记载。不然,受害的处理或区组产量和品质就无法解

释。并且有的试验需要测定作物群体和群落光合速率,特别是要测定阳性植物和阴性植物。测定作物的光饱和点和光补偿点,更得进行生理生态测定,取得相关数据,为群落育种提供参考。

4. 管理措施记载 田间试验的管理措施影响作物生长发育甚大。所以试验管理的项目、时期、方法、质量水平以及对作物的影响都需详细记载,特别是重要项目如施肥、灌水和化控等,一定要保质保量严格进行认真记载。

田间观察一律用铅笔记载,经过校正无误,喷碳粉画胶水固定保护,以防雨淋摩擦,便于长久保存。

四、测产和鉴定

(一) 测产

作物育种的主要目标首先是高产。产量提高了才能满足数量上的需要。对于作物栽培或是作物育种,高产超高产,成为当今中外农业工作者共同追求。测产就是测定产量,在作物生产中它是一项十分重要的工作。

按照作物集合层次,作物产量可分为个体产量(IY)、群体产量(PY)和群落产量(CY)。它们之间存在着连续叠加的关系。在试验田内,个体产量叠加起来为群体产量,群体产量叠加起来为群落产量,即:

$$PY = \sum IY \quad (7-1)$$

$$\begin{aligned} CY &= \sum PY \\ &= \sum (\sum IY) \end{aligned} \quad (7-2)$$

个体产量是个体主要收获物的数量。由于各种作物的形态不同,主要收获物也不一样,其个体产量计算方法都不相同。所以各类作物都有自己的个体产量计算公式。

谷类作物收获子粒,个体产量: $IY = N_G \times \bar{G}$ (N_G 为个体子粒数, $\bar{G}$ 为平均粒重)

薯类作物收获薯块,个体产量: $IY = N_T \times \bar{T}$ (N_T 为个体薯块数, $\bar{T}$ 为平均单薯重)

烟草收获叶片,个体产量: $IY = N_L \times \bar{L}$ (N_L 为个体叶数, $\bar{L}$ 为平均单叶重)

棉花收获子棉,个体产量: $IY = N_B \times \bar{B}$ (N_B 为个体铃数, $\bar{B}$ 为平均单铃重)

群体产量是在一定面积上全部个体产量。它可分为单产(Yu)即单位面积的个体产量总和以及总产(Yt)即一定面积上的个体产量的总和,均为群体产量。作物群体的单产是由单位面积上的个体产量与个体数构成。单位面积上的个体数也就是作物种植密度(D),因此,群体的单产还可以按以下公式计算:

$$Y_u = IY \times D \quad (7-6)$$

在小面积上,作物数量不多,如果条件允许,可以进行实收实测。一般应用收获工具,将作物主要收获物全部收获,细收细打,用标准量具称重,即是一定面积上的总产。再精确的测量土地面积,以面积(A)除总产即得单产,公式为:

$$Y_u = Y_t/A \quad (7-7)$$

在大面积上,实测困难,则用测产方法,测定计算相对准确的单产,再用以下公式计算出总产来。

$$Y_t = Y_u \times A \quad (7-8)$$

群落产量是在一定面积上,群落中全部群体的产量。由于群体在群落中都有一定的组合类型(图7-6),群体与群体之间又有一定的间隔,所以,各个组合类型也都有各自的测产方式,以常见的带状组合为例,如果各群体的主要收获物一致,如谷类作物的主要收获物都是子粒,就按群落的带宽(每个群体种植一遍所占宽度)为宽度,量一定的带长为长度所构成的面积为一个测点,收割测点面积内全部个体,称子粒重量,就是群落产量。以面积除之,即得群落单产。大面积测产,还需选设一定数量的,分布均匀的测点。各测点群落平均单产,乘总面积即得群落总产。如果需要各群体的产量,还要按它们所占面积大小,再折算出来。

如果群落中群体的主要收获物不一致,例如小麦棉花群落中的小麦为子粒,棉花为皮棉,那么就要分别测产,各群体的产量需要计算出它们的面积,在带状组合的田间结构中,群体间存在着间距,它是由相邻群体行距一半之和及群体间空地宽度构成。因此间距减去群体行距一半之和,即得群体间空地宽度,由此求得空地面积,平分加于各群体的面积即可算出它们的面积,再计算出各群体的单产和总产。

(二) 鉴定

对作物的鉴定是用科学的方法对作物进行鉴别和评定。它是保证和提高新品种选育的品质的重要措施。鉴定的方法有田间鉴定和室内鉴定,两者均有鉴定的项目和标准。

1. 田间鉴定 田间鉴定是在田间自然状态下,对作物的性状进行目测和测量,鉴定的内容包括形态结构,如器官的构成及其形状、大小、颜色和构造,生长发育,抗病虫能力、抗逆性以及群落中对其他群体的影响。由于育种的作物种类和目标不同,鉴定的内容各有所侧重,一般都设置有记载表格,规定有详细的记载标准,必须严格执行,方能做出正确的评价。

2. 室内鉴定 田间鉴定是作物性状鉴定重要方法。然而,它有一定的局限性,一些内在的特性,生理功能和产品质量等在田间不好进行鉴定,例如器官特别是主要收获物

的含水率、成分、加工品质、内部组织构造以及需要一些精密仪器观测和分析的项目,都必须在室内鉴定。并且必要时,还需要进行盆栽试验,在室内种植进行活体测定。有些高层次测定,还需控制生态条件在温室和人工气候室内做相当长期的鉴定。室内鉴定是田间鉴定的补充和继续,是评定作物性状非常重要的环节。

第八章 品种集选育

作物群落育种大体可分为分类育种和目标育种。

第一节 分类育种

按作物群落分类,群落育种可分为:粮食作物群落品种集选育、经济作物群落品种集选育、绿肥饲料作物群落品种集选育和复合群落品种集选育。

一、粮食作物群落品种集选育

粮食作物包括谷类作物(稻、麦、玉米、高粱、粟和黍稷等)、豆类作物(大豆、小豆、绿豆、红豆、豌豆、蚕豆和扁豆等)和薯芋类作物(甘薯、马铃薯和豆薯等)。它们的群体组成不同类型的群落,在生产上的类型计有二元型如小麦豌豆、小麦玉米、小麦甘薯、玉米谷子、玉米大豆、玉米绿豆、高粱大豆、谷子绿豆、大麦扁豆等群落;三元型如小麦玉米大豆、小麦玉米绿豆和小麦玉米甘薯等群落;四元型如小麦豌豆玉米大豆群落等。在这些群落当中,以小麦玉米、玉米大豆和小麦玉米大豆等群落最为普遍,尤其以小麦玉米大豆群落更为典型,在增产粮食方面,曾起到积极的作用。

(一)小麦玉米大豆群落品种集选育

小麦玉米大豆群落是小麦玉米套种和玉米大豆间作相结合而发展起来的,如山东省曾大面积实行的“二四哇”,它的优点在于充分利用时间和空间,大豆与根瘤菌共生固氮,特征特性互补,增加产量和提高效益,然而需要从育种上解决它们之间争光争肥争水的矛盾。

1. 小麦性状 小麦是世界第一大作物,我国的第二大作物。小麦属于禾本科(Gramineae)小麦属(*Triticum*),在我国栽培的种约7个,其中普通小麦占90%以上。按染色体倍性可分为二倍体($2n=14$)如栽培一粒小麦,四倍体($2n=28$)如栽培二粒小麦和六倍体($2n=42$)如普通小麦。小麦的根属须根系。茎直立,中空而细,基部分蘖,茎的节数和节间长度决定株高,在染色体2A上存在有决定节间正常长度的基因;茎秆强度、直径和厚度与倒伏有关,高产不倒才能丰收;强度呈部分显性,直径和厚度受同源转化群3和1B、2B、2D、7A与7D以外的全部染色体的影响。叶面有毛和蜡质,是识别品种指示性

状,有毛对光叶呈显性,由一对或两对基因控制,染色体4A和5A与之有关,蜡质与2B和2D有关;叶生长姿态对群落中的其他群体有直接影响,在群落育种中,需要培育竖叶的光合作用强的叶。今后应加强小麦叶的长相长势和生理功能等遗传的研究。小麦穗的密度和分枝性与经济产量有关。研究表明染色体2D上的C基因和3D上的S基因可使穗变密,并且基因重叠或缺失均引起穗密度的变化。小麦子粒属于颖果,果皮和种皮为母本组织(2n),母体决定其表型。胚乳(3n)的基因组成,2/3来自母本,1/3来自父本。胚(2n)的基因组成,父母本各占一半。小麦子粒的性状是由父母本共同决定。此外,各地条件不同,对小麦性状的要求各有侧重。在高产区需要抗倒、耐肥、抗病、早熟、高产和优质的品种;在低产区需要耐旱、耐瘠和耐盐碱的品种。研究和培育这些性状,以适应不同地区的群落生产的需要。

2. 玉米性状 玉米是一个C₄作物,高产且用途广,是食品、医药、饲料和生物质能的重要原料。它属于禾本科(Gramineae),玉米属(*Zea*)玉米种(*mays*)。根属须根系,地上茎节处可发生气生根和支持根。茎粗高大,株高表现极大的杂种优势。叶带状,叶长、叶宽、叶数以及着生角度均不表现出杂交优势。茎的高度和叶姿态,在群落中常影响其他群体。玉米为雌雄同株异花,雄花顶生,属圆锥花序,雌花茎生,属肉穗花序,异花授粉,有利于进行杂交育种。杂交后,肉穗花序发育成穗,穗大子多,穗长和行粒数有较大的杂交优势。按子粒和胚乳等性状,分玉米为9个类型:硬粒型、马齿型、半马齿型、粒质型、糯质型、甜质型、爆裂型、甜粉型和有稃型,这些类型受一两对基因的差别所决定。例如马齿型与甜质型受一对基因(*Su-su*)所控制,前者含淀粉多,蔗糖少,而后者含淀粉少而蔗糖多。子粒的颜色有黄、白、紫、红和花斑等色。单株子粒产量一般表现很高的杂种优势。玉米属短日照作物、喜光喜温、需水需肥。玉米产区迫切需要具有抗旱、耐瘠、抗病和优质性状的优良品种。

3. 大豆性状 大豆是高蛋白高油料作物。属豆科(Leguminosae)大豆属(*Glycine*),属内分野生种(*G. ussuriensis*),半栽培种(*G. gracilis*)和栽培种(*G. max*)即一般所说大豆。直根系着生根瘤,与根瘤菌共生固氮。茎直立,株高30~100 cm,具有限生长、亚有限生长和无限生长习性,主茎节数和分枝数表现杂种优势,部分显性。复叶具三小叶。花簇生,总状花序,蝶形花,自花授粉。单株结荚数在杂交第一代表现正向部分显性及超亲优势,每荚粒数表现负向部分显性,或正向部分显性。种子颜色分黄、青、褐、黑和双色,千粒重和秕粒率也表现负向部分显性,子叶内含蛋白质和油分均高,两者呈负相关,在杂交第一、二代中显性不明显。从产量来看,杂交第一代均超过亲本中值,表现高产方向的部分显性至超双亲优势。大豆属短日照作物,一般耐旱耐瘠而低产,如何增强优良性状,弥补缺点,培育高产优质的品种是其育种的迫切任务。

就群落整体来说,小麦玉米大豆群落符合特征特性对应互补,生态适应性大同小异和综合效益相对较高的原则。玉米株高,小麦大豆株低;小麦冬春夏生长,玉米大豆夏秋生长;小麦玉米需肥需水,大豆耐瘠耐旱;小麦玉米含糖类较多,大豆含蛋白质和脂肪较多,经济效益、生态效益和社会效益一般较单作群体为高。然而存在着争光、大豆低产和机械化困难等问题,需要通过育种,适当解决。

4. 育种目标

(1) 高产 产量始终是作物生产追求的目标。在小麦玉米大豆群落生产中,由于大豆的特性和群落的内生境的原因,影响群落产量,迫切需要培育出大豆高产品种;小麦和玉米也需继续提高单产,培育出超高产的新品种。

(2) 优质 小麦和玉米属于淀粉作物,提高种子的蛋白质含量可以增进其营养价值,培育高筋、中筋、弱筋小麦专用品种和高油、高赖氨酸、高维生素 A 玉米优质品种。大豆是粮食和油料兼用作物,培育高含油量品种,以提高大豆的品质。在小麦和玉米连续高产再高产的情况下,各地都已注意到它们的品质改良。河南省培育出强筋小麦品种“郑麦 366 号”,推广面积达 11.2 万 hm^2 ,受到农民和市场的欢迎^[37]。

(3) 高效 市场经济对生产要求高经济效益。一般来说,小麦玉米大豆群落的产品高产优质就能带来较好的经济效益。生态效益则要靠作物的特性,能否充分利用生态条件。培育叶绿、叶厚、叶绿素含量高的,矮秆竖叶,株型紧凑的小麦和玉米品种,能够提高光能利用率和光合速率;培育根深,吸收力强的植株,能够提高水肥的利用,对增加产量有着明显的效果。

(4) 和谐 小麦、玉米和大豆都需要培育早熟,生育期短的品种,以缩短伴生期,减缓竞争矛盾。小麦和玉米品种应具有低秆、秆硬、抗倒伏、竖叶、少分蘖、耐瘠耐旱等性状,以减轻相互影响;大豆品种应耐阴、低饱和点,以适应玉米行间条件。此外,应发扬小麦玉米与大豆对氮、硅、钙吸收的互补作用,充分利用土壤养料。

(5) 抗病 小麦要求抗锈病、赤霉病、白粉病和病毒病;玉米要抗大、小斑病、灰斑病、茎腐病、丝黑穗病和病毒病;大豆抗灰斑病、霜霉病和花叶病。

5. 育种技术 根据群落育种目标,小麦玉米大豆群落育种应当在其各群体育种的基础上提高一步。超高产和优质是群落育种普遍的目标。和谐共处才是群落存在的根本条件。要达到以上目标,一般常用的群体育种技术已经满足不了群落的要求。因此,在充分发挥引种和系统选种的同时,需要采取超常规的技术方法才能收到预期的效果。

(1) 引种 在充分了解原产地的生态条件和品种的特征特性,特别是群落所需要性状的前提下,广泛收集可以利用的材料,尤其是当群体育种不一定需要的材料,甚至淘汰的品系,如发现小麦和玉米低秆、秆硬、竖叶、耐瘠、耐旱和大豆耐阴、多荚的性状,挑选出来,进行研究和应用。

(2) 系统育种 群落育种的系统育种技术不同于群体育种,首先在于选择单株不仅是一般的产量和品质的提高,而是能在群落中高产超高产,优质更优质。其次是选择在群落中具有独特的适应性状。因此广泛收集有用单株,尤其是多在群落中选株,这样就容易得到理想的植株和性状。同时,在进行株行试验、产量试验和区域试验时,都要种植在群落中,也就是小麦套种玉米,玉米间作大豆,使 3 种作物群体能够相适应。在群落内生境的条件下选育群落适宜的优良品种。

(3) 杂交育种技术 杂交育种技术能够主动创造群落所需品种,特别是远缘杂交,可以把远亲的有用性状,转育到子代。小麦杂交首先选择具有低秆抗倒伏和竖叶少分蘖的植株,在具有这样的性状前提下,提高产量和品质。大豆杂交需要选择具有耐阴高产的亲本,特别是耐阴性状,十分难得,所以开展远缘杂交成为必要的方法。玉米杂交更是玉

米育种主要方法。

按杂交种的类别可分为以下几种。

1) 品种间杂交 这是 2 个作物优良品种杂交,尤其是小麦杂交育种常用的方法。但是,对玉米来说这是早期的育种方法,比较简单,但增产有限,现已为以下几种方法代替。

2) 顶交制种 选用一个优良自交系或一个单交种与一个优良品种杂交。顶交种的产量和整齐度优于品种间杂交种,但不如自交系杂交种。

3) 单交制种 这是利用 2 个玉米自交系交配。选择优良的自交系交配,其杂交优势强,增产显著,是当前玉米育种的主要方法。

4) 三交制种 用 2 个自交系配成的高产的单交种与一个优良的自交系杂交。由于单交种高产,三交种产量也高,且制种产量亦高,种子成本相应也低。

5) 双交制种 利用 4 个不同的自交系,先分别配成 2 个单交种,再使 2 个单交种杂交。它的优点在于遗传基础广泛,容易获得优良性状,适应性强,稳产高产;并且制种产量亦高,降低种子成本;但配置单交种所用自交系多,繁殖制种比较复杂,双交种整齐度也比单交种差。

6) 综合杂交制种 利用若干个优良自交系或自交系杂交种,种在一起,充分自由授粉,选育出优良杂交种。由于亲本多,遗传基础亦比较广泛,选得优良性状机会多,适应性强,杂交优势稳定,并且制种程序简便。但产量不如单交种、三交种和双交种。

杂交优势在小麦育种工作中尚未实现,杂交种的大面积应用可以从化学杀雄法、三系法和二系法开展工作,促进优质高产杂交小麦在生产上应用。

7) 远缘杂交 小麦和大豆远缘杂交对于丰富它们的优良性状,培育超高产的品种和创造新物种具有重要意义。在克服远缘杂交成功率低、杂交不孕和杂种不实种种困难之后,现在已有 5 个属 32 个种可与普通小麦交配,并取得显著成果。小麦与偃麦草杂交,培育出子粒重大大超过秸草重的特殊性状的“小偃 81 号”远缘杂交种^[38]。远缘杂交常常发生杂交不孕和杂种不实现象,所以首先克服这样的现象,如采用测交、正反交和四交,选配父母本提高结实率;利用化学诱变剂处理杂种,促进结实以及借助与父母本杂交容易结实的材料,先杂交,产生第一代,再与父母本杂交以提高其结实率。如果仍不能结实,可以进行人工培养幼胚,在培养基上成苗繁殖。那些第一代自交受精不实的组合,也不要抛弃,也可以进行杂交优势利用的研究,使杂交技术发挥应有的作用。

(4) 诱变技术 小麦和大豆进行辐射育种技术收到变异的效果。在得到低秆、早熟、蛋白质含量或油分含量提高等性状的同时,也出现黄化叶和褐脐黄豆以及畸形植株。选用材料以当地综合性状较好的优良品种为主,应用诱变技术,改良其缺点或增加群落所需优良性状,一般容易达到预期的目的。小麦常用 $^{60}\text{Co} - \gamma$ 射线照射干种子,大豆用 X 射线,其他方法如中子和激光也正在研究中。

(5) 遗传工程 遗传工程(genetic engineering)是生物技术的重要组成部分。它包括细胞工程、细胞器工程、染色体工程和基因工程等新技术。例如六倍体普通小麦与二倍体黑麦杂交种($n = 28$),经秋水仙素处理加倍染色体而育成八倍体小黑麦($2n = 56$)。最近在国外利用转基因技术,合成 DGATI-2 酶,催化形成油脂,提高玉米含油量 41% 和油酯 107%。1999 年美国转基因大豆面积达 1 500 hm^2 ,占大豆面积 50%^[39]。遗传工程已

经在小麦、玉米和大豆生产上发挥增产增效的作用。

对于小麦玉米大豆群落品种集的选育应着重对转基因技术的应用,广泛收集小麦和玉米的低秆、多穗、多子基因和大豆的多荚、大粒、耐阴基因的供体和载体材料,通过分离、转化、检测 and 选择,培育高产、优质、和谐的小麦、玉米和大豆优良品种。

(二) 玉米甘薯群落品种集选育

玉米和甘薯都是高产粮食作物,除了食用以外,作为生物质能作物可以提供无污染的燃料。它们组成群落具有重要的经济意义。它们一高一低,喜肥喜水与耐瘠耐旱,对应互补,搭配适益,增产粮食明显。在育种上,需要为之培育短蔓耐阴甘薯品种和低秆优质玉米品种,以继续提高量。

1. 群体性状 甘薯是一个高产、稳产、抗逆、多用途的粮食作物。属于旋花科(Convolvulaceae),甘薯属(*Ipomoea*),甘薯种(*batatas*)。属内分二倍体($2x=30$)如白花野牵牛(*I. leucantha*)、四倍体($4x=60$)如海滨野牵牛(*I. littorals*)和六倍体($6x=90$)如三浅裂野牵牛(*I. trifida*)。它们是甘薯的原始的和最接近的祖先。甘薯属六倍体与三浅裂野牵牛杂交亲和,而与其他种杂交或自交结实率低,给育种工作带来困难。甘薯属薯芋类作物,根系分纤维根、牛蒡根和块根,块根是栽培的目的物,也是繁殖的主要种用材料。茎蔓生,有长短之分,以短蔓适合群落中生长,茎节能够发芽生根,因此茎蔓可扦插繁殖。叶互生。花两性,雌雄同花,为聚伞花序,异花授粉,多数品种自交不实,杂交率达90%以上,并且在北方很少开花,其开花性是单基因控制的显性性状。甘薯喜温怕冻,耐旱忌涝,耐瘠抗逆,属于短日照作物。玉米性状见小麦玉米大豆群落育种。

2. 群落育种目标

(1) 高产 玉米和甘薯都是高产作物。然而,在群落中,玉米处于高位,甘薯处于低位,受玉米遮光,影响产量。如何培育出弱光条件的高产甘薯品种和玉米超级杂交种是玉米甘薯群落育种的首要目标。

(2) 优质 玉米品质仍要提高蛋白质。甘薯的品质要求切干率35%以上,淀粉率在25%,含纤维要低。含胡萝卜素和糖类要高。

(3) 抗旱耐瘠 不仅玉米要抗旱耐瘠,而且甘薯也要这样要求。

(4) 抗病耐贮藏 甘薯常感染黑疤病和软腐病,并易受冻害和贮藏期间腐烂,影响块根质量。因此,应选育含水分少、耐冻、抗病的品种。玉米要求抗丝黑穗病和病毒病的品种。

(5) 和谐 广泛收集研究和利用特殊育种材料,培育矮秆竖叶、早熟高产玉米以及短蔓、半直立和结薯集中的甘薯,并发扬玉米与甘薯对氮钾吸收的互补作用。

3. 育种技术

(1) 引种 在生产上,甘薯实行无性繁殖。根茎随时可以取材,简便有效,并且少受自身和环境条件的限制,特别是性状保持长久,容易保纯。所以引种是甘薯育种的有效方法。由于甘薯有性杂交较为困难,引种更具有特殊意义。

甘薯引种同样要注意原产地和本地的自然条件,特别是日照和温度。引种短日照甘薯品种到长日照地区,茎叶徒长,影响产量;反过来引种也生长不好。一般北方地区从南

方地区引种应选春型品种,不宜用秋、冬型;南方地区从北方地区引种,用做春、夏薯而不宜做秋、冬薯栽培。

新引进的品种应注意芽变。在苗床或在田间如发现变异植株,如短蔓、半直立、块根性状和结薯习性等,随时标记,单收单藏,进行系统选育或作亲本进行杂交育种。

(2) 杂交技术 由于甘薯自交和杂交授粉结实率低,影响甘薯育种,不能利用许多具有优良性状的材料,作亲本进行杂交。然而,甘薯却具有许多优点,首先是甘薯自交不实,可用无性繁殖。杂交后的优良性状用无性繁殖方法,容易固定遗传下去,很少发生天然杂交和自交退化。其次杂交实生苗当代就发生分离现象,即可选优去劣,并且实行无性繁殖,其后代少有分离,优良品系即能扩大繁殖利用,因而缩短育种年限,也不需年年制种,省事省工,降低成本。甘薯杂交常实行品种间杂交和近缘杂交。

甘薯品种间杂交是选择交配可育的品种,进行人工交配。我国北纬 23°以南地区,大部分甘薯品种都能自然开花;以北地区大部分不开花。因此,在北方进行甘薯杂交,首先要诱导开花,采取嫁接、环割、断根、短日照和开花激素处理,其次选定好杂交时期,把握父母本植株开花相遇,提高成功率;再次认真贯彻杂交技术和步骤,做好隔离授粉保护。杂交前一天下午,将母本花朵去雄,并将父母本将要杂交的花朵套袋隔离。次日上午授粉,做好标记,随时检查保护,及时采种。

近缘杂交是利用近缘野生种与甘薯交配的一种育种技术。能与甘薯交配的有三浅裂野牵牛和海滨野牵牛等少数近缘野生种。但困难较大,问题较多,需要进一步研究杂交技术以及扩大甘薯育种资源,增添群落育种材料。

(3) 诱变技术 甘薯进行人工诱变可产生形态、产量、淀粉含量和切干率的变异。选择优良单株,通过无性繁殖固定和增殖,如无其他不良性状,即可作为品种利用。方法简便,多快好省。

对种薯诱变,在萌动时,用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线照射。取照射一侧长出的苗,分株扦插,并开始选株。对种苗诱变,应选择壮苗或春薯壮秧顶芽 500 个,围绕 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线照射中心,平放排列,采用存活率达 50% 的剂量,照射均匀,处理完毕即可编号栽植。在生长期中,仔细观察和测定,选择优良单株,所结薯块分收分藏并测定薯块性状,育苗和繁殖。对种子诱变,用干种子或催芽的种子,进行 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线照射,剂量仍以存活率 50% 为准。因种子珍稀,操作要格外慎重。

此外,在粮食作物群落中,尚有谷子绿豆群落、玉米谷子群落和小麦豌豆群落等,在有些地方种植,也需要为它们培育新的品种集。

二、经济作物群落品种集选育

(一) 棉花油菜群落品种集选育

棉花属于纤维作物,油菜属于油料作物。所以棉花油菜群落不仅增产,而且经济效益和社会效益均高。油菜为越冬作物,到了春天再套种棉花,如何解决油菜对棉苗的不良影响,培育出和谐的棉油良种,是棉花油菜群落育种的中心任务。

1. 棉花性状 棉花是一个重要的经济作物。属于锦葵科 (Malvaceae), 棉属 (*Gossypium*) 属内 30 余种, 在我国有 4 个栽培种, 以陆地棉 (*G. hirsutum*) 为主, 部分地区生产海岛棉 (*G. barbadense*)。

棉花属直根系。茎粗秆高, 分枝有叶枝和果枝 2 种, 果枝分有限果枝和无限果枝, 有限果枝为隐性遗传, 两类品种杂交第一代无限果枝, 杂交第二代分离出有限果枝。果枝有限或无限生长, 决定果枝长短, 因而也决定株型。主茎下部果枝长, 向上果枝渐短则植株呈塔形; 下部无叶枝, 上下部果枝等长呈筒形; 下部叶枝多而长与主茎同高, 并也生果枝呈丛生型, 棉花株型影响群落中的其他群体。叶大, 具裂片, 窄长裂片的鸡脚叶是抗卷叶虫的性状, 叶形状由一个复等位基因系列所控制, 正常叶对鸡脚叶是不完全显性。花双性, 果实称为铃, 铃数和铃重是产量的重要因素, 棉花单株铃数表现中等遗传力, 铃重是多基因遗传, 由低到中等遗传力。种子着生种毛, 分长绒和短绒 2 种, 长绒是棉花生产的主要收获物, 长绒的长度受 4~5 对基因控制, 基因间有累加的相互作用; 棉纤维又有粗细之分, 长绒细度为数量性状遗传, 粗绒对细绒是显性。棉纤维的长度、细度和强度同为棉花品质的重要因素。

2. 油菜性状 油菜属十字花科 (Cruciferae) 芸苔属 (*Brassica*), 凡属内收种子榨油的种均称油菜, 为越年生或一年生作物。直根系。真叶分基生叶和茎生叶, 叶形复杂, 芥菜型油菜的深裂叶对正常叶呈部分显性, 叶缘淡红对常绿呈显性。幼苗期茎节不伸长, 叶丛生其上, 抽茎后直立, 茎色呈绿、灰蓝和紫色。甘蓝型油菜紫色对绿色为显性, 主茎分枝, 分枝再分枝, 又有上生分枝、下生分枝和匀生分枝之别, 后一种分枝适于机械化栽培。花集中茎枝顶端, 为总状花序, 是典型的十字花形, 异花授粉和常异花授粉。果实为长角果, 可分直果和弯果, 前者对后者为显性, 由一对基因控制, 按照着生状态分直生型、斜生型和垂生型, 直生型对垂生型呈不完全显性。种子球形, 颜色有黄色、褐色至黑色, 受二对重复基因所控制, 种子的芥酸含量受一两对基因控制。

栽培油菜分白菜型、芥菜型和甘蓝型 3 种类型。

(1) 白菜型油菜植株低小, 基叶抱茎, 花瓣重叠, 为异花授粉, 自交亲和性低。体细胞染色体数 $2n=20$, 染色体组型为 AA。在我国有 2 个栽培种, 北方小油菜 (*B. campestris*) 和南方白油菜 (*B. chinensis* var. *oleifera*)。

(2) 芥菜型油菜 植株高大, 基叶披针形, 有明显叶柄。花瓣不重叠, 自交不亲和, 常异花授粉。种子小, 具辛辣味。体细胞染色体数 $2n=36$, 染色体组型 AABB, 自交亲和性高。亦有 2 个栽培种, 细叶芥油菜 (*B. juncea* var. *gracilis*) 和大叶芥油菜 (*B. juncea*)。

(3) 甘蓝型油菜 植株中等, 基叶椭圆形, 有明显缺刻。花大, 花瓣重叠, 常异交授粉, 自交结实率偏低。种子较大。体细胞染色体数 $2n=38$, 染色体组型 AACC, 自交亲和性高。在我国油菜生产上占主导地位。著名的胜利油菜和跃进油菜良种均属此类型。了解油菜各种类型以及科内其他属种特性有助选择材料, 进行远缘杂交和转基因技术。

3. 育种目标

(1) 高产 就收获物的重量来说, 棉花皮棉和油菜种子的产量都偏低。2000 年, 新疆棉花单产皮棉 $226.8 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$, 创世界最高纪录。然而与水稻、玉米和甘薯产量相比, 棉花单产较低。油菜亦非高产作物。因此高产是棉花油菜群落育种的首要目标。棉花

高产在于单株结铃数、铃重和衣分。铃重和衣分已达到一定的限度,配合栽培技术,培育脱落少、结铃性强的品种存在着较大的潜力。研究花柄离层性状,培育无离层品种。油菜产量决定于单株结荚数和千粒重,荚多子大产量高。提高结铃数和结荚数是达到棉花和油菜高产超高产目标的途径之一。

(2) 优质 棉花的质量表现在纤维的成分、长度、整齐度、细度、强度等理化性状上。棉纤维的成分以纤维素为主,并含有蜡质、脂肪、果胶、含氮物、糖类和灰分等。纤维素含量高,棉花纤维品质优,而其他物质增高,影响纤维品质,特别是含糖过高,影响强度,且纺织黏缠。长度、细度和强度与棉纱质量有关。纤维长而细、纺纱支数高,棉纱愈细愈强。在棉属内海岛棉纤维最长、最细、最强,如何把这样的性状转移到高产的陆地棉上,培育出高产优质的棉花新品种,或者增加海岛棉的纤维长度和强度,特别是铃重和衣分,培育超高产超优棉是棉花育种由来已久的愿望。

油菜的质量表现在含油量和菜子油的成分。如何培养含油高、油质优的品种,成为油菜优质育种的目标。

(3) 高效 棉花油菜群落的经济效益主要依靠棉花和油菜的品质,优质自然就高产值。因此,培育优质棉和高油分、高油质的油菜品种,以提高经济效益。油菜秋种夏收,棉花春种秋收。在伴生期油菜株高,棉苗低小能充分利用群落上下部空间一年中的光、热、气、土资源,进一步培育光能利用率高的油菜和延长吐絮期的耐寒棉花以及吸收水肥能力强的类型,则生态效益更高。同时应用转基因等先进技术,提高陆地棉绒长或海岛棉大铃高衣分以及油菜品质,以增进社会效益。

(4) 和谐 首先组配油菜和棉花适宜的生长期,使它们种收配合,协调伴生。油菜应培育宜迟播早熟的品种,棉花培育早熟苗壮的品种,以便不误棉花收摘和油菜播种。同时,在油菜形态上,选育分枝少,荚多秆低的品种,以减轻对棉苗遮光降温的影响。油菜及其他十字花科作物的根分泌物能溶解迟效状态的,难溶性的磷化合物,如何提高油菜这种能力,也是促进与需磷的棉花和谐伴生的一项育种内容。

4. 育种技术

(1) 引种 群落所要求的品种性状,与群体有许多不同之处,有些对于群体不一定适宜的品种或者对群落会有用处。因此,引种对于棉花油菜群落仍是一个有效的育种方法。凡是根深根广的、苗壮早发早熟的棉花和植株紧凑的油菜都是群落引种的对象。必要时,收集优良单株进行系统选育,获得理想的品种集。

(2) 杂交技术 品种间杂交在有适合的亲本的时候仍可采用。由于群落育种的特殊性,应设法采用一些新的技术和方法。近几年远缘杂交取了较好效果,如超纤维强力 AC 种质系和高产抗病的“石家庄 321 号”棉花新品种。对于群落育种来说,如利用远缘亲本的早熟、耐寒、少枝等性状,克服其不亲和性和不孕性,改进杂交方法,以获得有希望的新品种。油菜品种间杂交,在选育早熟品种亦取得一定的效果。以优良的早熟品种作母本,高产优质的早中熟品种作父本,也有由早中熟品种之间杂交,先后培育出湘油 2 号、丰收 4 号和荆油 1 号等。进行种间杂交可用甘蓝型品种作母本和适应性强的早中熟或中熟白菜型品种作父本,一般来说容易成功而得到优良的株系。

油菜杂种优势的利用应首先选育自交系,其方法有:①通过连续自交、分离和选择的方

法,选育自交系。②通过培育孤雄单倍体选育自交系。③通过培育孤雌单倍体选育自交系。以上方法以第一种方法最常用。但白菜型油菜自交结实率低,多代自交也易退化。培育的自交系进行单交种、三交种、双交种和品种与自交系杂交制种。油菜雄性不育系的利用已在我国开展。白菜型油菜选育出 87A 和三天 A 两个雄性不育系。甘蓝型油菜选育出 5702A 和湘矮 A。芥菜型油菜选育出新哈突和突柱不育系。由品种间杂交所产生的油菜雄性不育系,其恢复系还多,保持系难得;种间杂交所产生的不育系,其保持系增多,而恢复系又难找了。因此除继续培育雄性不育系外,特别要加强保持系和恢复系的研究,能够完善配套,培育出超级油菜杂交种。

油菜自交不亲和系利用是一种简便易行,过程短,收效快,杂种表现早熟增产。自交不亲和系可通过白菜型与甘蓝型油菜种间杂交或 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线处理等方法获得,如自交不亲和系 74-211 和 219。采用剥蕾授粉方法繁殖种子,可选定花序由下向上,逐花边剥蕾边授以本株花粉,并套袋保护,做出标记,避免收错混杂。为了保证杂交种种子供应,建立父本、母本和杂种 3 个隔离区。

父本隔离区种植高纯度的品种或优良株系,加强管理,特别要选株套袋自交,保证纯度,收作来年父本,其余严格去杂去劣,收作杂种隔离区用种。同时也要设置母本隔离区,同样,加强管理,套袋自交,保证下年制种用母本种子。

杂种隔离区的种植,父母本按 1:1 隔行配置,花期相同,同时种植,花期不同,迟开花者早播,调节父母本开花相遇,以便自然杂交。母行所结种子,即是制种要收获的杂种种子,父母行分收分藏。

(3) 诱变技术 棉花诱变育种技术的运用虽然时间不长,但取得了显著成绩。著名的鲁棉 1 号就是利用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线照射中棉所 2 号与 1195 号杂交后代而育成的。其他还有早熟丰产的辐射 1 号、迟播早熟短果枝的辐 003 号和适合群落栽培的运辐 885 号等都是诱变出特有性状的棉花品种。

棉花诱变育种在我国多采用各种放射性射线处理,这种方法往往容易引起基因突变,对于引变棉花个别性状如短果枝、矮生、早熟等以改进品种有一定的作用。所以,可以选择优良品种,经过辐射以增加其优良性状或改进个别缺点。也可以杂交育种的第二代种子作为处理材料,或者处理亲本再进行杂交也是一种方法。处理方法可分为外照射和内照射 2 种。外照射是用 γ 射线、X 射线和中子等辐射源,在外部对棉花种子、花粉或者整株照射。照射种子可以用干种子或湿种子甚至萌动的种子。照射完成立即播种。照射整株在吐絮期以前各个时期均可照射,以开花期间较适宜。因为这时有的花正在现蕾,雌雄配子正在形成,有的花正在授粉受精,有的幼胚正在发育,并且也照射了幼芽以及各种器官发育的原始体和成熟的体细胞,照射的对象多,变异机会多,供选择的材料丰富多彩。内照射是将辐射源置于棉株内部起到照射作用。一般用放射性核素 ^{32}P 、 ^{35}S 和 ^{14}C 等配成一定比强,浸种和其他部分;也可注入棉花根、茎和幼芽,也有供给 $^{14}\text{CO}_2$,通过光合作用进入棉株。棉花对于辐射处理较为敏感,诱变剂量过大不仅出现不良畸形而且会造成死亡和污染,以下列出以往研究的资料(表 8-1)提供试验参考。

表 8-1 棉花辐射育种处理剂量^[32]

诱变因素	处理对象	一般使用剂量范围(R)	应用较多的剂量范围(R)
X 射线、 γ 射线	干种子	1 万 ~ 4 万	2 万 ~ 3 万
X 射线、 γ 射线	湿种子或萌发种子	1 000 ~ 3 000	2 000 以下
X 射线、 γ 射线	花粉	500 ~ 2 000	1 000 左右
X 射线、 γ 射线	植株(苗期)	500 ~ 3 000	1000 左右
X 射线、 γ 射线	植株(蕾花铃期)	500 ~ 3 000	1 500 左右
中子	干种子	$1 \times 10^{10} \sim 1 \times 10^{12} / \text{cm}^2$	$1 \times 10^{10} \sim 1 \times 10^{11} / \text{cm}^2$
$\beta(^{32}\text{P} \text{ 或 } ^{35}\text{S})$	种子(去短绒)	2 ~ 20 $\mu\text{c}/\text{粒}$	5 $\times 10$ $\mu\text{c}/\text{粒}$
	种子(不去短绒)	10 ~ 50 $\mu\text{c}/\text{粒}$	20 $\times 30$ $\mu\text{c}/\text{粒}$

辐射后代的选择是一项重要的工作,必须慎重进行。根据以往的经验,辐射一代(M_1)在形态和结铃性上发生变异,其他遗传变异往往是隐性性状,在第二代(M_2)发生分离,出现多种多样的类型。因此,第一代可不进行选择,第二代的众多性状着重选择早熟、株型、结铃性等容易定型的性状,并且重点放在所需要的育种目标上。第三代(M_3)表现的性状多数可以稳定,可加强选择,其继续分离的性状还可在第四代(M_4)选择,以后进入品系鉴定,按一般育种程序进行。

对辐射处理来说,油菜属于抗性植物。辐射剂量需高些。用 14 万伦琴照射胜利油菜干种子,育成了甘油 5 号,其他尚有沪油 4 号和秀油 1 号等亦是射线处理而育成的新品种。由于从事油菜辐射技术的人员不多、时间不长、需要继续开展这方面的理论和技术的研究。

(4)棉花转基因技术 在我国,棉花转基因技术比较成功,特别是转基因抗虫棉(图 6-4)。至 2006 年,通过商品化生产审批的转基因棉花品种达 55 个,累计面积 8.2 万 hm^2 ,占棉田面积 70% 以上^[40],已成为当前我国培育棉花新品种的主要手段。

棉花转基因育种方法有:农杆菌介导法、花粉管通道法、基因枪法和电激法等,其中以农杆菌介导法应用最为广泛,成绩也较大。其操作过程介绍如下^[22]。

首先将带有目的基因(如 *Bt* GFM *Cry1A* 及其 *Bt* + *CpTI* 双价基因和 TB29 - Barnase 等)和选择标记基因的农杆菌菌株,从培养基上取下,接种于 IB 或 YEB 液体培养基中,振荡暗培养,达到菌株对数期,将菌液稀释至 OD_{600} 值 0.3 ~ 0.35。再将经消毒无菌苗的下胚轴小段浸入稀释菌液 5 ~ 10 min,吸去多余的菌液,放在特制培养基上,用封口膜封口,在 22 ~ 25 $^{\circ}\text{C}$ 培养 2 d,再放入愈伤组织诱导培养基中,培养 2 个月,然后进行愈伤组织检测,淘汰非阳性的愈伤组织,对阳性愈伤组织增殖继代。当愈伤组织转成米粒状颗粒后,将其转入分化培养基中,使分化成胚状体,长成小苗后,转入三角瓶中,待发育完全后,低温保湿移栽到盛灭菌蛭石基质的容器中培养,达到成活壮苗标准,移栽大田。最后进行标记基因和目的基因检测,并通过常规育种试验的抗虫、抗病性以及产量和品质的鉴定。

(二) 棉花花生群落品种集选育

棉花与花生特征特性互补,一高一低、一个需水需氮,一个耐旱增氮,不仅增产棉花而且提高经济、生态和社会综合效益。在同时适合种植2种作物的地区,具有推广价值。

1. 群体性状 花生是我国四大油料作物之一。属于豆科(*Leguminosae*),花生属(*Arachis*),属内约40多个种。栽培种称为花生(*A. hypogaea*)。我国花生分4个类型,即普通型、龙生型、珍珠豆型和多粒型。花生与根瘤菌共生,固定空气中的氮素。株型分为直立型、蔓生型和半蔓型。偶数复叶,互生。开花习性分交替开花和连续开花。交替开花显性,而连续开花隐性。总状花序,自花授粉,地上开花,地下结果。荚果大对小显性,两粒果对多粒果显性。种子大,富含油分。种子大粒对小粒,长粒对短粒以及含油量高对低均为显性(棉花性状参照棉花油菜群落)。

2. 育种目标

(1) 高产 一般来说棉花和花生的产量都不高,如何找到突破口,大幅度提高产量是棉花花生群落育种的迫切任务。前面已经提到棉花高产在于提高结铃性、铃重和衣分。如何找到这方面有关性状的材料,运用超常规的育种方法,转化、巩固和培育新品种。花生的产量决定于单株果数和单果重。单株果数受结荚性控制,寻找结荚性强的材料,培育多果品种是高产的途径之一。

(2) 优质 棉花优质的因素包括纤维长度、细度、强度和色彩。花生优质的因素包括种子的颜色、形状、出仁率和含油量以及蛋白质特性。油用花生以提高含油量特别是易吸收的亚油酸为主;食用花生在于提高蛋白质含量和含糖量,特别是赖氨酸。收集有关的材料,应用有效的技术,如基因工程和航天育种技术,以提高棉花和花生的品质

(3) 高效 提高棉花品质,特别是长度和细度以纺织高支纱和高档布匹,皮棉价格就能升高,在降低成本的同时,将会大幅度提高经济效益。花生荚果和种子外观,种子油分和蛋白质含量与品质同样是影响花生的经济效益的因素。根据市场要求培育对路品种,以达到高效的目标。生态效益以充分利用生长季节和田间空间,特别以节省水肥和提高土壤肥力为目标而培育棉花和花生新品种。

(4) 抗病虫害 棉花是个多病多虫的作物,有些病虫害具有毁灭性,像黄、枯萎病和棉铃虫。国内外对棉花抗枯萎病育种研究非常重视,已培育出一些抗病害的品种,例如中棉12号、冀棉14号和淮910号,但迄今尚缺乏高抗黄萎病的品种。早在新中国成立前,我国就培育出抗卷叶虫的鸡脚德字棉。20世纪80年代选育出多毛抗棉蚜的品种。自1995年开始,育成转基因抗虫棉,如高抗棉铃虫品种中棉所45号、英华1号、晋棉31号、鲁棉15号和南抗3号等,这些品种大面积推广以后,棉铃虫大大受到控制。然而,盲椿象却危害突出起来。因此,抗病虫害仍然要作为棉花育种一项重要任务。花生的病害有青枯病、根线虫病和叶斑病等,危害花生,影响产量。现已培育出日花1号抗青枯病的良种,在山东省大面积推广。

(5) 和谐 在群落中棉花处在群落的上位,花生则处在下位,它们在空间上互补。从对水肥的要求来说,棉花需水需肥,而花生耐旱耐瘠,大同小异,基本上符合群落对群体的要求。然而,两者同是喜光作物,当棉株长高后,花生受棉花遮光的不良影响,棉花株

高叶大则成为花生的有害性状。因此,需要为棉花花生群落培育低秆紧凑棉花和耐阴高产花生的品种,以促成它们和谐伴生,高产优质。

3. 育种技术

(1)引种和系统育种 棉花和花生的群体育种取得了不小成绩,已育成许多优良品种,棉花花生群落可以从生态条件相同的地区进行引种工作。筛选具有高产优质和早熟以及耐阴和低补偿点等性状的品种。如果收集到优良单株,特别是耐阴材料,可以进行系统选育技术,以得到高产优质适于群落下位生长的花生品种。

(2)杂交育种技术 我国的棉花和花生育种在高产上已取得较大的成绩,而在品质和抗性育种方面尚不能满足生产和市场的需要。这些性状用一般育种方法不如杂交育种更加奏效。关键在于发现和选取适宜的亲本和克服不孕性而提高配合力。棉花提高品质可选用野生棉和海岛棉,培育绒长、绒细、衣分高、铃多、铃重和抗逆性强的新品种,特别是开展杂交优势的利用和雄性不育系制种。花生杂交育种也应发掘特殊育种材料,运用远缘杂交,以提高花生杂交育种的效果。

(3)辐射育种技术 我国花生辐射育种从20世纪60年代开始,迄今已取得了较为突出的成绩,创造了大约260余份突变体,并且在高蛋白质含量、高含油量以及超早熟方面获得了一批材料,选育出30余个新品种,像粤油22号、辐矮50号和鲁花6号等表现突出。

用于花生的辐射诱变源计有 γ 射线、 β 射线、X射线、中子(n)、紫外线和激光。辐射源不同,诱变效果各异。就变异株率而论,激光大于 γ 射线。激光+ γ 射线又大于激光。就性状变异频率来说,激光处理的植株,荚果性状变异频率较高,不育株较低; γ 射线处理,叶片、不育株和株型变异频率较高,而荚果和茎枝较低;激光+ γ 射线处理,茎枝变异较高,叶片和熟性则较低。参考已往研究资料和经验,选用适当的辐射源及其剂量,对花生的变异关系很大。 γ 射线1~20 kR照射湿种子,植株存活率随剂量递增而递减。

花生辐射处理的剂量、部位、时间和次数不同,其效果表现出较明显的差异。例如用 γ 射线3 kR照射幼苗植株变异率小(9.4%),照射结果期植株变异率大(20%)。用9 kR剂量处理花针期植株则没有出现变异,而处理结果期植株变异率达22.6%,特别是果形变化明显。再如 γ 射线3 kR一次急性照射比10次慢性照射的突变率高。重复照射两年二世代比照射一次的叶形和矮株突变率高。另外,辐射育种可以与杂交育种相结合进行,譬如栽培良种与突变体杂交以改良突变体或增加栽培良种特殊的性状。

三、绿肥饲料作物群落品种集选育

(一)紫苜蓿鹅观草群落品种集选育

绿肥是用做肥田的一类作物,饲料作物是用做喂养畜禽的一类栽培植物。它们之中可以是专用以做绿肥和饲料的,也有与粮食作物和油料作物兼用的,并且它们本身亦可兼用,如紫苜蓿和鹅观草等都是绿肥和饲料兼用作物。紫苜蓿鹅观草群落是一个和谐的高肥高营养的组合,有着较高饲用价值和肥田的效果。

1. 群落性状 紫苜蓿和鹅观草都是多年生作物。紫苜蓿属豆科(Leguminosae)苜蓿属(*Medicago*), 属内共 65 种, 国内栽培的主要有 3 种: 紫苜蓿(*M. sativa*)、南苜蓿(*M. hispida*)和天蓝苜蓿(*M. lupulina*)。以紫苜蓿栽培意义较大, 根深叶茂, 直根系, 与根瘤菌共生能够增加体内蛋白质和土壤的氮素含量, 根茎发达, 可分出 15 ~ 50 个分枝, 宿根, 寿命达 5 ~ 7 年之久。株低叶小。蝶形花、总状花序, 属虫媒花, 异花授粉, 可分泌花蜜。紫苜蓿耐旱抗寒适应性强, 具有肥田、养畜和放蜂的效果。

鹅观草属禾本科(Gramineae)鹅观草属(*Agropyrum*), 种类很多、分类也不一致。栽培种有宽穗鹅观草(*A. pectiniforme*)和狭穗鹅观草(*A. sibiricum*)。宽穗鹅观草须根系, 支根强大, 细根甚多, 并且分蘖力强, 叶线形, 异花授粉, 种子成熟后易脱落, 且寿命很短, 抗旱耐寒, 对土壤要求不严格。与苜蓿形态对应互补, 生态适应性大同小异, 组成群落, 效果较好, 对于种植业和畜牧业将起到良好的作用。然而, 绿肥饲料作物一向不被重视, 研究人员较少, 尤其是育种工作基本没有开展。在当前作物产量不断提高, 土壤肥力仅靠无机肥料已不能满足生产的需要, 如何培育出不与主产作物争地, 产量和营养价值均高, 且生态和经济效益俱佳的绿肥饲料作物新品种, 也是一项需要开展的具有重要意义的作物育种工作。

2. 育种目标

(1) 高产 绿肥饲料作物的个体产量由地上部分全部器官构成。块根作物还要连同地下块根产。因此, 如何培育多产的地上部分是绿肥饲料作物育种的主要目标。这类作物的地上部包括: 茎、叶、花、果实和种子, 其中茎叶的多少是产量的主导因素。首先发现和收集植株高大, 分枝性强, 叶多叶密的材料, 并且为它寻找性状互补的伴生作物。紫苜蓿一般株低叶小, 应培育超过 100 cm 和 50 个以上分枝的大叶品种。鹅观草株低叶窄, 地上部分生物量少, 应培育株高叶宽叶多的分蘖性强的品种, 填补苜蓿行间和种植空间, 提高群落整体产量。

(2) 优质 培育高营养的苜蓿, 尤其是鹅观草的蛋白质和油分含量, 并提高适口性和消化吸收性。

(3) 高效 绿肥饲料作物群落的高效表现在改善土壤机械组织以及氮和蛋白质的含量上。紫苜蓿和鹅观草的共同作用, 能够改良土壤结构, 特别是沙质土和黏质土的质地, 提高土壤肥力和饲草营养价值, 在土壤条件改善的同时, 相应的增加作物产量和家畜数量, 间接地提高经济效益和社会效益。育种工作的任务是在原有的肥力和营养效果的基础上, 收集和培育具有固氮能力更强、茎叶繁茂, 质量适口的育种材料和新品种。

(4) 和谐 苜蓿为豆科, 鹅观草为禾本科。深根对浅根, 圆叶对尖叶, 固氮对耗氮, 丛生对直立, 这样的群落组合天经地义, 相称般配。如果再增加鹅观草高度和生物量, 培育高产再高产的品种, 紫苜蓿鹅观草群落的应用价值会更大。

3. 育种技术 绿肥饲料作物不被重视, 复杂的育种技术更是无人过问。一般都进行引种, 在一些土壤肥力较差、人多地少的地区, 为了稳固地提高和保持地力, 从生态条件大体相同的地方引种紫花苜蓿和鹅观草。最好同时引种, 同时同地进行试验选择高度适宜, 高产优质的群落。

如果条件允许, 配合生产需要, 广泛选择优良单株, 进行系统选育, 以培育更加理想

的组合,其他育种方法,如杂交育种和转基因技术等不妨也可开展试行。

(二) 绿豆芝麻群落品种集选育

绿豆是粮食作物,芝麻是油料作物,并且它们也都是绿肥作物。在河南省南部地区,小麦收获后,播种夏绿豆与夏芝麻混作,在秋季种小麦前,翻压作绿肥,以获得下季小麦高产。古书云“凡美田之法,绿豆为上,小豆胡麻(芝麻)次之”,绿豆芝麻群落营养丰富,容易腐烂,具有提高土壤肥力和作物产量的作用。

1. 绿豆性状 绿豆属豆科(*Leguminosae*)菜豆属(*Phaseolus*),一年生,直根系,具根瘤,与根瘤菌共生固氮。茎直立,复叶,具三小叶,总状花序,自花授粉,荚黑色,种子绿色故名绿豆。绿豆喜温耐旱耐瘠,适应性强,生长发育快,生长期短,是冬作物的好前作,茎叶柔软易腐烂又是一个优良的绿肥作物。

2. 芝麻性状 芝麻属胡麻科(*Pedaliaceae*)胡麻属(*Sesamum*),属内有36个种。栽培芝麻(*S. indicum*)可分为二心皮芝麻和四心皮芝麻。一年生,直根系,可分为细密状根和疏散状根2个类型。茎直立方形,可分为单秆型和分枝型。无托叶,叶形多种多样,有单叶和复叶,有全缘又有缺刻者,有椭圆形、卵圆形、心脏型和披针形,互生或对生。唇形花,二歧聚伞花序,自花授粉。果实属蒴果,4~8棱。种子有白、黄、褐、黑四色,含优质油,高达53%。芝麻喜温怕寒,耐旱怕涝,属于短日照作物,生长快,生长期短,茎叶柔软易腐烂,亦适合作小麦的前作和绿肥。

3. 育种目标

(1) 高产 绿豆芝麻群落,在群体高产的基础上,要求群落产量超高产。一方面培育绿豆根系、茎秆、枝叶繁茂和庞大的品种;一方面培育能在形态上对应互补的品种,以充分利用田间空间和生态条件,在单位面积上收获较多的生物产量。

(2) 优质 作为绿肥和饲料,绿豆和芝麻的营养价值要高。选育蛋白质、脂肪和矿物养料的含量高的品种。根据需求和条件,通过室内分析和测定,对引种的品种比较筛选,选出各具优点,综合营养更高的群落组合。

(3) 高效 绿豆具根瘤,有固定空气中氮素的作用,与芝麻共同提高群落收获物的蛋白质、油分和维生素以及氮、磷、钾和微量元素。无论在饲养或肥田的效果都比群体单独种植优越。如果能够引种固氮能力更强、养分更高的品种,综合效益将会更好。

(4) 和谐 芝麻株高,分枝或不分枝,绿豆株低少分枝,它们茎高互补。绿豆与根瘤菌共生固氮,提高地力,对芝麻也有好处。为了提高绿色产量,选配少分枝或不分枝芝麻,填补和利用绿豆利用不到的高处和株间空间,对应互补,增加群落产量。

4. 育种技术 绿豆和芝麻都是小作物,尤其作为绿肥种植,往往不为人所重视。因此,它们的育种工作比稻麦棉烟等作物相比,较为落后。即使常规育种也只限于引种、系统选育和杂交育种等技术。因此,需要大力提倡、开展这方面的工作。

(1) 引种 芝麻和绿豆作为绿肥种植应引进生长期短,茎秆柔嫩,枝叶繁茂,营养丰富的品种。并注意防止带来害虫、病菌和杂草种子。引种地点以生态条件与当地基本相似的地区,特别是芝麻,它属于短日照作物,在其他条件相似的纬度差异不大的产地,引种容易成功,如河南省西部农家种宜阳白,引至武昌和钟祥一带成为湖北省主要良种。

无论从何地引种,都要经过田间试验,比当地当家品种高产优质方能推广。

(2)系统育种 虽然绿豆和芝麻均属自花授粉作物,然而往往因为自然环境的影响产生变异植株,或者从推广品种中分离出适于作绿肥和饲草的个体,这样就给选育新品种带来机会。

1)单株选择法:广泛收集优良单株,登记编号,每个单株种一小区,连同当地当家品种种在选种圃内,生长期田间鉴定,将入选株系种于株系圃,从中选出适宜的新品种。

2)混合选择法:根据绿肥的育种目标,在良种群体中选一定数量的优良个体混合脱粒装袋,次年种在比较试验田里,与对照品种比较,选出优异的品系。这种方法工作量较小,节省人力、物力和时间。例如湖北省襄阳地区大面推广的“犀牛角”就是通过混合选择法,从农家品种“黄转株莲”选育出的。

(3)杂交育种 芝麻花朵较大,脱冠去雄比较方便,适于采用有性杂交技术。在油用芝麻育种中发挥了积极的作用。芝麻花序为二歧聚伞花序,每个叶腋内有一个花序可以开放1~7朵花,芝麻开花节节高,自开花第一节开始,以上各节叶腋都有花序和花朵,因此进行杂交首先要整序,选主茎中段叶腋所着生花序中间的一级花,也就是最先要开放的花,作母本花,这样的花朵发育良好,授粉受精效果也好,种子发育饱满。选定母本花以后,所在茎节附近的其他花序的花朵可以去掉。每天下午去雄,即将次日将要开放的大花蕾,用手摘下花冠和雄蕊,并用麦管套住雌蕊,挂牌作记。在次日上午6~8时,用手摘去父本花朵的筒形花冠及其基部着生的花药一同摘掉,立即带往母本,将麦管摘下,涂父本花粉于雌蕊柱头上,反复轻擦母本柱头,充分授粉,再套上麦管隔离,并在牌上注明父母本名称和日期。芝麻成熟后,取回授粉受精蒴果,连同纸牌分装纸袋,妥善保存。次年分组合单粒播种,分收分藏。以后各代采用系谱法选择,直至选出优良品系为止。

四、复合群落品种集选育

复合群落是指两类作物群体的集合体,如粮食作物与经济作物,粮食作物与绿肥饲料作物或经济作物与绿肥饲料作物组成的群落。这种群落比起单一群落更具有优越性,特别是对于提高效益,作用更加明显。

(一)烟草小麦群落品种集选育

烟草是一个高值经济作物。小麦是一个重要的粮食作物,是夏烟的好前作和伴生作物。2个作物群体套作组成一个群落,对于增加烟区粮食和粮区提高经济效益具有重要意义。

1.烟草性状 烟草属茄科(*Solanaceae*)烟草属(*Nicotiana*),属内包括66个种,其中栽培种2个:红花烟(*N. tabacum*)和黄花烟(*N. rustica*)。我国栽培的烟草以红花烟为主。红花烟为一年生草本植物,茎直立。叶大,互生,形状分柳叶型和榆叶型2种,无托叶,叶柄或有或无,着生状态有竖立、平张和下垂3种。花形漏斗状,淡红至深红色,雌雄同花,雄蕊5枚,雌蕊的子房2室,自花授粉。果实为蒴果。种子细小且多。烟草喜暖,怕涝,耐旱,忌氮、氯过多,属于短日照作物。

2. 小麦性状(参考第八章第一节)。

3. 育种目标

(1) 优质 烟草是一个经济作物,对产品品质的要求高。在烟叶外观质量方面,要求颜色金黄,光泽鲜明,厚度适中,结构疏松,油分足,弹性好。在内在质量方面,要求芳香,杂气少,劲头适中,吃味醇和,刺激性小,余味舒适。一般对烤烟新品种主要化学成分的要求:还原糖值变量 5% ~ 25%,以 15% 为最佳;尼古丁含量 1.5% ~ 3.5%;蛋白质含量 7% ~ 9%,以较低为好;总氮量 1.5% ~ 3.5%,以 2.5% 最佳;总挥发碱 0.3% ~ 0.6%,以较低为佳;总灰分 10% ~ 20%,以 15% 为佳。以上要求可作为培育烟草新品种的品质目标。小麦育种品质目标参考小麦玉米大豆群落。

(2) 高产 烟叶的产量达到一定水平的时候,再继续高产,烟叶的质量,特别是内在质量,就会下降。20 世纪中叶,我国先后培育出云南多叶和山东多叶高产品种,比一般品种的产量高出 1 ~ 2 倍。然而品质差,均价不高,所以,以后种植就少了。烟草高产目标应在保证质量的前提下,争取高产,不要不顾质量,单纯追求超高产。小麦高产则可以像小麦玉米大豆群落一样,甚至像群体育种的高产目标来要求。小麦烟草群落育种的任务是培育出既高产更优质的崭新的品种。

(3) 高效 烟叶的经济价值较高,因此,小麦烟草群落较单作小麦群体的亩产值显著提高。并且充分利用田间生态条件。单作烟草冬闲地和行间空地都空闲着,时间和空间都白白地浪费掉了,并且光、热、水、肥、土资源都未起到应有的作用。冬季在将要种烟的行间空地种植小麦,留出种烟的土地,春季套栽烟草,栽烟收麦两不误,不仅增收小麦而且提高烟叶单位面积的产值,对烟区增粮增效具有一定的效果。今后在小麦烟草群落育种上,同时解决保质增效和高产的问题。烟叶中含有有毒物质如焦油和尼古丁等,积极培育低害、低焦烟草品种,减少对人体危害和环境污染,已成为烟草育种的一项具有重要意义的工作。

(4) 和谐 小麦耐寒,秋冬夏生长;烟草喜温,春夏秋生长。在伴生期间,麦高而烟苗低,生长期前后互补,植株高低搭配;小麦高产吸氮,烟草需磷需钾,改善品质;小麦作细粮食用,烟草高价出售赚钱。两者特征特性,天作之合,组配成理想群落。在育种工作上,进一步培育烟苗耐阴茁壮,小麦株低早熟的新品种,将是锦上添花,更加和谐。

4. 育种技术

(1) 引种和系统育种 引种和系统选育是小麦和烟草普遍实行的育种方法。从国内外引进适合当地生长的品种或选育优良植株,系统培育新品种,方法简便,容易收到良好效果。

1) 引种:引种是更新品种、提高产量和品质迅速而简便的有效方法。过去我国曾从国外引种牛津 4 号(Oxford. 4)和马里蓝烟(Maryland)以及阿夫和阿勃小麦,不仅形成一定的规模生产,而且提供育种的原始材料。引种之前,详细调查原产地自然和社会条件,首先从与本地条件相似的地方引种,特别是小麦分布广、类型和品种多,盲目滥引,造成损失。引种要特别注意检疫,不可引入病虫害,并要认真进行观察试验、比较试验和生产试验,为推广应用做好一切准备工作。此外,新引进的品种,到了新地区,在自然条件影响下容易发生变异,应注意选择具有优良性状的植株,参加系统育种。

2) 系统育种:系统育种是不断发现优株,优中选优,连续提高品种优良特性的有效办

法。1983 年统计,烟草系统育种得到的优良品种占 38.89%,如河南省的黄苗松边,山东省的大黄金 5210 号、云南省的红花大金元以及福建省的永定 1 号,不胜枚举。烟草属于叶用作物,小麦属于粒用作物,选择单株要特别注意有关叶片和子粒性状。尤其是烟草,因为收摘叶片,为了高产优质,往往在田间进行打杈摘心,不留种的植株都不开花结子,所以遇到优良单株不要摘心,并挂牌入选,待种子成熟后,选留数个蒴果即可。小麦遇到优良植株后,在收获前每株收获数穗留种。选择一定的植株后,进行株系鉴定试验,经过评选,淘汰劣系,次年参加品种比较试验,烟草小麦按群落种植方法,进行套种,除了比较丰产性以外,观察它们的和谐性。试验合格后,一方面加大繁殖,一方面参加全省或全国品种区域试验,定名推广。

(2) 杂交育种技术 烟草杂交育种主要采用品种间杂交。并取得了一定的成效,如黔福 1 号和许金 1 号等。一般本着以中心亲本为主,与优良的,亲缘疏远,适应当地生长的亲本相配的原则,采用单交或复交以及系谱法或混合法,进行杂交和选择。烟草育种的杂种优势利用开始较早,1953 年我国即育成了益杂 1 号优良杂种 F_1 ,以后宜用于生产的杂种 F_1 达 20 多个。对烟草增产起到了积极的作用。但因获得种子费事费工,所以杂交一代的利用受到限制。自发现烟草雄性不育个体以来,则对烟草雄性不育杂种 F_1 的利用深入研究。由于烟草的产品是叶片而可以不收种子,不需要恢复系,所以,用二系法即可进行杂交种制种了。利用雄性不育杂种一代其数量性状多数超过双亲平均值。株高最为突出,产量和产值优势较强,而级指优势不明显。在我国烟草品种单一,优良品种缺少的情况下,开展雄性不育系杂种优势利用研究,时间短,见效快,不失为解决烟草良种的有效途径。

(3) 细胞工程 自 1972 年烟草叶肉细胞原生质体融合,获得杂种植株以来,以烟草为材料,实现了种内、种间、属间和科间的细胞融合,获得了杂种。烟草细胞融合技术大体经过:异种原生质体分离和融合,杂种细胞选择,诱导胚状体和分化鉴定等步骤。

1) 细胞融合:原生质体经过分离后,在诱导剂如 NaNO_3 ,高钙 Ca^{2+} 和高 pH 值(10.5)以及聚乙二醇(PEG)的诱导下或用高强度电场作用下,也就是电融合法使异种原生质体融合,再转移至装有分化培养基的试管内,培养成完整的个体,再移栽至保湿保温气候室中盆栽。而后对杂种植株进行包括细胞学、生物化学以及形态学鉴定,从中选出符合育种目标的优良杂种,扩大繁殖群体(图 8-1)。

2) 花药培养:花药培养是指将未成熟的花药接种在人工培养基上,促成花药中花粉发育成单倍体植株的过程。20 世纪 70 年代,我国应用花培方法育成单育 1 号烟草,投入生产应用,开创我国花药培养烟草新品种的先例。

花药培养经试验以 Nitsch H 培养基最适合,特别经过改良的烟基 1 号、2 号和 3 号效果更好,其成分参考表 8-2。取未开裂烟草花蕾,浸入 7% 次氯酸钙溶液 2 min,经无菌水冲洗,放入装有液体培养基的小烧瓶里,挤出花粉,将花粉悬浮液平铺在培养皿内,液体层越薄越好,用 Paraffin 封住培养皿,以防蒸发,置于 27 ~ 30 °C 温度条件下培养,当液状体形成后,采用 1 000 ~ 2 000 lx 荧光白炽灯光照,发育成小植株,移栽盆中,在温室内生长成熟结子留种,即是单倍体烟株。或用做杂交亲本或染色体加倍成纯合双倍体应用。

其他尚有胚胎培养和原生质培养,均得到完整植株,已在烟草育种中应用。

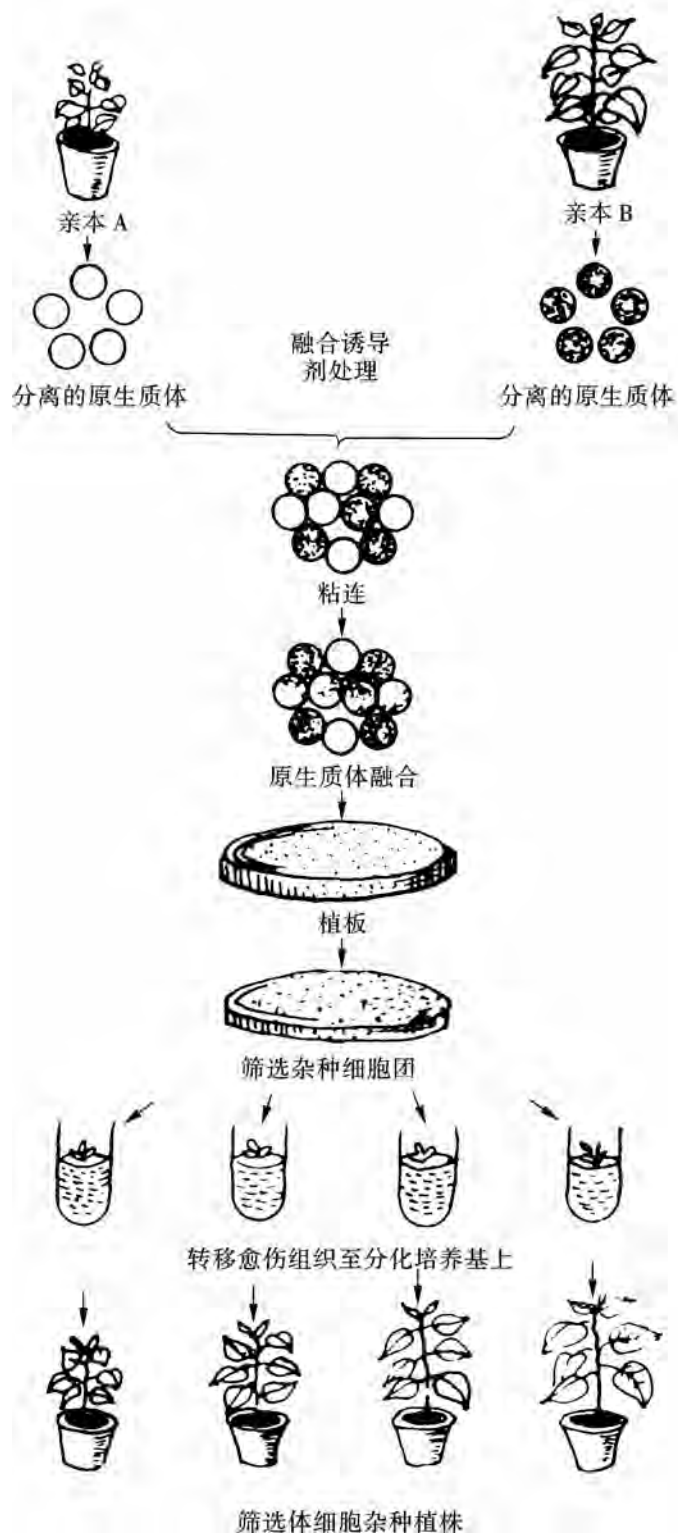
图 8-1 体细胞杂交示意图(根据 Bajaj,1977)^[41]

表 8-2 烟草花药培养与培养效果^[41]

单位:mg/L

组分和效果	培养基种类			
	Nitsch H	烟基 1 号	烟基 2 号	烟基 3 号
大量元素无机盐				
KNO ₃	950	950		950
NH ₄ NO ₃	720	720		720
MgSO ₄ · 7H ₂ O	185	185		185
KH ₂ PO ₄	68	68		68
CaCl ₂ · 2H ₂ O	166	166		166
微量元素无机盐				
MnSO ₄ · 4H ₂ O	25			
Zn SO ₄ · 7H ₂ O	10			
H ₃ BO ₃	10			
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.25			
CuSO ₄ 5 H ₂ O	0.025			
铁盐				
Na ₂ - EDTA	27.8	27.8	27.8	27.8
FeSO ₄ · 7H ₂ O	37.3	37.3	37.3	37.3
有机成分				
肌醇	100			
烟酸	5			
甘氨酸	2			
盐酸硫胺素	0.5			
盐酸吡哆醇	0.5			
叶酸	0.5			
生物素	0.05			
马铃薯汁		200 ~ 300 g	200 ~ 300 g	
活性炭		100 g	100 g	100 g
蔗糖	20 g	30 g	30 g	30 g
琼脂	8 g	6 ~ 8 g	6 ~ 8 g	6 ~ 8 g
pH 值	5.8	5.8 ~ 6.0	5.8 ~ 6.0	5.8 ~ 6.0
培养效果(出苗率%)				
小黄金 1025	8.88	73.33	66.66	49.16
金星 6007	18.19	48.00	37.26	36.50
T. I. 245	0.46	11.42	15.25	17.17

(二) 水稻绿萍群落品种集选育

水稻绿萍群落俗称稻田养萍。绿萍是一个绿肥饲料作物,与固氮蓝藻共生,不仅营养价值高,而且能提供氮素,尤其翻压作绿肥,能够显著提高水稻产量。稻田养萍不仅有助水稻生长,而且覆盖水面,防止水分蒸发,保水防草,受到农民的欢迎,在湖南和福建等省大面积植种。

1. 水稻性状 水稻是我国第一大粮食作物,属禾本科(*Gramineae*)稻属(*Oryza*)属内23个种,其中2个栽培稻种($2n = 24$),即亚洲栽培稻种(*O. sativa*)和非洲栽培稻种(*G. glaberrima*),前者分籼稻和粳稻2个亚种,各亚种再分早中稻和晚稻2个群,每群分水稻和陆稻2个型;每型再分黏稻和糯稻2个变种,最后是各类型的栽培品种。水稻的根属须根系,支根众多,具有通气组织,适应水中生长。茎直立,中空有节,有发根分蘖的潜在能力。叶披针形,窄而长。花属颖花,圆锥花序,自花授粉,授粉受精后,发育为谷粒,即稻种,成为水稻栽培的主要收获物,谷粒去壳为颖果,即可食用的糙米。

2. 绿萍性状 绿萍是一种漂浮性一年生蕨类植物,属满江红科(*Azollaceae*),满江红属(*Azolla*),绿萍种(*pinnata*)。其根悬浮水中,不断脱落,重发新根,有肥田的效果。茎短,有分枝。叶小无柄,芝麻粒状。由上下两叶片构成,上片叶为同化叶,由绿色转为红色。其下方有一“共生腔”,腔中共生着丝状满江红鱼腥藻,属蓝藻,能固定空气中的氮素,供给绿萍所需,同时,也吸收绿萍的营养;下片叶为吸收叶,鳞片状薄膜,红色或白色,能吸收水分和养料。以无性繁殖为主。也可在叶上形成雌、雄孢子果,产生配子体,雌雄配子体,在水中结合成合子,发育成新一代。

3. 育种目标

(1) 高产 稻谷和萍体高产超高产是水稻绿萍群落育种的首要目标。我国超级杂交稻取得了举世皆知的成就。在此基础上,培育固氮能力强的萍体和高产再高产的水稻品种,群落生物产量和经济产量将同时达到超高产的目标。

(2) 优质 稻米的品质包括外观品质、食味品质和营养品质。我国农业部公布了优质稻米等级标准,规定糙米率大于79%~81%,精米率大于70%~74%,粒长5~7.5 mm,透明度从乳白到半透明,蛋白质含量大于7%~8%,这些指标可作为水稻品质育种的参考。对绿萍,要求营养价值高,其体内氮磷钾含量均要高。

(3) 高效 水稻绿萍群落的经济效益,依靠水稻高产优质。稻田养萍提高肥力,提高稻谷产量和稻米品质,经济效益将会大大增加。合理的群落结构充分利用了稻田空间和时间,改善了土壤条件,生态效益也比单作水稻明显提高。进一步选择高产绿萍和水稻,对于综合效益有着积极的作用。

(4) 和谐 在水稻绿萍群落中,水稻株高,常对绿萍遮光,水稻育种主要培育低秆竖叶,秆硬抗倒品种,为绿萍创造良好的生态条件;同时,也应选择叶绿叶大,耐阴高产量绿萍类型,以协调它们的伴生关系。

4. 育种技术

(1) 引种 根据水稻绿萍群落的育种目标,凡有符合要求的材料和品种均可引种试验,这个方法简单易行,在水稻育种上已取得了显著的成绩。特别是在绿萍的育种工作

尚未开展的情况下,引种对绿萍更具有现实的意义。一方面根据需求和条件,组织专业人员,开展多种育种方法;另一方面广泛收集和引种各地民间的丰产,共生固的氮能力强,适合稻田伴生养殖的绿萍良种,进行研究和应用。

水稻生态类型多种多样,品种繁多,切忌盲目引种。引种必需明确和遵照育种目标,了解和分析原产地生态条件和品种特性以及本地情况,特别是群落对于水稻的要求。并且一定要在稻田养萍的基本条件下进行,能使水稻绿萍同时引种更好。

(2) 杂交育种技术 杂交育种是水稻新品种选育的重要方法之一。我国一些著名水稻优良品种也都是杂交育种育成的,如珍珠矮 11 号(矮子占 × 惠阳珍珠早),吉梗 53 号(松辽 4 号 × 农垦 20 号)和珍粳(珍珠矮 11 号 × 汕矮粳 4 号)等。据统计 20 世纪 80 年代育成的水稻优良品种 76 个,杂交育种的品种占 72.4%,成为水稻育种的主要手段。

1) 品种间杂交:水稻杂交育种,以品种间杂交为主。杂交组合方式以单交为常用的基本方式。复交时,要以综合性状好的品种为基础,对其某些不足之处进行改造,或者加强的优良性状。杂交后代的选择,可根据群落育种目标,采用系谱法或集团法。水稻杂交方法有手工法、温汤杀雄法和化学杀雄法。进行手工杂交是在开花前,将选中的水稻剪去上部 1/3 ~ 1/4 的颖壳,用镊子除去母本的雄蕊,将父本开始破裂的花药,在母本花上震动,使父本花粉震落到母本柱头上,随即套袋挂牌,等待成熟收获。温汤杀雄法是在水稻盛花前 1 h,把选中的稻穗浸入灌有一定温度(籼稻 43 ℃,粳稻 45 ℃)热水的热水瓶中 5 min,将雄蕊烫死,雌蕊仍保留,用父本花粉授粉,其他未烫死小穗全部剪去,并套袋挂牌。化学杀雄用杀雄剂 1 号,配置 0.015% ~ 0.02% 浓度,在晴天上午 9 ~ 12 时喷洒,杀雄后,随即授粉。

2) 杂种优势利用:我国水稻杂种优势利用处于世界领先地位。自 1970 年发现野生稻花粉败育雄性不育株并陆续选育出三系配套的杜字 129A、矮培 64A 和华矮 15A,协青早 A 和朝阳 1 号等粳型和籼型不育系,培育成了“南优”、“威优”和“辽优”等系列粳型和籼型杂交稻组合,协优 107 号单产达 19 305 kg/hm²,创世界水稻单产最高纪录。如今全国杂交稻面积占全国水稻面积的一半以上,并辐射向美国、巴西、印度、菲律宾等世界 20 多个国家。

水稻杂种优势主要表现在根系发达,长势旺盛,穗大粒多,抗逆性强,因而表现超高产,广适应。根据浙江省杂交水稻办公室调查,1978 年全省种植杂交水稻 16.3 万 hm²,无论平原或山区,也无论单季晚稻或双季晚稻均显著增产。浙南平原温州市杂交晚稻比常规晚稻增 29.5%;浙北山区余杭县板板乡,在土质差的情况下,杂交晚稻比上年晚稻增产 40.7%。

3) 不育系的利用^[21]:水稻杂种优势利用的效果良好,但去雄杂缴费时费事,采用雄性不育材料,省了去雄手续、降低成本,提高种子产量和质量。雄性不育系采用三系法,有条件能采用二系法更好。

三系法是利用水稻雄性不育系,保持系和恢复系培育杂交种的方法。雄性不育省去雄手续,但自己不能繁殖后代,所以得用恢复系的花粉杂交产生后代,产生的后代仍是雄性不育,还得用恢复系的花粉与之杂交,产生种子。水稻雄性不育系要求不育度和不育株率达到 100%,开花习性和可恢复性良好,授粉率高,配合力强。可利用自然不育株选

育和远缘杂交核置换法选育。目前我国选育的有代表性的水稻雄性不育系列于表 8-3。保持系是不育系的同核异质型的兄妹系,雄性可育,其他性状同不育系,花粉量多,配合力强,特别是具有良好的保持雄性不育系的不育性和丰产性。一般不育系选育成功,即得到相应的保持系。恢复系要求恢复性强,配合结实率高,农艺性状好,花期长,花粉多,开花习性良好。选恢复系可用测交筛选、杂交选育和辐射诱变等方法。以测交筛选法简便易行,应用普遍。

表 8-3 中国水稻主要不育系类型^[42]

不育系 类型	细胞质来源		不育系 名称	粳或籼	花粉败 育情况	三系配套 情况	选育单位
自然 败 育 型	野败型	普通野生稻	V20A	粳	典败	配套	湖南杂交水稻研究中心
			珍粳 97A	粳	典败	配套	江西萍乡农科所
			杜字 129A	粳	典败	配套	新疆农垦局
野 栽 型	滇一型	台北 8 号	红帽纓	粳	染败	配套	云南农业大学
			华矮 15A	粳	圆败	配套	武汉大学
			东乡矮秆 野生稻	粳	典败	配套	安徽广德农科所
粳粳型	BT 型	包罗	黎明 A	粳	染败	配套	湖南省农科院
粳 粳 型	冈型	Gambiaka	朝阳一号 A	粳	典败	配套	四川农业大学
	D 型	Dissi D52/37	D297A	粳	典败	配套	四川农业大学

水稻二系法是利用部分不育系和恢复系培育杂种的方法。由于省去保持系,因而简化手续省事省工,降低成本。部分不育系要有 5% ~ 10% 的可育花,能自交结实,起到所省去的保持系的作用,一系两用,而大部分不育花与恢复系交配、生产杂交种种子。恢复系要有指示性状,一般以紫色叶枕和叶片为标记,以便在秧田就将用做母本制种的自交种苗和用于生产的杂交种苗区分开来。二系法杂交稻早熟增产,更具优势,但存在一些困难,尚需进一步研究克服。

(3) 诱变育种 我国水稻诱变育种亦取得了相当的成就。据统计,1966—1989 年共育成水稻突变品种 110 个,品种数占世界水稻突变变种将近一半,种植面积为世界各产稻国之首。物理诱变主要用 γ 射线和 X 射线作诱变源,特别是 γ 射线,绝大多数水稻突变品种是由 $^{60}\text{Co} - \gamma$ 射线和 $^{137}\text{Co} - \gamma$ 射线育成的。我国粳稻常用照射量范围在 20 ~ 30 kR,籼稻在 25 ~ 35 kR。化学诱变常用烷化剂(如 EMS 和 EI 等)和叠氮化钠(NaN_3),烷化剂能改变 DNA 氢键结合力,造成碱基缺失和替换而发生突变,诱变效果好。需要指出烷化剂是一种致癌物质,特别要注意人身安全。叠氮化钠在细胞内主要通过半胱氨酸合成酶的代谢,产生诱变物质,诱导发生突变。化学诱变处理对象多为种子,用一定剂量

药剂的溶液,浸种 2~3 h,即可播种。

(4)水稻花药培养 早在 20 世纪 50 年代,就有花药培育的报道。1968 年获得粳稻花培植株。目前在我国通过粳稻花培育成中花 8 号、浙粳 66 号和花寒早等新品种,成为水稻生物技术应用较为成功育种技术。这项技术包括以下步骤。

1)田间取样和处理:在晴天早晨选取健壮稻株主茎稻穗中部的小花,花药达到颖壳长度的 1/2(粳稻)或 2/3(籼稻),呈淡黄色。这时的花药大约处于单核中、晚期,正适合作花培的材料。小心剪下带两叶的稻穗,经表面灭菌,湿布包好,套上塑料袋保湿低温(5~10℃),以备接种。

2)接种花药:剔除预处理后不合格的小花,再行表面灭菌,在无菌工作台上,斜剪去颖花基部,用镊子夹住稃尖,放在试管口上轻敲,震落花药于管内培养基上。粳稻用 N_6 培养基,籼稻用 M_8 培养基。

3)诱导分化:接种后保持 26~28℃ 温度的暗培养。当花药由黄变褐,慢慢破裂,约经 1 个月的时间,花药边缘产生白色或淡黄色细胞团的愈伤组织,再将它转移到分化培养基上,继续培养直至长成绿色试管苗。

4)移植鉴定:当试管苗生长 3~5 片叶时取出,成丛移植到气候室,保湿保温,保证成活,待长出分蘖,壮苗分株栽培。经过选优去劣,认真鉴定,选出优良株系。

5)染色体加倍:水稻花培再生植株,虽有双倍体植株产生,但有 1/3 以上植株为单倍体。单倍体植株较小,叶窄,分蘖旺,颖花小,一般都发育不正常,因此需要人工染色体加倍。改造成双倍体植株,染色加倍一般用化学方法,在秧苗顶芽,切一小口,浸泡在 0.04%~0.2% 秋水仙素水溶液中,经 2~3 d,或者切取拔节后的茎秆,剥去叶鞘,连露出的腋芽,浸于 0.05% 的秋水仙素水溶液,在黑暗中,振荡培养 6~10 h,把残液冲洗干净后,移入土中,继续生长,从中选出理想的双倍体植株。

第二节 目标育种

按育种目标,作物群落育种可分为:产量育种、品质育种、效益育种、和谐育种等。

一、产量育种

作物的产量是作物的个体、群体或群落的产品数量。可分主产品产量和副产品产量。一般产量是指主产品产量,如小麦子粒产量、棉花皮棉产量和苜蓿的生物产量。作物产量是作物栽培的目的,是作物育种的主体目标。从国民经济和人民生活对作物产品的需要来讲,仍然是产品数量不足,特别是粮食作物,增加产量始终是作物生产的基本任务。

(一)产量育种的目标

根据国民经济发展的需要,作物群落产量育种的目标是高产稳产超高产。高产指的

是在一定条件下,培育的新品种高于当地对照品种的产量。一般用生物统计方法,以达到增产显著或十分显著为标准。超高产当前在国内外尚没有严格的定义和统一标准。1980年,日本曾制定15年育成的超级稻增产50%的指标。1989年,国际水稻研究所培育超级稻增产20%~25%。1996年我国农业部立项的“中国超级稻”育种计划提出2001~2005年增产30%。这些指标都是群体的超高产指标,而作物群落超高产育种目标则从来没有,各地可以根据群落种类和实际情况,制定适宜的指标。

1. 高产形态

(1) 高产块根 根是植物吸收水分和养料的器官。除了提供作物生长发育所需水分和养料之外,也是一些作物贮存淀粉和糖类的地方,如甘薯和甜菜的块根等。栽培这些作物目的是为了收获它们的块根,育种目标是高产优质的块根产量。一般在收获时,直接计算单株块根鲜重,计算单产,甘薯增加切干率,甜菜测定含糖量。一般甘薯高产双亲的后代,个体平均鲜薯产量也高;高产与中产的两亲和中产双亲的后代,则次之;中产与低产双亲和低产双亲最低。因此,甘薯杂交育种应选高产类型作亲本。切干率具有加性效应,一般杂种第一代的切干率接近两亲的平均数。所以,低切干率的双亲的后代,切干率也低。高切干率的双亲,其后代切干率也高。选配高产和高切干率类型的组合,获得鲜薯和薯干高产后代的机会也愈大。

根性状与其他器官性状有着密切的关系。“根深叶茂”,根系庞大不仅对茎叶生长有关而且对于种子多少和大小有间接影响。所以,一般作物根的优良性状也可作为产量育种的间接目标。

(2) 高产茎秆 一些作物如大麻和甘蔗等都是以前产量为主要育种目标。麻类作物收获麻茎,沤制韧皮纤维,一般来讲,麻类茎高茎粗,纤维长而多,产量高。同时,在要求茎高茎粗的同时,以少分枝性状为优,因为麻类分枝多,焦梢多,拉力小,影响纤维品质。

甘蔗的茎高茎粗也是一个优良性状。甘蔗是一个糖料作物,要求茎汁中有效糖分高,如果茎高茎粗,单位面积产糖更高。

(3) 高产叶 叶是植物的重要的营养器官,主要功能是进行光合作用,制造有机养料。收获叶的作物主要有烟草、茶和油菜(菜用)等,它们的叶更成为栽培和育种的目的物。烟叶中含有尼古丁等,茶叶中含有茶素和茶单宁,这些物质对人体具有兴奋作用。由于烟叶和茶叶都是一种嗜好品,要求品质高,不可单纯要求高产,更不可不顾品质而追求超高产。20世纪50年代,曾培育多叶型品种,单株叶数达百余片,然而叶大深绿,生长期过长,易感病,虽然比栽培品种增产,而因品质差,以后就被淘汰。所以烟草育种原则上,在保证品质的前提下,达到高产稳产的目标。

叶提供作物有机营养物质,它的性状好坏,严重影响着作物的生长发育,最终影响着块根、茎秆和种子产量。一般作物产量育种,除了有关产量构成因素的器官作为主要目标外,应把叶的优良性状作为辅助目标。

(4) 高产果实 谷类作物的收获物称为子粒,实际上是颖果。特别是水稻的稻谷更包括内外颖、果皮、种皮和米粒。水稻高产就要求谷多谷重谷优。麦类的颖果包括果皮、种皮、胚乳和胚,麦类高产就要求粒多粒重粒优。其他玉米、高粱和谷子等谷类作物也是一样,高产果实同样是追求的育种目标。

(5) 高产种子 种子是植物有性繁殖器官,也是含淀粉、糖类和脂肪等营养物质较大部分。所以,成为油料和棉花等作物的栽培目的物。它们的单株产量构成因素,油料作物为单株果数(荚数、角数、蒴数)、每果子数和粒重(千粒重、百粒重)。棉花为单株铃数,每铃子数和衣指(百粒种子纤维重)或单株铃数、铃重和衣分。所以,以收获种子为目的的作物,具有高产种子对于超高产意义重大;种子增加的数量越多,越高产;特别是各因素协同增加更是育种者殷切的期望。

2. 高产生理

(1) 高光效 光合作用是作物的利用阳光制造有机物所特有的功能。光合作用效率高,生产有机物当然就多,因此进行高光效育种,以提高作物的光能利用率和生产率。为此一方面培育 CO_2 补偿点较低的品种和 C_4 作物;一方面改变作物株型和叶姿势以及增加叶绿素含量。特别要指出,在作物群落育种中,在培育处于群落高位的,高光效阳性作物品种的同时,还要培育处于较低位群体的低 CO_2 补偿点的耐阴作物品种,以提高作物群落的整体产量。

(2) 高吸收 作物所需要的矿物养料,主要是通过根系,吸收土壤矿物溶液而进入体内的。吸收的多少和快慢都会影响作物的产量。与高光效一样,高吸收同样是产量育种的目标。高吸收主要由根的形态和吸收性能所决定。一般来讲,作物的根系庞大,分布的深而广,且吸收能力强,则作物吸收矿物养料量大速度快。培育高吸收和高光效性能是增加作物生产量的 2 个重要方面,是产量育种的两项重要任务。

(3) 适熟性 作物有早熟、晚熟和生长期长短之分。在群体育种中,一般在高产优质的前提下,要求生长期短和早熟的品种。在群落育种中,不仅如此,还要根据群体组合特点,能够早熟晚熟兼顾,生长期长短搭配,以充分利用一年之中有限的生长季节。

(二) 产量育种技术

作物产量属于数量性状,它的遗传由数个基因所控制。它的特点:①表现为连续的,例如谷类作物产量高低不可明确地划分一些不同的组别,只能用统计学方法进行分析;②容易受环境条件如土壤水分和养料和其他相关性状如抗逆性等影响;③作物产量是一个综合性的性状,除了有关构成因素之外,根、茎、叶营养器官的性状,也都能影响产量的高低。由于以上原因,产量育种以常规育种为主要方法。

1. 系统育种 系统育种是从单株综合性状中优中选优,非常适合于产量育种。在进行选株时,要注意生态条件的一致性,避开优越的条件和边缘效应影响的地方。在综合性状良好的前提下,注意多穗多花,多果多子,子大子重和薯多薯重的植株。有关产量构成因素的性状好,产量也相应提高。

2. 杂交育种 杂交育种也是一个适于产量育种的常用方法。并可克服系统育种难以克服的高产与优质的矛盾。采用单交技术能够将亲本的优良性状组合在一起;采用复交和回交可以把多亲本的优良性状集合起来,并把父本性状更多的转移给后代。特别是进行远缘杂交或杂种优势利用,往往能够获得具有特优性状的杂交种和新种,提升产量达到一个新水平。

杂交育种提高产量,母本选择综合性状好的材料,父本选择某一产量因素特别优异

的材料,并且可以父本作轮回亲本进行回交,在母本的性状的基础上,增添更加高产和超高产性状。这样进行产量育种容易收到良好的效果。为了提高杂交育种的成功率,可以改进杂交技术,如聚合回交法和限制性系谱法等,以克服杂交育种的某些不足之处。

在改进产量育种的某些优良性状时,也可以采用基因工程和细胞工程等。在进行这些育种技术时,必须要目标明确,程序严谨,保证基因重组成功。

二、品质育种

作物品种的品质亦是作物育种的主要目标之一,特别是经济作物对产品品质要求更高。一般作物的产量提高到一定水平后,品质育种就显得更重要了,像我国水稻、玉米、小麦和棉花的单产屡创全国或世界最高纪录,对于这些作物的品质均提出新的高要求,品质育种已成为更加重要的工作了。

(一) 品质育种目标

品质育种的目标是优质,也就是在高额产量的前提下,要求作物产品品质优良。由于作物收获物的种类和用途大不相同,有的收种子、有的收块根、有的收叶、有的收纤维,甚至还分韧皮纤维、叶纤维和种子纤维,收获物繁多,各有各的用途。因此,人们对于其品质的项目和标准都有具体的要求。总的来说作物产品品质可分为内在品质、外在品质和加工品质。

1. 内在品质 作物产品的内在品质是指产品内部的成分的多少和好坏。例如小麦的糖类、蛋白质、脂肪和矿物质的含量;棉花皮棉中的纤维素含量及有害糖含量;以及甜菜块根中的糖分和有害非糖物质(甜菜碱、钠盐和果胶等)的含量都是品质的内容。一般来说,有益成分含量高,品质优;有害成分含量高则品质低。

2. 外在品质 作为商品,作物产品的外在品质也很重要。“货卖一张皮”,市场上都很重视外在品质。它包括外观和手感等,如小麦的子粒颜色,甘薯块根的大小和形状以及烟叶的大小形状、颜色厚度、组织手感等。这些外在品质对于产品的深加工和直接使用都有关系。

3. 加工品质 加工品质是指对作物产品在工业加工中的性能的综合表现。如小麦的出粉率、灰分含量和面筋含量以及棉花的纤维长度、细度和强度等。加工品质是提高以农产品为原料的工业品的质量的必要条件。

以上各种品质,在有些作物考种中,都有一定的项目、标准和考种的方法,并且可参考作物产品的商品检验的项目和分级标准,以提高作物产品的商品质量。

(二) 品质育种技术

品质育种同样以常规育种为主,应用系统育种、杂交育种和诱变育种。在研究清楚品质的遗传规律和控制品质的基因机制的情况下,也可以进行细胞工程和基因工程技术,更有目的有步骤地提高性状的质量。

三、效益育种

前面在第五章内已经提到,效益可分为经济效益、生态效益和社会效益。其中经济效益受市场的商品价格影响很大,并且也决定于产品质量的优劣。因此,经济效益和社会效益与作物育种很少发生直接关系,而生态效益却成为特别是作物群落育种的重要目标。

生态效益育种目标是高效和抗御不良生态环境。生态效益育种包括培育增氮释磷和抗逆性品种。一些作物具有与固氮微生物共生的特性,如豆科作物与根瘤菌共生,绿萍与固氮蓝藻共生;也有能分泌有机酸解释难溶性磷化合物。提高作物的增氮释磷能力也是作物效益育种任务。

作物经常发生病害和虫害,影响作物的产量和品质甚至死亡绝收。作物的病虫害是作物的生态环境灾害。1950 年我国小麦曾发生一次条锈病,估计要损失 60 亿 kg 粮食。所以,小麦引种一般都要先看它是否抗锈病,甚至把抗锈都作为小麦良种的先决条件。棉铃虫是棉花的重要害虫,严重影响棉花产量。1992 年,棉铃虫大发生,北方棉区皮棉减产达 8 000 万 kg,经济损失达 50 亿元。因此,作物抗病虫性成为作物群落育种的重要目标。作物的抗逆性在一些地区也是一个重要辅助目标。例如高纬度地区,抗寒抗冻的性状就很重要。在一些丘陵旱薄地,少雨缺肥,作物的抗旱耐瘠性也很重要。抗病育种是经济有效又无公害的方法,因此,抗病育种成为各地的迫切要求。抗虫育种也是一样,不仅效果好而且节约成本,避免药害和污染。转基因抗虫棉培育成功,到 2000 年底,推广面累计 37 万 hm^2 ,创经济效益 7.7 亿元,减少农药用量达 80%^[40]。其他抗虫水稻和抗虫玉米等也在推广应用。

各种作物对水分都有一定的要求,过度缺水即出现干旱现象,造成作物旱害,轻则凋萎干枯,重则旱死。当水分过多时,又对作物不利,造成涝害。作物的形态结构和生理功能不同,它们的抗旱性和抗涝性有强有弱。为了作物群落高产稳产,根据条件和需要把抗旱或抗涝作为育种的辅助目标是十分必要的。

在温度偏低、气候寒冷的地区,需要培育抗寒耐冻的品种,以抗寒性作为其育种目标。宁夏农林科学院作物所培育出春麦区种植的抗寒冬小麦 5088 号。在中等温度环境下生长发育的作物,如果遇到超过 35 $^{\circ}\text{C}$ 以上的高温,就受到伤害。在低纬地带,为了满足生产需要,引种喜冷植物或中生植物,应当以作物的抗热性为目标,进一步培育当地适宜的优良品种。

总的来讲,我国土壤缺氮少磷,不能满足高产作物的要求。在增肥和节肥的同时,积极培育少肥耐瘠,高产优质的作物品种,特别在一些缺肥贫困地区,不失为一项积极有效的增产途径。

对于处在群落上部的高秆作物,更希望培育高光效品种。可是对于处在群落下部的作物,需要为它培育 CO_2 补偿点低的耐阴品种,以配合高秆作物,充分利用群落下部弱光照的环境。所以,在这种情况下,耐阴亦成为作物群落育种的特殊目标。

配合效益育种目标,育种技术可采用系统育种、杂交育种和诱变育种,同时也可应用

转基因技术进行抗虫育种和抗病育种,以提高作物群落整体效益。

四、和谐育种

和谐是对群落品种集的一种特殊要求。在群落中的各个群体只有和谐伴生才能高产优质。和谐育种应该以品种融洽、适应环境和技术配合为目标。三者之中,品种融洽是主体,不然,品种之间互克互斥,种不到一起,群落根本组建不起来,就谈不上环境适应和技术配合。只有在品种融洽之后,再要求适应环境,组合配套技术。群落品种集的和諧是群落组建的基本原则,是作物群落育种目标的前提。

品种融洽以相利为基础,能互利互惠最好,退一步对某方有利而对另一方无利无害,达到偏利,也是一种优良品种集。融洽的品种集不可互害互克,不然,就会严重地影响群落整体产量和品质,失去其应用的价值。例如,棉姜群落,棉花为姜遮光防晒,姜为棉花提供通风透光的条件。适应环境的品种集中的品种能够在相同的环境生长,能够充分利用生态条件。例如,小麦棉花群落中2种作物都适合在河南省棉区中生长,同时,小麦在冬春夏季节,棉花在春夏秋季节生长,适合套种在一起。技术配合是指各群体的栽培技术措施相辅相成而不互相影响。例如,玉米大豆群落。所以,它们同是和谐育种不可缺少的内容。

和谐育种应用引种、系统育种和杂交育种等技术,在明确需要改良的性状和具备技术条件的情况下,可进行细胞工程和基因工程技术。不管何种技术,田间试验始终都以品种集为对象相比较,以鉴定出和谐品种组合。

此外尚有一些作物群落育种辅助目标,它们在某些作物群落和一些地区也是十分需要的。

作物群落栽培比起群体栽培更加复杂和费工,特别在降低成本、提高经济效益方面,需要机械化作业。所以在群落育种中配合机械化,培育适管和适收品种,例如生长整齐、植株紧凑、易收获不落粒的品种。有些作物在产品收获后不能全部应用,需储存一定时期,或出省出口,因而在储藏和运输期间具有适当休眠、抗霉烂和耐压碰的特性。在农作物中,谷子耐储藏而甘薯不耐储藏。在群落中组合有园艺作物,它们的产品更需要有耐储藏和耐搬运的特性。以上这些辅助目标在有些作物,在有些地区,都是生产上不同程度地对作物性状的要求。研究和应用这些性状已成为作物育种特别是群落育种的新课题。

第九章 品种集区域化鉴定和良种繁育

新品种集育成后,在生产上应用以前,也需要进行品种集鉴定和良种繁育。这是作物群落育种工作的重要环节。

第一节 品种集区域化鉴定

品种集鉴定是有计划对新品种集区域性试验,测定其适应性和利用价值,为应用和推广提供依据。

一、区域试验

为了确定新品种的应用地区,由农业部门、有关种子管理机构和专业研究单位对某一作物的一些新品种进行区域试验,新的品种集也是一样。试验地点选择所辖地域有代表性的地点,例如国家麦棉套种区域试验(即小麦棉花群落区域试验)设在河南进行。确定应试品种和制定试验计划,统一试验区的标准、面积和试验方法。主要任务是鉴定品种的丰产性、稳产性以及品质优劣等特性,评定出各地最适宜的优良品种,划定适宜的推广区域。区域试验一般进行2~3年,每年认真试验、鉴定和评比,淘汰个别极差的品种,对表现优异的品种,可提前进行生产试验,以便尽快在生产上应用。群落品种集的区域试验,各地尚未普遍开展,仅在河南省实行麦棉套群落区试。品种集区域试验一定要与伴生作物一同参加试验,特别是伴生作物也有新品种参加的区域试验,要同时参试,同时鉴定,同时评定其在群落中的优良品种集。

二、生产试验

通过区域试验的品种集,还需进行生产试验。试验区面积适当扩大,株小的作物667 m²,株大的作物1334~2001 m²。试验条件和管理方法接近大田。参加品种数量以2~3个为宜,设置对照和重复。品种集生产试验也要同时试验伴生作物的品种,按生产上的群落种植方式和栽培管理进行。并设置各个伴生作物的单作群体作对照,以便比较群落品种集的产量和品质,发现生产上的问题。

第二节 品种集良种繁育

一、品种集良种繁育的意义和任务

良种是作物生产的基本生产资料。在培育出优良新品种以后,如果不能保持新品种的种性及其纯度,那么新品种起不到应有的作用即被作废淘汰,造成巨大的人力和物力的损失。因此,保持良种的质量和数量,进行良种繁育仍是作物育种的重要环节。良种繁育是有计划地大量繁育新品种的种子数量和提高种子质量的良种生产过程。作物品种在生产中应用,由于机械混杂、天然杂交和自然变异等原因,出现退化现象,产量降低,品质变劣以及丧失其他优良性状,逐渐降低其应用价值。作物良种繁育的任务就是迅速繁殖新品种的种子,持续保持品种的纯度和种性,以满足作物生产对良种的需要。作物群落品种集良种繁育也是一样,适于群落应用的品种同样加快繁殖合格的、充足的优良种子,保持各个良种的特性,提高群落产品产量和质量。

二、良种繁育的程序和方法

作物育种产生的种子可分为原原种、原种和良种。原原种是育种单位培育出的作物新品种第一批典型种子。国外也称“育种家种子”。它是通过一定的育种程序和育种技术,直接产生的种子,是该品种所有推广应用种子的来源。原种是由原原种直接繁育的种子。也有经过一定选择,提纯复壮程序,生产与该品种原有性状一致的纯种。除了原原种和原种以外,一般经过去杂去劣,经选种提纯的种子则是生产上的良种。作物良种繁育则主要是生产原种,为生产提供高质量的种用材料。

作物良种繁育生产原种常用三年三圃制或二年二圃制。第一年株行圃比较鉴定。将原种或该品种典型植株选择的种子,种于株行圃,每株种一行,九行设一对照。生长期间观察记载,比较鉴定优劣株行,分别做出标记。收获前全面评比,进行决选。收获时,杂劣株行先收淘汰,优株优行单独收获保存,作育种材料;其余株行,分行收获脱粒和考种,作次年株系圃用种。第二年株系圃比较试验。将株行圃入选株行组成一个单系,每系种一区,进行分系比较,方法同株行圃。淘汰劣系,入选各系去杂去劣,混合收获,妥善贮藏,以备原种圃用种。第三年原种圃混系繁殖。在株系圃混合收获的种子种于原种圃,实行严格隔离,观察鉴定,去杂去劣,保证纯度,精打细收,单独存放,即为原种。

第十章 品种集栽培

作物群落育种是为群落培育和生产优良品种集,最终目标是高产、优质、高效、和谐。为了达到此目标,有必要根据品种集的特点,相应的配合以品种集栽培,良种良法,以完成作物群落生产的全过程。品种集栽培是对作物群落品种集及其生境的全面管理技术,它包括品种集管理和生境管理两部分。

第一节 品种集管理

品种集管理是对作物群落品种集生长发育的调节和控制,包括种植、密植和间定苗、植株调控和收获。

一、种植

(一) 种植方式

作物的种植方式包括单作、混作、间作、套种、叠种、复种和轮作。单作是作物群体唯一的种植方式。只有群落才会有混、间、套、叠、复、轮的种植方式。这也是群落品种集在田间的空间和时间上的配置。

1. 混作 在同一空间和时间,混合种植作物群落品种集为混作,以“×”表示,如小麦×豌豆等。凡生长期和生态条件基本一致,形态互补,互利互惠的品种集,适合进行混作种植。

2. 间作 在同一空间和时间,分行或成带相间种植作物群落品种集为间作,以“//”表示,如棉花//马铃薯(图10-1)等。生长期和生态条件大部一致,互利互惠的品种集可采用间作方式。

3. 套作 在一定的空间和时间,当前作品种生长后期,在其株间或行间种植后作品种为套作,以“/”表示,如小麦/棉花(图2-1)等。此方式适用于其品种生长期前后错开的品种集。



图 10-1 棉花马铃薯群落间作

4. 复种 在一定的空间和时间内,当前作品种收获后,再接茬种植后作品种为复种,以“—”表示,如小麦—芝麻,与套作一样适用于其品种生长期前后错开的品种集。

5. 叠种 在一定的空间和时间内,上下分层种植作物群落品种集为叠种,以“=”表示,如立柱叠种(图 10-2)和稻田养萍。生长在不同土体、水体和气体空间的品种集,可进行叠种。



图 10-2 立柱叠种

6. 轮作 在一定的空间和时间内,有顺序地轮换种植作物品种为轮作,以“—”和“→”(隔年复种)表示,如油菜→水稻—绿肥—小麦→大豆,以后按顺序年年连续种植若干年。生态条件一致,茬口对路的品种集实行轮作。

(二) 种植时期

作物种植材料安置在田里的日期为种植时期。它是作物生育周期和管理的开始。它不但关系着作物的发芽生长和全苗壮苗,而且决定着一生所处的环境条件和管理措施,如果种植有误,甚至不可挽回。“好的开始就是成功的一半”,种植时期对于作物的生长和管理有着举足轻重的影响。确定作物种植适宜时期,依据以下条件:

1. 作物的特性 作物的发芽生根都要求一定的条件,如发芽温度、水分、土壤理化性状等。小麦发芽最低温度为 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$,而花生为 $12 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。小粒种子作物(如烟草等)发芽时吸收水分少,大粒种子作物(如蚕豆等)吸收水分多。各种作物发芽生根都有着自己的特点。它们的生育期有长有短,各生育时期对环境条件都有一定的要求。因此确定种植期要根据作物的特性。春作物耐寒的品种可以适当早播,喜温的品种适当晚播。冬作物冬性强的品种适当早播,春性强的品种适当晚播。

2. 气候条件 气候条件,特别是温度,是确定种植时期一个重要的因素。一年四季的温度,冬低夏高周而复始,不断变化。在一年之中,可分春播、夏播、秋播和冬播。而各作物发芽生根对温度要求不同,这就需要将作物种植在温度适宜的时期。

3. 土壤条件 土壤盐分高,温度上升慢,一般要适当晚播。一些不耐盐碱的品种要求土壤的酸碱度要低,应躲过盐碱上升地表的时期。土壤水分不可过多或过少,一般以土壤田间持水量为 $40\% \sim 60\%$,正处在耕性最佳时期种植最好。

4. 其它条件 其它还有病虫害发生情况、灾害性天气、前作情况以及种植制度等。

为了保证发芽生根、安全生长,种植作物时这些条件都应考虑在内。

(三) 种植方法

种植前认真选用种植材料,包括种根、块根、块茎、插枝、种苗和种子。务必纯净达标,健全饱满,生命力强,经过块选、粒选等以及物理和化学处理,杀虫灭菌,促进生根发芽,保证苗全苗壮。

具体种植方法分为:撒播、点播、条播等。一般小粒作物品种种植用撒播,如烟草育苗;大粒作物品种用点播或条播如玉米等;非中耕作物品种采用窄行条播,如小麦、亚麻等。混作的品种集采用撒播或条播,套作的品种用点播。

作物群落品种集的种植,特别是套作、叠种和复种,一年之中生长季节有限往往满足不了全部品种集生长成熟需要,因此,实行育苗移栽技术,这是一项有效的加长生育周期的增产措施。按照设施育苗可分为以下数种。

1. 露地育苗 这是较简单的育苗方法。在选好地点,精耕、施肥、灌水之后即可种植。它的目的在于提前种植和收获,如夏作物育苗。

2. 保护地育苗 这是在冬春之际,气候寒冷,增设保温设施如风障、小弓棚、塑料大棚、玻璃温室,以改善光、热、水、气等条件的育苗方法,它的作用主要是利用日光能,增温保温。保护地育苗增加成本和劳动操作,应在经济效益高的作物应用。

3. 人工增温育苗 这是在以上2种育苗的基础上,利用燃料,产生化学能,生热保温的育苗方法。所用生热材料包括酿热物、天然气、暖气、煤等。它的优点在于不受自然条件限制,任意调节温度,如甘薯的火坑育苗和棉花塑料棚营养钵育苗等。

4. 无土育苗 这是利用营养液或培养基代替土壤的育苗方法。其优点在于无公害,苗早、苗齐、苗壮,便于人工调节和自动控制水分和营养,有利实现机械化。

育苗必须及时移栽,保证成活苗壮。作物移栽可根据作物特性和生态条件而采用不同的方法。易生根发芽的作物品种,成活率高,土壤水分充足,可采用直接拔苗移栽,如水稻插秧。生根发芽差和土壤水分不足,拔苗移栽后立即浇水供水,如烟草。生根发芽较难的品种,土壤水分尚可,可用移栽铲或移植器,多带老娘土移栽或采用营养钵育苗移栽。根据我们的经验,移栽成活与否主要在于土壤供水能否补偿幼苗蒸腾所需的水分。如果幼苗吸水,得不偿失,就要凋萎死亡。如果满足蒸腾所需水分,即可生根发芽,成活生长。因此,为了让吸水多于蒸腾,保栽保活,移栽时需要采取补充灌水、覆盖薄膜、保全根系和适当去叶等辅助措施。

二、密植和间定苗

密植是适当增加作物单位面积个体数目的栽培措施。密植不是越密越好,而是根据个体和群体的关系,实行合理密植。密植以“铺严地不郁蔽”和“成株相接触”为原则。一般生长期短,株低紧凑,不分或少分枝的作物品种密度加大;生长期长,植株高大,松散多枝,密度减少。

间苗是除去多余幼苗的作法。可分手工间苗和机械间苗。手工间苗的原则是去弱

留壮、去病留健、去杂留纯、去大小留中、留苗一致,达到苗全、苗壮、苗齐、苗匀的目的。

补种补苗是因种植质量和自然灾害等原因造成缺苗断垄而进行弥补的措施。在出苗不久缺苗时,催芽补种。在幼苗长大时可移栽预备苗补苗。苗不补齐,就定苗,必然影响作物密度。

定苗是最后确定种植株数的技术,将间苗时,多留的苗全部除去。完成定苗任务后,如以后不再缺株,种植密度也就确定来了。

三、植株调控

植株调控是调节和控制作物的形态和生长发育的技术,包括物理调控和化学调控,目的在于控制某些器官和促进收获器官生长发育,达到高产优质。

(一) 物理调控

应用手工和工具调节和控制作物生长发育的技术为物理调控。它包括断根、摘心、割茎、去叶、去蘖、去芽和摘花摘果等。其作用主要是控制营养器官,促进生殖器官,对于收花、收果、收种子的作物起着增产作用。

(二) 化学调控

应用化学方法调节和控制作物生长发育的技术为化学调控。从植物体提取或人工合成的特殊化合物——生长调节剂,具有调节作物生长、器官形成、落花落蕾、早熟晚熟的作用。它可分为促进类如 920、乙烯利等和抑制类 CCC、缩节胺和青鲜素等。根据种植作物的目的,选用不同功能的药剂,进行调控。使用时必须掌握适宜时期、适宜浓度、适宜用量。不然,会产生副作用,不但达不到预期的目的,而且会适得其反,甚至导致不可挽回的损失。

四、收 获

作物成熟时必须及时收获。收获种子要在绝大部个体成熟之时,收获营养体要在其中所含营养物质最丰富的时候。因收获物不同而采用不同的收获方法。收获分一次收获如收小麦和甘薯以及分次收获如摘棉花和烟叶等。收获是获得栽培目的物的重要技术,也是品种集管理能否圆满成功的最后一个环节,必须做细做好,颗粒还家,丰产丰收。

第二节 生境管理

生境管理是为了满足作物群落生长发育所进行的改善生境的技术措施,包括整地、施肥、灌水排水、中耕培土、植物保护以及保护地管理等。

一、整地

整地是作物种植前对土地的管理技术。它目的是为作物生长发育创造适宜的土壤条件,达到土壤疏松,无残茬杂草,细碎平整,土地踏实的要求,为作物生长发育奠定良好的基础。它的主要内容包括耕、耙、耨、耨、耨、镇压、平地 and 起垄作畦等。

(一) 翻耕

这是利用犁、铧等工具翻松耕层的技术。它的作用在于翻转疏松,掩埋肥料,提高耕层孔隙度、通气性和透水性,利于作物发芽生根和生长发育。翻耕的方法普遍应用铧犁、圆盘犁、旋耕犁和深松铲等翻耕。翻耕时期根据土壤宜耕性和气候条件,配合种植时期,以早为宜。翻耕深度依据作物特征特性、翻耕时期、耕层深浅和翻耕方法等具体情况而定。深根作物深耕,浅根作物浅耕;越冬作物秋冬耕提倡深耕,以逐年加深为原则,一般为 20 ~ 25 cm。春夏耕不能过深,一般为 10 ~ 15 cm。

(二) 耙耨

这是应用耙和耨进行的表土耕作的技术。“犁地不耙耨,不如家中坐”,说明耙耨是一个不可缺少的整地环节,其作用在于碎土、平地、镇压和保墒,便于作物种植和发芽生根。一般在翻耕后,在早春裸地上和夏闲地上进行,特别是小粒作物品种,必须要耙细耨平。耙地的深度为 5 cm 左右。耨地是耙地后的辅助作业,目的是为了进一步碎土平地,拖平耙沟,提高整地质量。

(三) 起垄作畦

这是整地的最后一种表土作业,主要目的是便于生长期灌溉和排水。在北方的水浇地上种植麦类等,一般作平畦,长 10 ~ 50 m,宽 2 ~ 4 m,畦埂高 15 cm。在南方旱田普遍作高畦(厢),长 10 ~ 20 m,宽 2 ~ 3 m,呈鱼背形;高畦间开沟,深为 20 ~ 25 cm,并在沟头开横沟,直通田外,以排水防涝防渍。一些中耕作物如玉米和棉花等,特别在东北地区普遍实行垄作,以方便灌水排水,预防倒伏,一般垄高 10 ~ 18 cm,垄宽 50 ~ 70 cm。

二、施肥

土壤中的营养元素是有限的,绝不会完全满足所有作物群落品种集的需要。因此,人为地供给肥料是作物群落生产的一项重要栽培技术。

(一) 施肥的依据

1. 作物营养特性 作物的种类和品种不同,它们吸收营养元素的种类、数量和时期都有差异,有的还差异很大。需氮作物以氮为主,配合磷钾等元素;需磷钾的作物应增加磷钾的施用量。最好选择适合其需要比例的复合化肥。如有条件,对作物需肥按“三要

素”比例施肥。这里强调群落缓释复肥的配制和施用。作物群落品种集包括2种以上作物品种,它们种在一起,应根据各品种对养料的要求选用专用群落缓释复肥。这可以达到一肥多用的省工节肥的效果。

2. 土地条件 施肥要根据土壤养分状况分别对待,不同土类和土种含营养物质的形态、数量以及根群所处土壤层次都不相同。必须通过土壤调查、分类分析,掌握详细情况,并具体到田块和种植地段,如有可能进行分阶段观测。特别是在种植前和收获后,取样分析。根据具体分析结果,以缺定补,测土定肥,以产定量,在科学施肥的同时,节约肥料和资金。

土壤质地也影响作物对养料的吸收。质地黏重,土粒表面积大,吸附力大,保肥力强,可以多施。质地松散,吸附力小,通气漏水,土温变化快,保肥力差,特别是在缺少氮素的土壤上,一方面增施有机肥料作基肥,改良土壤,另一方面选用速效肥料,每次用量不可过大,少吃多餐,分次追肥。土壤的酸碱反应也与施肥有关,在酸性土壤上,因水溶性磷肥易与铁铅结合而沉淀,降低肥效,故应以难溶性磷肥为主。施用后,随释放磷素,随为作物吸收。这种土壤施用氮肥宜用碱性肥料如氨水和碳酸氢铵等。碱性土壤宜用过磷酸钙,应深施,分层施和根外喷施;氮肥的种类,以硫酸铵和氯化铵等生理酸性肥料为宜。另外在稻田,忌用硝态氮肥;施用铵态氮也应施在土壤的还原层处为好。

3. 气候条件 气候条件同样与施肥有关,特别是降水和温度与施肥更为密切。在多雨高温的地区和季节,有机肥料分解得快,可以多施用些。人粪尿、堆肥和厩肥均可施用,甚至可以作追肥。无机肥料一次不可用量过多过早,以免挥发流失。少雨寒冷地区和季节,有机肥料要充分腐熟,适当早施,并可选用速效肥料,便于吸收。同时适当增加磷钾肥,以增进作物抗寒能力。无机化肥作追肥,宜在雨前施用,随水下渗,立即收效。根外追肥,要在雨后进行,避免雨淋流失,并且宜在傍晚晴朗无风天气喷施。

(二) 施肥时期

作物施肥可分为播种前、苗期、中期和后期4个时期。

1. 播种前 这一时期施肥包括基肥和播种前补肥。基肥是作物播种前结合整地施入的肥料。肥料的种类应以有机肥为主,配合无机肥料。因为这时地上无作物生长,可以深施,数量要大些,农家肥一般可施 $75\ 000\text{ kg/hm}^2$,普遍撒于地面,随耕地深埋犁底层。易挥发的肥料,施于犁沟,立即掩埋。春播作物,临播种前撒施,春耙埋肥。或者在种植开沟开穴时,将腐熟的有机肥料撒于其中,随种植,随施肥。有的将肥料与种子用粪耖或联合播种施肥机同时施于土中,这时的肥料称为种肥。

2. 苗期 作物出苗后到收获前的施肥统称追肥。出苗后到开花前施肥为苗期追肥,这时苗小苗弱,施肥量不可太大,以氮、磷为主。宽行条播作物,开沟条施或穴施。密播作物趁晴天撒施。

3. 中期 作物生长中期是作物的旺盛生长,开花结果的时期。肥料以氮肥为主,配合其它肥料,施肥量应加大。根据作物需要,配合其他营养元素。中期追肥是作物施肥的关键。

4. 后期 这时植株已经定型成熟,肥料以磷肥为主,配合少量其它肥料。注意防止

贪青晚熟。

(三) 施肥方法

- 1. 穴施 穴施是指在作物根部附近,用农具挖穴,撒入肥料,封土盖肥。这种方法简单易行,节省肥料,适用于植株高大作物。
- 2. 撒施 撒施是指将肥料撒于地上的方法,省工省事,但易损失养分和降低肥料利用率。适用密播作物如水稻和小麦等。
- 3. 条施 在作物行间,用农具开沟,施入肥料,封土盖肥。这种方法工作效率高,肥料利用率高,适用于中耕作物大面积机械作业。有些作物,棵大株稀,可以在植株周围,开沟环施。
- 4. 随水浇施 在灌溉地上,在地头沟口处,用橡皮或塑料管子,将氨水或其它液体肥料导入水中,随灌水渗入土壤,简便省工,效果也不错。
- 5. 叶面喷施 这种方法也称根外追肥,是把肥料溶解于水里,配成一定的浓度,喷洒在作物的叶面上,吸入体内。此种方法,肥少省工,吸收快,效果好,但这只是一种辅助性方法,多用在作物生长后期,补充养料不足所用。

三、灌 溉

灌溉是供给作物生长用水的技术。“有收无收在于水”,合理灌溉是取得作物群落高产的重要措施。为了更好地贯彻这项增产保收的技术措施,这里提出“土壤干湿剖面”概念。土壤干湿剖面是按土壤干湿程度而划分层次的土壤垂直纵切面。由于土壤水分的来源不同,因而形成各种土壤干湿剖面。例如渠灌区土壤干湿剖面(图 10-3)可分出以下干湿层次。



图 10-3 渠灌区土壤干湿剖面

- 1. 干湿层 此层位于土壤剖面上层,土壤含水量为 0% ~ 100%,由于灌溉和降水的原因,时干时湿,且干燥的时间多于湿润的时间。
- 2. 永湿层 此层位于干湿层之下,土壤含水量在 0% 以上,为植物根系主要分布的地方。

3. 湿干层 此层位于永湿层之下,土壤含水量为 0% ~ 100%,时湿时干,且湿润的时间多于干燥的时间。

4. 永干层 此层位于干湿层之下,土壤含水量 0%。

由土壤干湿剖面可知,永湿层关系着作物群落生长发育和优质高产,必须保证水分充足。灌溉的目的实质上是增加土壤干湿层的水分,提高和加厚永湿层,使作物根系处在永湿层内,不断供给作物正常生长发育的水分。为了达到此目的,本着以产定水,测墒灌溉,合理确定灌溉用水量,灌溉时期和灌溉技术。

(一) 灌溉用水量

灌溉用水量(M)是作物从种到收整个生长期的总需水量。它是作物各生长期需水量的叠加。确定灌溉用水量是作物灌溉的首要工作,可根据作物需水量(CU)、土壤蒸发量(SE)、种植前土壤含水量(SC)和收获后土壤含水量(LSC)来计算,公式为:

$$M = CU + SE + LSC - SC$$

它们的单位都是立方米每公顷 m^3/hm^2 ,这样计算的灌溉用水量,在实际应用时,还应减去单位面积的有效降水量。

灌溉定额是单位面积作物一次的灌水用量(m^3/hm^2)。各次灌水定额之和即为灌溉用水量。

(二) 灌溉时期

灌水时期是指作物灌水的具体时间。按作物生育时期,灌水时期分为播种前灌溉,苗期灌溉,开花结果期灌溉和后期灌溉,因为各生育时期生长发育不同,各灌水时期的灌水量可本着由少到多再到少的原则。

在一定的生育时期或生育期内需要灌水几次就是灌水次数。各生育时期的灌水次数相加即为全生育期的灌水次数。

当前灌溉都是凭经验进行,“看天、看地、看庄稼”,天旱就浇,浇一遍为止。作物群落生境管理应该科学灌水,改变这种做法。

(三) 灌溉技术

灌溉技术是进行灌水的方法,它可分为地上灌溉、地面灌溉和地下灌溉。地上灌溉又分为喷灌和滴灌等。地面灌溉又分为漫灌、沟灌、畦灌、膜上灌等。地下灌溉如渗灌等。

1. 喷灌 这是利用喷灌设施和水压,把水喷出成雨滴状散落到地面的灌溉方法。它的优点是:灌溉均匀,提高质量,节约用水、土地和劳力(节水 30% ~ 50%,省地 10% ~ 20%),避免灌后土地板结、跑水冲地和倒流深渗,用于多种地形和各种作物,能够提高产量和品质。但是,喷灌耗能多,投资高,其灌溉质量受风影响。

2. 滴灌 滴灌指利用设施使水滴进土壤,渗透到根处的灌溉方法。滴灌优点是灌溉

均匀,不破坏土壤结构,节约用水、土地和劳力,适合植株高大和稀植的作物采用。

3. 沟灌 沟灌是指在地上开挖水沟,引水入沟,使水渗透到作物根部的灌溉方法。此法适于中耕作物。

4. 畦灌 在土地上作畦,引水入畦,使水渗透到作物根部的灌溉方法为畦灌。此法适于密播作物如小麦和谷子等。

5. 渗灌 这是指在地下铺设透水管,水引入管道,靠土壤毛细管作用,使水浸润根际土壤的方法。此方法的优点在于减少蒸发,节水省地,便于机械耕作和管理,但造价昂贵,检修困难,这是一种地下灌溉。

作物群落品种集灌溉掌握适量适时适法原则,保证作物需水。品种集同时需水,同时灌水,做到一水两用,省水省工;分别需水时,分别灌溉,切勿费水费工或有损另一作物。

四、中耕和培土

中耕是作物生长期进行的表土耕作措施。它的作用在于破除板结,疏松土壤,保墒散墒,调节表土温度和消灭杂草。中耕的方法有人工锄地、畜力耘地和机械中耕。3种方法的效率逐步增高,成本也相应加大。掌握深根作物中耕宜深,浅根作物宜浅,离根远宜深,离根近宜浅,由浅到深再浅的原则。

培土是指将土培在作物根部附近的作业。它的作用在于增加茎秆支持力量,防止倒伏,促进根系发展,并兼收灌水、排水和除草之利。方法有用锄和锨人工培土,用耢子或犁畜力培土以及用培土器机械培土。

中耕培土时,作物群落品种集的各个群体在田间并存,要注意植株不受损伤,特别是机械作业,要加保护。

五、群落植保

(一)病虫害防治

病虫害是影响作物产品产量和品质的经常发生的灾害。作物病害和虫害种类繁多,分布广,数量大,危害重,成为作物保护的主要对象。病虫害防治可以分为病虫测报、物理防治、化学防治、生物防治和农业防治等。

1. 病虫测报 这是一项事半功倍的措施。长期预报可以提醒技术人员和农民及早做好各项准备;短期预报能够主动布置和进行防治工作。

2. 物理防治 这是采用物理的防治方法,如捕捉、捕杀、黑光灯诱杀和热处理等。该技术简单易行,成本低、无污染。

3. 化学防治 这是采用药物毒杀或驱逐的方法,包括喷洒粉剂、水剂、熏蒸剂和性诱剂等。优点是收效快、效率高、防治范围广;但成本高、易伤害人畜和污染环境。这种方法要注意选好药剂,严格操作规程,避免其不良的作用。

4. 生物防治 这是利用有益生物防治病虫害的方法。有益生物包括益虫、益鸟、有益微生物和其它有益动物。生物防治可分为以虫治虫,如瓢虫食蚜,寄生蝇防治玉米螟;以菌治虫,如青虫菌防治菜青虫,白僵菌防治松毛虫等;以菌治病,如春雷霉素防稻瘟病和内疗素防治甘薯黑疤病,以及有益动物治虫等。保护和帮助繁殖有益生物,防治虫害也是植保的有效办法。

5. 农业防治 这是通过农业技术进行防治病虫害的方法。例如水旱轮作、合理间作套种和冬前深耕等,这是一项一技双收的措施。

进行品种集病虫害防治,一方面同类病虫害做到一药多治,另一方面不同病虫害分别防治,严防药害其他群体。

(二) 杂草防除

杂草是与作物伴生的野生植物。它们耐旱耐瘠,繁殖力强、适应范围广,与作物激烈争夺生境条件,使作物受到危害。防除方法亦有物理防除如拔草、锄草和耕地等;化学防除如敌稗防除稗草,燕麦敌防除燕麦草和生物除草如棉田牧鹅等。

最后特别指出,在品种集栽培的一般理论和技术指导下,对育成的每个具体的群落品种集,还要配备一套全面而系统的专用品种集集成栽培技术,以便品种集的推广和应用。

第十一章 作物群落育种的展望

农业提供人类衣食住行用的必需品和工业原料,是国民经济的基础。种植业生产粮食、饲料和农副加工原料等,是农业的基本生产部门。作物品种是作物生产的首要生产资料,作物育种培育优良品种及繁育良种种子,为作物生产高产、优质、高效创造必要的条件。作物从个体、群体发展到群落,作物育种相应的由个体和群体育种推展到群落育种,成为作物生产重要的环节。作物群落育种工作刚刚起步,作物群落育种学还是个孕育中的学科。除了内容尚不健全充实外,也存在一些实际问题。种质资源满足不了特殊需要,群落育种技术和田间试验适应不了培育群落品种集的要求,特别是缺乏理论指导,因此,不能提供符合各地实际情况的优良品种集。这些都是今后作物群落育种研究的课题和方向。

一、广泛收集群落育种的种质资源

品种特别是良种是作物育种的对象。为群落培育品种集是作物群落育种的首要任务,也是最终目的。新品种的产生是经过适当的育种技术和田间试验,把作物种质资源转变为具有经济价值的优良的作物生产资料。所以,种质资源是创造品种的原始材料,它不仅存在于作物品种之中,并且普遍存在于野生植物之中,所以在植物界广泛收集种质资源是一项非常重要的基础工作。缺少所需要的某种种质资源,培育所需要的某一品种将是一句空话。“巧妇难为无米之炊”,特别是作物群落育种,它所需要的种质资源更有其特殊性。除了一般个体和群体需要的与高产、优质和高效有关的性状外,还需要群落中群体间互利互惠的性状。所以十分必要设立专门机构,广泛收集植物种质资源,特别是有特殊用途的群落育种材料,开展种质资源的研究、保存和应用。

二、深入开展群落育种技术的研究

育种技术是群落育种成功的桥梁。有用的原始材料通过育种技术才能产生新品种。因为群落品种具有与群体品种更为特殊的基因,需要更为有效的育种技术,特别是遗传工程,把优良性状的基因转化给新品种。这是一项有发展前途的育种技术,通过它可以完成一般育种技术如系统选育和杂交育种所难以完成的工作。遗传工程是今后培育新品种的先进的生物技术,作物群落育种将着重研究和应用,并且会有所创新,不断发展这一技术。

航天育种和诱变育种都是外界生态因子激发植物基因突变,常常会有意想不到的性

状出现,也将在作物群落育种中应用,成为创造群落新品种集的重要手段。

三、群落育种理论和方法的创新

作物群落育种是2002年提出的一项新技术。吸收多学科的营养,正孕育着一门新学科——作物群落育种学。新学科、新领域将会产生一些新概念、新规律和新理论。在群落立体种植过程中,已经出现了有利性状和互利性状、有害性状和互害性状、群落内生境、群落外生境和品种集等作物群落特有的概念。总结出作物群落培育品种集的三项原则:“生态适应性大同小异,特征对应互补和特性互相协调”^[2]以及群落生产力不定等规律:“作物群落生产力不一定等于其中各群体单独存在时的生产力之和”^[43]。作物群落育种的广泛开展,还将创立新理论,不断充实材料,为作物群落育种学的建立创造条件。

作物群落的试验方法和室内考种也与群体育种不同。2种以上群体品种组成品种集在一起进行的田间试验,其项目、设计和测定都有其特殊性。譬如群落的组合类型和种植方式不同,其产量测定和计算应有新的方法。带式组合实行带状种植要根据群落带宽、各群体幅宽及其间距,求出各群体的带宽系数(即占带宽百分率),求出各群体所占面积,从群落单位面积中各群体的产量计算出它们的单产。同样,许多项目都需要探索新方法来进行。作物群落育种也将创造一些新的研究方法。

四、群落育种普遍开展,新品种集普及应用

随着作物群落生产的发展,作物群落栽培迫切需要群落品种集和大量的良种种子以提高群落总产和整体效益。适应生产发展需要,作物群落育种研究机构和群落品种集生产部门将陆续建立,研究和工作人员队伍不断壮大,科学技术水平相继提高。通过各地科技工作者共同努力,群落新品种集层见叠出。除了高产超高产品种外,向优质高效,特别是向高度和谐目标努力,培育出高秆和低秆、阳性和阴性、需肥和固氮以及自然灾害共抗互补的,群落生产迫切需要的品种集。作物群落育种将在作物生产中发挥积极的作用。

五、新兴分支学科建立,原创著作编写出版

作物是人工大面积种植的栽培植物,稻、菽(大豆)、粟(谷子)、苳(苳麻)等多种作物原产我国,有着悠久的栽培历史,生产经验丰富,已总结成为历代农书的主要内容。20世纪上半世纪,陆续出版了《中国作物论》(原颂国,1923)、《作物学通论》(黄绍绪,1925)和《普通作物学》(孙醒东,1951)等有关作物学学科的著作。新中国成立后,作物栽培学、作物育种学和耕作学等分支学科相继建立,作为农业院校专业课和专业基础课,编写出版了全国通用教材,奠定了我国作物学科的基础。1999年,我们发表了《植物栽培科学发展的新阶段》一文,提出作物群落栽培概念和内容。2003—2004年,编写出版了《作物群落栽培学》、《棉花群落栽培》和《小麦棉花群落栽培技术》。并为农学、林学和园艺等专业开

设作物群落栽培学选修课。2002年,我们在中国作物学会理事年会暨全国作物栽培学科发展研讨会上提出作物群落育种概念,并在《作物杂志》发表了《作物群落育种》,提出有关群落育种的新概念和原则。以上工作和本书的出版为作物群落栽培学和作物群落育种学的建立创造了条件。

六、作物群落育种有着广阔的发展前景

我国作物群体生产已走在世界前列,远缘杂交不育系、杂交优势利用、分子育种以及航天育种均取得有效的群体育种的成果。水稻旱育秧和抛秧技术以及再生稻栽培;小麦节水节肥技术;棉花和玉米育苗移栽和地膜覆盖技术等的应用和推广,大幅度提高了群体单产。单作超级稻最高单产达 $1\,287\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ^[20],航天育种超级再生稻“Ⅱ优航1号”最高单产达 $1\,449.7\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ^[44],单作夏玉米最高单产达 $1\,402.86\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ^[45],单作棉花最高单产皮棉 $266.8\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ^[46],夏大豆“郑豆92116”单产 $319\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ^[47]。这些作物产量都处在当今世界领先水平。还有一些作物也创我国历史新高。在这样的超高产的情况下,作物群体高产再高产难度较大。然而,在群体高产的基础上,开展群落育种和实行群落栽培,产量和效益均可继续提高,群落育种培育的品种集,互利互惠,和谐共处,能够发挥品种的最大整合效应,群落栽培能够充分利用时间、空间以及自然和社会资源。根据我们试验(1982)^[48],小麦棉花群落中的小麦和棉花比单作小麦群体和棉花群体分别增产粮食31.4%和皮棉57.6%,提高产值19.9%,提高土地利用率33%~60%和光能利用率3.6倍。由于作物群落生产符合我国国情、民情和农情,深受各地欢迎。从内蒙古到海南,从东部沿海到西部绿洲,作物群落分布遍及全国,广大农民迫切需要更为适宜的群落品种集,作物群落育种是一个作物育种的新的研究领域,是作物育种的新内容,为实际生产的迫切需要,有着广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 北京农业大学. 耕作学[M]. 北京: 农业出版社, 1981: 149; 156.
- [2] 杜心田. 作物群落栽培学[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2003: 2; 46.
- [3] 杜心田. 植物群落育种[J]. 作物杂志, 2002(6): 10 – 11.
- [4] 杜心田, 王同朝. 植物群体边缘效应规律及其应用[J]. 应用生态学报, 1998, 9(5): 475 – 480.
- [5] 杜心田, 王同朝. 植物边缘效应规律及其在植物生产系统工程的应用[A] // 系统工程与市场经济(中国系统工程学会第九届年会论文集)[C], 北京: 科学技术文献出版社, 1996: 796 – 802.
- [6] 杜心田, 王同朝. 作物密度效应递增率及其意义[J]. 河南科学, 2003, 21(6): 733 – 737.
- [7] 杜心田. 作物临界群体产量递增率及其意义 // 第九届全国作物生理学研讨会论文集[C]. 北京: 中国农业出版社, 2006, 16 – 20.
- [8] 山东省农业科学院. 中国玉米栽培[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1962: 201.
- [9] 胡廷积. 小麦生态与生产技术[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1986: 153.
- [10] 丁颖. 中国水稻栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1961: 348.
- [11] 余松烈. 作物栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1980: 445; 688.
- [12] 山西省农业科学院. 中国谷子栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1987: 257.
- [13] 卢炳麟. 甘薯栽培技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1958: 59.
- [14] 浙江农业大学. 作物栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1961: 419.
- [15] 中国农业科学院江苏分院. 棉花丰产技术研究[M]. 北京: 农业出版社, 1960: 132 – 136.
- [16] 中国农业科学院麻类作物研究所. 中国麻类作物栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 389.
- [17] 刘后利. 实用油菜栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 334.
- [18] 河南农林科学院. 芝麻[M]. 郑州: 河南人民出版社, 1979: 91.
- [19] 中国农业科学院花生研究所. 花生栽培[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1963: 169.
- [20] 范建. 冲刺世界水稻高峰[N]. 科技日报, 2006 – 09 – 21.
- [21] 袁隆平. 超级杂交稻研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006: 11.
- [22] 郭三维. 培育最棒的棉花[N]. 科技日报, 2006 – 01 – 4.
- [23] 刘纪原. 航天育种: 在希望的田间上[N]. 科技日报, 2006 – 02 – 28.
- [24] 杜心田, 孙敦立, 马新明, 等. 栽培植物群落组建理论的研究[J]. 生态学杂志, 2001, 20(5): 76 – 80.
- [25] 卢良恕. 中国立体农业模式[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1993: 114.

- [26] 贝塔兰非 L. V. 一般系统论[M]. (秋同, 译). 北京: 社会科学文献出版社, 1987: 31.
- [27] 钱学森. 论系统工程[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1982.
- [28] 杜心田, 杜明, 白铭洁. 物质系统的集合层次[J]. 中国科学学报, 2004: 182 – 183.
- [29] 王明庥. 林木遗传育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 107.
- [30] 达尔文. 物种起源[M]. 上海: 三联书店, 1954.
- [31] 第二届遗传学名词审定委员会. 遗传学名词[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 6.
- [32] 浙江农业大学. 遗传学[M]. 北京: 农业出版社, 1984.
- [33] 西北农学院. 作物育种学[M]. 北京: 农业出版社, 1984: 371.
- [34] 谭联望. 中棉 12 的选育及良繁体系的建立// 中国棉花学会第八次学术讨论会摘要汇编[C]. 中国棉花学会, 1990: 26.
- [35] 李浚明. 植物组织培养教程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1992: 28.
- [36] 西南农业大学. 蔬菜育种学[M]. 北京: 农业出版社, 1996: 151.
- [37] 范濂, 王福亭. 培育作物新品种的田间试验方法[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 17; 19; 31.
- [38] 李大庆. 神奇小麦“小偃 81”子粒重量占六成[N]. 科技日报, 2005 – 05 – 30.
- [39] 张启发. 转基因技术(上)[N]. 科技日报, 2001 – 12 – 18.
- [40] 刘恕. 国产抗虫棉(转基因)种植面积达 70% [N]. 科技日报, 2006 – 12 – 28.
- [41] 佟道儒. 烟草育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 330.
- [42] 闵绍楷. 水稻育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 216.
- [43] 杜心田, 杜明, 白铭洁. 植物群落性状不定等规律与联系数学[J]. 农业系统科学与综合研究, 2000, 16(2): 155 – 158.
- [44] 黄献光. 超级再生稻亩产 1449.7 kg [N]. 科技日报, 2004 – 10 – 13.
- [45] 魏东. 一麻袋纸也不出一个良种[N]. 科技日报, 2007 – 03 – 19.
- [46] 刘进. 新疆植棉技术实现新突破[N]. 科技日报, 2001 – 01 – 8.
- [47] 杨银鹏. 河南大豆单产再创全国纪录[N]. 科技日报, 2007 – 10 – 26.
- [48] 杜心田. 麦棉套种[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 10 – 14.