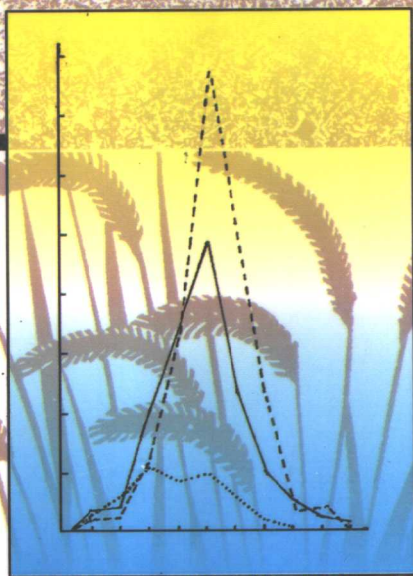


杂草治理

王 健 编著



中国农业出版社

杂 草 治 理

王 健 编著

中 国 农 业 出 版 社

杂草治理

王健 编著

* * *

责任编辑 范林

中国农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号 100026)

新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

850mm×1168mm32开本 13.375印张 337千字

1997年9月第1版 1997年9月北京第1次印刷

印数 1—2 000册 定价 22.20元

ISBN 7-109-04665-6/S·2894

(凡本版图书出现印刷、装订错误,请向出版社发行部调换)

序

杂草及其防治是一门新兴的科学。近年来，国内外对杂草的研究和防治技术及方法的创新与改进都有长足的进步。各有关学科应用新的研究方法与技术，使杂草科学的发展更是日新月异、突飞猛进，现已成为一门多种学科相互渗透、综合性很强的学科。当前，对杂草科学基础理论的研究和实际应用方法的探索，更加速了杂草科学的发展进程。

学科的发展与生产的提高，从来都是相互促进的。近十多年来，以应用除草剂为核心的杂草防治，在广度和深度上都有了很大的进展，大大地提高了农业生产水平，并为改进种植技术提供了新的条件。由于除草剂的大量使用，对环境、生态、经济等方面的副作用也日益加剧，使农业生产不免陷入了新的困境。因此，以生态学为基础，开展杂草综合治理的研究和实践，既是当前杂草科学的重要研究课题，也是发展高产、优质、高效农业的迫切需要。

《杂草治理》一书引入了有关的理论，提出了一系列新的概念，初步形成了杂草防治学科本身的理论体系，系统论述了杂草治理的生态学原理、策略性、阈值问题、方法与技术体系，以及化学除草技术经验等。这是王健同志多年从事科研和实践并参考国内、外大量文献的成果。其实践性强，自成体系，内容富有创见，使杂草科学向前迈出了重要的一步。其主要观点，曾受到亚太地区同行们的重视，对提高我国杂草防治水平将具有一定的促进作用。书中所作的各种探索，今后在实践中将进一步得到验证和完善。

·李扬汉

前 言

根据联合国粮农组织 (1982) 统计, 在温温带地区的传统作物管理体制中, 约有 70% 的劳力用于除草; 据农业部全国植保总站 1985 年统计, 我国农田除草用工占田间总作业量的 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$, 草害造成的粮食损失平均达 13.4%。草害一直严重危害着作物生产。杂草防治始终是农业生产中的重要问题。

近 50 年来 (我国从 80 年代以来), 杂草科学进入快速发展阶段, 尤以除草剂为中心的各种研究进展迅猛。与此同时, 农田化学除草面积逐年扩大, 极大地推动了现代农业的发展。但随之而来的问题也显得愈加突出, 即大量使用除草剂造成杂草群落演替和抗性增强, 使草害再猖獗, 此外还有环境污染和经济效益下降等问题, 这些局限性使化学除草乃至整个农业生产再度陷入困境。

近年来, 作为现代农业的最佳出路, 发展高产优质高效的持续农业, 已成为一种共识, 受到广泛的高度重视。农田杂草综合治理作为持续农业体系的一部分, 已得到人们大力推崇。江苏省许多地方 (以及其它地方) 近年来的实践表明, 开展杂草综合治理, 在控制杂草、保护环境、降低成本、提高生产效率等方面具有良好的综合效益。为此, 作者在多年从事这方面工作的基础上, 试图总结近十年来大量的有关调查研究结果, 编著成此书, 希望为促进农田杂草综合治理作出微薄的贡献。

农田杂草的发生和危害, 作为一种最普遍的自然现象, 多年来一直未能系统地从理论上对其加以描述。通俗地说, 一个与外界有能量或物质交换的“活”的组织系统即为耗散结构。由杂草

和作物所组成的农田生态系统正是这类结构。本书引入有关的理论，对农田草害的形成作了理论上的描述，提出了序参量 (q)、分岔点 (q_A)、高层次耗散结构等一系列新的概念，并研究其相互间的关系，提出了农田杂草防治的新策略，并就阈值问题进行了探讨，从而使杂草防治的策略性、防除阈值与持续农业观点三者间高度统一，在本书中成为农田杂草综合治理的理论核心。

本书在作适当理论说明的同时，紧密联系生产实际。在充分讨论了影响系统发展因素的基础上，提出了杂草综合治理的方法和技术体系，并力求总结多年来各地开展化学除草的技术和经验，介绍了数百个化学除草药剂和配方。本书坚持理论联系实际，既说明化学除草对生产和社会难免不利的一面，又力求介绍新除草剂及其使用技术。既指出密度阈值的缺陷，又尽量列出草害损失率测定的现有研究结果。以供农业院校有关专业师生、农技工作者、生产管理者 and 广大农民参考。

本书承蒙联合国粮农组织改进杂草管理专家组成员、中国植物保护学会副理事长、中国杂草研究会理事长、著名植物学家、南京农业大学李扬汉教授审阅、提出宝贵的修改意见并作序，特此深表感谢！

在本书写作和出版过程中，连云港市农业局副局长刘炳慧同志、扬州大学农学院金银根老师、东辛农垦集团公司副监事长薛建云同志、淮阴农校陈兼根副教授、全国农业技术推广中心病虫害测报处处长邵振润同志、灌云县农业局土肥站金立奎同志，以及78级的同学们给我热情鼓励和大力支持，在此深表谢意！

由于作者水平和条件有限，书中不当和漏误之处在所难免，恳请专家和读者指教。

王 健

1995年3月于连云港大伊山

目 录

序

前言

一、农田杂草的一般概念	1
(一) 农田杂草的概念	1
(二) 农田杂草的特性	2
(三) 农田杂草的危害	3
二、耗散结构理论的引入	8
(一) 引入耗散结构理论的必要性	8
(二) 作物—杂草生态系统与耗散结构理论	9
(三) 农田生态系统高层次耗散结构的形成过程和机制	10
(四) 农田生态系统耗散结构的主要性质	13
三、影响系统发展的因素	18
(一) 直接因素	18
(二) 间接因素	32
四、农田杂草的生态防治	77
(一) 杜绝杂草种子的人为传播, 减少自然传播	77
(二) 合理轮作, 打破恶性杂草赖以猖獗的生境条件	80
(三) 耕作治草	82
(四) 覆盖治草	85
(五) 生物治草	95
(六) 田间管理措施治草	110
(七) 作物布局、种植方式以及农田基本建设治理杂草	112
五、物理治草	114
(一) 机械除草	114

(二) 人工除草	115
(三) 火力电力除草	116
六、化学除草	118
(一) 概述	118
(二) 除草剂的杀草机制	124
(三) 除草剂的使用原则与方法	146
(四) 除草剂的药害及其预防	157
(五) 主要除草剂的基本特性	163
1. 苯氧羧酸类	163
2. 苯甲酸类	164
3. 芳氧苯氧基丙酸类	164
4. 三氯苯类	165
5. 脲类	166
6. 磺酰脲类	167
7. 酰胺类	168
8. 氨基甲酸酯类	170
9. 硫代氨基甲酸酯类	171
10. 二苯醚类	173
11. 二硝基苯胺类	174
12. 咪唑啉酮类	175
13. 环己烯酮类	176
14. 有机磷类	176
15. 吡啶类	177
16. 吡唑类	177
17. 联吡啶类	178
18. 嘧啶类	178
19. 喹啉羧酸类	178
20. 其它	179
(六) 主要农作物田间杂草化除技术	181
1. 稻田杂草化除技术	181
2. 麦田杂草化除技术	222
3. 棉田杂草化除技术	256

4. 大豆田杂草化学除草	274
5. 玉米田化学除草	305
6. 花生田化学除草	315
7. 油菜田化学除草	319
8. 西瓜、甜瓜田化学除草	324
9. 蔬菜田化学除草	328
10. 果园化学除草	344
11. 草坪化学除草	351
七、农田杂草的综合治理	353
(一) 农田杂草防治的策略	353
(二) 农田杂草综合治理体系的建立	355
八、农田杂草防除的阈值	376
(一) 制定杂草防除阈值的意义	376
(二) 关于阈值参量	386
(三) 生态经济除草阈值的调节	396
(四) 大豆田生态经济(除草)阈值的制定	401
主要参考文献	404

一、农田杂草的一般概念

(一) 农田杂草的概念

杂草及其概念伴随着人类历史十分古老悠久。从今天“杂草”字面上看，“草”指草本植物，“杂”，繁杂、繁乱，可能兼有种类繁多、群体姿态各异、生长地方不一等多种含义。因此，顾名思义，杂草一般指自生自灭、未加以人工管理的草本植物。具体到农田杂草，则定义为人们不希望出现的植物。在我国较早的杂草学专著《田园杂草和草害——识别防除与检疫》（李扬汉，1956）中，认为农田杂草既不是栽培植物，也不是野生植物。而是除了目的作物以外，所有其它受到人为栽培条件的影响，但本身不是栽培对象而在田间滋生，带有野生特性的植物。例如稗草，结籽很多，随熟随落等方面还保持着野生植物的特性。但稗草长期与栽培水稻同生，或多或少地带有栽培的习性，在生态类型中已反映出有早、中、晚稗等类型。农田杂草除大部分属于种子植物外，也包括有孢子植物（萍、槐叶萍等）和藻类（蓝绿藻等）。农田杂草也不都是草本植物，它还包括小灌木和小树。

根据上述杂草概念，全世界生长在农田中的杂草约有 8000 种，直接危害作物和传播病虫害，作为病虫害寄主的有 1200 种，我国有近 500 多种，危害十分严重。难以防治，且繁殖极其迅速的所谓恶性杂草的总数是有限的，据估计，水旱田中大约有 40 种左右，这些恶性杂草是农业生产中要防治的主要对象。

(二) 农田杂草的特性

农田杂草不同于作物，也不同于野生植物，是人类干扰环境下的自然物种，既经受了长期的自然选择和进化，具有很强的繁殖、生存和适应能力，又拌随着人类的生产活动协同进化和适应，给人类的生产和生活造成极大的干扰和危害，防除也极困难。这主要表现为：

1. **强大的繁殖能力** 杂草具有多实性、连续结实性、落粒性和无性繁殖强大的再生力。

2. **顽强的适应能力** 杂草具有很强的生态适应性和抗逆性，对盐碱、旱涝、热害、冷害、贫瘠和人工干扰具有比作物更强的忍耐力；当生长条件不良时，杂草表现出很强的可塑性，可随生境条件的改变自我调节密度、生长量、结实数和生育期，以确保个体的生存和物种的延续；因萌发条件或种子休眠度的差异，杂草出苗持续不一，处于休眠状态的杂草种子有长寿性，如此惊人的时间弹性是杂草抗御不良生境、保持种群延续的又一“策略”方式；经过长期人为干扰的自然选择，农田某些杂草产生了与作物同步同态的高度适应性——拟态性，具有拟态性的典型杂草有稻田中的稗草、麦田中的看麦娘、谷子田中的大狗尾草（*Setaria faberi* Herrm）、亚麻田的亚麻荠等。它们在形态、生育规律、适生条件等方面十分相似，这不仅十分有利于这类杂草的生存扩展，且难以防除。

3. **具有 C_4 光合途径，能迅速生长发育** 在主要作物中，除了玉米、谷子、高粱是 C_4 植物外，其余大多为 C_3 植物，而主要恶性杂草大多是 C_4 植物，如马唐、狗尾草、稗、香附子、反枝苋等。 C_4 植物比 C_3 植物具有净光合效率高、 CO_2 和光补偿点低、饱和点高、蒸腾系数低等优势，能够充分利用阳光、 CO_2 和水进行物质生产。因而恶性杂草比一般作物具有较高的生长速率

和干扰力，尤其是遇到强光、高温或干旱时。此外，杂草经受了长期的自然选择，野生性强，比作物具有更强的争肥、水、光的能力。

4. 杂草群落的多样性及群落演替 农田杂草群落具有多样性，给杂草防除带来困难。由于杂草一般既能异花授粉受精，又能自花授粉受精，且对传粉媒介要求不严，风、水、昆虫、动物和人都能帮助传粉，这不仅有利于杂草结实，而且使多数杂草的个体基因型具有杂合性，这种特性常导致杂草产生新的变异和生命力更强的变种。当杂草遇到恶劣环境条件时，少数抗性强的杂草能够延续生存，尤其是长期单一使用某种除草剂后产生抗性杂草生态型。由此引发杂草群落的自发演替，此外尚有多种因素可引起杂草群落的异发演替，事实上，农田杂草群落的演替从未停止过，从而加剧了恶性杂草的蔓延和危害，也常常使防除变得更加困难。

(三) 农田杂草的危害

农作物受杂草危害的程度受多种因素影响，通常与杂草密度呈一定的曲线关系，仅就典型田块的试验和调查，在麦田， 0.11m^2 有猪殃殃 10—20 株，即可减产 9.44%—16.82%（以下产量损失率测定结果的资料来源见表 46）； 0.11m^2 看麦娘 45—77 株，减产 14.6%—30.88%；每平方米野燕麦 3—109 株，减产 6.8%—29.6%；据黑龙江省北安农场调查，野燕麦每平方米 236 株，小麦减产 47.0%；据江苏省灌云县调查，每平方米有麦家公 60 株，小麦减产 53.9%。在水稻田，本田萌发的稗草每平方米 13—23 株，减产 4.8%—13.6%，每平方米 100 株，减产 56.8%；直播田每平方英尺有稗草 1 株，即可使水稻减产 57%；每平方米有丛生千金子 11—108 株，水稻减产 9%—36%。据江苏省灌云县资料，在大豆田，每 0.11m^2 有混合种群杂草 10.5—

72.4 株，大豆减产 16.5%—55.3%；据黑龙江省北安农场资料，大豆收获时每平方米有野燕麦 89 株，减产 75.9%，且大豆明显贪青晚熟 2—4 天；被菟丝子寄生大豆，轻者减产 10%—20%，重者减产 40%—50%，甚至绝收；稗草密度为每平方米 6.7—147 株，大豆减产 4.2%—38.3%；据黑龙江省铁力农场调查，稗草每平方米 52 株，大豆减产 52%；狗尾草每平方米 0.3—20 株，大豆减产 12.7%—80.8%。据新疆石河子 143 团农场调查，藜、苍耳、苘麻、蒿类危害玉米的减产率为 38.9%，小旋花、稗的危害损失率为 24.8%。据农业部全国植保总站 1985 年调查统计，我国目前由于农田草害农作物产量损失平均为 13.4%，年损失粮食产量约 17500kt。全国稻田主要杂草发生危害面积为 2 亿亩，占水稻播种面积的 48%；严重危害面积 5700 万亩，占水稻播种面积的 11.1%；年损失稻谷达 10000kt 以上。小麦每年受杂草危害面积约 1.5 亿亩，占小麦播种面积的 30%；其中严重危害面积 0.4 亿亩，占麦类播种面积的 8%；年损失产量约 4000kt，损失率达 15%。旱粮作物草害面积近 1 亿亩，其中严重危害面积 2000 万亩，年损失产量约 2500kt，损失率为 10.4%。棉花草害面积约 3300 万亩，严重危害面积 200 万亩，年损失皮棉 12.5kt，损失率 14.8%。大豆草害面积约 3000 万亩，严重危害面积约 1000 万亩，年损失产量约 500kt，损失率为 19.4%。水果、蔬菜等因草害损失，年折合人民币 80 亿元（按当时物价），其它经济作物如油菜、花生、甘蔗、甜菜、桑、茶等也有不同程度的草害，上述农作物草害损失超过病虫害损失之和。

农田杂草不仅严重危害作物造成减产，而且还有其它多方面的危害。杂草在农田生态系统中的有害效应具体表现在以下几方面。

1. 与作物争光、争水、争肥、争空间 杂草竞争能力要比作物大得多。据报道，长出 1t 杂草所需要的养分和水分，比长

出 1t 作物所需要的多。如生产 1kg 小麦干物质需水 513kg，而藜和猪殃殃形成 1kg 干物质分别需耗水 658kg 和 912kg；藜消耗的水分比谷子多 2—3 倍；野燕麦耗水比小麦多 1.5 倍；刺儿菜吸收氮、磷、钾的数量比冬小麦多 4 倍。当每平方米有一年生杂草 100—200 株时，收获时每 0.067ha 谷物减产 50—100kg，即 0.067ha 被杂草吸收氮 4—9kg，磷 1.25—2kg，钾 6.5—9kg。由于杂草丛生，侵占了作物生长所需的空間，使作物生长受挤，不能舒展，影响枝叶的茂盛生长和光合作用，并妨碍作物通风、透气、散热等。

2. 产生抑制物质，阻碍作物生长 有些杂草的分泌物对作物有毒害作用。例如匍匐冰草 (*Agropyron repens*) 根系的分泌物会抑制小麦的生长；亚麻荠叶片上的分泌物，随雨水冲入水土，能抑制亚麻的生长；母菊 (*Matricaria recutita* L.) 根系分泌物抑制大麦生长；野燕麦根分泌物能抑制玉米生长；顶羽菊 [*Acroptilon repens* (L.) DC.] 能使周围作物生长受到抑制。

3. 降低农畜产品质量 草害严重的田块，粮食籽粒变小，外观不良。草害还可降低作物籽粒的发芽率，如丛生千金子可使水稻种子发芽率由 96.5% 下降到 92.3%，差异达显著水平；粮食中大量混有杂草种子，使粮食质量下降；棉花絮经杂草枯屑沾染，使皮棉的商品价值下降；有些杂草如遏兰菜等，奶牛食后会 使牛奶变味；巢菜种子混入小麦后，粉质变色；苍耳、蒺藜、鬼针草等带刺杂草，牛羊误食后引起胃炎，挂在羊毛上会使毛质下降。有些杂草如毒麦，混入小麦磨成面粉，人畜吃后引起中毒。

4. 妨碍农事操作 具有藤本茎的杂草如大巢菜、猪殃殃、小旋花、葎草等缠绕在作物茎秆上妨碍机械操作，常常造成收割设备的故障，严重时人们无法进行收割。具有根茎的杂草，如荻草、芦苇等常常造成耕作困难。在热带有一种叫做皮卡皮卡 (*Macuna proricus*) 的豆科植物，当混入甘蔗田时，人们拒绝进入田间，因为它的毛经接触后就贴到人的身上，引起强烈的发炎

和痛痒。

5. 传播病虫害 生长在田间和农田周围的许多杂草是昆虫、病菌、病毒的转株寄主，紫花地丁、夏枯草 (*Prunella vulgaris* L.)、车前、蒲公英、荠菜、益母草等是棉蚜的转株寄主；荻草是高粱蚜的转株寄主；鹅观草是小麦吸浆虫的转株寄主；刺儿菜是麦茎叶蚱的转株寄主；蒲公英、苜蓿、酸模、藜等是苹果叶蝉的转株寄主。很多杂草传播作物的病菌，如野大豆传播大豆霜霉病和大豆紫斑病；鸡眼草、苘草、剪股颖等传播水稻纹枯病；牛筋草、马唐传播稻瘟病；蒺藜传播甜菜黄萎病；独行菜传播十字花科根肿病；金狗尾草、藜草传播玉米枯萎病。不少杂草是病毒的媒介，苘麻是棉花缩叶病毒的媒介，荠菜上生活的叶跳虫是糖甜菜、豆类和番茄缩顶病病毒的媒介。还有不少杂草是线虫的转株寄主，如马齿苋是番茄线虫的转株寄主，南苜蓿是根瘤线虫病的转株寄主。

6. 影响人畜健康 有些杂草对人、畜有毒，如麦仙翁、毒麦和某些千里光属杂草 (*Scnecio burchellii* 和 *S. ilifolius*) 的种子混入小麦中，使制成的面粉和面包有毒。据记载，南部非洲许多人被这类毒品夺去了生命。曼陀罗、大巢菜的种子污染面粉时也能引起人的中毒。艾叶破布草和大破布草的花粉可以使人得一种叫做“花粉病”的变态反应症，发病率3%—4%。

某些杂草可以使牲畜中毒，据估计，美国加利福尼亚州每年有8%的牧牛被有毒植物杀死。问荆、北美刺龙葵 (*Solanum carolinense*)、穿叶金丝桃 (*Hypericum perforatum*) 可以伤害牲畜口腔的软组织，箭筈豌豆开花结实期也能引起家畜中毒。

7. 造成灌溉麻烦 排灌沟渠中往往生有大量杂草，大大影响灌排水的效率。

8. 增加生产费用和劳动力 据联合国粮农组织 (FAO) 1982年统计，在温湿带地区传统的作物管理体制中，约有70%的劳力用于除草，日本每季作物平均施二次除草剂；美国除了施

1—2 次除草剂外，中期还要进行中耕除草，全美国每年除草总投资达 62 亿美元；我国农用除草用工达 50 亿—60 亿个劳动日，相当于 1400 万—1600 万人常年从事除草工作，除草工作量占农田总用工量的 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ 。尤其是四夏农忙季节，任务重、时间紧，人的劳动强度很大。雨季到来阴雨连绵，中耕除草任务若完不成，极易形成草荒，不仅使作物减产，而且给机械收割带来困难，影响收割质量和进度。

杂草和土地、空气、阳光一样，是不以人们意志为转移的自然存在，凡生长作物的土地都有杂草发生，杂草是农业生产的大敌，人类自有了农业便没停止过与杂草的斗争。人类为了控制杂草的危害，每年投入了大量的人力、物力和财力。

二、耗散结构理论的引入

(一) 引入耗散结构理论的必要性

1977年，比利时著名科学家普里戈金建立了耗散结构理论，这一理论的主要研究对象是远离平衡态的开放系统。严格说来，自然界中的所有系统实际上无一不是与周围环境有着相互联系、相互作用的开放系统，因此，其应用范围十分广泛。十多年来，耗散结构理论在我国得到传播，并在物理学、化学、生物学和社会科学许多方面得到广泛应用，成为解决许多难题的有力武器。在农业方面，人们研究作物群体与产量的关系，发现适当减少播种量反而更易获得高产，从而总结出禾谷类作物小群体、壮个体的高产栽培途径和模式；人们研究虫害与作物产量损失的关系，发现作物受某些害虫适当的危害，不仅不减产，有时反而略有增产，从而在害虫防治学领域总结出超额补偿理论。例如，棉花受二代棉铃虫一定程度的危害后，棉花表现出很强的补偿能力，不仅不减产，有时还可增产，因而放宽了二代棉铃虫的防治指标，打破了黄淮流域长期恪守的旧框套。如果我们把上述的研究对象——禾谷类作物群体和棉花植株分别看作一个系统，则上述研究成果的根本道理均属于利用了耗散结构的稳定性原理。而应用耗散结构子系统间相干作用原理，将有助于生物的抗性机制研究和有害生物的危害及防治研究。因杂草的干扰造成作物减产，这属于生态学范畴的问题，杂草防除策略、防除阈值等问题均有赖于杂草生态学的研究，而杂草生态学的核心内容是杂草与作物的关系问题，也即生态系统中两类生物相互竞争的问题，对于这类种