

科技兴农奔小康丛书

授粉昆虫 与授粉增产技术

吴 杰 主编



 中国农业出版社

K 科技兴农奔小康丛书
ejixingnongbenxiaokangcongsu

授粉昆虫与授粉 增产技术

吴 杰 主编

PBA87/12

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

授粉昆虫与授粉增产技术/吴杰主编. —北京: 中国农业出版社, 2003.12

(科技兴农奔小康丛书)

ISBN 7-109-08702-6

I. 授... II. 吴... III. ①授粉-昆虫-简介②作物-授粉 IV. ①Q96②S334.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 111778 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 刘博浩

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月北京印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 6.75

字数: 166 千字

定价: 8.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

《科技兴农奔小康丛书》编委会

主 任 张宝文

副主任 朱秀岩 贾幼陵 张凤桐 傅玉祥

委 员 (按姓氏笔画排序)

马爱国 王智才 牛 盾 甘士明

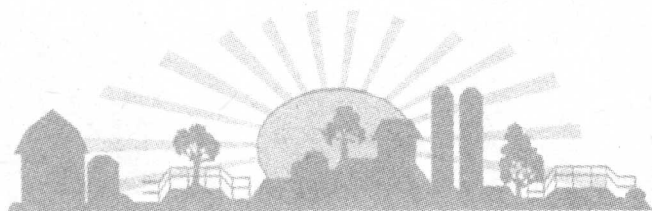
白金明 刘维佳 李建华 杨 坚

何新天 张玉香 陈建华 陈晓华

陈萌山 郑文凯 宗锦耀 柯柄生

俞东平 段武德 夏敬源 梁田庚

曾一春 雷于新 薛 亮 魏宝振



序

党的十六大提出，要紧紧抓住本世纪头 20 年的重要战略机遇期，集中力量全面建设小康社会。这个宏伟目标令人振奋，鼓舞人心。全面建设小康社会是贯彻落实“三个代表”重要思想的重大举措，是立党为公、执政为民的根本体现。

完成全面建设小康社会这一历史任务，重点和难点在农村。当前农业和农村经济发展处于爬坡阶段，还存在许多矛盾和问题。农村全面建设小康社会，必须统筹城乡经济社会发展，积极推进农业增长方式的转变，提高农业科技和装备水平，加快建设现代农业。

实现全面建设农村小康社会这个宏伟目标，必须发展先进生产力和先进文化，维护广大农民的根本利益，必须发挥科学技术作为第一生产力的作用，加速科技成果向现实生产力的转化，切实把农业和农村经济发展转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。科学技术是农村经济和社会发展的首要推动力量，是农业和农村经济不断跃上新台阶的决定性因素。要依靠科技进步，推动传统农业向优质、高产、高效、生态、安全的现代农业转变，

要牢牢盯住农产品竞争力增强、农业增效、农民增收这一主攻方向，构建与农业结构战略性调整要求相适应的农业科技进步和创新体系；完善和强化精干高效的农业科研、技术推广和农民培训的运行机制；促进农业科技产业化发展；满足建设现代农业、繁荣农村经济和可持续发展的科教需求，从总体上缩小与发达国家的差距，促进农村经济繁荣，加快现代农业建设步伐。

加快农业科技进步迫在眉睫，农业现代化的希望寄予科技进步。为了实施科教兴农战略，加快农村小康建设步伐，农业部把农业科教工作作为农业和农村经济工作的重中之重，并把今年确定为“全国农业科技年”。在配合“全国农业科技年”的活动中，中国农业出版社组织各方面专家编辑出版了《科技兴农奔小康丛书》。这套丛书侧重科技知识，兼顾政策法律，考虑区域特点，针对性、实用性和可操作性较强，旨在为广大农民提供通俗易懂、易于应用、便于操作的科技知识与科技成果。这套丛书对提高农民科技文化素质，加快农村小康建设必将产生积极影响。

杜青林

二〇〇三年九月十八日

前言

早在白垩纪，地球上就出现了开花的植物，花和昆虫就扮演着历史进化的角色，而且建立了彼此不可分离的共同进化的关系。昆虫为植物授粉的问题早已引起很多学者的注意，著名生物学家达尔文在《被昆虫传粉的兰科植物的各种适应性》及《植物界的自花与异花授粉》两部经典著作中，对植物授粉及昆虫与植物的关系问题予以科学的解释。

多年来，世界农业生产的实践证明，利用传粉昆虫为农作物授粉是农作物提高产量和质量的一项有力措施，已日益受到世界各国的重视。许多发达国家已将昆虫授粉发展成一项产业，这也是农业现代化的必然趋势。

我国在应用传粉昆虫为农作物授粉方面，做了许多积极的探索，尤其是在利用蜜蜂为农作物、果树、牧草、蔬菜等授粉增产、提高品质等方面取得了显著成效和经验。许多科研和教学单位，在研究和驯化野生昆虫并利用其为农作物授粉方面已经取得成功，正在逐步推广使用。我国地域辽阔，授粉昆虫资源极为丰富，积极开发和有效地利用这些天然授粉资源，对于促进我国农业发展和提高经济效益具有重要作用。

本书的作者多年从事昆虫授粉的研究工作，将从全新的角度，较为系统地向读者介绍传粉昆虫的基础理论以及在生产中应用的具体操作技术。各部分内容有选择地吸取了国外有关科技成果，同时较客观地总结了国内的实践经验与科研成果，在一定程度上反映了目前国内此项研究的科研水平。

本书根据我国当前和今后农业发展的趋势，以较多的篇幅介

绍了蜜蜂、熊蜂、壁蜂、切叶蜂等重要授粉昆虫的生物学特性及其应用方法，希望在实际工作中能对读者有所帮助。

由于作者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2003年10月

目 录

序 前言

第一章 植物授粉的重要性	1
第一节 植物授粉经济学	1
第二节 植物的开花与结果	8
第三节 植物的杂种优势以及与昆虫授粉的关系	18
第四节 授粉因子与它们的比较价值	23
第五节 养蜂业与授粉的关系	30
第六节 杀虫剂与养蜂业以及与作物授粉的关系	42
第七节 授粉合同与服务	57
第八节 依赖昆虫授粉的作物种类	62
第二章 授粉昆虫的种类及授粉特点	69
第一节 授粉昆虫的分类	69
第二节 重要授粉昆虫各目简介	70
第三节 授粉昆虫优势种简介	77
第三章 蜜蜂总科昆虫是理想的授粉者	124
第一节 蜜蜂总科昆虫的特性	124
第二节 蜜蜂总科昆虫的形态特征与分类	128
第三节 有应用前景的蜜蜂科授粉昆虫	131
第四章 昆虫为农作物授粉及昆虫授粉增产技术应用	142
第一节 昆虫授粉的注意事项	142
第二节 蜜蜂授粉增产技术应用	150

第五章 昆虫授粉生态学	159
第一节 提高授粉昆虫授粉效果的技术措施	161
第二节 授粉昆虫的最佳密度	165
第三节 影响授粉昆虫授粉效果的主要因素	190
第四节 农药对授粉昆虫的影响	192
第六章 昆虫授粉前景展望	194
第一节 野生昆虫的研究趋势	194
第二节 我国昆虫授粉发展前景	196
参考文献	203

第 1 章

植物授粉的重要性

第一节 植物授粉经济学

现在世界上约有 3 000 种以上的植物被人类用于食物，其中，只有 300 多种植物在世界各地被广泛地种植，而且，只有 12 种植物为全世界提供着 90% 的食物。这 12 种植物有：水稻、小麦、玉米、高粱、小米、黑麦、大麦、土豆、甘薯、参茨、香蕉、椰子 (Thurston, 1969)。这些作物主要是靠风媒授粉或自花授粉，椰子是部分风媒授粉，部分昆虫授粉，其他植物则是无性繁殖或单性结实。然而，超过世界人口 2/3 的东南亚地区的主要粮食是水稻。从表面上看，昆虫授粉好像对世界的粮食供应没有什么影响——可能不超过 1% 的比例。

美国占据着世界人口总量的 6%，在 1969 年耕地面积约为 1.15 亿公顷。约 7 200 万公顷的植物要靠风媒授粉或自花授粉，主要是大麦、玉米、燕麦、水稻、黑麦、高粱、小麦、青草作物、甜菜、甘蔗、马铃薯、甘薯及烟草。大约 2 400 万公顷的作物从昆虫授粉中受益，但是，大部分是自花授粉作物（棉花、亚麻、花生、豌豆、大豆等）。大约 1 600 万公顷的饲料作物靠蜜蜂授粉生产种子（苜蓿、三叶草等）。大约 242 万公顷生产水果、蔬菜及坚果的作物——它们当中的大多数依靠昆虫授粉。

动物产品在我们日常饮食中占有不小的份额，包括牛肉、猪

肉、家禽、羊肉及奶制品——以这样或那样的方式来自于豆类植物，如苜蓿、三叶草等。

超过一半以上的世界食物脂肪和油来自于油籽——椰子、棉花、油棕榈、橄榄树、花生、油菜、大豆和向日葵（Guidry, 1964）。这些作物中许多都依赖或受益于昆虫授粉。当我们将这些动物与植物产品资源一并考虑，我们可以得出结论：我们日常食物的 1/3 是直接或间接地来自于昆虫授粉。

此外，昆虫授粉的豆类植物具有从空气中收集氮的能力，并将氮贮存于根部，最后将氮留存于土壤为其他植物肥沃土壤。若没有这些有益的作用，没有有机肥的补充，土壤将很快地枯竭，变得没有生产力。

昆虫授粉的另一个价值在于它能够影响作物的产量与质量。作物授粉不足不仅会导致产量减少，而且也会导致高比例的残品或劣等果实。正如 Gate（1917）所述：“种植者可以施肥，耕作土壤，修剪，疏果，施药，总之，他可以做现代农业实践所提倡的所有事情。但是，如果没有授粉媒介，这当中主要是蜜蜂，将花粉从花的雄蕊传送到柱头，作物可能没有产量”。

昆虫授粉在作物传代上的价值通常也被忽略。杂种的价值只有到下一代出现时才能反映出来。种子从土壤中顶出的发芽力通常是植物早期生存力的一个重要因素。杂种优势包括发芽力、植株发育早、健康以及果实和种子产量更高等。

一、授粉不足的征兆

对于一个几乎不了解授粉昆虫生活习性的种植者而言，可以用许多方法评价昆虫对植物的授粉效果。他应该牢记，如果忽略授粉，任何栽培实践都不会使果实和种子生长。

在果园里，如果没有强群在花期传粉，就不可能有大范围的授粉。在许多实验中，不能确定每一朵花上蜜蜂的实际数量，但

是，1只蜜蜂采集100朵花是足够了。

在棉花地里有許多授粉昆虫在飞行，在午前，所有柱头都被花粉很好地包被着；在午后，花瓣将从白色变成粉色，花冠关闭成一个隧道状的管。棉花的花如果被足够数量的授粉昆虫访问，花瓣将一直保持白色，并一直开放到日落，当花朵闭合时，整个花就凋谢了。1日龄的充分授粉的花朵，可以从它们具有的隧道状管状花冠特征上被容易地辨认出来。

在风和日丽的早晨，甜瓜和葫芦的花朵，每100朵花应有1个授粉昆虫。在植株树冠附近应有大量的坐果，果实应该发育良好并且匀称。

二、授粉充足的征兆

授粉不足的苜蓿和三叶草的草地中有一个“花园”景象，但是，一旦花朵被授粉，就马上凋谢，草地中出现的是锈绿的景象。

其他授粉充足的征兆包括枝条长满匀称的果实，种子饱满，果实或种子紧凑，坐果一致。例如，授粉充足的征兆可以是树冠附近或主茎基部结了两个或多个香瓜，或者由树冠顶端的主要花朵发育而来的大多数的苹果。在西瓜田里，授粉充足将被高百分比的一级瓜所显示，这种瓜瓜型匀称，发育完全，份量足。

三、生态关系

昆虫授粉的价值，还在于它是惟一人类可以在很大程度上影响的授粉形式，不仅仅限于栽培作物。Bohart (1952) 指出，缺乏授粉昆虫的最大的影响将出现在尚未耕种的地区，在那里，作为一种结果，许多用于保持土壤和保持土壤肥力的植物将死亡。他同时指出，如果没有五光十色的花朵，春天也会变得寒冷。

Baker 和 Hurd (1968) 也承认这种重要的生态关系。他们指出,“昆虫授粉在杂草之间,在温带森林的灌木和草本植物层,在沙漠,仍然是非常重要的。在热带依然有生命力”。

由于人类忽视授粉的重要性,一些科学家已经发出警告。Abelson (1971) 指出,“我们已经培育了非常高产的农作物,但是,单一品种的栽培及有限品系的利用,使得食物供给对于南方玉米叶病这样的植物敌害很脆弱”。他提醒人们,植物持续不断地陷入复杂的化学战争中,不仅与害虫之间,而且彼此之间也发生竞争。最小的弱点也可能给敌害以优势。同样地,Harlan (1971) 提醒我们:“在后现代时代,随着整个大陆品种植一种或少数几种相关作物,这些作物的产量有了显著的增加,但是,遗传多样性受到损害。这些狭窄的遗传基础与基因库的丢失预示着灾难的来临”。杂交授粉可能是阻止这种灾难的一种方法。Oertel (1966) 指出,蜂群的损失可能与喷洒除草剂有关。

Hawthorn 和 Pollard (1954) 指出,有许多资料表明,昆虫授粉植物的种子产量通常可能低于它们应该达到的产量,这不是因为气候、土壤或耕作等因素,只是仅仅因为某一种昆虫数量少。

随着种植面积的增大,可能没有像蜜蜂那样数量足够的昆虫来采集上百万朵盛开的花朵。由于土地大规模的开垦活动,造成一些昆虫筑巢地点的毁坏,最终造成当地授粉昆虫数量减少。此外,为了控制一些害虫的危害,人类可能对植物喷洒杀虫剂,这也可能杀死许多有益昆虫。

Bruner (1966) 研究了墨西哥西北部的蔬菜产量。他指出,缺乏蜜蜂充分授粉和缺乏对有益昆虫的保护使其免受杀虫剂的危害,是造成特定地区农业产量低的两个重要原因。

Swift 报道了害虫控制计划的变化对于授粉昆虫的影响,以及对社会的间接影响。由于 DDT 在牛奶中的残留,美国加利福尼亚州害虫控制计划发生变化,新包括进来许多其他类型的杀虫

剂，它们对蜜蜂的毒性比 DDT 对蜜蜂的毒性要大得多。这种变化的影响对于养蜂业而言是灾难性的，每年有 4 万~8 万群蜜蜂被毒死。其导致的间接结果是授粉蜂群的缺乏。Swift 指出，这个保护牛奶业的变化对养蜂业而言，有着不可估量的负面影响。

除了蜜蜂以外，其他授粉昆虫也是极有价值的，尽管它们的价值很难估计。近年来，诸如熊蜂、切叶蜂、彩带蜂、壁蜂等授粉昆虫已被人类驯化，并为作物授粉服务。

授粉对于一些特定作物开花的作用，其美学价值已经得到认可，但其价值无法估算。这些植物产生的种子、果实、坚果等可以用做不同种类野生动物的食物，其相关的生态价值也无法估算，但是，其意义肯定是重大的。

四、蜜蜂为农作物授粉增产的价值

世界上许多经济发达的国家都十分重视利用蜜蜂为农作物授粉增产，并取得了显著的经济效益。例如，在美国现有的 400 万群蜜蜂中，每年就有 200 万群用于出租为农作物授粉。据美国农业部 1985 年统计，蜜蜂为农作物授粉价值为 93 亿美元，除去授粉费用，净效益也达到 32 亿美元。这些费用是付给养蜂者各项授粉费用总和的 60 倍以上。据统计，美国平均每群蜂的租金为 20 美元，效益与支出比为 78:1，即花 1 美元租用蜜蜂授粉可产生 78 美元的效益。同样，据 1984 年估计加拿大农作物依靠蜜蜂授粉的价值也有 12 亿加元。1985 年欧洲共同体 12 个国家有蜜蜂 650 万群，主要依赖于昆虫授粉的产值为 650 亿欧洲货币单位，受益于昆虫授粉的增产价值为 50 亿欧洲货币单位。其中，蜜蜂授粉作用占 85%，增产价值为 42.5 亿欧洲货币单位。前苏联利用蜜蜂为农作物授粉，年增加收入 20 亿卢布。

为了准确计算蜜蜂授粉对各种农作物的效益，美国康奈尔大学昆虫系 WILLARD S. ROBINSON 等人建议采用下列公式：

$$V_{hb} = V_x D_x P$$

其中, V_{hb} ——每年蜜蜂为农作物授粉而产生的价值。

V_x ——由农业统计资料而得的农作物的价值。

D_x ——作物对昆虫授粉者的依赖性。

P ——作物有效昆虫授粉者中蜜蜂所占的比例。

而 $D = (Y_0 - Y_c) / Y_0$

其中, D ——作物对昆虫授粉者的依赖性。

Y_0 ——开放授粉区作物的产量或罩网有蜂区作物的产量。

Y_c ——无昆虫小区的产量。

蜜蜂授粉的增产效果是十分明显的, 美国每年蜜蜂为农作物授粉增产价值见表 1-1, 蜜蜂为农作物授粉增产效果见表 1-2。

表 1-1 美国每年蜜蜂授粉增产的价值

作物	出租蜂群数 (群)	授粉增产值 (百万美元)
巴旦杏	650 000	360.6
苹果	250 000	824.0
甜瓜	250 000	254.6
苜蓿种子	220 000	68.9
李	145 000	121.2
鳄梨	100 000	158.8
乌饭树	75 000	94.1
樱桃	70 000	132.7
蔬菜种子	50 000	44.0
梨	50 000	126.6
黄瓜	40 000	167.0
向日葵 (杂种)	40 000	6.1
酸果蔓	30 000	170.9
猕猴桃	15 000	13.5
其他	50 000	
欧洲黑莓		37.3
豆荚		24.6
澳洲坚果		24.7

(续)

作物	出租蜂群数 (群)	授粉增产值 (百万美元)
油桃		33.0/
桃		147.6
番瓜		48.8
油菜子		1.6
番瓜		155.8
草莓		144.3
总计	2 035 000	31 607

表 1-2 蜜蜂为农作物授粉增产表

作物名称	增产效果	试验国家	作物名称	增产效果	试验国家
油菜	19%~37%	中国	杏树	6 倍	美国
向日葵	20%~64%	加拿大	黑莓	2 倍	瑞典
荞麦	25%~64%	中国	洋葱	8~10 倍	罗马尼亚
大豆	14%~15%	美国	蚕豆	15%~20%	前民主德国
棉花	18%~41%	美国	番瓜	2 倍	澳大利亚
柑橘	25%~30%	中国	萝卜	22%	美国
李	20%	匈牙利	亚麻	23%	前苏联
苹果	32%~52%	前苏联	芜菁	10%~25%	前联邦德国
梨树	107%	意大利	野豌豆	74%~229%	美国
荔枝	2.9 倍	中国	苜蓿	2~4 倍	美国
樱桃	2~4 倍	前联邦德国	苜蓿	1 倍	原捷克
醋栗	7 倍	美国	紫云英	6.4%	中国
酥梨	10%~20%	中国	三叶草	4 倍	前苏联
甜瓜	2~5 倍	匈牙利	红、白三叶草	80%	匈牙利
西瓜	1.7 倍	美国	沙打旺	9~10 倍	中国
黄瓜	70%	美国	油茶	1 倍	中国
草莓	10 倍	日本			

蜜蜂为农作物授粉可提高作物产量在许多国家得到验证。美国 STEINHAEUER A. L 指出, 每 0.25 公顷的黄瓜地放置 1 箱蜂, 可比无蜂区增产 39%; 前苏联 A.N.MEL NICHENKO 指出, 用蜜蜂为作物授粉, 可提高荞麦产量 60%~65%, 向日葵产量 45%~50%, 红三叶草产量 50%~60%, 苹果和梨产量 50%~60%, 黄瓜产量 75%~90%, 西瓜和甜瓜产量 95%~