

“十一五”国家重点图书

当代农业学术专著系列丛书

作物 间作

王恭祎 段碧华 石书兵 主编

中国农业科学技术出版社

“十一五”国家重点图书

当代农业学术专著系列丛书

作物 间作

【王恭祎 段碧华 石书兵 主编】

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

作物间作 / 王恭祗, 段碧华, 石书兵主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2013. 1

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1012 - 6

I. ①作… II. ①王…②段…③石… III. ①作物 - 间作 IV. ①S344. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 168775 号

责任编辑 鱼汲胜

责任校对 贾晓红 范 潇

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (0)13671154890(编辑室)(010)82109704(发行部)
(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010) 82106624

网 址 [http://www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 34. 375

字 数 810 千字

版 次 2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价 129. 00 元

版权所有 · 翻印必究

内容简介

本书对作物间作进行了全面阐述。从涉及的多作种植范畴、间作类型、规格、模式、具体技术等方面，理论与实践相结合，反映了该领域的研究成果和生产成就。全书由若干篇章组成。第一篇是多作种植概论，有三章内容，包括多作种植的意义和类型、多作种植的理论依据、多作种植的互补与竞争；间作在露地间作中的特殊作用；大田间作物作的搭配原则。第二篇是露地大田间作，分为粮食作物间作（粮粮间作，粮经间作，粮菜间作，粮草间作与粮药间作），经济作物间作（经济作物之间的间作，经济作物与蔬菜或牧草间作），蔬菜作物间作（蔬菜作物之间的间作，蔬菜与瓜类间作，蔬菜与菌类、中药材间作），条带种植与带田种植4章。第三篇果园间作包括果粮间作（枣粮间作，其他果树与粮食作物间作），果经间作与果菜间作（果树间作经济作物，果树间作蔬菜作物），果草（牧草）间作（果草间作的作用，果草间作模式），果药间作（果药间作的条件，一些种类果药间作模式）4章。第四篇林地间作由6章组成，分别是林粮间作，林经间作与林菜间作，林草间作，林药间作，林花间作，林菌间作。在林菌间作中，有林下栽培黑木耳，林下栽培其他食用菌，林菌间作条件下的病虫害防治等内容。资料翔实，撰述得体。读者面广。

按章编排参考文献。参考文献以作者姓名的汉语拼音排序，同一作者的文献则以年代先后为序。外文文献在中文文献之后，以作者姓名编排。

《作物间作》 编委会

- 策 划 曹广才（中国农业科学院作物科学研究所）
- 顾 问 魏 湜（东北农业大学农学院）
 侯立白（沈阳农业大学）
 刘京宝（河南省农业科学院粮食作物研究所）
 李廷华（廊坊市农林科学院）
- 主 编 王恭祎（廊坊市农林科学院）
 段碧华（北京农学院植物科学技术学院）
 石书兵（新疆农业大学农学院）
- 副 主 编 （按姓名的汉语拼音排序）
 冯丽肖（河北农业大学农学院）
 姜 云（吉林农业大学生命科学学院）
 李 琳（北京市农业技术推广站）
 梅仕能（廊坊市农林科学院）
 时祥云（北京市延庆县农业技术推广站）
 王 群（河南农业大学农学院）
 夏来坤（河南省农业科学院粮食作物研究所）
 赵 波（北京农学院植物科学技术学院）
 赵 霞（河南省农业科学院粮食作物研究所）

编 委 （按姓名的汉语拼音排序）

- 陈长卿（吉林农业大学农学院）
丁 勇（河南省农业科学院粮食作物研究所）
段碧华（北京农学院植物科学技术学院）
冯丽肖（河北农业大学农学院）
冯争光（廊坊市农林科学院）
韩宝平（北京农学院植物科学技术学院）
黄 璐（河南省农业科学院粮食作物研究所）
姜 磊（廊坊市农林科学院）
姜 云（吉林农业大学生命科学学院）
李 琳（北京市农业技术推广站）
李树卿（廊坊市农林科学院）
林 涛（新疆农业科学院经济作物研究所）
刘祥臣（河南省信阳市农业科学研究所）
刘晓杰（廊坊市农林科学院）
栾姗姗（新疆农业大学农学院）
马会杰（新疆农业大学农学院）
梅仕能（廊坊市农林科学院）
孟 瑶（黑龙江省农垦科学院）
齐士发（新疆农业职业技术学院）
乔江方（河南省农业科学院粮食作物研究所）
石彩华（廊坊市农林科学院）
石书兵（新疆农业大学农学院）
时祥云（北京市延庆县农业技术推广站）
汤秋香（新疆农业大学农学院）
王恭祎（廊坊市农林科学院）

- 王俊山（廊坊市农林科学院）
王 群（河南农业大学农学院）
王瑞华（廊坊市农业局技术站）
王祖华（洛阳理工学院）
武惠肖（廊坊市农林科学院）
武月梅（廊坊市农业局技术站）
夏来坤（河南省农业科学院粮食作物研究所）
姚国胜（廊坊市农林科学院）
元文革（廊坊市农林科学院）
赵 波（北京农学院植物科学技术学院）
赵 霞（河南省农业科学院粮食作物研究所）
周华迪（河南省上蔡县农业局）
朱卫红（河南省农业科学院粮食作物研究所）

作者分工

第一篇

第一章	夏来坤，朱卫红，黄璐
第二章	夏来坤，乔江方
第三章	夏来坤，刘祥臣

第二篇

第一章	
第一节	王群
第二节	王群
第三节	冯丽肖
第四节	段碧华，韩宝平
第二章	
第一节	赵波
第二节	段碧华，刘超杰
第三章	孟瑶
第四章	
第一节	赵霞，丁勇
第二节	赵霞，周华迪

第三篇

第一章	
第一节	赵俊兰，武月梅，兰凤梅，崔宏
第二节	汤秋香，石书兵，林涛，马会杰
第二章	
第一节	齐士发
第二节	齐士发，栾姗姗
第三章	冯丽肖
第四章	李琳，王祖华

第四篇

第一章	王瑞华，武月梅，杨静，张晓颖，姜力
第二章	冯丽肖
第三章	冯丽肖

第四章	姜云
第五章	
第一节	余小玲，时祥云
第二节	时祥云等（在每种花卉之后分别署名）
第六章	
第一节	刘晓杰，梅仕能，元文革
第二节	王恭祎，王俊山，石彩华，李树卿，刘晓杰，武惠肖，姜磊，姚国胜
第三节	冯争光、王恭祎
全书统稿	曹广才

目 录

第一篇 多作种植概论

第一章 多作种植	(3)
第一节 多作种植的意义和类型	(3)
第二节 多作种植的理论依据	(9)
第三节 多作种植的互补与竞争	(13)
第二章 间作在露地间作中的特殊作用	(18)
第一节 利于多种经营	(18)
第二节 间作效益高	(18)
第三章 大田间作物搭配的分配原则	(25)

第二篇 露地大田间作

第一章 粮食作物间作	(35)
第一节 粮粮间作	(35)
第二节 粮经间作	(75)
第三节 粮菜间作	(99)
第四节 粮草间作与粮药间作	(130)
第二章 经济作物间作	(145)
第一节 经济作物之间的间作	(145)
第二节 经济作物与蔬菜或牧草间作	(157)
第三章 蔬菜作物间作	(171)
第一节 蔬菜作物之间的间作	(171)
第二节 蔬菜与瓜类间作	(189)
第三节 蔬菜与菌类、中药材间作	(191)
第四章 条带种植与带田种植	(197)
第一节 条带种植	(197)
第二节 带田种植	(207)

第三篇 果园间作

第一章 果粮间作	(219)
第一节 枣粮间作	(219)

第二节 其他果树与粮食作物间作	(233)
第二章 果经间作与果菜间作	(260)
第一节 果树间作经济作物	(260)
第二节 果树间作蔬菜作物	(274)
第三章 果草(牧草)间作	(284)
第一节 果草间作的作用	(284)
第二节 果草间作模式	(288)
第四章 果药间作	(299)
第一节 果药间作的条件	(299)
第二节 一些种类果药间作模式	(302)

第四篇 林地间作

第一章 林粮间作	(337)
第一节 林粮间作的意义	(337)
第二节 林粮间作的主要类型	(340)
第二章 林经间作与林菜间作	(357)
第一节 林经间作	(357)
第二节 林菜间作	(365)
第三章 林草间作	(373)
第一节 林草间作的意义	(373)
第二节 适宜间作的牧草种类	(376)
第三节 林草间作的主要模式	(393)
第四章 林药间作	(406)
第一节 林药间作的条件	(406)
第二节 一些种类林药间作模式	(410)
第五章 林花间作	(447)
第一节 林花间作的生态景观效应	(447)
第二节 林地种花技术简介	(451)
第六章 林菌间作	(470)
第一节 林下栽培黑木耳	(470)
第二节 林下栽培其他食用菌	(479)
第三节 林菌间作条件下的病虫害防治	(526)

第一篇 多作种植概论

第一章 多作种植

第一节 多作种植的意义和类型

一、多作种植的意义

多作种植是在同一田块上一年内同时或先后种两种或两种以上作物，又称多熟种植。包括时间、空间上两个方面的集约化。时间上的集约化即指复种，包括一年两熟、三熟等；空间上的集约化，包括间作、混作。中国、印度、埃及等早在一两千年以前已有复种与间混套作的记载。多熟种植的主要作用是最大限度地利用土地，提高光能利用率，增加作物产量。理论上，在最优条件下带有间混套作的复种，比单作应该得到更多的收获量。在劳动密集的地方，还可以提高劳动就业率。多熟种植多数盛行于发展中国家。

20 世纪 80 年代中期以来，多作种植被认为是持续农业的重要技术，并受到世界各国的广泛关注和应用。多作种植是中国农业遗产的重要组成部分，间套作是精耕细作、集约多熟种植的一种传统技术，是实现中国农业可持续发展的重要途径，特别是在中国粮食增长与农业增收中一直发挥着重要的作用。据预测，到 2030 年中国人口将增至 16 亿人，届时将需要国产粮食 6.4 亿 t（程序，1997），粮食安全呼唤着扩大多作种植。据调查，全国有 0.2 亿多公顷间套作面积（套作约占 5/6），若按增产 100kg/亩（1 亩 $\approx$ 667m²，15 亩 = 1 公顷，全书同）计，则可增加粮食 300 亿 kg，可解决近 1 亿人口的粮食问题。施行多作种植，可以充分利用土地，尽量发挥无偿的光、热资源和其他自然条件的增产潜力，如在间、套等多作体系中，由边行优势产生的边际效应是重要的增产因素。通过多作种植，能合理协调不同作物种类或品种在农田中的配置和组合关系，使每种作物提高水分利用效率、肥料利用效率等。在自然条件适宜，生产条件具备，科学种田意识较强的地方，多作种植是用地与养地相结合、提高复种指数、增加单位面积农田的产量和产值，取得显著经济效益、社会效益和生态效益的有效途径。

二、多作种植的类型

多作种植是在特定环境和生态条件下提高复种指数和土地利用率、提高单位面积总产量的有效措施。长期的科学研究和生产实践，使得多作种植这种农作制度得以不断完善、充实和发展，至今仍在广泛应用。

多作种植的主要类型如下。

(一) 间作 (Intercropping)

在同一块田地上, 于同一生长期, 分行或分带, 相间种植两种或两种以上作物的种植方式。播种期相同或不同。作物之间的共栖时间超过主体作物全生育期 (播种至成熟) 的一半以上。在书写中, 可用“//”符号表示间作。“行间作” (Row intercropping), 即组成作物同时在不同的行中种植, 或两种及两种以上作物带着一种或几种作物同时种植在行里。

禾本科与豆科作物间作是世界上最普遍的间作类型。在国内, 以玉米和大豆间作为主, 还有玉米//春小麦、玉米//马铃薯、玉米//甘薯、玉米//花生、玉米//毛苕等多种类型, 本章以玉米//大豆为例说明。

间作类型中, 以玉米豆类间作历史最长, 分布最广。主要分布在东北以及自辽宁南部→华北各省→湖北西部→四川东部→贵州→云南的玉米带地区, 其他玉米种植区也有零星分布。这种类型是配合恰当的一种间作典型。玉米属禾本科, 须根系, 株高, 叶大而长, 为需水需肥多的 C_4 植物。而大豆属豆科, 直根系, 株矮, 叶小而圆, 能与根瘤菌共生固氮, 为需 P 肥多的 C_3 植物。玉米大豆间作, 能够改变群体结构和透光状况, 改善田间通风透光条件; 扩大边际效应, 增加高秆作物玉米的边行优势。

其田间配置, 过去多采用窄行比, 如 1:1、2:1。随着生产条件的改善和玉米单产的提高。为减少玉米对大豆的不良影响, 以提高全田总产量, 已向宽行比发展。玉米大豆间作, 在不同地区, 有不同的种植模式。一般在中等地力以上的地块应用。行比有 2:2、2:4、4:2、6:2、6:6 等, 因地区、因地制宜。据吉林农业大学试验, 玉米与大豆 6:4 间作, 玉米边行、次边行、中间行产量分别为 $1.08\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $0.945\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $0.63\text{kg}/\text{m}^2$; 大豆两边行产量分别为 $0.17\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $0.165\text{kg}/\text{m}^2$, 两中行分别为 $0.215\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $0.19\text{kg}/\text{m}^2$ 。

(二) 套作 (Relay cropping)

在同一块田地上, 当前季作物达生殖生长阶段以后或收获以前, 播种或移栽后季作物的种植方式。作物之间的共栖时间少于主体作物全生育期的一半。主要作用是延长作物对生长季节的利用, 提高总产量。这种种植方式可用符号“/”表示。

主要有冬小麦/玉米、玉米/油菜、玉米/紫花苜蓿、玉米/棉花、玉米/高粱、玉米/马铃薯、春玉米/夏大豆、春玉米/大白菜等套作类型, 本章以玉米/马铃薯为例说明。

玉米/马铃薯种植方式在中国多数地区均有应用。适于丘陵区、平原区及城市近郊蔬菜区等发展种植。过去多采用直接在马铃薯行间套种玉米, 即单行套种式, 由于窄行使玉米不能早播, 不便于管理和收获, 以及浇水和光照彼此影响等, 所以逐步向宽幅多行间套方式发展, 即宽幅套种式。这样间套作物之间互利作用得以发挥, 并使复种指数能够进一步提高。据各地经验, 这种种植方式, 一般单产马铃薯 $1\,300 \sim 2\,000\text{kg}/\text{亩}$, 产玉米 $350 \sim 400\text{kg}/\text{亩}$, 产值 $450 \sim 500\text{元}/\text{亩}$ 。套作与单作折合粮食, 总产量提高 22.2% 左右。

主要有如下种植方式。

1.4 ~ 1.45m 一带种植, 每带内播种马铃薯 2 行, 行距 57 ~ 60cm, 株距 17 ~ 27cm; 玉

米播种 2 行，行距 33 ~ 34cm，株距 27 ~ 33cm。3 月份播种马铃薯，4 月份在马铃薯出苗前播种玉米。这种方式适于土壤肥力条件较好、浇灌方便的地块。

马铃薯播前按 1m 和 65cm 距离，交替做大小畦，畦埂宽 33cm。马铃薯播在大畦内，行距 33cm，共播种 6 行，株距 20cm，约种 6 000 株/亩，玉米播在小畦内，行距 47cm，株距 32cm，共播种 2 行，约种 700 株/亩。这种种植方式不宜在多雨高温和干旱高温而多灌溉的地区种植，这是因为马铃薯行间较窄不利于排灌、不利于给马铃薯培土、秧棵易徒长等。

何世龙、艾厚煜等 (2001) 研究的玉米与马铃薯间套作的不同方式。试验结果表明，充分地利用了光热资源和土地资源，使地膜马铃薯与隔沟玉米的间作方式不但获得较高的马铃薯产量 (达到 2.2 万 kg/亩)，同时玉米也获得 6 900kg/hm² 的产量，而且地膜春马铃薯与卫中沟鲜玉米春夏互套方式能够最大限度利用本地区的两季不足、一季有余的生态特点，从而获得了十分可观的经济效益，发展多熟种植，增加农民收入。

(三) 混作 (Mixed cropping)

在同一块田地上，同期混合种植两种或两种以上作物的种植方式。一般用种子混播。书写时可用符号 “×” 表示。另有混合间作 (Mixed intercropping)，是指两种或多种作物没有明显的行向配置，同时种植，不同作物相间生长。通常用在劳动集约型农业上。有时根类作物和蔬菜也与禾谷类和豆类混合种植。中国北方干旱半干旱农牧交错区，由于多年生牧草播种当年生长缓慢，地表容易被杂草占据，争夺水分和养分，使牧草生长发育受阻，一般此时多在种植牧草时混作一种粮食作物为伴生作物，以抑制杂草生存，增加播种当年的效益。

以燕麦与苜蓿混作为例。燕麦是中国北方半干旱地区大面积种植的粮饲兼用作物，历年占当地粮食播种面积的 45% ~ 50%。为了充分利用水热资源，提高初建人工草地播种当年的经济效益，增加土地覆盖率，防止杂草对初播苜蓿的为害，有研究者做了燕麦与苜蓿混作的试验，证明燕麦与苜蓿混作、建立人工草地是可行的。试验结果表明，燕麦与苜蓿混作种植，苜蓿与燕麦能够正常生长发育，说明两者混作种植没有明显的相互抑制作用；燕麦与苜蓿混作种植改善了饲草品质，燕麦秸秆含碳水化合物较多，粗蛋白质含量低，而苜蓿含粗蛋白较多，说明两者混作可使饲草品质得到改善；燕麦与苜蓿混作种植，播种当年经济效益显著，当年尚可收获燕麦籽粒每亩 50kg，同时，还可以收获燕麦秸秆每亩 200kg 和每亩苜蓿干草 40kg。而燕麦籽粒的产值，则远远超过全部当年种植费用。此种混作种植建立的人工草地一般可利用 5 年，从播种后翌年亩产苜蓿干草 150 ~ 200kg，产草量主要随年降水和肥料投入而变化。

(四) 轮作 (Crop rotation)

在同一块田地上，按一定年限，有顺序地轮换种植不同作物的种植方式。书写时可用符号 “→” 表示。轮作周期因地因作物而长短不等。有一年一熟条件下的多年轮作，也有由不同复种方式组成的多年复种轮作。又可因采用方式的不同分为定区轮作与非定区轮作。轮作有利于用地和养地，可有效地防治许多作物的病虫害。采用轮作，经济效益和

生态效益均很显著。

轮作类型一般以轮作中的主要作物（一般占轮作中 1/3 以上）予以命名。不同的轮作类型实际上是不同的种植制度，不能把不同种植制度内容与功能简单地都归结为轮作的作用。也有研究者（孙敦立，1993）称在一年多熟条件下，轮作系不同复种方式所组成，也称复种轮作；又可因采用方式的不同分为定区轮作和非定区轮作。

定区式轮作，指通常规定轮作田区数目与轮作周期年数相等，有比较严格的作物轮换顺序，同时进行时间上和空间上的轮换。每一轮作田区，在一定年限内按照同一顺序，逐年轮换不同的作物或复种方式，而每一作物或复种方式则顺序逐年换地。定区式轮作多在西方国家实行，中国较少采用。中国多采用换茬式轮作。即轮作中的作物组成、比例、轮换顺序、周期年数、轮作田区数和每区面积大小，均有一定的灵活性。时间上的轮换比较规则，较定区式轮作具有较大的适应性和可行性。以华北地区轮作方式为例，主要轮作类型有如下。

1. 禾本科粮食作物轮作 冬小麦—玉米或冬小麦/玉米（一年至多年）。主要分布在华北各地精耕细作的高水肥农田，是目前华北地区最普遍的用养结合的轮作类型。

2. 禾本科和豆科作物轮作 主要轮作方式有：冬小麦—夏大豆（2~3 年）→冬小麦—夏玉米；春玉米（间作大豆）→冬小麦—玉米+大豆；春玉米→春谷子→春大豆。主要分布在华北各地中下等肥力地区。

3. 薯类作物和禾本科、豆科作物轮作 薯类尤其是甘薯耐旱、耐瘠，是丘陵旱地的主要作物，山东、河南、河北有一定的面积。春薯前作多为晚秋作物、豆类作物，春薯收获后，土壤疏松，对后作较为有利。

4. 经济作物与禾本科、豆科作物轮作 棉花（烟草、花生、芝麻等）→春播作物（玉米或谷子）→冬小麦—大豆（或玉米+大豆）（1~2 年）。在华北地区中南部，一般水肥和平原旱薄地多采用这种轮作方式，但是现在农业配套水利设施已经逐步赶上，该区域也多改为小麦/玉米一年两熟的轮作方式。

5. 农牧结合的饲料、绿肥作物的轮作 苜蓿→小麦或棉花（3~5 年）（山西省）。主要分布在人少地多、耕作粗放、地力贫瘠的地区。在山西有“一亩苜蓿二亩田，再种三年劲不完”和“苜蓿长过腰，骡马不跌膘”的农谚。肥、饲兼用，效果很好。春玉米/草木樨→春玉米→冬小麦—玉米（北京、河南），这种方式在中低产地区较适宜，有广泛实用价值。

6. 蔬菜与大田作物的轮作 随着各地水肥条件逐步改善和耕作水平提高，为大田栽培蔬菜作物创造了良好的物质条件，蔬菜的需求量也越来越大。冬小麦/玉米（早熟玉米）—大白菜→小麦（北京郊区）；春花生（覆膜）—大白菜→小麦—大豆（玉米）（河南）；大蒜/棉花→小麦/棉花（山东、河南）；春玉米/大白菜→小麦—夏粮（河北、山东）等。掺入大田轮作的蔬菜主要是需要量大，耐贮藏、产量高的种类，通过蔬菜与大田作物轮作达到粮菜双丰收。

（五）倒茬（Change previous crops）

在同一块田地上，按照一定的目的，倒换不同的茬口。所谓茬口（Previous crop），即