

北疆滴灌小麦和 复播作物灌溉制度

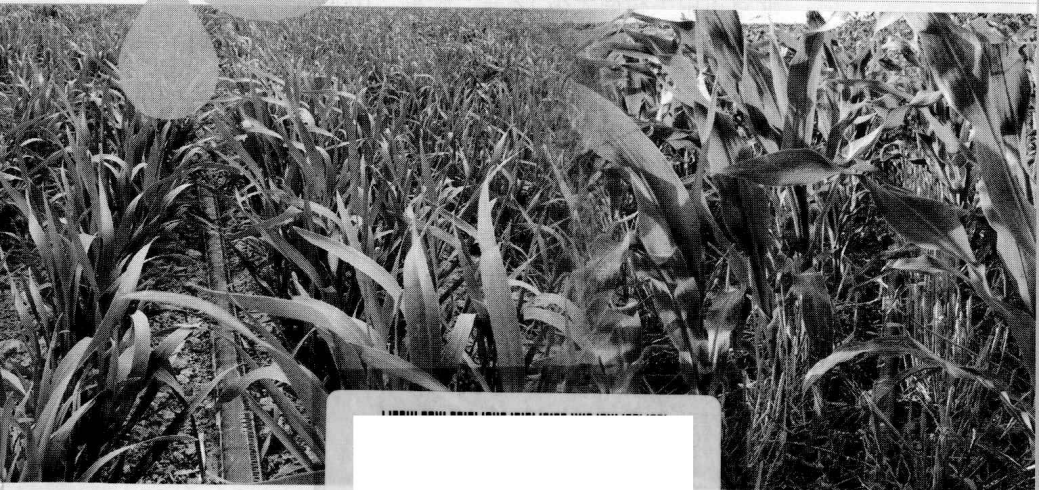
王振华 郑旭荣 何新林 著



中国农业科学技术出版社

北疆滴灌小麦和 复播作物灌溉制度

王振华 郑旭荣 何新林 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

北疆滴灌小麦和复播作物灌溉制度 / 王振华, 郑旭荣, 何新林著. —
北京: 中国农业科学技术出版社, 2014. 5
ISBN 978 - 7 - 5116 - 1591 - 6

I. ①北… II. ①王…②郑…③何… III. ①小麦 - 滴灌 -
研究 - 新疆 IV. ①S512. 107. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 063142 号

责任编辑 李冠桥
责任校对 贾晓红

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 (010)82106632 (编辑室) (010)82109702 (发行部)
(010)82109703 (读者服务部)
传 真 (010)82106625
网 址 <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 850mm × 1 168mm 1/32
印 张 10. 75
字 数 269 千字
版 次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷
定 价 40. 00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

内 容 提 要

本书围绕北疆滴灌小麦需水规律及灌溉制度、滴灌复播作物需水规律及灌溉制度、滴灌小麦及复播大豆毛管布置优化模式、滴灌小麦土壤水热盐动态效应等内容进行论述，并按以上内容分为四篇。

本书可作为农业水土工程、作物栽培、土壤物理等专业的研究生和高年级本科生的参考材料，也可供相关专业科研、教学和工程技术人员参考。

前 言

小麦是我国重要的粮食作物，是全国人民赖以生存的重要口粮品种，全国有 1/3 以上的人口以小麦为主要粮食，小麦约占全部口粮消费的 40%。小麦生产的好坏，其产量的高低，对保障人民生活、国民经济发展乃至国家粮食安全有巨大影响。

中共中央、国务院以 2011 年中央“1 号文件”印发《关于加快水利改革发展的决定》，文件指出水资源供需矛盾突出仍然是可持续发展的主要瓶颈，农田水利建设滞后仍然是影响农业稳定发展和国家粮食安全的最大硬伤。

国务院《关于进一步促进新疆经济社会发展的若干意见》（国发〔2007〕32 号）文件明确指出“新疆要增强粮食综合生产能力，支持新疆建设国家粮食安全后备基地”。全国粮食生产发展规划（2006—2020 年）指出，新疆维吾尔自治区（全书简称新疆）作为我国粮食生产后备耕地资源区，需大力推广旱作节水增粮技术。

从国家粮食安全的角度出发，新疆作为国家粮食生产战略后备区，国家对新疆粮食的总体要求为“区内平衡、略有节余”的原则，因此，大力发展新疆的粮食产业也是保障国家粮食安全的重要组成部分。

全国粮食生产发展规划（2006—2020 年）指出，我国粮食生产后备耕地资源主要分布在新疆、内蒙古自治区（全书简称内蒙古）和黑龙江省的部分地区，可用于开发的面积约 1 亿亩（1 亩 $\approx 667\text{m}^2$ ，全书同）。由于水资源短缺和生态脆弱，目前暂不宜开发，可作为战略储备，在确保生态环境不恶化的前提下，



做好应急开发的基础工作。同时指出，近期优先谋划新疆战略储备区的建设，潜在粮食生产能力可达 100 亿 kg 以上。明确要求，大力推广旱作节水增粮技术，因地制宜优化用水配置，不断增强粮食生产的抗旱减灾能力。

新疆地处欧亚大陆腹地，占全国面积的 1/6，粮食作物面积不断扩大，小麦是新疆第一大粮食作物，种植面积占粮食作物的 65% 以上。2009 年新疆粮食面积 2 928.7 万亩，其中，小麦种植面积 1 700 多万亩，然而小麦平均亩产只有 380kg。由于新疆地处西北干旱区，水资源严重不足，新疆农业用水量占新疆用水总量的 90% 以上。目前，新疆整体的灌溉水利用系数还不到 50%，发展节水农业对新疆粮食产业可持续发展具有重要意义。

作为国家优质商品棉生产基地，棉花是新疆主要的经济作物和支柱产业。受国际国内棉花市场影响，棉花生产成本过高、效益下滑的问题日益凸显。针对新疆农业种植业结构不合理的现象，2008 年自治区及新疆生产建设兵团（以下简称兵团）党委相继提出“减棉、增粮、增畜、增果”的农业结构调整方针，即通过压缩风险棉区及次宜棉区面积，增加粮食、饲草种植面积。

新疆是我国典型的荒漠绿洲、灌溉农业区。农业用水占总用水量 90% 以上。农业节水意义重大，滴灌技术应用普遍，目前，新疆滴灌面积已超过 3 000 多万亩，成为世界上连片滴灌面积最大的区域。

在退出的低产低效和风险棉区基本都建立了膜下滴灌系统，为增加粮食种植面积，生产中出现了在退棉土地上利用已建滴灌系统直接灌溉种植小麦的滴灌小麦，且面积在不断扩大。经成本核算，滴灌模式下的 wheat 种植比传统模式下的 wheat 种植经济效益增加 100 ~ 120 元/亩。在滴灌小麦收获后又出现了复播大豆、青贮玉米、油葵等作物形式的“一年两作”种植模式，打破了北



疆传统的一年一作种植模式,有利于改善农业产业结构,提高单位土地效益。

在一定区域推行滴灌小麦及复播作物模式,可以解决新疆区域水资源不足对粮食生产限制,实现在节水条件下粮食、饲料、经济作物的协调发展,对保护和改善新疆的农业生态环境和农业的可持续发展提供有力的技术支持,对于发展新疆经济、稳定边疆和保证国家粮食安全有着重要的意义。

目前,小麦生产中特别是滴灌小麦及复播作物没有成熟的灌溉制度借鉴,缺乏理论指导,普遍存在着灌水不合理、灌水量偏大,没有根据滴灌条件下小麦及复播作物的需水特点进行科学合理的灌溉,灌溉技术规程的制定工作滞后,急需规范管理。

新疆绿洲农业的特点决定了高效灌溉是提高小麦及复播作物单产的重要途径。研究滴灌条件下小麦及复播作物的需水规律和节水控盐的灌溉制度,有利于充分发挥现代科学技术的增产能力,提高粮食生产中科技进步的贡献率,促进粮食安全以及滴灌小麦生产的持续、健康发展。

本书先后得到国家自然科学基金项目“北疆滴灌小麦需水特征及水盐运移规律研究(51169022)”、国家科技支撑计划项目“干旱半干旱区一年两作节水高效种植技术与示范(2011BAD29B06)”子课题“一年两作高效节水关键技术研究”、兵团青年科技创新资金专项及兵团灌溉试验项目“滴灌小麦土壤水盐调控关键技术研究(2011CB020)”、石河子大学重大科技攻关计划“滴灌小麦及复播作物需水规律与灌溉制度研究与示范(gxjs2010-zdgg03-03)”的资助。在现代节水灌溉兵团重点实验室试验基地暨石河子大学节水灌溉试验站,通过多年试验研究了滴灌小麦及复播作物(玉米、油葵、大豆)需水规律、土壤水温盐动态特点,提出了一年两作适宜毛管布置模式,制定了其节水控盐灌溉制度。



本书由王振华、郑旭荣、何新林统稿，具体参加本书著作的还有葛宇、宋常吉、龚婷婷、姜国军等人，本书还参考了其他单位和个人的研究成果，均在参考文献中标注，在此谨向所有参考文献的作者表示衷心的感谢！

在本书成稿之际，向所有为本书出版提供支持和帮助的同仁表示衷心感谢。由于试验条件、研究时间及经费所限，所取得的研究成果仅仅涵盖滴灌小麦及复播作物需水规律的一部分内容，而且相关研究仍需深入开展，对有些问题的认识还有待进一步深入。同时，由于学识视野和水平所限，在撰写中难免有疏漏和不妥之处，恳请同行专家批评指正。

作者

2014年3月19日

目 录

1 滴灌小麦需水规律及灌溉制度研究

1.1 绪 论	(3)
1.1.1 研究的背景及意义	(3)
1.1.2 研究领域国内外研究概况	(6)
1.1.3 本章主要研究内容	(14)
1.2 试验材料与方法	(16)
1.2.1 试验地概况	(16)
1.2.2 试验方法	(16)
1.2.3 观测项目与方法	(18)
1.3 不同灌水处理对北疆滴灌春小麦生长及产量的影响	(23)
1.3.1 不同毛管间距对小麦生长及产量的影响	(23)
1.3.2 不同灌水次数对小麦生长及产量的影响	(26)
1.3.3 不同灌水量对小麦生长及产量的影响	(34)
1.3.4 本章小结	(45)
1.4 北疆滴灌春小麦需水规律的研究	(46)
1.4.1 小麦土壤水分状况变化及需水量计算	(46)
1.4.2 充分灌溉处理春小麦的耗水量及作物系数	(53)
1.4.3 本章小结	(65)
1.5 北疆滴灌春小麦灌溉制度的研究	(67)
1.5.1 水分生产函数	(67)

1.5.2	滴灌春小麦灌溉制度的初步制定	(74)
1.5.3	本章小结	(75)
1.6	本篇结论与展望	(76)
1.6.1	本篇结论	(76)
1.6.2	本篇展望	(77)
	参考文献	(78)

2 滴灌复播作物需水规律及灌溉制度研究

2.1	绪 论	(87)
2.1.1	研究的背景及意义	(87)
2.1.2	研究领域国内外研究概况	(90)
2.1.3	本篇主要研究内容	(103)
2.2	试验材料与方法	(104)
2.2.1	试验地概况	(104)
2.2.2	试验方法	(104)
2.2.3	观测项目与方法	(106)
2.3	不同灌水量对北疆滴灌复播作物生长及产量的影响	(112)
2.3.1	不同灌水量处理对复播青贮玉米生长及产量的影响	(112)
2.3.2	不同灌水量处理对复播油葵生长及产量的影响	(124)
2.3.3	本章小结	(136)
2.4	北疆滴灌复播作物需水规律的研究	(138)
2.4.1	复播作物不同土层土壤水分动态变化	(138)
2.4.2	作物需水量的计算	(146)
2.4.3	不同灌水量对滴灌复播作物耗水量的	



影响	(147)
2.4.4 本章小结	(151)
2.5 北疆滴灌复播作物灌溉制度的研究	(154)
2.5.1 水分生产函数	(154)
2.5.2 滴灌复播作物灌溉制度的初步制定	(165)
2.5.3 本章小结	(166)
2.6 结论与展望	(167)
2.6.1 结论	(167)
2.6.2 展望	(168)
参考文献	(170)

3 滴灌小麦及复播大豆毛管优化布置模式研究

3.1 绪 论	(179)
3.1.1 研究的背景及意义	(179)
3.1.2 国内外研究现状	(181)
3.1.3 研究内容	(190)
3.2 试验材料和方法	(192)
3.2.1 试验材料和试验设计	(192)
3.2.2 观测项目与方法	(196)
3.3 不同毛管布置模式对春小麦生育及土壤水分变化的影响	(200)
3.3.1 滴灌条件下土壤湿润锋大小	(200)
3.3.2 不同毛管布置模式对春小麦土壤水分变化的影响	(201)
3.3.3 不同毛管布置模式对小麦生长及产量的影响	(213)
3.3.4 滴灌春小麦经济效益评价	(224)



3.3.5 本章小结	(227)
3.4 不同毛管布置模式对复播大豆生育及土壤水分变化的影响	(228)
3.4.1 不同毛管布置模式对复播大豆土壤水分变化的影响	(228)
3.4.2 不同毛管布置模式对复播大豆生长及产量的影响	(233)
3.4.3 复播大豆经济效益分析	(238)
3.4.4 滴灌春小麦和复播大豆的经济效益分析	(240)
3.4.5 本章小结	(241)
3.5 结论与展望	(243)
3.5.1 结论	(243)
3.5.2 讨论与展望	(244)
参考文献	(246)

4 北疆滴灌小麦土壤水热盐动态效应

4.1 绪 论	(255)
4.1.1 研究背景与意义	(255)
4.1.2 国内外研究动态	(258)
4.1.3 研究内容	(264)
4.1.4 技术路线图	(265)
4.2 试验材料与方法	(266)
4.2.1 试验区概况	(266)
4.2.2 试验设计	(266)
4.2.3 试验方法	(267)
4.2.4 数据分析方法	(270)



4.3 滴灌麦田土壤水分与盐分变化动态	(272)
4.3.1 滴灌麦田土壤水分分布随时间变化特征	(272)
4.3.2 滴灌麦田土壤盐分随时间分布特征	(273)
4.3.3 土壤水分盐分随生育进程变化	(277)
4.3.4 灌溉定额对滴灌麦田土壤含水率的影响	(279)
4.3.5 灌溉定额对土壤含盐量变化的影响	(282)
4.3.6 灌溉定额对土壤盐分淋洗效果分析	(286)
4.3.7 本章小结	(287)
4.4 滴灌麦田土壤温度变化动态	(290)
4.4.1 滴灌麦田土壤温度全生育期变化动态	(290)
4.4.2 土壤温度日变化动态	(292)
4.4.3 灌溉定额对土壤温度变化规律的影响	(294)
4.4.4 本章小结	(296)
4.5 灌溉定额对小麦生长生理指标及产量的影响	(299)
4.5.1 滴灌春小麦生长指标变化动态	(299)
4.5.2 灌溉定额对滴灌春小麦光合生理指标的 影响	(305)
4.5.3 小麦生长及光合生理指标与灌水量回归 分析	(310)
4.5.4 灌溉定额对滴灌春小麦产量的影响	(312)
4.5.5 本章小结	(313)
4.6 结论与展望	(315)
4.6.1 结论	(315)
4.6.2 研究展望	(319)
参考文献	(321)



滴灌小麦需水规律及灌溉制度研究

1.1 绪 论

1.1.1 研究的背景及意义

水是一切生命过程中不可替代的基本要素，水资源是国民经济和社会发展的^[1]重要战略性资源。但随着人口持续增长、国民经济快速发展，社会各部门对水资源的需求量也日益增多，水资源贫乏现象越显突出，尤其在当前新水资源工程开发难度较高而现有水资源得不到合理充分利用情况下，水资源的高效合理利用显得非常重要。我国水资源面临的形势严峻，水资源严重短缺，现已被联合国列为世界上 13 个贫水国之一。我国人均水资源占有量不足 $2\,200\text{m}^3$ ，仅为世界人均水资源的 $1/4$ ，位居世界第 109 位；经预测，到 2030 年我国人口将达到 16 亿，这时人均水资源占有量将降低到 $1\,760\text{m}^3$ ，接近 $1\,700\text{m}^3$ 的用水紧张警戒线，因此，我国未来水资源面临的形式依然十分严峻^[2]。新疆地处我国西北内陆干旱区，是我国最严重的干旱地区之一，降水量稀少，年均降水量不足全国的 $1/4$ ；蒸发能力强，属于典型荒漠绿洲灌溉农业，农业用水主要依赖灌溉，可以说，没有灌溉就没有新疆的农业。新疆水资源极为短缺，而在农业用水中，灌溉用水占总用水量的 90% 以上，灌溉水的有效利用率不到 40%，浪费现象很严重，因此，节水潜力非常大。

随着我国人口增长，粮食安全已经成为我国经济和社会发展面临的重大问题。我国绝大部分地区仍然采用漫灌、畦灌等传统的灌溉方式，造成水资源严重的浪费，农业用水的利用率只有



30%~40%，仅为发达国家水利用率的一半左右，发达国家每立方米的粮食生产能力高达 2kg 以上，远高于我国 1kg 左右的水平，因而，我国农业用水浪费严重，节水的作用显得尤为重要。针对全国粮食生产规划（2006—2020 年）指出了我国面临的粮食缺口大、耕地面积逐渐减少、水资源缺乏日益凸显等问题，并将新疆作为我国粮食生产后备耕地主要分布地区之一。因此，稳定和保持小麦等粮食有效供给和持续发展在新疆粮食安全战略中占有突出的地位。为了响应国家确保粮食安全生产的号召，兵团自 2008 年开始大面积滴灌种植小麦。

滴灌在新疆等地区已广泛应用于棉花种植生产上，尤其是膜下滴灌技术的应用。目前，新疆垦区覆膜棉种植面积占了全部棉花种植面积的 95% 以上，其中，膜下滴灌棉花种植面积达到 $3.07 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，达到了节水增产的目的。但是，由于大面积的种植棉花及土地连种棉花年限长，引起的土地作物布局单一，使土壤的生态体系失去平衡，土壤肥力大大下降，从而引起作物减产。从国家粮食安全角度出发，新疆作为国家粮食生产战略后备区，为满足粮食“区内平衡、略有节余”的原则，针对兵团农业种植结构不合理的现象，2008 年自治区及新疆生产建设兵团相继提出“减棉、增粮、增畜、增果”的农业结构调整方针，计划利用两年时间，使粮食种植面积由原来的 350 万亩增加到 450 万亩，总产要保持在 140 万吨以上。同时，在保证口粮充裕的前提下，增加饲料粮的种植面积。即通过压缩风险棉区及次宜棉区面积，增加粮食、饲草种植面积。2010 年兵团党委六届三次全委（扩大）会议对粮食产业发展提出了新要求，将“增粮”调整为“稳粮”，2010 年计划种植粮食 400 万亩，实现产量 170 万吨；大力发展优质、高产、高效、生态农业，向效益增长型农业转变。因此，从 2008 年开始兵团就利用原有种植棉花滴灌设施，把部分棉花种植土地用于小麦、玉米等其他作物的种植。