

微咸水滴灌 荒漠植物研究

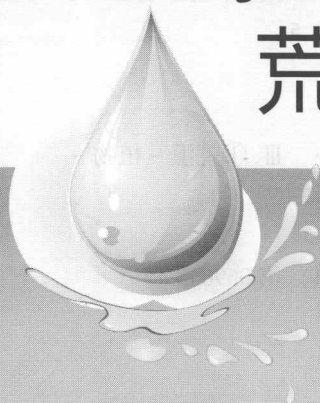


何新林 王振华 杨 广 著



中国农业科学技术出版社

微咸水滴灌 荒漠植物研究



何新林 王振华 杨 广 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微咸水滴灌荒漠植物研究 / 何新林, 王振华, 杨广著. —
北京: 中国农业科学技术出版社, 2014. 5

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1578 - 7

I. ①微… II. ①何…②王…③杨… III. ①荒漠 - 植物 -
滴灌 - 研究 IV. ①S275.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 069648 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 850 mm × 1 168 mm 1/32

印 张 8.25

字 数 214 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

本书围绕微咸水滴灌典型荒漠植物的耗水规律及水分生长关系、微咸水滴灌胡杨和梭梭土壤水盐运移规律、微咸水滴灌胡杨和梭梭植物生理生态响应特征等内容进行论述。按以上内容可分为三篇。

本书可作为农业水土工程、生态水文、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

淡水资源危机问题已经成为仅次于全球气候变暖的世界第二大环境问题。新疆维吾尔自治区（全书简称新疆）地处欧亚大陆腹地干旱中心，属典型的沙漠绿洲灌溉农业区。水资源匮乏，生态环境脆弱，已严重制约区域农林业的可持续发展，急需寻求新的灌溉水源以弥补淡水资源短缺对农林业发展所带来的不利影响。

据统计，新疆微咸水与咸水资源储量丰富，地下咸水分布面积约 23.3 万 ~ 26.7 万 hm^2 ，据估测约在 100 亿 m^3 以上。据《新疆地下水资源》，新疆平原区面积 7.6368 亿亩（15 亩 = 1 hm^2 全书同），地下水矿化度大于 1g/L 面积占平原区面积的 41.24%，大于 2g/L 面积占平原区面积的 18.41%，平原区大于 1g/L 地下水总补给量多年年平均值 79.88 亿 m^3 ，大于 2g/L 地下水资源量为 27.21 亿 m^3 ，占平原区地下水资源量的 8.92%。这些丰富微咸水咸水资源量具有较大的开发利用空间，可以在一定程度上缓解水资源压力。

滴灌技术的普遍应用为开发利用微咸水提供了条件，因为滴灌是以点水源的形式由地面向作物根系范围的土壤中频繁供水过程，部分盐分随水分向下运动，最终除滴头周围很小的湿润区由于土面蒸发有些积盐外，根系生长范围的土壤并不积盐或积盐很少，为作物生长提供了良好水盐环境，有利于根系的发育生长。然而，微咸水灌溉一方面提供了作物生长所需要的水分，另一方面增加了土壤中的盐分，造成土壤潜在盐渍化的危险。这种两重性，决定了微咸水灌溉的特殊性与复杂性。因此，微咸水利



用应有相关的理论和技术作为支撑和指导。

由于新疆农业用水已占到总用水量的 90% 以上,生态需水被生活和生产所挤占,区域自然植被出现衰退,对稳定绿洲产生重要影响。因此,研究用微咸水灌溉荒漠植物,对于提高荒漠植物人工造林成活率,建设绿洲生态屏障,缓解农业用水和生态用水的突出矛盾具有重要作用。

本书先后得到何新林教授主持的国家“十一五”科技支撑计划项目“准噶尔盆地南缘水资源合理配置及高效利用技术研究(2007BAC17B02)”、国家自然科学基金项目“准噶尔盆地南缘典型荒漠植被微咸水灌溉耗水规律及水盐调控研究(40861027)”、国家“十二五”科技支撑计划项目“南疆典型沙区水资源高效利用关键技术研究(2014BAC14B01)”和国家自然科学基金—新疆联合基金重点项目“节水灌溉条件下玛纳斯河流域绿洲化盐漠化响应机理研究(U1203682)”的资助。以干旱区典型的荒漠植物梭梭、怪柳、胡杨为研究对象,在以现代节水灌溉的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,研究了荒漠植物微咸水滴灌条件下的耗水规律、土壤水盐运移特点,分析了荒漠植物在微咸水灌溉盐分胁迫下的生理生态响应特征,提出了典型荒漠植物滴灌所适宜的微咸水矿化度及土壤水盐含量阈值。此研究成果对于缓解区域内的水资源紧张、维护生态环境、发展沙产业具有重要意义。

本书由何新林、王振华、杨广统稿,具体参加本书著作的还有汪宗飞、陈书飞、贾文俊等人,本书还引述了其他单位和个人的研究成果,均在参考文献中标注,在此谨向有关参考文献的作者表示衷心感谢!

在本书成稿之际,笔者向所有为本书出版提供支持和帮助的同仁表示衷心感谢。由于研发条件、时间及经费所限,所取得的研究成果仅仅涵盖了微咸水滴灌技术与荒漠植物的一部分内容,



而且相关研究仍需深入开展，对一些问题的认识还有待进一步深入。同时，受学识视野和水平所限，书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 18 日

目 录

第一篇 微咸水滴灌技术与典型荒漠植物耗水规律	(3)
第一章 绪 论	(3)
第一节 研究背景及意义	(3)
第二节 微咸水灌溉基础理论	(5)
第三节 国内外有关研究动态及发展趋势	(14)
第四节 本篇主要研究内容	(24)
第二章 材料与方法	(26)
第一节 研究区域概况	(26)
第二节 供试植被	(26)
第三节 试验方法	(27)
第三章 微咸水灌溉条件下梭梭植物耗水规律与生长 过程	(33)
第一节 植被耗水规律	(33)
第二节 不同矿化度灌溉水条件下梭梭植物耗水 规律	(35)
第三节 不同土壤含水率条件下微咸水灌溉梭梭耗水 规律	(38)
第四节 不同矿化度微咸水灌溉对梭梭生理指标的 影响	(39)
第五节 不同灌溉水矿化度对梭梭植物生长指标的 影响	(43)
第六节 微咸水灌溉条件下梭梭水分生长函数	(47)



第七节	梭梭植物测坑滴灌条件下土壤剖面水盐分布特征	(50)
第四章	微咸水灌溉条件下柽柳的耗水与生长过程	(54)
第一节	不同灌溉水矿化度下的柽柳耗水规律	(54)
第二节	不同矿化度微咸水灌溉对柽柳生理指标的影响	(55)
第三节	不同灌溉水矿化度下对柽柳生长指标的影响	(57)
第四节	不同灌溉水矿化度下对柽柳冠幅的影响	(61)
第五节	盐分胁迫对柽柳生长过程的影响	(61)
第六节	柽柳耗水生长规律	(62)
第七节	柽柳土壤水分和盐分分布特征	(63)
第五章	结语与展望	(66)
第一节	小结	(66)
第二节	展望	(68)
主要参考文献		(70)
第二篇	微咸水滴灌技术与典型荒漠植物土壤水盐运移规律	(83)
第一章	绪论	(83)
第一节	研究背景及意义	(83)
第二节	国内外研究动态	(85)
第三节	存在的问题	(98)
第四节	本篇研究内容	(98)
第二章	试验设计与方法	(100)
第一节	试验区概况	(100)
第二节	供试植物	(100)
第三节	试验设计	(101)



第四节 试验内容与仪器	(102)
第三章 咸水滴灌对胡杨生理、生长耗水和土壤水盐运移的影响	(107)
第一节 咸水滴灌胡杨的耗水与生长分析	(107)
第二节 胡杨生育期内土壤水盐动态变化	(111)
第三节 咸水灌溉胡杨生育期内土壤盐分的动态变化	(117)
第四节 咸水灌溉对胡杨生理生长的影响	(129)
第五节 本章小结	(135)
第四章 咸水滴灌对梭梭植物耗水、土壤盐分和生理生长的影响	(137)
第一节 不同盐分处理梭梭田间耗水分析	(137)
第二节 咸水灌溉梭梭生育期内土壤盐分累积规律	(139)
第三节 咸水灌溉对梭梭生理生长的影响	(141)
第四节 本章小结	(151)
第五章 结语与展望	(153)
第一节 结语	(153)
第二节 问题与展望	(155)
主要参考文献	(157)
第三篇 微咸水滴灌技术与典型荒漠植物生理生态响应特征	(169)
第一章 绪 论	(171)
第一节 研究背景及意义	(171)
第二节 国内外研究现状及存在问题	(173)
第二章 研究内容与试验设计	(179)
第一节 试验概况	(179)
第二节 研究目标、内容和方法	(181)
第三节 试验处理	(182)



第三章 水、盐胁迫下胡杨、梭梭植物各生长指标变化规律研究	(186)
第一节 胡杨、梭梭茎粗在水、盐胁迫下的生长规律	(186)
第二节 胡杨、梭梭株高在水、盐胁迫下的生长变化规律	(192)
第三节 胡杨、梭梭冠幅生长在水、盐胁迫的变化规律	(197)
第四节 胡杨、梭梭新枝在水、盐胁迫下的生长变化规律	(201)
第五节 本章小结	(206)
第四章 水、盐胁迫下胡杨、梭梭各生理指标变化规律研究	(208)
第一节 胡杨、梭梭叶绿素含量在水盐胁迫下的变化规律	(208)
第二节 胡杨、梭梭游离脯氨酸含量在水、盐胁迫下的变化规律	(214)
第三节 胡杨、梭梭丙二醛含量在水、盐胁迫下的变化规律	(219)
第四节 胡杨、梭梭膜透性在水、盐胁迫下的变化规律	(224)
第五节 本章小结	(227)
第五章 咸水灌溉水、盐阈值预测及初步安全评价体系构建	(229)
第一节 模型建立	(229)
第二节 水、盐阈值预测	(231)
第三节 评价体系	(239)
第四节 本章小结	(242)



第六章 结语与展望	(243)
第一节 结语	(243)
第二节 展望	(244)
主要参考文献	(245)

第一篇



第一篇 微咸水滴灌技术与典型 荒漠植物耗水规律

第一章 绪 论

第一节 研究背景及意义

水是生命之源，万物之本。“水是人类一切生命活动的前提条件”^[1]。目前，水资源已成为制约国民经济发展的瓶颈，国民经济的增长趋势，直接依赖于水资源开发利用决策的优劣，研究和采取有效措施解决日益短缺的水资源问题是水利可持续发展以及国民经济可持续发展的重大方略^[2]。我国水资源在时间、空间上分布不均衡，多年年平均降水总量 6.2 万亿 m^3 ，除去通过土壤水直接利用于天然生态系统与人工生态系统的水资源外，可通过水循环更新的地表水和地下水的多年的平均水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ^[3]。据 1997 年人口统计，我国人均水资源量为 2 220 m^3 ，仅为世界人均水资源量的 1/4 左右，预测到 2030 年我国人口增加至 16 亿时，人均水资源量将降到 1 760 m^3 ^[4]。按国际上承认的标准，人均水资源量少于 1 700 m^3 的国家为用水紧张国家，因此，我国未来水资源形势十分严峻。如何缓解水资源、生态环境、人口、经济发展之间日益尖锐的矛盾，如何协调和处理好水资源、生态环境、人口、经济发展之间的关系，已成为亟须解决的问题。

我国多数地区的农业是灌溉农业，特别是西北干旱区的农业灌溉。灌溉农业在半个世纪的发展中，取得了长足进步。但是面对人口增加，要满足对粮食的需求，除了增加灌溉面积和灌溉用水量，还应从影响经济、社会的进步等方面，统筹各因素进行综合考虑。



全世界范围内,各个国家和地区为了解决水资源供需平衡,已经着手开发利用地下微咸水或咸水、灌溉回归水、城市污水,作为弥补淡水资源不足一个重要方法。但这些水的水质有个共同特征,就是含有非常多的可溶性盐,故称为咸水。它包括微咸水、中度咸水、高度咸水、重度咸水和盐水等。在我国,一般认为微咸水是指含盐量在 $2 \sim 5\text{g/L}$ 范围内的水资源^[4]。我国有着丰富的地下水咸水资源,据国土资源部《2003 年中国国土资源公报》数据,全国地下微咸水天然资源 ($1 \sim 3\text{g/L}$) 多年平均储量为 277 亿 m^3 ,半咸水 ($3 \sim 5\text{g/L}$) 天然资源多年平均储量为 121 亿 m^3 。在我国华北、西北以及沿海地带,特别是盐渍土地区,广泛分布着矿化度为 $2 \sim 5\text{g/L}$ 的微咸水资源,且绝大部分在地下 $10 \sim 100\text{m}$ 处,易于开发利用^[5]。其中,仅西北地区(新疆、甘肃、陕西、宁夏回族自治区、青海、内蒙古自治区的部分地区)矿化度 $2 \sim 5\text{g/L}$ 的地下咸水资源就达到了 $88.6 \times 10^8 \text{m}^3$ 。这些并未开发利用的大量微咸水和咸水资源不仅是无用的水资源,而且会给农业生产、环境保护带来一定的威胁。如大量地下咸水的存在会造成土地的次生盐碱化,影响作物产量,也使地下水长期处于饱和状态,占有有效地下库容,使其不能调蓄,影响抗旱、防涝和治碱。因此,合理地开发利用这些存在的微咸水与咸水资源,不仅为解决水资源短缺危机提供一个有效途径,还能够使地下水资源更新、淡水储存和环境生态建设和保护^[6]。

准噶尔盆地南缘(东经 $84^\circ \sim 90^\circ$ 、北纬 $44^\circ \sim 45.5^\circ$) 是新疆现代农业、工业、政治、经济、文化、科教的中心,占全疆 5.7% 的面积、25.6% 的人口,集中了全疆 83% 的重工业和 62% 的轻工业,历年国内生产总值(GDP) 占全疆 40% 以上。该区域是典型的干旱内陆区,具有山地—绿洲—荒漠植被—荒漠构成的独特生态,径流发源于高山,流经绿洲,最终散失于荒漠。荒漠植被是绿洲的天然屏障,对绿洲的稳定性具有极其重要的意义。由于人



口急剧增加以及城镇化迅速发展,水土资源过度开发(过樵过牧、毁林开荒),上游农业用水已占总用水量的95%以上,生态需水被生活和生产所挤占,导致准噶尔盆地南缘水环境恶化,地下水位急剧下降,天山北坡垂直带的下游自然植被严重衰退,土壤荒漠化加剧,蚕食绿洲。同时,原有防护林系树种单调、混交比例低,生态学稳定性差,在农业节水大背景下,林地营造、抚育面临新的挑战。研究表明,准噶尔盆地已成为亚洲沙尘暴的重要发源地之一,每年从这里刮起的沙尘给当地居民和中国北方广大地区造成巨大影响。因此,准噶尔盆地南缘的生态问题已对区域经济发展、人民生活、政治安定构成直接威胁,对该地区荒漠化治理已迫在眉睫。

近年来,准噶尔盆地南缘大片荒漠植被因缺乏水源保证,而面临干枯,荒漠植被覆盖率剧减,对该地区荒漠植被的保护引起人们的广泛重视。目前,当地的农牧团场以打井抽取地下水来弥补地表水资源的短缺。目前的井深多在300m以上,地下水位的下降使得水的矿化度逐步升高。大量开发地下水资源,可导致地下水位下降,对荒漠植被有着致命的负面影响。调查表明,准噶尔盆地南缘100~150m的地下浅层中含有相对较为丰富的咸水和微咸水资源,含盐量在2~10g/L,如果能研究和利用并且合理有效地利用这部分咸水和微咸水资源,灌溉荒漠植被,这将能有效地缓解地下水资源过度抽取的问题,对于当地水资源的高效利用和生态恢复与重建意义重大。

第二节 微咸水灌溉基础理论

一、微咸水利用基础研究

从20世纪中叶开始,世界上一部分国家和地区因为淡水资