

水肥耦合效应研究与新疆棉区可持续发展

管 瑶<sup>1,2</sup>, 张忠学<sup>2</sup>, 王贵作<sup>2</sup>, 王 柏<sup>2</sup>, 周 欣<sup>2</sup>

(1. 新疆塔里木大学农业工程学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 东北农业大学水利与建筑学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 新疆作为我国最大的植棉区, 其适宜的宜棉条件促进新疆棉区的迅速发展, 但水资源短缺和土壤肥力低下成为限制新疆棉区发展的主要因素, 要实现新疆棉区高产、优质、高效可持续发展, 为达到目的必须研究水肥耦合效应。讨论了新疆棉区可持续发展的限制因素、肥水关系、水肥耦合的研究现状以及水肥耦合研究对新疆棉区的重要意义。

关键词: 水肥耦合效应; 新疆棉区; 可持续发展

中图分类号: S154. 4; F301. 24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006) 04-0226-02

Study on the Effect of Water and Fertilizer Coupling and Sustainable Development of Cotton Region in Xinjiang

GUAN Yao<sup>1,2</sup>, ZHANG Zhong-xue<sup>2</sup>, WANG Gui-zuo<sup>2</sup>, WANG Bai<sup>2</sup>, ZHOU Xin<sup>2</sup>

(1. Agricultural Engineering College of Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300, China;

2. North-East Agriculture University, Haerbin, Heilongjiang 150030, China)

**Abstract:** Xinjiang is the largest region planting cotton in China. The good condition of planting cotton makes the region develop quickly. Scarce water resource and low soil fertilizer are factors that limit the development of cotton region of Xinjiang. To realize agriculture sustainable development in cotton region of Xinjiang, the effect of water and fertilizer coupling should be studied. The limited factors of sustainable agriculture in cotton region of Xinjiang, relationship between water and fertilizer in Xinjiang, the present situation of the research of the effect of water and fertilizer coupling and the significance of the research are discussed.

**Key words:** the effect of water and Fertilizer coupling; cotton region of Xinjiang; sustainable development

1 引 言

新疆是我国古老的棉区之一, 有 1 000 多年的植棉历史, 并且有优越自然条件适宜植棉和广阔的宜棉地带。随着我国加入 WTO, 棉纺织产品出口增加刺激了棉纺产业的新布局和配置、用棉需求量的增长和棉纺织工业的快速发展, 这也给新疆棉纺织工业的振兴和发展带来了新的机遇。目前, 新疆已成为我国最大的植棉区, 棉花成为新疆农业的主导产业。随着农业科技的发展以及新技术、新品种的推广应用, 新疆棉区生产规模基本稳定, 植棉经济效益比较高, 棉农生产积极性高涨。据中国农业统计资料, 1985 年新疆棉区植棉面积和总产分别占全国的 5% 和 4. 6%, 90 年代以来, 新疆棉区发展迅速, 及至 1998 年, 新疆棉区植棉面积已占全国的 22. 5%, 总产量占全国的 31. 1%, 新疆棉区已成为中国三大主产棉区之一, 其单产则居全国首位, 达 1 401 kg/hm<sup>2</sup>, 为全国平均单产的 1. 39 倍。2003 年, 新疆棉花播种面积 103. 71 万 hm<sup>2</sup>, 棉花总产量 160 万 t, 占全国棉花总产的 32. 8%, 占世界的 8%, 形成了优质陆地棉、中长绒棉、长绒棉、彩色棉共同发展的新格局。整个种植业比例发生了变化, 需水量比原来明显增多, 用水时期比原来明显集中, 导致

了粮、棉争水矛盾。同时, 新疆棉花播种面积的急速扩大, 重茬地有所增加, 一般棉田连作 2~5 年, 有的甚至在 8 年以上。土壤肥力单靠化肥维持, 有机质很少, 加以棉田占耕地面积的比重逐年提高, 重茬地必然增加, 这对恢复提高地力极其不利, 造成土壤肥力低下<sup>[1]</sup>。新疆棉区的可持续发展离不开高效利用水肥资源, 故水肥耦合效应的研究符合新疆棉区高产、优质、高效可持续发展的需要。

2 水肥耦合效应的概念

耦合多用在现代物理学上, 指两个或两个以上体系或两种运动形式之间通过各种相互作用而彼此影响以至联合起来的现象。耦合效应是两个或两个以上体系融为一体的相互作用、相互影响而产生的结果或现象。水肥耦合效应是指在农业生态系统中, 土壤矿物元素与水这两个体系融为一体, 相互作用, 互相影响而对植物的生长发育产生的结果或现象<sup>[2]</sup>。

水肥耦合效应是 20 世纪 80 年代提出的田间水肥管理新概念, 其核心是强调影响植物生长的两大因素水与肥之间的有机联系, 用其间存在的协同效应进行水肥及植物综合管理, 以提高植物生产力和水分利用效率<sup>[3]</sup>。

\* 收稿日期: 2005-08-23

基金项目: 国家“863”节水项目, 编号: 2002AA2Z4251

作者简介: 管 瑶(1975-), 女, 甘肃张掖人, 硕士, 讲师, 从事水肥耦合效应高效节水技术及农田水利专业的授课。

在早期的研究中, 人们对水分和产量, 或肥料与产量的相互关系进行了很多研究, 得出了: 在水分不足的情况下, 补充水分能增加产量; 肥力低的土壤, 施肥有增产作用等正确理论。近年来, 化肥用量逐年增加, 而肥料的增产效率却在下降。据有关文献报道, 我国化肥用量增加了 90%, 而粮食产量却只增加了 9.1%。产生这样的结果是复杂的。水分的有效性影响着整个土壤微生物作用、物理化学作用和植物体内的生理生化过程, 使得土壤养分和土壤水分密切而复杂地联系在一起。加之土壤本身又是一个相当复杂的多相体系, 施入土壤中的营养物质, 在多种因素的影响下并非全部有效。所以, 在植物生长过程中, 水和肥的关系是一个综合因素影响下的结果。1981 年国际干旱研究中心把“土壤水分和养分”列为农作制度研究项目<sup>[3~8]</sup>。

水肥耦合技术是合理运用灌溉与施肥, 以实现水、肥高效利用目标的一项综合技术。对水肥耦合技术进行深入研究, 可以获得增加肥料利用率、提高水分利用率的科学依据。根据不同土壤类型、不同作物建立水肥耦合效应模型, 可以很好地指导农业生产。

### 3 水肥耦合效应在新疆棉区的研究现状

新疆棉区属于干旱、半干旱绿洲农业, 水是农业的命脉, 对于新疆绿洲农业可以说没有灌溉就没有农业。新疆一方面水资源不足, 另一方面是水资源浪费严重。南疆棉区年降水量在 50 mm 以内, 许多地区水资源不足, 河道下游干涸, 使主要棉区不能及时供水。大面积的土地开垦和对水资源的过度利用, 除使脆弱的干旱区生态环境受到破坏、荒漠化加剧外, 进而引发气候环境恶化, 春季连续的大风灾天气, 对农业生产, 特别是棉花种植已形成了严重的危害。

新疆棉区处于干旱、半干旱荒漠地带, 植被稀疏, 有机质积累少, 土壤潜在肥力普遍较低; 大部分棉区土壤, 都是由钙质土、漠土经过灌溉耕作人为培育而成。土壤矿化作用强, 有机质缺乏, 结构不良, 特别缺氮、磷。但钙、镁、钾比较多, 近年来许多地方也出现缺钾现象, 土壤肥力一般是南疆低于北疆和东疆<sup>[7~10]</sup>。

对于科学施肥与节水灌溉新疆棉区研究较多。棉花需水规律主要研究棉花播种—现蕾—开花—吐絮—停止生长各阶段的需水特点和需水量。初步研究了棉田气候因子、棉花生产条件和棉田土壤残留地膜的调查和研究工作, 进行了土壤微生物区系及其生化特性以及对土壤氮、磷肥有效量的影响等研究棉花产量在滴灌条件下受多种因素影响, 水肥在滴灌条件下作用最明显。石河子大学新疆作物高产研究中心的郑重等得出, 水肥不足或过多时对棉花产量都不利, 从提高水肥利用率方面考虑, 滴灌节水节肥增产高效之优点更为突出。经试验表明, 滴灌棉田在施用纯 N 66 kg/hm<sup>2</sup> 作基肥的基础上, 灌水量为 225 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 时再追施纯 N 150 kg/hm<sup>2</sup> 棉花产量最高。新疆农业科学院土壤肥料研究所对膜下滴灌棉花的水肥耦合效应进行了田间试验, 结果表明: 在灌水量不足、农业资源未能充分发挥条件下, 棉花产量与灌水量及耗水量呈线性关系; 膜下滴灌棉花的水肥耦合效应明显, 水肥都具有增产效果, 但过多的水肥投入并不有利于棉花增产<sup>[13]</sup>。冯绍元等对滴灌条件下夏棉水肥耦合效应进行了田间试验, 结果表明: 根据夏棉不同生育阶段的需水特征和土壤水分状况, 可分别采用滴灌和畦灌方式, 比常规棉田畦灌节水 23.3%~28.7%; 对于中等肥力的棉田, 在每公顷施纯氮 300 kg 的范围内, 随施肥量增加皮棉产量呈增加的趋势, 在每公顷施纯氮 150~225 kg 区间内, 其产量增加较快<sup>[9]</sup>。

目前, 国内外有关水肥耦合效应的研究进行得非常广泛和深入, 但大多集中于对小麦或其它作物的研究, 而对棉花与水肥耦合效应关系的研究相对较少, 往往局限于对单因素的分析 and 探讨或单纯从生理学及微观角度进行机理阐述<sup>[5]~[10]</sup>。由于各地气候、土壤条件不同, 在一定地区取得的成果, 在另一地区应用的效果则不理想或不适用, 在新疆棉区特定的土壤条件和气候类型区域, 进行水肥耦合效应的研究还很少。

### 4 水肥耦合效应研究符合新疆棉区可持续发展的需要

在相同供水条件下, 不同的农田产量有高低; 同一田地中, 不同地块棉花产量有高低。生产资料的上涨、肥料价格升高, 新疆棉区要增产增收, 就必须将土壤水分与科学施肥有机结合起来, 充分发挥水分、养分的生产潜力和效益。影响新疆棉区发展的主要因素是气候干旱和土壤贫瘠。新疆降水量少, 土壤贫瘠, 大部分耕地属于待改造的中低产田, 这些耕地熟化程度低、土层浅薄、有机质含量少、矿质元素缺乏, 土壤贫瘠是限制新疆可持续发展的一个主要因素。新疆棉区要发展高效可持续农业, 必须进行合理施肥。另外, 随着新疆人口的增加和生活水平的提高, 土地资源所承受的压力越来越大。在物质利益的驱使下, 人们对土地资源进行了掠夺式的开发, 使新疆生态环境日益恶化, 主要包括由于植被破坏造成的水土流失和由于过量施用化肥造成的环境污染等。

水分和养分之间具有协同效应, 在实际农业生产中, 只有合理匹配水肥因子, 才能起到以肥调水、以水促肥, 并充分发挥水肥因子的整体增产作用。因此, 研究农田土壤不同水肥条件下水分的变化规律及对作物生长发育的影响是提高作物产量及增加经济效益的关键, 同时对改善农田生态环境也具有重要意义。水肥耦合作用对棉花的生长发育及地上部蒸腾影响明显。不同水肥条件下, 棉花蒸腾、土壤蒸发量和棉花叶片—大气界面的微环境不同, 导致不同处理土体中水分含量在时空上表现出明显的差异。

可持续农业是指管理和保护自然资源基础, 调整技术和机制变化的方向, 以便确保获得并持续地满足目前和今后世代人们的需要。因此是一种能够保护和维护土地、水和动植物资源、不会造成环境退化; 同时在技术上可行、经济上有活力、能够被社会广泛接受的农业。合理开发自然资源, 促进新疆棉区发展向高产、优质、高效方向发展, 农业生产必须走高效可持续发展之路。高效就是要达到资源的高效利用, 以尽可能低的投入获得最高的产出。可持续发展则是要求农业生产过程中维持和逐步提高土壤养分的有机质水平, 防止土壤污染和退化。新疆棉区由于使用大量的无机肥, 使土壤有机质缺乏和土壤结构破坏, 造成土地质量下降, 因此, 要走可持续发展之路, 必须重视用养地结合, 提高土壤中养分的积累率。

中国农科院资源区划所的丘建军等在新疆 11 个代表棉区站点的正常年型(1990 年)充分满足作物生长水肥需求下, 用 GOSSYM 模型模拟达到的棉花单产水平大体相当于现有实际单产水平的 2 倍左右, 所以只要做好水肥合理调控, 增产的潜力很大, 其中吐鲁番、库车等地增产潜力最大。

要实现新疆棉区可持续发展的目标, 必须对新疆现有的生产潜力较大耕地资源进行合理的保护和充分的利用。资源问题不仅关系到新疆棉区的可持续发展, 而且事关新疆可持续生存, 必须加大农业科技投入, 研究水肥耦合效应, 促进

(下转第 230 页)

## 2.5 加强宏观调控力度,促进林业产业发展

林业产业涉及国民经济第一、第二、第三产业的多个门类,以森林资源培育为主的第一产业是林业发展的基础。张掖市现有林业用地面积 36.36 万  $\text{hm}^2$ ,发展林业有较雄厚的土地资源基础,因此,要通过股份制、股份合作制、租赁、拍卖等多种形式经营林业用地,合理流转林木、林地使用权,逐渐形成产权清晰、有一定规模和实力的经济实体,参与国内外竞争;用科学的产业政策引导林业产业的发展,加快林业产业化进程,逐步打破区域经济分割,促进生产要素的合理流动,实现林业的粗放经营向集约经营发展和产业结构的优化;综合运用经济的、法律的、行政的手段,加强资金、税收、行业规范和技术标准、产品的质量监督检查、产业经营行为参考文献:

- [1] 董惠玲,董国.张掖市生态林业现状与对策[J].防护林科技,2004,(增刊):88-131.
- [2] 朱晓辉,陆瑛.张掖市荒漠化成因、发展与治理对策[J].甘肃林业,2003,(增刊):150-153.
- [3] 齐善忠,王涛,罗芳,等.黑河流域土地沙漠化与区域可持续发展[J].水土保持研究,2004,11(2):94-96.
- [4] 傅辉恩,尚兴,史荣福.张掖地区生态环境剖析[J].张掖科技,1996,(张掖地区生态学会论文专辑):2-4.
- [5] 栾利民.张掖市节水型社会建设的目标与措施[A].见:罗祖孝,魏万进.河西内陆河流域生态环境建设与社会经济可持续发展——甘肃省2003年学术年会文集[C].兰州:兰州大学出版社,2003.207-209.
- [6] 胡兴林.浅议黑河流域水资源优化配置与生态环境建设方略[A].见:罗祖孝,魏万进.河西内陆河流域生态环境建设与社会经济可持续发展——甘肃省2003年学术年会文集[C].兰州:兰州大学出版社,2003.211-214.
- [7] 张文智,邓长贵.黑河水资源可持续发展对策研究[A].见:罗祖孝,魏万进.河西内陆河流域生态环境建设与社会经济可持续发展——甘肃省2003年学术年会文集[C].兰州:兰州大学出版社,2003.203-204.
- [8] 司建华,龚家栋,张勃.干旱地区生态需水量的初步估算——以张掖地区为例[J].干旱区资源与环境,2004,18(1):49-53.
- [9] 刘建泉,杨全生,丁国民,等.祁连山北坡森林生态系统的脆弱性及其恢复与重建对策[J].防护林科技,2002,(增刊):27-29.
- [10] 王国庆.张掖市沙化土地成因及治理对策探析[J].甘肃林业,2003,(增刊):147-149.
- [11] 张翠云,王昭,程旭学.张掖市地下水硝酸盐污染源的同位素研究[J].干旱区资源与环境,2004,18(1):79-85.
- [12] 薛军.张掖地区环境污染的现状分析[J].张掖科技,1996,(张掖地区生态学会论文专辑):5-6.

(上接第227页)

新疆棉区可持续发展。

## 5 新疆棉区可持续发展在水肥耦合效应方面近期研究的重点内容

新疆棉区可持续发展的基础是水肥资源的合理开发、利用和保护,其中以提高水肥资源利用效率的研究为重点。(1)简便实用“土壤植株测试推荐施肥技术”。基于养分平衡原理和3S技术的结合,建立适于县、乡、村直接使用的精准棉花施肥技术体系;(2)在水肥耦合研究的基础上,建立节水灌溉条件下棉花高产优质节水节肥综合技术体系;(3)培肥

参考文献:

- [1] 刘更另,邱建军.科学建设新疆棉区[J].作物学报,1998,11(6):641-649.
- [2] 文宏达,刘玉柱,李晓丽,等.水肥耦合与旱地农业持续发展[J].土壤与环境,2002,11(3):315-318.
- [3] 汪德水.旱地农田肥水协同效应与耦合模式.气象出版社,1999.84-152.
- [4] 刘志翼,吐尔逊·禾加,吴国强,等.论新疆棉花发展前景及对策[J].新疆农业科技,1996,新疆棉花专辑:2-11.
- [5] 田长彦.新疆棉花产业可持续发展面临的挑战与科技对策[J].干旱区研究,2001,4(18):62-67.
- [6] 山仑,邓西平.黄土高原半干旱地区的农业发展与高效用水[J].中国农业科技导报,2000,4:34-38.
- [7] 邓西平,山仑,稻永忍.旱地春小麦有限灌水高效利用的研究[J].干旱地区农业研究,1995,13(13):43-46.
- [8] 汪立刚,武继承,孙克刚.论旱地农业与节水[J].河南农业大学学报,2001,9(35):48-51.
- [9] 冯绍元,黄冠华,王凤新,等.滴灌棉花水肥耦合效应的田间试验研究[J].中国农业大学学报,1998,3(6):59-62.
- [10] 张润志,张广学.新疆棉花生产科研现状、存在问题和待研究课题[J].中国科学院院刊,1997(3):209-215.
- [11] 邢维芹,王林权,骆永明,等.半干旱地区玉米的水肥空间耦合效应研究[J].农业工程学报,2002,11(18):46-49.
- [12] 邢维芹,王林权,李生秀.半干旱区夏玉米的水肥空间耦合效应[J].农业现代化研究,2001,22(3):150-153.
- [13] 胡顺军,田长彦,王方,等.膜下滴灌棉花水肥耦合效应研究初报[J].干旱区资源与环境,2005,2(19):192-195.

和经营方向等的宏观调控,促进林业产业的健康发展。

## 2.6 依靠科技,提高林业经营管理质量

科技支撑是生态建设的核心。大力普及科技知识,推广科技含量高的研究成果,能够有效地促进林业的发展和提高林业的三大效益。要努力培养和用好土生土长的科技人才,充分发挥他们熟悉当地自然、人文环境,热爱故土,勤劳耐劳的特长,积极献身生态建设;要重视引进优秀人才,提高经营管理水平和质量;特别要重视引进先进技术、先进机制,大幅度增加科技含量,提高科技贡献率;加强继续教育和职业教育,积极鼓励知识创新、技术创新、机制重新,努力提高林业经营者和管理者的科学理念和技能,提高林业部门的组织、协调、执法、监督和服务能力。

棉田土壤、提高棉田土壤质量的关键技术;(4)研究灌溉条件下棉田土壤养分损失的主要途径和数量,找出提高养分利用率的关键技术,建立土壤-植株测试推荐施肥技术,形成有效的施肥技术体系,提高肥料利用率;(5)新疆是绿洲农业区,生态环境的保护和持续发展是非常重要的问题,对于绿洲农业区防止农药、化肥等化学污染就更为必要,建立棉田土壤环境健康的监控和管理体系;(6)提高作物的养分资源利用效率既可减少肥料投入以及由此带来的环境问题,又可提高农业生产经济效益,是新疆棉区可持续发展研究中的重要内容<sup>[4-12]</sup>。