

南疆棉区地面灌溉棉田高效节水灌溉方式研究

董合林¹, 伍维模², 毛树春¹, 王润珍¹

(1. 中国农业科学院棉花研究所, 农业部棉花遗传改良重点开放实验室, 河南安阳 455000; 2. 塔里木大学, 新疆阿拉尔 843300)

摘要: 研究了南疆地面灌溉条件下棉花生育期不同灌溉定额的土壤水分动态、棉株叶片水势动态、棉花耗水规律以及对棉花生长发育、产量和水分利用效率的影响。结果表明, 棉花全生育期灌溉定额 345 mm, 每次灌水量 60~75 mm, 土壤供水明显不足, 叶片水势下降较快, 棉株生育受到抑制, 减产严重; 灌溉定额 480 mm, 每次灌水量 90~105 mm, 在 15 d 左右的灌水周期内, 土壤供水适宜, 棉株生长稳健, 产量与充分灌溉相当, 水分生产效率显著高于低量灌溉和充分灌溉; 灌溉定额 615 mm, 每次灌水量 105~135 mm, 土壤水分偏多, 棉株生长过旺, 与适量灌溉相比并没有增产效果, 且耗水量加大、水分生产效率下降。在试验结果的基础上提出了南疆棉区合理的灌溉制度。

关键词: 南疆棉区; 地面灌溉; 灌溉方式

中图分类号: S562

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2007)04-0096-05

Study on High Efficient and Water Saving Irrigation Regime for Surface Irrigation in Cotton Region of South Xinjiang

DONG He-lin¹, WU Wei-mo², MAO Shu-chun¹ and WANG Run-zhen¹

(1. Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory for Cotton Genetic Improvement of Agricultural Ministry, Anyang He'nan 455000, China; 2. Tarim University, Alar Xinjiang 843300, China)

Abstract: Effects of the irrigation schedules of surface irrigation during cotton growing season on change of soil moisture and leaf water potential, water consumption, growth, yield and water use efficiency in cotton field were studied. The results showed: (a) by irrigating 345 mm during the whole season and 60~75 mm each application, the soil moisture supplying ability was obviously deficient, the drop of leaf water potential was faster, the cotton growth was inhibited, the yield sharply decreased; (b) by irrigating 480 mm during whole season and 90~105 mm each, the soil supplied sufficient water in 15 days alternation, the cotton grew steadily and vigorously, the yield equal to with full-irrigate, and the water use efficiency were higher than that of insufficient and full-irrigation; (c) by irrigating 615 mm during whole season and 105~135 mm each, the soil supplied too much water, the growth was too strong, the yield did not increased comparing with common irrigation schedule while the water consumption increased, and the water use efficiency was reduced. An rational irrigation regime for cotton production in south Xinjiang was proposed based on the studies.

Key words: Cotton region of south Xinjiang; Surface irrigation; Irrigation regime

南疆棉区深居内陆腹地, 气候干燥, 降水稀少, 蒸发强烈, 棉田用水完全依赖灌溉, 随着以棉花为主的作物种植面积的不断扩大, 水资源紧缺

的局面日益加剧, 已成为限制棉花生产的主要因素, 推行高效节水灌溉技术是南疆棉区棉花生产面临的关键问题^[1]。目前虽然南疆棉区棉田膜下

收稿日期: 2007-01-20 修回日期: 2007-02-20

基金项目: 农业部农业结构调整重大技术研究专项(04-07-03B)。

作者简介: 董合林(1964—), 男, 副研究员, 河南省内黄县人, 主要从事土壤肥料与节水灌溉研究。电话: 0372-2562224, 传真: 0372-2562299, E-mail: nutrition@cicaas.com.cn

滴灌技术在许多大型国有或地方农场发展较快,而广大农村地区由于受经济条件的限制,在今后一个时期内棉田仍将以地面灌溉方式为主,因此,在积极开展棉田喷(微)灌技术研究和应用的同时,也应重视改进和提高地面灌溉技术,促使传统地面灌溉技术向现代地面灌溉技术转变。改进和提高地面灌溉技术的措施,一是在技术方面通过应用土地平整技术改进田块微地形条件、应用高效节水地面灌溉技术等;二是在设计方面,制定合理的灌溉制度,保证灌溉系统得到合理设计^[2]。本试验通过研究南疆地面灌溉条件下棉花生育期不同灌溉定额的土壤水分动态、棉株叶片水势动态、耗水规律及对棉花生长发育、产量和水分利用效率的影响,以确定棉花生育期合理的灌水次数、灌水时间、灌水定额和灌溉定额,为制订精细地面灌溉技术方案提供基本依据。

1 材料与方法

试验在新疆阿克苏农一师三团试验站进行。试验地为灌耕棕漠土,质地轻壤,肥力中上等;试验期间地下水埋深 3 m 以下,0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 土层容重分别为 1.33、1.40、1.37、1.37、1.42 g·cm⁻³,0~60 cm 土层田间持水量 188.4 mm,0~100 cm 土层田间持水量 334.4 mm。

试验设计见表 1,随机区组排列,3 次重复,小区面积 112.2 m²。棉花品种为中棉所 35,04-14 播种,宽膜覆盖,行距配置为 55 cm+30 cm+55 cm+30 cm,株距 13.5 cm,密度 17.47 万株·hm⁻²;全生育期施氮肥(N)322.5 kg·hm⁻²,磷肥(P₂O₅)160.5 kg·hm⁻²,钾肥(K₂O)2.5 kg·hm⁻²;棉田灌溉方式采用地面灌溉,其他管理措施同大田。

表 1 各处理灌溉时间和灌水定额

Table 1 Irrigation dates and water supply under different treatment

灌水日期 Irrigation date	灌水定额 /mm Water supply		
	处理 1 Treatment 1	处理 2 Treatment 2	处理 3 Treatment 3
06-17	60	90	120
07-07	75	105	135
07-24	75	105	135
08-08	60	90	120
08-20	75	90	105
总灌溉定额 Total water supply	345	480	615

土壤水分采用烘干法测定,测定深度 0~100

cm,每 20 cm 取一个样,棉田播种后第 2 天(04-15)开始测定,至灌第 1 水前共测定 7 次,第 1 水后分别于每次灌水后 1~2 d、10 d 和下次灌水前 1 d 各测定 1 次,并在出苗、现蕾、开花和吐絮日期增加测定次数。棉株叶片水势用 HR-33T 露点微伏仪和 L-51 原位叶水势探头测定,分别于每次灌水后第 5 天、10 天和 15 天 10:00~11:00 测定各小区的棉株上部第 4 片叶水势。灌第一水前在各小区定 20 株棉花,分别于 06-15、06-30、07-15、08-15 日和 09-06 调查棉株高度、蕾数、花铃数和果节数,并测定棉株叶面积和干物质重量。

2 结果与分析

2.1 不同处理土壤水分动态

0~60 cm 土层是棉花根系主要分布层,也是土壤水分变化活跃的区域。图 1 表明,3 个处理从播种至灌第 1 水(06-17)前 0~60 cm 土层含水量均不断下降,但三者之间差异不显著,从第 1 水后土壤水分含量出现显著差异。3 个处理土壤含水量峰值均与灌水相对应,并随灌水后天数的增加而下降。各次灌水后 1~2 d,处理 1、处理 2 和处理 3 土壤相对含水量分别平均为 68.4%、96.6%和 112.2%,处理 1 土壤含水量明显低于田间持水量,处理 2 接近田间持水量,处理 3 明显高于田间持水量;灌水后第 10 天,处理 1、处理 2 和处理 3 土壤相对含水量平均分别为 52.3%、72.0%和 85.9%,处理 1 土壤水分含量已低于棉花蕾期、花铃期需灌溉指标(土壤相对含水量 55%),处理 2 土壤水分在适宜范围内(土壤相对含水量蕾期 60%~70%、花铃期 70%~80%),处理 3 土壤含水量仍过高;灌水后第 14~17 天,处理 1、处理 2 和处理 3 土壤相对含水量分别平均为 46.8%、59.9%和 71.6%,处理 1 土壤水分明显亏缺,处理 2 土壤水分开始表现不足,接近灌溉指标,处理 3 降到较适宜的土壤含水量范围。

2.2 不同处理棉花各生育时期的耗水规律

在本试验中,由于地下水位较深,棉花生育期间降雨稀少,试验小区四周设置围堰,无地表径流,因此可采用简化后的农田水分平衡方程计算棉花生育期耗水量,即 $E_t = I - (W_2 - W_1)$,式中, I 为生育阶段内的灌溉量(mm), W_1 和 W_2 分别为生育阶段开始时和结束时的土壤贮水量(mm), E_t 为生育阶段的耗水量(mm)。经计算,棉花各生育期的耗水量见表 2。从表 2 可以看

出,因出苗期棉田耗水全部为土壤蒸发,苗期棉田耗水也以土壤蒸发为主,而且这2个时期棉田未灌水,3个处理的耗水速率和耗水量均较低而且相等;蕾期,处理2和处理3的耗水速率和耗水量差异不显著,二者均显著高于处理1;花铃期是棉田耗水速率和耗水最大的时期,3个处理此期耗

水量均占其全生育期耗水量的50%以上,且3个处理的耗水速率和耗水量间均具有极显著的差异,即随着灌水量的增加,耗水速率和耗水量显著增大;吐絮期3个处理的耗水速率和耗水量间也具有极显著差异,其中以处理3最高,处理2次之,处理1最低。

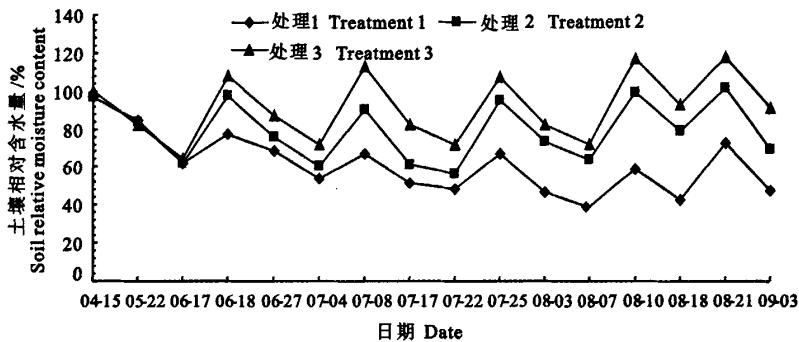


图1 不同处理0~60 cm土层含水量动态

Fig. 1 Changes of soil moisture content in 0~60 cm soil layers of difference treatment

表2 3个处理各生育期平均耗水速率和耗水量

Table 2 Average water consumption rate and water consumption during the different stage in three treatments

生育期 Growth stage	天数 Days	耗水速率/(mm·d ⁻¹) Water consumption rate			各生育期耗水量/mm Water consumption of different stage		
		处理1 Treatment 1	处理2 Treatment 2	处理3 Treatment 3	处理1 Treatment 1	处理2 Treatment 2	处理3 Treatment 3
出苗期 Sprouting stage	8	0.84 a	0.84 a	0.84 a	6.7 a	6.7 a	6.7 a
苗期 Seedling stage	41	1.68 a	1.62 b	1.68 a	68.9 a	66.3 b	68.9 a
蕾期 Bud stage	30	3.34 B	4.47 A	4.78 A	100.2 B	134.1 A	143.4 A
花铃期 Flower and boll stage	70	4.13 C	5.74 B	6.55 A	289.1 C	401.8 B	458.5 A
吐絮期 Boll opening stage	36	2.68 C	3.75 B	4.85 A	96.5 C	135.0 B	174.6 A

注:表中大写字母表示1%水平差异,小写字母表示5%水平差异,下同。

Note: the capital letter in the table show significant difference at 1% level, and the small letter show significant difference at 5% level, next the same.

2.3 不同处理对棉花生长发育的影响

2.3.1 不同处理对棉花营养生长的影响 由图2可见,3个处理在06-15(灌第1水前)株高相近,差异不显著;在第1水后13 d(06-30)3个处理的株高出现极显著差异,其中处理3株高分别比处理2、处理1多5.9 cm和25.1 cm,处理2株高比处理1多19.2 cm;至07-15,处理2和处理3株高增长仍较快,而处理1株高增长缓慢,处理1和其他2个处理的差异进一步加大;07-15以后,由于棉花打去顶心,3个处理的株高增加基本停止;处理3的最终高度分别比处理2、处理1多5.6 cm和34.5 cm,处理2棉株高度比处理1多28.3 cm,三者之间差异极显著。

06-15,3个处理单株干物质重差异不显著(图3);06-30、07-15,处理2、处理3的单株干物质重差异仍不显著,但均极显著高于处理1;07-30、08-

15两次测定结果,处理3、处理2、处理1三者差异均极显著,其中处理3和处理2之间差异较小,处理3、处理2与处理1均差异极大;08-15以后处理3和处理2之间的差异逐步减少,至09-06二者之间接近,无显著差异,但均与处理1差异极显著,处理1最终单株干物质重分别相当于处理3和处理2的66.0%和66.5%。

图4表明,06-15 3个处理的叶面积系数差异不显著;06-30、07-15两次结果,处理3的叶面积系数极显著高于处理2;07-30,处理2叶面积系数增加,而处理3表现下降,二者之间差异不显著;08-15、09-06结果表明,由于处理3生育后期田间荫蔽,下部叶片脱落较多,叶面积系数下降较快,处理2的叶面积系数逐渐高于处理3,08-15二者间差异不显著,至吐絮期的09-06处理2极显著高于处理3。灌水后各次调查结果表明,处理1的叶

面积系数均显著低于处理 2、处理 3。

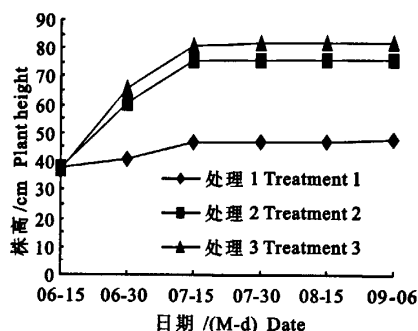


图 2 不同处理对棉株高度的影响

Fig. 2 Effect of different treatment on cotton plant height

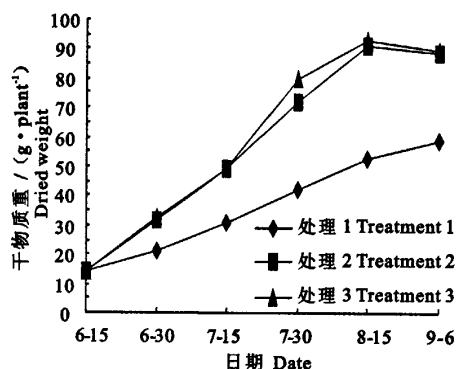


图 3 不同处理对棉株干物质积累的影响

Fig. 3 Effect of different treatment on cotton plant dry matter

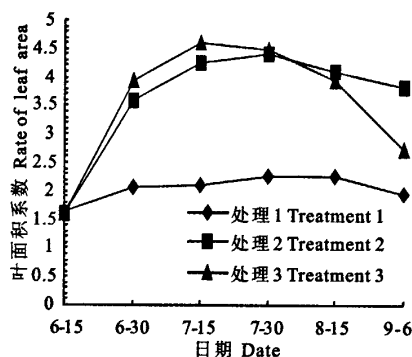


图 4 不同处理对棉株叶面积系数的影响

Fig. 4 Effect of different treatment on index of blade area

2.3.2 不同处理对棉花生殖生长的影响 灌水前(06-15)3个处理蕾数接近(图 5);06-30、07-15和 07-30,处理 2 与处理 3 的蕾数差异也不显著,处理 1 与处理 2、处理 3 蕾数差异极显著;08-15 处理 1 基本断蕾,而处理 2 和处理 3 蕾量也很少。

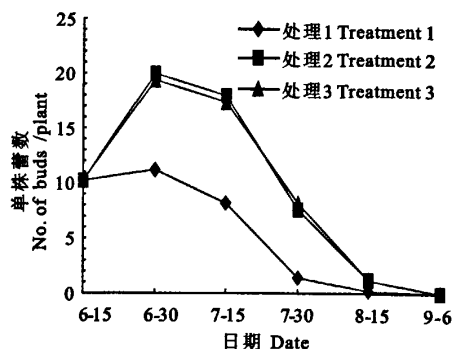


图 5 不同处理对棉株蕾数的影响

Fig. 5 Effect of different treatment on the number of floral buds

由图 6 可见,前期(06-30、07-15)处理 1 花铃数极显著高于处理 2、处理 3,但由于中后期水分供应不足,蕾和花铃脱落重,花铃数极显著少于处理 2 和处理 3。处理 3 与处理 2 相比,前期花铃数较低;中期(07-30、08-15)极显著高于处理 2;后期由于田间荫蔽,花铃脱落略较重,最终成铃数(09-06)与处理 2 相当。

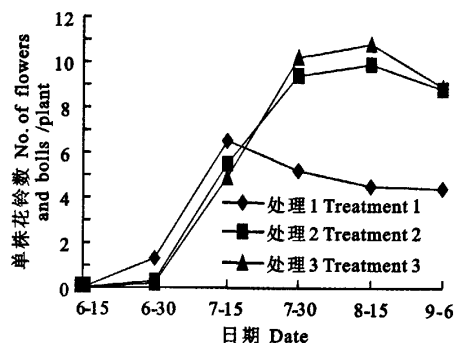


图 6 不同处理对棉株花铃数的影响

Fig. 6 Effect of different treatment on the number of flowers and bolls

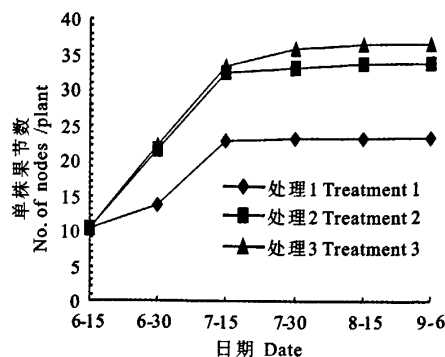


图 7 不同处理对棉株果节数的影响

Fig. 7 Effect of different treatment on the number of nodes

灌第 1 水后各次调查结果表明(图 7),处理 1

的果节数均极显著低于处理2和处理3。06-30、07-15日和07-30,处理3棉株果节数略高于处理2,但差异不显著;中后期(08-15、09-06)处理3长势偏旺,棉株果节数显著高于处理2。

2.4 各处理灌水后不同天数棉株叶片水势

图8为各次灌水后第5天、10天和15天3个处理棉株叶片水势平均值。灌水后5天,处理1、处理2和处理3的棉株叶水势平均分别为-1.08、-0.77、-0.69 Mpa,处理2和处理3差异显著,处理1与处理2、处理3之间差异均极显著;灌水后10 d,处理1、处理2、处理3的棉株叶片水势平均分别为-1.23、-0.91、-0.80 Mpa,差异极显著;灌水后15 d,处理1、处理2、处理3的叶水势平均分别为-1.58、-1.00、-0.91 Mpa,处理2与处理3差异显著,处理1与处理2、处理3之间差异均极显著。

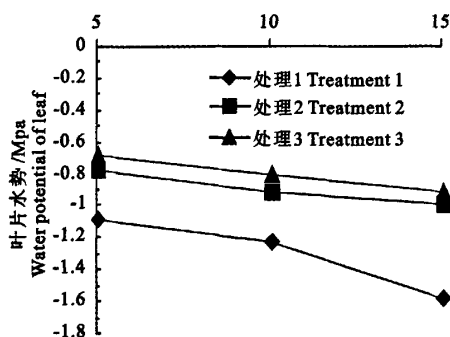


图8 各处理灌水后不同天数棉株叶片水势变化

Fig. 8 Changes of leaf water potential after different irrigation days

表3 不同处理棉花产量和水分生产率

Table 3 Yield and water use efficiency of different treatments

处理 Treatment	籽棉产量 /(kg·hm ⁻²) Yield of seed cotton	耗水量/mm Water consumption	水分生产率 /(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²) Water use efficiency
1	3905.9 B	561.4 C	6.96 B
2	5980.9 A	743.9 B	8.04 A
3	5965.5 A	852.1 A	7.00 B

2.5 不同处理对棉花产量及水分利用效率的影响

由表3可见,3个处理中处理2的产量最高,但处理2和处理3产量差异不显著,处理2、处理3与处理1相比产量差异均达到极显著水平,分别比处理1增产53.1%和52.7%。3个处理的全生育期耗水量随着灌水量的增加而增大,3个处理之间均达到极显著差异水平,处理3比处理1、处理2分别高290.7 mm和108.2 mm,处理2比处理

1高182.5 mm。水分生产效率以处理2最高,与其他两个均达到极显著水平,处理1和处理3差异不显著。以上结果表明,低灌溉量严重降低棉花产量,水分生产效率低;充分灌溉与适量灌溉相比并没有增产效果,但由于耗水量显著增加,水分生产效率明显下降;而适量灌溉既能保持与充分灌溉相同的产量水平,又能显著降低水分消耗,提高水分利用效率,实现节约高效用水。

3 讨论

3.1 棉田灌水定额和灌溉定额对棉田土壤水分状况及棉花生长发育、产量具有显著的影响^[3]。南疆棉区,地面灌溉棉田全生育期灌溉定额345 mm,每次灌水定额60~75 mm,在15 d左右的灌水周期内,土壤供水明显不足,棉株生长发育受到严重抑制,棉株发育矮小,干物质积累量少,各生育时期的叶面积系数明显降低,果节数和蕾铃数减少,产量显著下降。灌溉定额达到615 mm,每次灌水定额105~135 mm,土壤水明显偏多,棉花生长过旺,与适量灌溉相比,株高、干物质积累、叶面积系数及果节数、蕾铃均有增加,但最终结铃数和产量并没有增加。

3.2 灌水后不同天数3个处理的叶片水势与灌溉量具有显著的相关性^[4~6],即随着灌溉量的增大,叶片水势提高。灌溉量345 mm,灌水后第10天,叶片水势降到-1.23 Mpa,棉花表现缺水;灌溉定额480 mm,灌水后第15天,叶片水势为-1.00 Mpa,棉花开始出现缺水症状;灌溉定额615 mm,灌水后15 d,叶片水势仍较高,棉株生育正常。由此可见,适量灌溉每次灌溉时间间隔为15 d左右,充分灌溉每次灌溉的时间间隔为20 d左右。

3.3 充分灌溉与适量灌溉相比,不但没有增产效果,而且造成棉田的蒸散作用增强,棉田耗水量增大,水分利用效率明显下降。适量灌溉既能保持与充分灌溉相同的产量水平,又能提高水分生产率,实现节约高效用水^[7~9]。

3.4 南疆棉区棉花生育期适宜的灌溉定额为480 mm左右,蕾期灌水1~2次,每次灌溉量75~90 mm;花铃期灌水3~4次,每次灌溉量90~105 mm;吐絮期灌水1次或不灌。第一、二次灌水间隔12~15 d,以后各次灌水间隔15~18 d^[10~12]。

(下转第105页)

物量存在的密切关系所导致的,在玉树地区草地上植物相对果洛地区种类多、数量大,从而可得出玉树地区地下生物量也比果洛地区的丰富,玉树地区主要优势种以矮嵩草、小嵩草为主,而果洛地区主要优势种以紫花针茅、委陵菜、火绒草以及西伯亚蓼为主,两个地区主要优势种的不同对它们微量元素含量的不同产生了重要影响,虽然植物在正常生长过程中对微量元素需求量很少,一般作物体内微量元素的含量仅百万分之几到十万分之几^[15],但其作用却很重要,机制专一性很强。玉树土壤的成土母质以洪积为主,果洛地区以残积、坡积为主,这对不同地区土壤中微量元素的含量也产生了很大的影响。

4 小 结

在不同土层中有效锌随土层的加深其含量逐层减少,有效铜、有效锰随土层的加深其含量逐层增高;在轻度和中度退化草地土壤中的有效锌和有效铜随退化程度的减轻其含量逐渐增高;但在重度退化的草地土壤中其含量变化无规律,有待于进一步深入研究;玉树地区土壤中有效锌、铜、锰的含量都高于果洛地区。

参考文献:

- [1] 赵 忠,王安禄,马海生.青藏高原东缘草地生态系统动态定位监测与可持续发展要素研究[J]. 草业科学,2002,19(6):9~11.

- [2] 王柳英.保护青藏高原草原植被生态系统浅议[J]. 草业学报,1999,8(3):29~31.
- [3] 马玉寿,郎百宁,李青云,等.江河源区高寒草甸退化草地恢复与重建技术研究[J]. 草业学报,1998,19(9):5~9.
- [4] 马玉寿,郎百宁,王启基.“黑土型”退化草地研究工作的回顾与展望[J]. 草业科学,1992,11(2):5~8.
- [5] 李有福.谈达日县草地资源和草地改良[J]. 草业科学,2002,9(4):40~41.
- [6] 周兴民,王启基,张堰青,等.青藏高原退化草地的现状分析,调控策略和持续发展[A]. 高寒生态系统(第四集)[C]. 北京:科学出版社,1995. 263~268.
- [7] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999. 574~575.
- [8] [法]H. 奥贝尔,M. 潘塔著.土壤中的微量元素[M]. 北京:科学出版社,1982. 26~62.
- [9] 董全明,李青云,马玉寿,等.牦牛放牧率对小嵩草高寒草甸地上、地下生物量的影响[J]. 四川草原,2004,10(2):76~83.
- [10] 黄昌勇.土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000. 21~211.
- [11] 杨国治,潘佑明.土壤中重金属元素主成份分析[J]. 土壤通报,1986,17(4):109~111.
- [12] 候光炯.土壤学论文集[C]. 成都:四川科学技术出版社,1990. 79~100.
- [13] 赵 平,彭少磷,张经纬,等.恢复生态学[J]. 生态学杂志,2000,19(1):53~58.
- [14] 青海省农业资源区划办公室.青海土壤[M]. 北京:农业出版社,1997. 312~319.
- [15] 浙江农业大学.植物营养与肥料[M]. 北京:农业出版社,1991. 142.

(上接第 100 页)

参考文献:

- [1] 李良庚,刘梅清,刘德祥.西部大开发中新疆节水灌溉若干问题探讨[J]. 水利发展研究,2002,2(2):26~29.
- [2] 杨继富,李益农.新疆规模化农业类型区改进地面灌溉技术的初步成果[J]. 节水灌溉,2001,(4):8~11.
- [3] 赵都利,许玉璋,许 莹.花铃期缺水对棉花产量和品质的影响[J]. 西北植物学报,1990,18(增刊):42~47.
- [4] 徐邦发,杨培言,徐雅丽,等.南疆高产棉花灌溉生理指标研究[J]. 中国棉花,2000,27(3):14~15.
- [5] 程海林.干旱和复水对棉花叶片几种生理指标的影响[J]. 华北农学报,1995,10(4):82~85.
- [6] 李杰芬.植物生理学[M]. 北京:北京师范大学出版社,1988.
- [7] 伍维模,董合林,王 萍,等.水分与氮素对南疆膜下滴灌棉

花水分利用效率与蒸腾速率的影响[J]. 西北农业学报,2006,15(1):11~15.

- [8] 张晓伟,黄占斌,李秧秧,等.滴灌条件下玉米的产量和WUE效应研究[J]. 水土保持研究,1999,(1):73~76,99.
- [9] 邓西平.渭北地区冬小麦的有限灌溉与水分利用研究[J]. 水土保持研究,1999,(1):42~47.
- [10] 中国农业科学院棉花研究所主编.中国棉花栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1983.
- [11] 赵丰明.棉花高产高效节水灌溉技术研究[J]. 中国农村水利水电,2001,(2):28~30.
- [12] 蔡焕杰,邵光成,张振华.荒漠气候区膜下滴灌棉花需水量和灌溉制度的试验研究[J]. 水利学报,2002,(11):119~124.

作者：[董合林](#)，[伍维模](#)，[毛树春](#)，[王润珍](#)，[DONG He-lin](#)，[WU Wei-mo](#)，[MAO Shu-chun](#)，[WANG Run-zhen](#)

作者单位：[董合林](#)，[毛树春](#)，[王润珍](#)，[DONG He-lin](#)，[MAO Shu-chun](#)，[WANG Run-zhen](#) (中国农业科学院棉花研究所, 农业部棉花遗传改良重点开放实验室, 河南安阳, 455000)，[伍维模](#)，[WU Wei-mo](#) (塔里木大学, 新疆阿拉尔, 843300)

刊名：[西北农业学报](#)  

英文刊名：[ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OccIDENTALIS SINICA](#)

年，卷(期)：2007, 16 (4)

被引用次数：3次

参考文献(12条)

1. [李良庚](#), [刘梅清](#), [刘德祥](#) [西部大开发中新疆节水灌溉若干问题探讨](#) [期刊论文]-[水利发展研究](#) 2002 (2)
2. [杨继富](#), [李益农](#), [李福祥](#), [贾绿洲](#) [新疆规模化农业类型区改进地面灌溉技术的初步成果](#) [期刊论文]-[节水灌溉](#) 2001 (4)
3. [赵都利](#), [许玉璋](#), [许萱](#) [花铃期缺水对棉花产量和品质的影响](#) [期刊论文]-[西北农业大学学报](#) 1990 (z1)
4. [徐邦发](#), [杨培言](#), [徐雅丽](#), [杨涛](#) [南疆高产棉花灌溉生理指标研究](#) [期刊论文]-[中国棉花](#) 2000 (3)
5. [程海林](#) [干旱和复水对棉花叶片几种生理指标的影响](#) 1995 (04)
6. [李杰芬](#) [植物生理学](#) 1988
7. [伍维模](#), [董合林](#), [王萍](#), [陈康谓](#), [危常洲](#) [水分与氮素对南疆膜下滴灌棉花水分利用效率与蒸腾速率的影响](#) [期刊论文]-[西北农业学报](#) 2006 (1)
8. [张晓伟](#), [黄占斌](#), [李秧秧](#), [范新科](#) [滴灌条件下玉米的产量和WUE效应研究](#) [期刊论文]-[水土保持研究](#) 1999 (1)
9. [邓西平](#) [渭北地区冬小麦的有限灌溉与水分利用研究](#) [期刊论文]-[水土保持研究](#) 1999 (1)
10. [中国农业科学院棉花研究所](#) [中国棉花栽培学](#) 1983
11. [赵丰明](#) [棉花高产高效节水灌溉技术研究](#) [期刊论文]-[中国农村水利水电](#) 2001 (2)
12. [蔡焕杰](#), [邵光成](#), [张振华](#) [荒漠气候区膜下滴灌棉花需水量和灌溉制度的试验研究](#) [期刊论文]-[水利学报](#) 2002 (11)

本文读者也读过(10条)

1. [李东明](#), [孙宇](#) [试论节水地面灌溉技术的改进](#) [期刊论文]-[黑河学刊](#) 2007 (5)
2. [刘超峰](#), [周雪英](#) [新疆棉花产业用水灌溉研究](#) [期刊论文]-[甘肃科技](#) 2010, 26 (23)
3. [杨凤先](#), [郑健](#), [李新峰](#), [张四海](#), [刘翠娥](#) [采用喷灌在盐碱荒地上种植冬麦的丰产经验](#) [期刊论文]-[新疆农垦科技](#) 2000 (5)
4. [白美健](#), [许迪](#), [李益农](#), [李福祥](#), [Bai Meijian](#), [Xu Di](#), [Li Yinong](#), [Li Fuxiang](#) [畦面微地形时空变异分布状况试验研究](#) [期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006, 22 (4)
5. [周慧欣](#) [节水型地面灌溉新技术](#) [期刊论文]-[河北农业科技](#) 2008 (10)
6. [张玉平](#), [王俊](#), [孟杰](#), [ZHANG Yu-ping](#), [WANG Jun](#), [MENG Jie](#) [新疆棉花地面灌溉制度研究](#) [期刊论文]-[水资源与水工程学报](#) 2009, 20 (4)
7. [罗章](#), [于洪波](#) [滴灌技术在沙雅县棉花栽培中的应用](#) [期刊论文]-[现代农业科技](#) 2009 (8)
8. [周瑞莲](#), [Pasternak Dov](#), [赵哈林](#) [沙漠地区盐水灌溉对牧草产量及品质的影响](#) [期刊论文]-[应用生态学报](#) 2002, 13 (8)
9. [李传林](#) [高喷灌工艺在盐田港2.5万吨码头加固中的应用](#) [期刊论文]-[硅谷](#) 2008 (17)
10. [王忠新](#), [王明章](#), [李鹏](#) [地面灌溉的新技术方法](#) [期刊论文]-[黑龙江水利科技](#) 2008, 36 (5)

引证文献(3条)

1. [邹艳红, 乔军](#) [谈新疆发展节水灌溉的几个问题](#) [期刊论文] - [中国水运 \(下半月\)](#) 2011 (08)
2. [周和平, 王永增, 孙志锋, 陈金龙](#) [干旱新疆区不同灌溉模式灌溉定额及变化研究](#) [期刊论文] - [节水灌溉](#) 2013 (12)
3. [蒲胜海](#) [棉花膜下滴灌水盐调控及灌溉制度研究](#) [学位论文] 硕士 2009

引用本文格式: [董合林, 伍维模, 毛树春, 王润珍, DONG He-lin, WU Wei-mo, MAO Shu-chun, WANG Run-zhen](#) [新疆棉区地面灌溉棉田高效节水灌溉方式研究](#) [期刊论文] - [西北农业学报](#) 2007 (4)