

基于 COTTON2K 的华北平原和新疆 2 个棉区 棉花耗水特征比较

杨艳敏¹ 欧阳竹² 王淑芬³

(1. 中国科学院农业水资源重点实验室 河北省节水农业重点实验室 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 河北 石家庄 050021; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101; 3. 河北省农林科学院 滨海农业研究所 河北 唐山 063200)

摘要: 利用校正过的棉花模拟模型 COTTON2K 对华北平原和新疆的棉花生产和耗水进行了模拟, 分析 2 个地区棉花的耗水特征。结果表明 新疆石河子地区在水分充分供给条件下石河子的耗水量为 655 mm, 而禹城的耗水量为 541 mm; 石河子的平均产量几乎为禹城的 2 倍; 同时分析了 2 个站点产量和耗水量的关系以及不同生育期耗水规律和降雨的同期性。结果表明禹城的降雨能满足棉花 80% 的需水量, 灌溉时期主要集中在苗期和蕾期; 石河子的降雨仅能满足棉花需水的 21%; 另外, 石河子的水分利用效率大于禹城, 但是新疆的棉花生产基本依靠灌溉, 成本较高。

关键词: 棉花; COTTON2K; 耗水; 华北平原; 新疆

中图分类号: S562.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0229-04

Comparison of Cotton Growth and Water Use in North China Plain and Xinjiang Based on Cotton Simulation Model COTTON2K

YANG Yan-min¹ , Ouyang Zhu² , WANG Shu-fen³

(1. Key Laboratory of Agricultural Water Resources, Chinese Academy of Sciences and Hebei Key Laboratory of Water Saving Agriculture, Center for Agriculture Resource Research, Institute of Genetic and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China; 2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. Institute of Seashore Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Tangshan 063200, China)

Abstract: Based the modified cotton simulation model COTTON2K, comparison of growth and water use in the different region: North China Plain and Xinjiang was done. The result showed that evapotranspiration (ET) was 655 mm for Shihezi in Xinjiang and 541 mm for Yucheng in North China Plain. The yield in Shihezi is almost twice of that in Yucheng without water stress. At the same time, the relation between precipitation and ET were studied in different growth stages for the two areas. It showed that precipitation can satisfy 80% of water use for Yucheng and 21% for Shihezi. Water use efficiency for Shihezi is higher than that in Yucheng. But cost of cotton production is higher for Xinjiang due to its higher dependence on irrigation.

Key words: Cotton; COTTON2K; Water use; North China plain; Xinjiang

华北平原和新疆地区是我国棉花生产的 2 个重要基地, 并且这 2 个地区的地理位置、气候条件截然不同, 因此选择这 2 个地区利用棉花模拟模型 COTTON2K 对这 2 个地区长时间序列的棉花耗水特征进行对比, 分析棉花生产的优势, 为以后的全国棉花生产战略的部署提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

华北平原(图 1)是黄河流域棉区的主要组成部分, 约占全国棉花种植面积的 40%~50%。华北平原属于南温带亚湿润气候区, 热量条件好, 日照充

收稿日期: 2012-03-25

基金项目: 河北省应用基础研究计划重点基础研究项目(10960804D); 973 项目(2010CB951002)

作者简介: 杨艳敏(1972-), 女, 河北河间人, 博士, 副研究员, 主要从事作物模型和农业耗水研究。

通讯作者: 王淑芬(1972-), 女, 河北青县人, 博士, 助理研究员, 主要从事农田节水技术与原理及农业耗水模拟研究。

足。棉花生育期间 4~10 月份平均温度在 19~22℃。年降雨量适中,为 600~1 000 mm,但分布不均匀,且年际变幅较大,易发生旱、涝灾害。降雨多集中在伏天,往往加重了盛花期的蕾铃脱落。秋天气候凉爽干燥,有利于棉铃吐絮,但由于秋末降温较快,部分秋桃常为霜后花。棉花苗期易发生立枯病、碳疽病、根腐病,枯黄萎病混生传播蔓延较快。虫害以棉蚜、棉铃虫为主,尤其是 90 年代后棉铃虫的大发生,使本地区的棉花产量急剧下降。

新疆是我国植棉最历史最悠久的地区之一,植棉历史已有 1000 多年。是我国唯一的长绒棉生产基地,也是我国现代化植棉最先进的地区。新疆地处南温带至中温带干旱气候区。日照充足,雨量稀少,气候干旱,年平均相对湿度为 41%~64%,年蒸发量 1 800~2 100 mm。4~10 月份平均温度 17.5~24.9℃,昼夜温差大,一般为 12~16℃。本区的生

态条件有利于棉花的生长发育,蕾铃脱落少,成铃率及铃质量均较高,纤维品质好。棉花病虫害轻,海岛棉产区以枯萎病为主,陆地棉产区以黄萎病及角斑病居多;虫害以地老虎、棉盲蝻、棉铃虫为主,害虫发生世代少,危害轻。

本研究选取了禹城和石河子 2 个地点作为华北平原和新疆 2 个地区的典型代表进行模拟和比较。

1.2 研究方法

本研究采用已经校验的棉花模拟模型 COTTON2K 对华北平原和新疆地区的典型站点禹城和石河子棉花生长进行模拟,分析其产量和水分利用特征。模型的描述和校正过程见文献^[1-2]。气象数据来自中国气象局(1981~2003 年),输入数据包括逐日的太阳辐射、日最高和最低温度、风速和降雨。土壤数据和农业措施数据的输入见文献^[2-3]。灌溉采用自动灌溉,即缺水即灌。

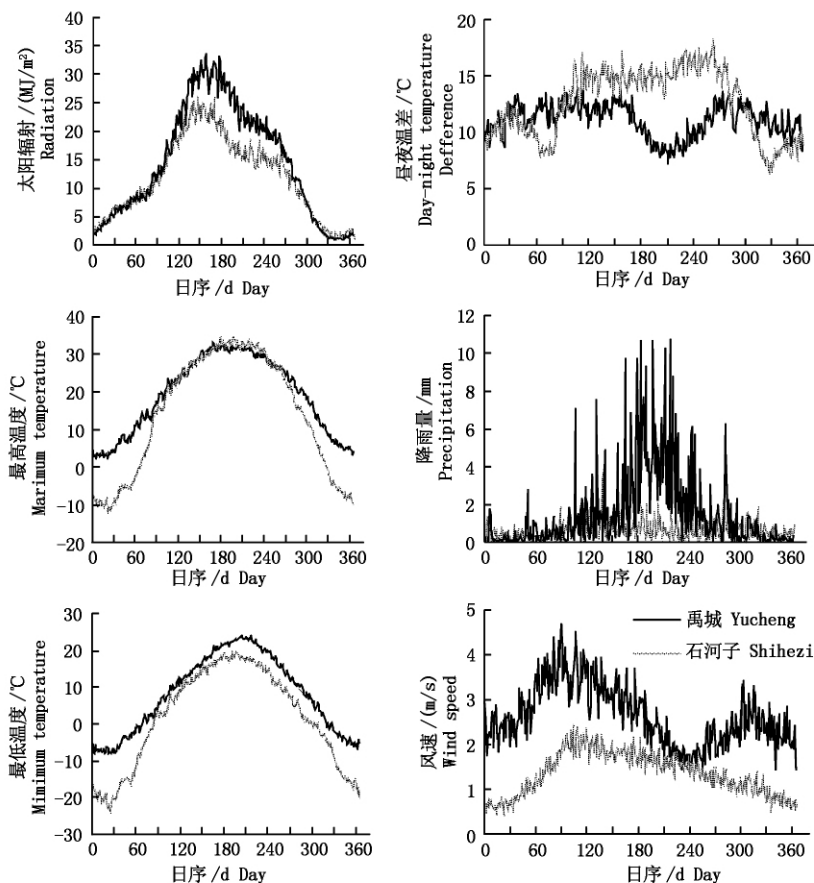


图 1 禹城和石河子逐日气象条件的比较

Fig. 1 Comparison of daily Meteorological factors of Yucheng and Shihezi

2 结果与分析

2.1 2 个站点逐日气象条件对比

图 1 是 2 个站点多年平均逐日气候数据的比较。禹城和新疆的年总有效辐射分别为 4 306, 5 310 MJ/m², 相差 1 000 MJ/m² 左右。日辐射量的

年变化趋势为二者在 120 d 之前和 300 d 之后相差不大,而在 120~300 d 内石河子的太阳辐射远远高于禹城。禹城的最高温度在 90 d 之前和 260 d 之后远远高于石河子,但在 90~260 d 之间几乎没有差异。石河子的最低温度在全年都低于禹城,但在 100~180 d 内差异较小。石河子的昼夜温差较大,

尤其是在 80 ~ 290 d 之间相差较大,但在 50 ~ 80 d 之间和 299 ~ 366 d 之间的温差 2 个站点相差不大或者略小于禹城。禹城和新疆的年降雨量分别为 557 218 mm。禹城的降雨集中在 160 ~ 260 d 之间,而新疆除了冬季降雨量较少外,其他时间相对比较平均。2 个站点的风速的年变化趋势不同,禹城的风速分布具有 2 个峰值,一个是在 90 d 左右,一个在 320 d 左右。而石河子的风速分布只有一个峰值,出现在 110 d 左右。禹城的日平均风速(2.64

m/s) 明显高于石河子(1.34 m/s)。

2.2 不同年份产量和耗水量的关系

通过对 1981 ~ 2003 年禹城和石河子 2 个地方棉花生长的模拟,可以看出石河子的棉花产量显著高于禹城(图 2)。石河子棉花耗水年际间变化不大,大约在 600 ~ 700 mm 之间,而禹城的棉花耗水因受降雨变化的影响年际间变化幅度较大,在 400 ~ 700 mm 之间变化。

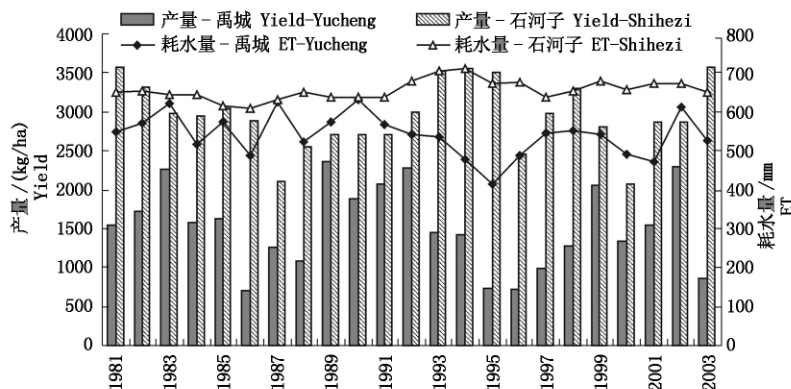


图 2 禹城和石河子棉花产量和耗水量关系的比较

Fig. 2 Comparison of yield and ET for cotton in Yucheng and Shihezi

表 1 禹城和石河子多年平均棉花水分利用效率的比较

Tab. 1 Comparison of cotton water use efficiency (WUE) averaged across long term between Yucheng and Shihezi

	耗水量/mm ET	降雨量/mm Precipitation	缺失量/mm Deficient amount	产量/(kg/hm ²) Yield	水分利用效率/(kg/m ³) WUE
禹城 Yucheng	540.9	433.8	107.1	1 524	0.28
石河子 Shihezi	655.2	135.1	520.1	2 958	0.45

在充分灌溉条件下,禹城棉花的平均耗水量为 540.9 mm,生长季的降雨能够满足 80% 左右的用水量,只有 107.1 mm 的用水不能满足,需要灌水来维持(表 1)。石河子的平均耗水量为 655.2 mm,降雨能够满足 135.1 mm,仅占总耗水量的 21%,尚有 79% 的耗水量需要灌水来满足。但是石河子的水分利用效率较高,平均为 0.45 kg/m³,禹城的水分利用效率相对较低,仅为 0.28 kg/m³。

2.3 不同生育期内棉花耗水规律

利用禹城和石河子 2 个站点 23 年充分灌溉条件下的水分模拟结果的平均值分析棉花不同时期的耗水规律。图 3 分别是整个生育期内地表蒸发量、植株蒸腾量和总耗水量变化趋势比较图。2 个站点的地表蒸发都是前期高后期低的趋势,前期石河子的地表蒸发高于禹城,后期二者相差不明显。在棉花生长的前期,植株较小蒸腾量较低,2 个站点相差不明显,蕾期以后石河子的蒸腾量显著高于禹城,但在吐絮后期由于石河子的低温和植株的早衰造成蒸腾量低于禹城。从总的耗水量来说,棉花生长旺盛的大部分时间内石河子的耗水量大于禹城,而后期

禹城稍高于石河子。

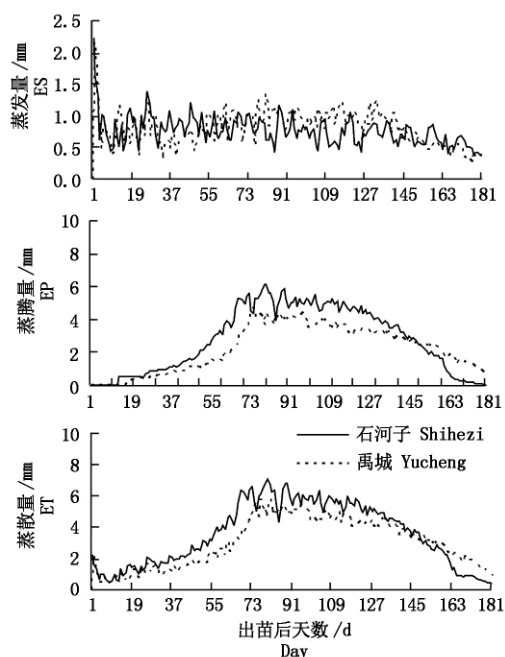


图 3 禹城和石河子棉花逐日蒸发(ES)、蒸腾(EP)和蒸散量(ET)的比较

Fig. 3 Comparison of daily evaporation transpiration and evapotranspiration in cotton field between Yucheng and Shihezi

在棉花生长的 4 个生育时期苗期、蕾期、花铃期和吐絮期 2 个地区土壤蒸发和植株蒸腾的比例见表 2。禹城棉田的水分消耗,在苗期约有 85% 是从地面蒸发的,而棉株蒸腾耗水仅占 15%;蕾期地面蒸发和棉株蒸腾耗水各占 50% 左右,植株蒸腾略强一点;花铃期地面蒸发和棉株蒸腾耗水分别占 36% 和 64%;吐絮后地面蒸发和棉株蒸腾耗水又基本趋于相等,地面蒸发略强一些。石河子的棉田水分消耗与禹城有大概相似的规律:在苗期地面蒸发耗水占 84%,棉株蒸腾耗水占 16%;蕾期地面蒸发和棉株蒸腾耗水各占 49% 和 51%;花铃期地面蒸发和棉株蒸腾耗水分别占 32% 和 68%;吐絮后地面蒸发和

棉株蒸腾耗水各占 56% 和 44%。苗期、蕾期、花铃期和吐絮期各个时期的耗水量占总耗水量的比例禹城为 24%,18%,40% 和 18%,石河子为 25%,21%,41%,13%。相对整个生长期而言,花铃期是棉花耗水最多的一个时期,占总耗水量的 40% 左右。花铃期是棉花一生当中最重要的一个时期,也是营养生长和生殖生长并进的时期,经常存在争光、争水和争肥的矛盾,所以在此期及时补充水量是非常关键的。再其次耗水量较多的时期是苗期,因地面裸露而导致蒸发散失水分较多,所以怎样减少苗期的无效蒸发是苗期的关键栽培管理技术,通常采用促其早发、中耕等栽培措施。

表 2 禹城和石河子棉花不同生育期耗水量的比较

Tab. 2 Comparison of ES (evaporation) ,EP (transpiration) and ET (evapotranspiration) in different growth stage of cotton in Yucheng and Shihezi

生育时期 Stage	蒸发 /mm ES	蒸腾 /mm EP	蒸散 /mm ET	降雨 /mm Rain	降雨 /耗水量 /% Rain/ET
禹城 Yucheng					
苗期 Seedling stage	109.3	19.5	128.8	64.2	50
蕾期 Budding stage	46.3	50.5	96.8	71.8	74
花铃期 Flowering and boll setting stage	77.2	138.9	216.0	227.0	105
吐絮期 Boll opening stage	50.5	48.7	99.2	70.8	71
总量 Sum	283.3	257.6	540.9	433.8	80
石河子 Shihezi					
苗期 Seedling stage	138.4	26.2	164.6	41.6	25
蕾期 Budding stage	65.4	69.4	134.8	18.0	13
花铃期 Flowering and boll setting stage	85.7	180.7	266.4	40.5	15
吐絮期 Boll opening stage	50.4	38.9	89.4	35.0	39
总量 Sum	339.9	315.3	655.2	135.1	21

通过分析耗水量和降雨量的同期性发现,禹城地区存在的水分问题主要是苗期和蕾期。在华北地区 80% 的降雨集中在夏季,春旱比较严重。但是棉花播种一般需要灌水,而苗期通常不鼓励再次灌水,苗期的轻微干旱有助于根系的形成,播种时的灌水可以维持苗期的耗水。但如果持续干旱到蕾期,则需要补充灌水,不然会导致蕾的严重脱落。在禹城花铃期的降雨概率大,雨量充足,23 年的模拟结果表明花铃期的降雨量能够充分满足其生长发育,不再需要灌水。禹城吐絮期的降雨量能够满足耗水量的 71%,此时期也基本不再需要灌水,后期的干旱有利于正常吐絮。由此看出禹城的棉花生产水分不是主要的限制性因子,利用自然降雨仍然能够达到可观的产量。而石河子的情况就不同了,降雨量少且分布不理想,如花铃期的降雨量仅占总降雨量的 1/3 左右,而禹城同期的降雨量占总降雨量的 1/2 左右。石河子的棉花种植要依靠灌溉,各个时期的

灌水量大小顺序依次是花铃期、苗期、蕾期和吐絮期。

3 讨论与结论

本研究利用模型对新疆和华北平原的典型站点石河子和禹城站的棉花生长进行了模拟,模拟结果表明,石河子在水分充分供给条件下平均产量几乎为禹城的 2 倍。同时分析了 2 个站点产量和耗水量的关系以及不同生育期耗水规律和降雨的同期性,结果表明石河子的水分利用效率大于禹城,但是新疆的棉花生产基本依靠灌溉,成本较高。而禹城的自然降雨能够满足棉花耗水量的 80% 左右,除播种所必须的灌水和特别干旱的年份外,在雨养条件下仍然可以获得一定的产量。

新疆的棉花生产,近年来不论是播种面积、单产还是总产量一直呈上升趋势,并居全国植棉省的首位。新疆棉花得以快速发展的主要原因有 3 点:其

一,新疆的光热资源丰富,棉花生产潜力具有很大的发展空间;其二,新疆没有病虫害的大发生;其三,新疆棉花的水分生产效率很高。新疆棉花的快速发展和华北平原棉花生产的滑坡形成鲜明的对比,华北平原棉花滑坡的原因主要为:病虫害的大发生使得生产成本提高;产量年际间变化较大,不稳定;水分利用效率低,比种植其他作物经济效益低。新疆的棉花生产也存在着一些潜在的问题,例如随着棉花的多年重茬种植和外来品种的引进,病虫害的威胁正在慢慢的增长,据报道新疆的一些地方开始有棉铃虫的严重发生。另外新疆棉花的生产基本上靠灌溉,成本较高。华北平原随着抗虫棉品种的引进,棉铃虫基本上得到了控制,生产正在恢复中。且华北平原雨量充足且雨热同季,具有发展棉花的优势。所以新疆的棉花的生产不会无休止的扩大,而华北

平原棉花的生产也不会永远的停滞不前,中国三大棉区西北内陆地区(新疆)、黄淮海流域(主要是华北平原)和长江中下游流域必然形成三足鼎立的局面。

参考文献:

- [1] Marani A. Cotton2K Model. <http://departments.agri.huji.ac.il/fieldcrops/cotton/Cotton2KModelDoc.htm>, 2000.
- [2] Yang Y, Ouyang Z, Yang Y *et al.* Simulation of the effect of pruning and topping on cotton growth using COTTON2K model [J]. *Field Crops Research*, 2008, 106 (2): 126 - 137.
- [3] 杨艳敏, 刘小京, 欧阳竹. 棉花模拟模型 COTTON2000 在新疆精准种植中的应用 [J]. *中国农业生态学报*, 2005, 13(3): 123 - 126.