

新疆棉花光温生产潜力估算与分析

徐文修^{1,2}, 牛新湘³, 边秀举^{2*}

(1. 河北农业大学, 保定 071001; 2. 新疆农业大学, 乌鲁木齐 830052;
3. 新疆农业科学院土壤肥料研究所, 乌鲁木齐 830091)

摘要: 依据《新疆棉花区划新论》, 从光热资源的角度, 对新疆各个棉花分区的光合生产潜力、光温生产潜力进行了测算与分析。结果表明, 新疆光热资源丰富, 各棉花亚区的光合生产潜力都很高, 平均高达 $13076.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 是近三年棉花平均现实生产力的 8.6 倍。光温生产潜力达 $4391.2 \sim 5502.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比现实生产力高出 2.3~3.9 倍。其中, 中熟棉亚区的光温生产潜力最高, 达 $5502.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其余依次是早中熟棉亚区、早熟棉亚区、特早熟棉亚区。

关键词: 光温生产潜力; 棉花; 新疆

中图分类号: S562 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2007)06-0455-06

The Calculations and Analyses on Thermal Production Potential of Cotton in Xinjiang

XU Wen-xiu^{1,2}, NIU Xin-xiang³, BIAN Xiu-ju^{2*}

(1. Hebei Agricultural University, Baoding 0710032, China; 2. Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 3. Institute of Soil and Fertilizer research, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract: According to *New Theory of Compartmentalizing Xinjiang Cotton Regions*, the radiation production potential and thermal production potential in every cotton sub-region of Xinjiang were calculated and analyzed based on light and heat resources. The results were as follows: Xinjiang were abundant in light and heat resources, the radiation production potential of cotton was very high in each cotton sub-region. The mean value was $13076.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, which was 8.6 times of its average yield the last three years. The thermal production potential of Xinjiang cotton accounted $4391.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ to $5502.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, but it was still 2.3 to 3.9 times higher than its reality production. Among various cotton sub-regions of Xinjiang, the thermal production potential in mid maturity cotton sub-region was highest, the value hit $5502.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. From high to low, the rest were early-mid maturity cotton sub-region, early maturity cotton sub-region and special-early maturity cotton sub-region.

Key words: thermal production potential; increasing yield potential; cotton; Xinjiang

作物生产力及其增产潜力的研究, 始终是国内外科技工作者不断探索的课题之一。从 1960 年开始^[1], 我国的科技工作者就进行了作物气候生产潜力的研究, 但大多数都集中在对粮食作物和豆类作物生产潜力的测算^[1-14], 棉花生产潜力研究相对较少。90 年代后对棉花生产潜力的研

究开始增多^[15-25], 其中有对新疆石河子地区^[20]、库车干旱灌区^[22]、阿拉尔垦区^[23]、北疆^[24]等棉区棉花的生产潜力分别进行了研究。本文将在前人研究的基础上, 将从新疆棉花区划的角度, 全面系统地对新疆四个棉花亚区的棉花生产潜力进行全面测算分析。

新疆作为我国三大棉花优势产区之一,已建成全国最大的优质商品棉生产基地。2000年全区棉花播种面积突破100万 hm^2 ,而且平均每年以2.7%的速度增加,至2005年全区棉花播种面积已达115.8万 hm^2 。总产量由1990年的46.9万t,增长到2005年的195.7万t,增长了3.2倍。特别是通过国家在“九五”和“十五”的连续支持,极大地提高了新疆优质棉的生产水平和综合生产能力,使棉花总产量、出口量、单产水平持续几年名列全国首位。南北疆各县及团场相继出现了单产超过3000 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的成功范例^[25-28,34],而且棉花单产高产纪录不断涌现,并不断刷新全国棉花单产纪录。2000年策勒县高产试验田,单产皮棉达3750 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上,个别田块达到4002 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ^[26],2001年轮台县5.8 hm^2 棉田,棉花单产达到4050 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ^[27];2004年农二师三十三团7.67 hm^2 棉田,单产皮棉达3552 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。新疆棉花单产能否再上一个台阶,不仅与先进的栽培技术有关,还与当地的气候条件密切相关,本文结合2001年新疆棉花划分新论^[29],从光热自然资源的角度,分析新疆各个棉区光温生产潜力,揭示新疆棉花可能实现的最大生产力,从而展示新疆各个棉区棉花高产再高产的潜力前景,为新疆棉花高产栽培技术及其持续高产研究提供理论依据和信息。

1 新疆棉区的划分及概况

依据新疆棉花区划新论,新疆棉花可划分为中熟棉亚区、早中熟棉亚区、早熟棉亚区、特早熟棉亚区。

中熟棉亚区位于天山东段山间吐鲁番盆地中,包括吐鲁番市、鄯善、托克逊县及兵团221团,是我国地势最低、热量最丰富的地区。该区域不仅适宜种植中熟长绒棉和中晚熟陆地棉,而且也非常适宜葡萄和瓜果生产。由于葡萄、瓜果优质高产,经济效益高于棉花,棉花生产受到抑制,使该棉花亚区成为新疆棉花种植面积最少的区域,平均每年播种面积1.3万 hm^2 ,仅占全疆棉花播种面积的2.1%。

早中熟棉亚区主要分布于天山以南,环绕塔里木盆地边缘的各个县市和团场以及位于东疆的哈密地区,是新疆棉花种植面积最大的区域。该区域光热条件仅次于中熟棉亚区,也是适宜种植早熟长绒棉的区域。自80年代以来,该亚区棉花

面积不断扩大,从1980年的8.5万 hm^2 ,增加到2005年的38.4万 hm^2 ,增加了3.5倍。总产从1980年的3.03万t,增长到2005年的67.04万t,增加了21.1倍。自2000年以来,平均每年播种面积占全疆棉花播种面积的58.2%,总产占全疆棉花总产量的58.8%。该亚区不仅播种面积大,而且棉花总产、单产均高,近三年平均单产达1706.9 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,新疆棉花高产记录均出现在该区域。

早熟棉亚区是仅次于早中熟棉亚区的第二大棉花主产区。该区域包括南、北疆两大片,其中以北疆面积最大。北疆是位于天山北坡,准噶尔盆地西南缘,古尔班通古特沙漠以南的县市和团场;南疆是位于塔里木盆地最西部的部分县市。在把新疆建成国家最大的商品棉基地的政策指导下,以北疆为主的棉花播种面积不断扩大,由1980年的1.6万 hm^2 ,增加到2005年的19万 hm^2 ,增加了10.9倍,是全疆棉花面积增长最快最大的区域。该棉花亚区平均每年棉花播种面积占全疆棉花播种面积的28.7%,总产量占全疆总产量的29.3%。

特早熟棉亚区是90年代后的新兴棉区,主要集中在准噶尔盆地西南部海拔400m以上的地区,以及南北疆零星植棉区。该亚区棉花平均播种面积占全疆棉田的11%,总产9.7万t,占全疆总产的10.3%。

2 棉花生产潜力测算方法

2.1 光合生产潜力测算方法

光合生产潜力是在温度、水分、土壤、品种以及其它农业技术条件处于最佳状态时,完全由光合有效辐射决定的生产潜力^[30-31],是作物获取太阳能可能形成的理想最高产量,是产量的理论上线,其测算公式^[15]为:

$$Y = C f(Q) \\ = C \epsilon \Omega \Phi (1-\omega)(1-\beta)(1-\gamma)(1-\rho)(1-\omega)(1-\xi)^{-1} \\ (1-\eta)^{-1} q^{-1} E f(L) \Sigma Q$$

式中:Y为光合生产潜力($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);C=10000.5,为单位换算系数; ΣQ 为生育期内的太阳总辐射($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$); ϵ 为光合有效辐射系数,徐德源^[32]等计算得出,北疆和哈密盆地为0.48,南疆和吐鲁番盆地为0.50。结合新疆棉花生产实际和相关文献资料^[22-24],其它参数的意义和取值分别是: Ω 是作物光合固定 CO_2 能力的比例,为

1.0; Φ 是光合作用量子效率,为 0.224; α 为作物群体的反射率,为 0.06; β 是植物群体透射率,为 0.08; γ 是超过光饱和点光的比例,为 0.01; ρ 为非光合器官截获辐射比例,为 0.1; ω 是呼吸消耗占光合产物的比例,为 0.3; ξ 是植物无机灰分含量,为 0.08; η 是成熟产品的含水率,为 0.04; q 是棉花干物质含能量,取值为 17.8 MJ · kg⁻¹; E 为皮棉经济系数,取 0.16; $f(L)$ 是作物叶面积动态变化订正值,为 0.49。

2.2 光温生产力的测算

作物光温生产潜力是在水分和土壤等自然因素及社会经济条件最优的前提下,由光照和热量两个因素共同决定的最大产量。对于灌溉农田而言,光温生产潜力可视为作物可以实现的最高产量水平。本文采用联合国粮农组织(FAO)推荐的农业生态区域法^[33](AEZ),测算新疆四大棉亚区光温生产潜力。

当 $y_m \geq 20 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 时, $y_{mp} = CL \cdot CN \cdot CH \cdot G \cdot [F(0.8 + 0.01y_m)y_0 + (1-F)(0.5 + 0.025y_m)y_c]$

当 $y_m < 20 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 时, $y_{mp} = CL \cdot CN \cdot CH \cdot G \cdot [F(0.5 + 0.025y_m)y_0 + (1-F)(0.05y_m)y_c]$

式中 y_m 是一定气候条件下的最大干物质生产率(kg · hm⁻² · h⁻¹); y_{mp} 是光温生产力(kg · hm⁻²); $CL=0.44$, 是叶面积校正系数; $CN=0.55 \sim 0.6$, 是净干物质产量校正系数; $CH=0.4 \sim 0.5$, 是子棉经济系数, CH 乘皮棉系数(衣分 0.35 ~ 0.41)即为皮棉产量; $G=183 \sim 202 \text{ d}$ 是棉花全生长期; F 是云层覆盖率; y_0 是一定地点,作物在全

阴天时作物总干物质生产量(kg · hm⁻² · d⁻¹); y_c 是一定地点,作物在全晴天时作物总干物质生产量(kg · hm⁻² · d⁻¹)

2.2.1 气象资料来源。应用自治区气象局和兵团有关团场气象站 1951—1990 年的月、旬平均气温、日照时数、日照百分率等资料。计算太阳短波辐射值时的 a 、 b 系数是用新疆各地气象台站资料^[7]。

2.2.2 棉花生长期的确定。依据新疆气象资料(1951—1990 年),根据秋季初霜期的早晚,春季日平均气温稳定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的日期,以及结合生产实践和科研成果,确定新疆棉区棉花全生育期的平均天数分别是:特早熟棉亚区和早熟棉亚区均为 183 d(4 月 10 日—10 月 10 日);早中熟棉亚区为 198 d(4 月 5 日—10 月 20 日);中熟棉亚区为 202 d(4 月 1 日—10 月 20 日)。

3 结果及分析

3.1 棉花光合生产潜力

光合生产潜力在现实中是不可能实现的,但是它可以反映一个地区光能资源的多少。通过对新疆各棉花亚区棉花光合生产潜力的计算以及各棉花亚区光合生产潜力的比较(表 1),可以看出,各棉花亚区的光合生产潜力都很高,平均高达 13076.7 kg · hm⁻²,是近 3 年棉花平均现实生产力的 8.6 倍。而且光合生产潜力是随着太阳辐射量的增减而增减的,以太阳辐射量最高的中熟棉亚区,光合生产潜力值最大。这充分说明,新疆各棉花亚区的光资源非常丰富。

表 1 新疆不同棉花亚区的棉花生产潜力

Table 1 The potential cotton productivity in different cotton sub-regions of Xinjiang

kg · hm⁻²

棉区	光合生产潜力	光温生产潜力	现实生产力	增产潜力/%
中熟棉亚区	13621.7	5502.6	1259.7	336.8
早中熟棉亚区	13355.9	5151.9	1517.2	201.8
早熟棉亚区	12583.1	4905.3	1619.7	202.9
特早熟棉亚区	12746.0	4391.2	1497.4	193.3
平均	13076.7	4987.8	1520.9	232.5

3.2 棉花光温生产潜力

尽管新疆光资源极为丰富,但是由于受热量资源的影响,使光合生产潜力平均损失了 61.9%,即各棉花亚区光温生产潜力只发挥了光合生产潜力的 34.5%~40.4%,即使这样也比现实生产力

高出 1.9~3.4 倍,平均是现实生产力的 3.3 倍。其中,中熟棉亚区的光温生产潜力最高,平均达 5502.6 kg · hm⁻²,其余依次是早中熟棉亚区、早熟棉亚区、特早熟棉亚区。由于新疆棉田是灌溉农业,理论认为灌溉水完全可以满足棉花生长发

育的需要,气候生产潜力就等于光温生产潜力,这就预示着光温生产潜力就是棉花生产可以实现的最高产量水平。因此,新疆棉田在目前生产力水平条件下,棉花单产的增产潜力巨大,为了进一步明确新疆各个县棉花单产的增产潜力,本文对各个棉花亚区的主要植棉县以及新疆高产记录县的光温生产潜力进行了分析。从表2可以看出,位于东疆、属于早中熟棉亚区的哈密、红星二场、淖毛湖农场棉花平均光温生产潜力基本上与中熟棉亚区相同,是全疆光温生产潜力次高的棉区。环绕塔里木盆地边缘早中熟棉亚区中的其它县,以

尉犁县光温生产潜力最高,达 $5309.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比该棉亚区光温生产潜力最低的阿克苏市高出16.8%。早熟棉亚区光温生产潜力最高的是乌苏县,最高达 $5213.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。其它县依次是沙湾、精河、阿克陶、喀什、叶城、奎屯等,其中奎屯最低,为 $4779.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。特早熟棉亚区以呼图壁光温生产潜力最高,达 $4968.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,其余各县依次为玛纳斯、石河子、昌吉、和静、和硕、霍城、博乐、察布查尔、伊宁、拜城等。该区是光温生产潜力变幅最大的棉区,最高光温生产潜力比最低的高出 $1011.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

表2 新疆主要棉花县、市棉花光温生产潜力值

Table 2 The thermal production potential in main planting cotton counties and cities of Xinjiang $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

棉区	主要植棉县、市	光温生产潜力		
		最高值	最低值	平均值
中熟棉亚区	吐鲁番、托克逊、鄯善	5549.2	5421.8	5502.6
早中熟棉亚区	哈密、红星二场、淖毛湖农场等	5518.8	5333.0	5501.6
	尉犁、库尔勒、沙雅、伽师、巴楚	5309.3	4545.4	5187.6
	沙车、新和、麦盖提、库车、民丰			
	于田、和田、阿瓦提、阿克苏等			
	轮台*			5158.8
	策勒*			5037.0
早熟棉亚区	乌苏、沙湾、精河、阿克陶、喀什等	5213.9	4779.0	4905.3
特早熟棉亚区	呼图壁、玛纳斯、昌吉、和静、和硕	4968.4	3957.4	4391.2
	霍城、博乐、察布查尔、伊宁、拜城等			

注: * 为高产记录所在县

3.3 新疆棉花增产潜力

目前新疆棉花单产水平较高,不仅位于全国首位,而且也名列世界前列。但是从新疆光热资源角度来说,棉花生产力水平并不是很高,只是全区棉花平均光温生产潜力的30.5%,也就是说还有69.5%的光温生产潜力并未发挥出来。就四个棉花亚区相比而言,中熟棉亚区光温生产潜力发挥程度最低,只有22.9%,其余三个棉亚区的发挥程度为33.0%~34.1%。从新疆曾出现的高产记录来看,策勒县试验田 $4002 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 产量记录发挥了其79.5%的光温生产潜力,轮台试验田 $4050 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 产量记录也发挥了其光温生产潜力的78.5%。这说明只要采用科学的耕作栽培技术、优良的棉花品种,发挥70%的光温生产潜力,即实现 $3491.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 产量水平完全是可行的,由此可知,新疆棉花单产还有巨大的增产潜力可以挖掘。结合新疆“十一五”棉花发展规划,

到2010年全区棉花平均单产实现 $1800 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上,即发挥36.1%的光温生产潜力。若以发挥50%的平均光温生产潜力为中长期目标,新疆棉花单产可达 $2493.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比目前棉花平均单产将高出64.0%。其中,中熟棉亚区最高,达 $2751.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,其次依次为早中熟棉亚区 $2576.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、早熟棉亚区 $2452.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、特早熟棉亚区 $2195.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

4 结论与讨论

4.1 揭示了新疆棉花生产力的理论上限

新疆光资源非常丰富,棉花平均光合生产潜力达 $13076.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。其中,以太阳辐射量高的中熟棉亚区光合生产潜力值最大,达 $13621.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,其余依次为早中熟棉亚区、特早熟棉亚区、早熟棉亚区。尽管光合生产潜力在生产实践中无法实现,但它表明了新疆棉花生产力的最高

理论值。

4.2 揭示新疆各棉花亚区的光温生产潜力值

由于受热量资源的影响,新疆各棉花亚区光温生产潜力只发挥了光合生产潜力的 34.5%~40.4%,其中中熟棉亚区的光温生产潜力最高,达 5502.6 kg·hm⁻²,其余依次是早中熟棉亚区 5151.9 kg·hm⁻²、早熟棉亚区 4905.3 kg·hm⁻²、特早熟棉亚区 4391.2 kg·hm⁻²。

4.3 新疆棉花增产潜力巨大

新疆棉花平均光温生产潜力为 4987.8 kg·hm⁻²,是平均现实生产力的 3.3 倍。随着棉花耕作栽培技术的不断进步、棉花高产抗逆品种的应用、大面积节水灌溉技术的推广等,棉花光温生产潜力可实现的程度会越来越高。若以中长期目标实现 50%的光温生产潜力计算,棉花单产可达到 2493.9 kg·hm⁻²,在现有生产规模的基础上,棉花总产可达 288.8 万 t。此外,随着伊犁河流域、塔里木河流域等引水工程的竣工,棉花生产规模将在现有水平上可再增加 66.7 万 hm² 的生产能力。若新增棉田以发挥棉花光温生产潜力 30% 计算,棉花单产可达到 1496.3 kg·hm⁻²,新增棉田的生产能力可达 99.5 万 t,由此可见,未来新疆棉花生产仍然有很大的增产潜力。

4.4 提高新疆棉花增产潜力的途径

提高新疆棉花增产潜力要从内、外因两方面入手:首先,要改进或培育适合各棉花亚区生产和生态条件的棉花品种^[37-38],以挖掘棉花内在的遗传潜力,其性状要求是高光效、抗逆、高产、优质,这是棉花增产的重中之重。其次,要加强栽培管理技术,不仅构建合理的棉花群体结构,而且通过先进的灌溉技术、精准施肥、病虫害综合防治、田间监测与调控等技术使可控因子的数量和质量达到最优,以提高棉花对环境资源的转化效率,从而最大程度地发挥棉花光温生产潜力,最终实现新疆棉花产量的进一步提高。

致谢:本文得到了毛树春研究员的悉心指导,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

[1] 竺可桢. 论我国气候的几个特点及其与粮食作物的关系[J]. 地理学报, 1964, 30(1): 3-15.
[2] 黄秉维. 自然条件与作物—光合潜力[M]//农业现代化概念. 北京:中国科技科学技术情报所, 1978(3):

45-63.

[3] 于沪宁,李伟光. 农业气候资源分析和利用[M]. 北京:气象出版社, 1985.
[4] 于沪宁,赵丰收. 光热资源和农作物的光热生产潜力——以河北省栾城县为例[J]. 气象学报, 1982(3): 73-80.
[5] 李克煌. 河南作物生产潜力的估算和分析[J]. 中国农业气象, 1981, 2(3): 8-13.
[6] 邓根云,冯雪华. 我国光温资源与气候生产潜力[J]. 资源科学, 1980(4): 13-18.
[7] 陈明荣,龙斯玉. 中国气候生产潜力区划的探讨[J]. 资源科学, 1984(3): 74-81.
[8] 侯光良,刘允芬. 我国气候生产潜力及分区[J]. 资源科学, 1985(3): 54-61.
[9] 王宏广. 中国粮食问题 潜力 道路 效益[M]. 北京:中国农业出版社, 1993: 111-180.
[10] 祖世亨,魏松林. 黑龙江省气候生产潜力研究[J]. 黑龙江气象, 2001(2): 35-39.
[11] 肖厚军,蒋太明,夏锦慧,等. 贵州主要作物生产潜力估算与分析[J]. 西南农业学报, 2004, 17(5): 583.
[12] 李登科,刘笃惠,刘耀武. 冬小麦气候生产力的宏观动态模拟模型[J]. 干旱地区农业研究, 1992, 10(4): 1.
[13] 杨昌达,李明刚. 贵州粮食生产潜力及土地人口承载力初步研究[J]. 耕作与栽培, 1992(5): 59.
[14] 刘建栋,傅抱璞,金之庆,等. 应用 ARID CROP 模型对中国黄淮海地区冬小麦气候生产力的数值模拟研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(3): 282.
[15] 高素华. 中国三北地区农业气候生产潜力及开发利用对策研究[M]. 北京:气象出版社, 1995.
[16] 邱建军,宇振荣,肖炎南,等. 新疆棉花单产潜力预测研究[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(3): 89-91.
[17] 李文炳. 山东棉花[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2001: 26-27.
[18] 马新明,周永娟,陈伟强. 基于 GIS 的河南省棉花自然生产潜力研究[J]. 棉花学报, 2006, 18(5): 289-293.
[19] 潘学标,韩湘玲,董占山,等. 棉花生长发育模拟模型 COTGROW 的建立 I 光合作用和干物质生产与分配[J]. 棉花学报, 1997, 9(3): 132-141.
[20] 吕新,陆嘉惠. 新疆石河子地区棉花生产潜力潜势研究[J]. 石河子大学学报:自然科学版, 1998, 2(3): 199-204.
[21] 吕新,赵朝阳,边新志. 棉花气候资源分析系统的初步研究[J]. 石河子大学学报:自然科学版, 1999, 3(1): 17-20.
[22] 王冀川. 库车干旱灌区农作物生产潜力分析及开发利用[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(4): 104-109.

- [23] 王建勋, 庞新安, 伍维模, 等. 新疆阿拉尔垦区棉花种植气候生产潜力分析[J]. 干旱区研究, 2006, 23(4): 623-626.
- [24] 徐文修, 许秉钊. 北疆棉花生产力及生产潜力的研究[J]. 棉花学报, 2002, 14(2): 113-116.
- [25] 娄春垣. 棉花高产新品种豫棉 15 号的引进示范与推广[J]. 新疆农业科学, 1998(2): 60-61.
- [26] 张鹤年, 赵元杰, 邵继红, 等. 新疆策勒棉花特高产栽培模式研究初报[J]. 中国棉花, 2000, 27(7): 16-17.
- [27] 朱玉国. 棉花高密度栽培在棉花高产县及新疆的实践[J]. 中国农学通报, 2004, 20(6): 153-155.
- [28] 吴云建, 曹护林, 齐海江. 浅析棉花大面积高产的实践经验[J]. 新疆农垦科技, 2003(5): 6-8.
- [29] 姚源松. 新疆棉花区划新论[J]. 中国棉花, 2001, 28(2): 2-5.
- [30] 刘巽浩. 耕作学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 31-32.
- [31] 于沪宁, 李伟光. 农业气候资源分析和利用[M]. 北京: 气象出版社, 1985: 36-45.
- [32] 徐德源. 新疆农业气候资源及区划[M]. 北京: 气象出版社, 1989.
- [33] FAO. 产量与水的关系[M]. 罗马: FAO[出版者不详], 1979, (33): 10-24.
- [34] 张鹤年. 塔克拉玛干沙漠南缘—绿洲过渡带生态环境区综合治理技术与试验示范研究[J]. 干旱区研究, 1995, 14(4): 1-9.
- [35] 吴玉新. 干旱荒漠区棉花优质高产栽培技术[J]. 中国棉花, 1997, 24(9): 27-28.
- [36] 潘学标. 新疆棉花生产现状与持续发展前景[J]. 新疆农业科学, 1998(4): 44-46.
- [37] 黄顶元. 新疆早熟棉亚区的棉花育种目标[J]. 新疆农业科技, 2005(3): 22.
- [38] 邓福军, 林海, 孔宪良, 等. 新疆棉花生产现状与育种方向[J]. 新疆农垦科技, 2005(6): 57-58.
-