

不同钾效率棉花基因型对低钾胁迫的反应

姜存仓¹, 高祥照^{1,3}, 王运华^{1*}, 鲁剑巍¹, 徐芳森^{1,2}

(1. 华中农业大学植物营养实验室, 武汉 430070; 2. 华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室, 武汉 430070; 3. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100026)

摘要:采用盆栽试验,对通过苗期筛选获得的4个(103、122、163、165)钾效率不同的棉花基因型进行全生育期试验,主要研究在不施钾(K_2O 0 g·kg⁻¹)与施钾(K_2O 0.80 g·kg⁻¹)条件下各部位钾含量、农艺性状、产量和纤维品质的反应。高效高潜基因型103结桃数最多,而脱落率最低;它的衣分高而子指较低,说明其能把较多养分转移到皮棉,以获得较高的经济产量;其单株皮棉产量在缺钾和施钾条件下分别是低效低潜基因型122的2.57倍和1.83倍;低效低潜基因型122的脱落率在各个时期均最高,结桃数最少,单铃重、子指、单株皮棉产量都是最小。103各个部位钾含量较低,122的钾含量则较高,说明103以较低的钾含量即能维持其正常的生长,这或许是其钾高效的因素之一;施钾显著提高了各个基因型的纤维整齐度、比强度、纤维长度和麦克隆值,但降低了伸长率;103衣分最高,纤维长度、整齐度、比强度、伸长率中等,麦克隆值施钾和缺钾分别是A1和C2级。122纤维长度为最高,衣分、整齐度、比强度中等,其伸长率最低,麦克隆值B1级。高效低潜基因型163、165的产量和纤维品质等表现中低水平。

关键词:棉花;基因型;钾效率;农艺性状;产量;纤维品质

中图分类号:S562 **文献标识码:**A

文章编号:1000-7807(2006)02-0109-06

Response of Difference Potassium Efficiency Cotton Genotypes to Potassium Deficiency

JIANG Cun-cang¹, GAO Xiang-zhao^{1,3}, WANG Yun-hua^{1*}, LU Jian-wei¹, XU Fang-sen^{1,2}

(1. Huazhong Agricultural University Plant Nutrition Lab, Wuhan 430070, China; 2. National Key Lab of Crop Genetic improvement, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 3. National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100026, China)

Abstract: Based on selection from 86 cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars in 2002 and 2003, four different potassium (K) efficiency cotton genotypes (code: 103, 122, 163, 165) had been gotten. This experiment was conducted to study potassium (K) efficiency and physiological mechanism of these four genotypes through soil pot culture in 2003, and this test was from April 20 to October 9. Which installed two K levels (-K, K_2O 0 g·kg⁻¹ and +K, K_2O 0.80 g·kg⁻¹), each level had five repetitions. cotton seeds were dipped into 50~60°C water for 30 minutes, then were placed at normal temperature. When they germinated, and were seeded in the soil pots, and each pot remained one individual cotton plant finally. The experiment carried out at Huazhong Agricultural University experiment station. During the course of growth, much attention had been paid to deal with plant disease and insect. The agricultural character changes of these four genotypes had been recorded, which included the plant boll numbers, total nods, the number of sympodia, and so on. After boll split five or

收稿日期:2005-07-15 作者简介:姜存仓(1976-),男,博士;*通讯作者 yhwang@mail.hzau.edu.cn

基金项目:加拿大钾磷肥研究所/钾磷肥研究所(PPI/PPIC)基金项目资助(HuB-20)

seven days, the seed cotton had been picked up, then weighted, basked and rolled, finally got lint yield and analyzed fiber quality. At the end, the plant root, stem and leaf harvested apart, and placed into oven at 105°C for 30 minutes, dried at 70°C for 24 hours, finally, ground the dried samples. The fiber quality was tested by HVICC in Supervision Inspection and Test Center of Cotton Quality, Ministry of Agriculture, China. The fiber length, length uniformity, strength, elongation and micronaire value were tested.

The result showed that K efficiency existed prominent difference between varied genotypes. High K efficiency and high yield potentiality genotype 103 grew much better than other genotypes, it got the largest boll numbers, the lowest rate of boll shed and the highest lint yield. The lint yield of genotype 103 was that of 1.83, 1.87 and 1.74 times to 122, 163 and 165 genotypes at +K treatment; and at -K condition, the lint yield of genotype 103 was that of 2.57, 2.08 and 1.51 times to 122, 163 and 165 genotypes. Low K efficiency and low yield potentiality genotype 122 appeared very badly, not only growth was poor, but also its ability of absorption and utilization K was weak. Different parts of 103 had the lowest K contents, but 122 had the highest, so 103 could grow much better and get highest yield in low K content conditions, which maybe one of a factor that 103 was high K-efficiency genotype. Potassium could increase fiber length uniformity, elongation and micronaire. Different K efficiency genotype also appeared difference on fiber quality characters, at the same K level, genotype 103 had the highest lint percent age and middle in fiber length, length uniformity, strength, elongation and micronaire, and genotype 122 had the highest fiber length, micronaire and middle in lint percent, length uniformity, strength, its elongation was the lowest. Generally, different cotton genotypes fiber quality characters were worse at -K than that of +K, but this difference was not so distinctness as lint yield.

Key words: *Gossypium hirsutum* L.; genotype; potassium efficiency; lint yield; fiber quality

棉花是我国主要经济作物之一,缺钾对棉花的产量和品质均有较大影响^[1-3]。我国化学钾肥资源缺乏,土壤缺钾面积呈日益扩大之势^[4],钾肥的供需矛盾较为突出。近年来,为获得营养高效的种质资源,学者们开展了钾营养基因型差异的研究^[5-8],这不仅能为选育钾高效基因型提供遗传材料,而且对提高土壤中钾素和钾肥的利用率,探索以生物资源替代不可再生的矿产资源具有重要意义,但有关不同棉花基因型钾效率差异的研究较少。筛选钾高效的棉花种质资源,进行棉花钾营养性状遗传改良,是缓解棉花对钾需求的途径之一。为此,笔者开展不同棉花基因型钾效率的筛选。根据陆地棉种质资源分为斯字棉、金字棉、柯字棉、岱字棉等特点,从上述不同系谱中收集了86个品种,通过2002—2003年棉花分批筛选^[9-10],由不同品种苗期表现的农艺性状、钾的吸收、积累与分配以及生理差异等特性,初步确定1个钾高效高潜基因型(103),1个钾低效低潜基因型(122)和2个钾高效低潜基因型(163,165)。并2003年4月开始对这4个基因型开展全生育期

农艺性状、皮棉产量、各部位钾含量和纤维品质研究,进一步鉴定钾高效和钾低效基因型,重点分析低钾胁迫与施钾条件下不同钾效率棉花基因型产量与品质的差异,并探讨其差异的机制。

1 材料和方法

供试土壤采自湖北省蕲春县向桥乡,pH5.9;有机质 30.49 g·kg⁻¹;全氮 1.78 g·kg⁻¹;全磷 1.95 g·kg⁻¹;全钾 2.41 g·kg⁻¹;碱解氮 114.78 mg·kg⁻¹;速效磷 24.43 mg·kg⁻¹;速效钾 59.10 mg·kg⁻¹;缓效钾 349.05 mg·kg⁻¹。供试4个棉花基因型品种分别为:高效高潜基因型103、高效低潜基因型163和165,低效低潜基因型122,其中,122由中国农科院棉花研究所种质资源研究室提供,103、163、165由华中农业大学作物遗传育种研究所提供。试验采用塑料盆,每盆土15 kg,设不施钾(-K, K₂O 0 g·kg⁻¹)和施钾(+K, K₂O 0.80 g·kg⁻¹)2个钾水平,重复5次,随机排列。

施肥:肥料种类,按每公斤土施用纯N 0.36

g, P₂O₅ 0.12 g, K₂O 0.80 g (限于施钾处理), 此外, 为保证中量、微量元素供应, 还施入 CuCl₂ · 2H₂O, ZnCl₂, H₃BO₃, (NH₄)₆Mo₇ · 4H₂O, MgCO₃; 施肥方法, 除氮肥钾肥外, 所有肥料均作基肥在播种前一次施入, 氮肥的施用, 按 N 分配, 基施 0.24 g, 现蕾期和花铃期各施 0.06 g, 钾肥的施用, 按 K₂O 分配, 基施 0.36 g, 现蕾期、花铃期和吐絮期分别追施 0.11 g、0.22 g、0.11 g。

试验于 2003 年 4 月 20 日开始在华中农业大学试验场的活动遮雨棚内进行, 棉子在 50~60℃ 温水中浸种, 露白后及时播种, 除大风、降雨外, 试验均保持在露天条件下, 所有试验均用自来水浇灌, 种植过程中对棉花的生长状况进行考察和记录, 并及时除草和打药治虫, 棉铃吐絮后 5~7 天采摘, 分别晒花、轧花、称重、分析, 于 10 月 9 日采摘完毕。植株按照不同部位进行采样, 洗净后于 105℃ 杀青 30 min, 在 70℃ 下烘干。对烘干样品研磨处理后, 供试验用。

植株样品钾含量的测定: 1 mol · L⁻¹ 的 HCl 浸提, HG-3 型火焰分光光度计测定。单株皮棉产量 = 单株子棉产量 × 衣分。纤维品质由中国农业科学院棉花研究所农业部纤维检验测试中心测定。钾效率系数 = (-K 皮棉产量) / (+K 皮棉产量); 增长潜力 = (+K 皮棉产量) - (-K 皮棉产量) / 施入的单位 K₂O。

数据采用 Excel 和最小显著差数法 (简称

LSD) 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同棉花基因型生长发育、产量性状对不同钾水平的反应

如表 1 所示, 施钾能够明显改善棉花的生长状况, 增加果枝、果节和结桃数, 其中施钾是缺钾时果节数的 1.59~2.36 倍, 结桃数是 2.06~3.36 倍。另外, 施钾可降低蕾铃的脱落率, 降幅为 7.1%~2.4%。不同钾效率基因型, 其株高、果节数、结桃数和脱落率在低钾胁迫与施钾条件下存在较大差异, 而果枝数差异不显著。其中, 高效高潜基因型 103 和其他基因型相比, 植株较高, 结桃数在缺钾时多 4.4~6.4 个, 施钾时多 0.2~5.2 个; 脱落率最低, 缺钾时低 9.7%~11.3%, 施钾时低 5.8%~7.3%, 但其果节数并不是最多, 说明其成铃率高, 这也是其表现高效而最后获得高产的因素之一。低效低潜基因型 122 则生长较差, 它结桃数最少, 缺钾时只有 103 的 54%; 脱落率最高, 在缺钾时比 103 高 11.3%, 施钾时比 103 高 6.7%, 因而保果成铃率低, 最后其产量最低。高效低潜基因型 163 和 165 结桃数和脱落率居于 103 和 122 之间, 但 163、165 和 103 之间的差异明显, 而与 122 差异较小。因此, 从棉花生长发育、产量性状等的差别即可以反映出来不同基因型的差异。

表 1 不同钾水平对不同棉花基因型的生长和产量性状的影响

Table 1 Effect of different potassium treatment on the growth and output characters of the different genotype cottons

基因型	株高/cm		果枝数/株		果节数/株		结桃数/株		脱落率/%	
	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K
103	68.0±5.7a	64.8±5.1a	11.8±1.1a	12.8±0.8a	57±5.4b	107±13.4b	13.8±1.3a	28.4±3.1a	75.8b	73.4b
163	52.2±3.9b	55.0±4.3b	12.4±0.9a	13.2±0.8a	58±7.4b	137±14.6a	8.4±2.1b	28.2±3.4a	85.5a	79.4a
165	57.0±4.1b	54.8±3.9b	11.6±0.6a	13.4±1.1a	74±6.0a	118±12.7b	9.4±2.5b	24.6±6.2ab	86.3a	79.2a
122	57.2±3.0b	61.6±4.9a	11.8±0.8a	12.4±0.6a	57±6.8b	120±11.1ab	7.4±1.7b	23.2±4.3b	87.1a	80.7a

注: 数据是重复的平均值 ± 标准差, 小写字母表示不同基因型之间 5% 水平差异, 下同。

2.2 不同棉花基因型产量及钾效率系数的差异

表 2 表明, 提高钾水平能提高每株棉花的单铃重、子指和皮棉产量。对衣分的影响不大, 这和 Gormus O. 等^[11]报道的的钾肥对衣分无影响一致, 而和 Abd-El-Aal 等^[12]报道的钾可以提高衣分含量以及 Abou-Zaid, M. K. M. 等报道的钾减少衣分含量^[13]不一致。不同基因型对钾营养的反应有显著的差异, 相同钾处理时, 高效高潜基因型 103 与其他基因型相比其衣分最高, 缺钾处理

高于其他基因型 0.06~0.07, 施钾时高 0.03~0.07; 103 单铃重在施钾和缺钾时均较高, 而其子指却较低, 说明 103 能把较多的养分分配到皮棉中, 以获得较高的皮棉产量, 103 这种有效的调节养分分配机制或许这正是其高效的因素之一。基因型 163 和 165 虽然钾效率系数较高, 但其增长潜力最低, 并且在施钾或缺钾条件下, 其单铃重、衣分、单株皮棉产量都是中低水平, 因而 163 和 165 是高效低潜基因型。低效低潜基因型 122 单

铃重、子指、衣分和皮棉产量都是最小。

钾效率系数大小顺序是 165 > 103 > 163 > 122, 增长潜力是 103 > 122 > 163 > 165, 与苗期水培的趋势基本一致^[10]。虽然 103 的钾效率系数不是最大, 但它的皮棉产量是供试的 4 个品种中最高的, 在缺钾时为 15.48 g, 在施钾时 45.08 g, 比值(0.34)反而有所降低, 不如 165 在两个钾水平下产量都低(分别是 10.26 g; 25.92 g)的比值

(0.39)高。从实际应用的角度, 筛选棉花钾高、低效基因型将营养效率和产量的绝对值结合起来考虑, 是比较全面的, 即 103 既具有缺钾获得较高产量的能力, 又具有施钾时较大的增产潜力。因此, 判断 103 为钾高效高潜基因型, 是结合不同棉花基因型的农艺性状、产量、效率系数以及增长潜力等因素的综合考虑。

表 2 不同钾水平对不同棉花基因型产量及钾效率系数的影响

Table 2 The effect of different potassium treatment on the growth and output of the different genotype cottons

基因型	单铃重/g		子指/g		衣分/%		皮棉产量/(g·株 ⁻¹)		增长潜力/(g·株 ⁻¹)	钾效率
	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K		
103	2.86±0.2b	4.31±0.3a	7.12±0.7b	10.63±0.3a	40.1a	39.0a	15.48±3.7a	45.08±3.7a	29.60a	0.34a
163	2.90±0.6b	3.66±0.3b	8.89±1.7a	11.54±0.7a	34.2b	36.1ab	7.45±4.4b	24.17±10.1b	16.72b	0.31ab
165	3.18±0.5a	3.70±0.4b	9.70±1.1a	11.65±1.0a	34.2b	34.3b	10.26±5.3b	25.92±11.2b	15.66b	0.39a
122	2.46±0.5c	3.32±0.6c	7.76±1.5b	10.10±1.1a	33.0b	32.4b	6.02±4.0b	24.70±9.4b	18.68b	0.24b

2.3 不同棉花基因型各部位钾含量对不同钾水平的反应

从表 3 看出, 不同棉花基因型, 在施钾处理时, 它们不同部位的钾含量趋势是: 铃壳 > 叶 > 茎 > 根 > 纤维; 缺钾条件下的钾含量的趋势: 铃壳 > 纤维 > 叶 > 茎 > 根。因此, 棉花的各个部位对不同钾水平的反应不同, 铃壳的钾含量总是最高, 而缺钾时钾素则较多的转移到纤维, 从而使得其高于根、茎、叶的钾含量。不同棉花基因型之间, 高效高潜基因型 103, 在施钾时除了它的叶片钾含

量高于其他基因型以外, 它的其他部位的钾含量均低于其他的基因型, 说明 103 能以较低的钾含量制造较多的有机物质满足其正常的生长发育需要, 获得较高的产量, 或许这是其钾高效的生理机制之一。与之相反, 低效低潜基因型 122 的各个部位的钾含量均较高而产量较低, 说明维持其正常生理活动需要较高的钾浓度。高效低潜基因型 163 和 165 各个部位的钾含量则是居于高效高潜基因型 103 和低效低潜基因型 122 之间。

表 3 不同钾水平对不同棉花基因型各部位钾含量的影响

Table 3 Effect of different potassium treatment on the K contents of the different parts of varied genotype cottons %

基因型	根		茎		叶		铃壳		纤维	
	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K
103	0.14±0.02a	0.82±0.11b	0.18±0.03b	1.09±0.19b	0.24±0.05b	2.14±0.09a	1.33±0.09c	3.65±0.43b	0.31±0.04c	0.60±0.04c
163	0.17±0.04a	0.80±0.16b	0.16±0.03b	1.10±0.21b	0.31±0.07ab	1.94±0.23a	1.56±0.08bc	3.84±0.27a	0.32±0.03c	0.65±0.07bc
165	0.15±0.05a	0.76±0.13b	0.18±0.05b	1.24±0.27b	0.36±0.08a	1.86±0.17a	1.68±0.14ab	3.73±0.31ab	0.39±0.04b	0.82±0.08b
122	0.19±0.05a	1.19±0.21a	0.29±0.09a	1.80±0.32a	0.41±0.11a	1.72±0.41a	1.81±0.23a	3.96±0.37a	0.55±0.05a	1.06±0.12a

2.4 不同钾水平对不同棉花基因型纤维品质的影响

施钾对提高棉花的纤维品质具有重要的影响^[14], 由表 4 可知, 钾对不同棉花基因型纤维品质有重要的影响, 施钾明显改善了棉花的纤维品质, 其中, 纤维长度增加 0.3~1.5 mm, 整齐度增加 1.8%~2.6%, 比强度增加 2.9~9.0 cN·tex⁻¹, 麦克隆值增加 0.6~1.1。但是, 施钾却降低了伸长率, 降幅为 0.08%~0.67%。对于不同棉花基因型, 它们的纤维品质受钾的影响表现不同, 一般评价影响棉花纤维品质时, 纤维长度、

比强度和麦克隆值是主要指标^[15-16]。高效高潜基因型 103 纤维长度在施钾和缺钾时均为中等水平, 比强度缺钾时中等, 施钾时最大, 麦克隆值施钾和缺钾时分别是 B1(4.3~4.9)级和 C2 级(3.4 以下), 103 综合表现中等品级以上。高效低潜基因型 163 和 165 麦克隆值相同, 施钾和缺钾时分别是 A 级(3.7~4.2)和 C2 级, 但 163 纤维长度和比强度最小, 而 165 纤维长度中等, 比强度较高。因此, 163 总体纤维品质评价最差, 而 165 与 103 表现接近。相同钾处理, 低效低潜基因型 122 比强度不同钾水平都是中等, 纤维长度为最大, 麦

克隆值均为 B1 级,缺钾时其纤维长度和麦克隆值比其他基因型分别高 0~1.8 mm 和 0.2~0.23,施钾时分别高 0.8~3.0 mm 和 0.16~0.65,122 纤维品质综合表现是最好。因此,122

虽然农艺性状较差,产量较低,但是其纤维品质却是较好,而 103 产量虽高但纤维品质相对逊色于 122,如何集中优良性状于一体是营养遗传的一个研究课题。

表 4 不同钾水平对不同棉花基因型纤维品质的影响

Table 4 The effect of different potassium treatment on the fiber quality components of different genotype cottons

基因型	纤维长度/mm		整齐度/%		比强度/cN·tex ⁻¹		伸长率/%		麦克隆值	
	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K
103	26.7±1.18ab	28.2±0.27a	82.3±1.28a	84.9±0.60a	24.9±1.88ab	33.9±0.79a	7.16±0.19a	6.52±0.18ab	3.22±0.22b	4.32±0.36a
163	25.7±0.35b	26.0±1.49b	82.2±0.38a	84.6±0.39a	23.1±2.22b	26.6±1.98b	7.28±0.84a	7.20±0.54a	3.20±0.29b	4.02±0.38b
165	27.3±1.12a	27.6±0.35ab	83.4±0.96a	85.3±0.67a	27.3±2.29a	30.2±1.07a	6.85±0.53b	6.50±0.37ab	3.23±0.39b	3.83±0.25b
122	27.5±0.23a	29.0±0.91a	82.8±0.64a	84.6±1.03a	25.7±1.57ab	31.9±2.47a	6.67±0.29b	6.00±0.42b	3.43±0.40a	4.48±0.31a

3 讨论和结论

从棉花种质资源中筛选、鉴定钾营养高效基因型,是开展棉花钾营养遗传研究的基础工作。棉花生长期较长,如何提高筛选鉴定棉花钾高效基因型的工作效率,也很重要。依据王运华等提出的两步筛选法(苗期干物质筛选和全生育期产量筛选)^[17],笔者先是进行棉花苗期大量的初选,从初选中选出有代表性的基因型复选,然后进行全生育期产量的钾效率鉴定。钾效率是指植物利用环境中的钾素构成生物量(或经济产量)的能力,含义有两点:一是指介质中钾的有效浓度较低时植物维持正常生长的能力;二是指随着介质中钾浓度的增加,植物对钾反应的大小。根据公式:钾效率系数=缺钾皮棉产量/施钾皮棉产量,103 的钾效率系数不是最大。但是,这是因为其在缺钾条件下获得了较高的产量(15.48 g),在施钾时又获得了更高的产量(45.08 g),二者的比值(0.34)反而低于 165 的两个数值(10.26g; 25.92g)的比值(0.39)。棉花产量的高低应该是衡量钾高、低效基因型的终极指标。从盆栽最后的结果可以发现,在施钾条件下皮棉的产量,103 分别是 122、163 和 165 的 1.83、1.87 和 1.74 倍,在缺钾条件下皮棉的产量,103 分别是 122、163 和 165 的 2.57、2.08 和 1.51 倍;同时 103 的潜力也是最大(表 2)。可以看出,无论施钾和缺钾处理,103 都是表现出最高的产量及增产潜力,从而判断 103 是钾高效高潜基因型;122 的农艺性状表现差,产量不高,钾效率系数最低,增长潜力(19.68)比平均值 20.17 还低,属低效低潜基因型;163 和 165 的表现居于前二者之间,属高效低

潜基因型。因此,不同棉花基因型钾效率高低的的评价是基于其农艺性状、产量、效率系数以及增长潜力等因素去综合考虑。本试验钾效率系数大小顺序是 165>103>163>122,增长潜力是 103>122>163>165,与苗期的结果(钾效率系数 165>163>103>122;基因潜力 103>122>165>163)基本一致,也有一定的差异^[11],这种不同棉花基因型不同时期对钾营养的反应有一定的阶段性差异的现象,可能与钾调控有关的基因在不同时期开关状态不同有关。

试验表明施钾明显改善了棉花的纤维品质,其中,纤维长度、整齐度、比强度、麦克隆值均增加,而施钾却降低了伸长率。有关钾对棉花纤维品质指标影响的结论不一致,Pettigrew, W. T^[18]等报道钾能提高整齐度和麦克隆值,但对纤维长度和强度无影响;Gormus O. 等^[11]的研究施钾使纤维长度和强度增加,整齐度减少,麦克隆值降低;Usherwood^[19]报道钾提高了长度、强度和麦克隆值;Minton and Ebelhar^[20]报道钾不影响纤维的长度和麦克隆值,对纤维强度有显著影响,棉花 Acala 纤维强度与施钾量正相关^[21]。施钾对不同棉花基因型的纤维品质影响不同,高效高潜基因型 103 衣分最高,纤维长度、整齐度、比强度、伸长率和麦克隆值均为中等,低效低潜基因型 122 的纤维长度和麦克隆值为最高,衣分、整齐度、比强度中等,其伸长率最低。不同钾效率基因型之间纤维品质的差异没有产量明显,一般产量和品质是相互影响的,高产情况下作物的品质通常较差,因此,高效高潜基因型 103 在取得高产的同时,其纤维品质中等以上较少见。而低效低潜基因型 122 虽然农艺性状较差,且产量最低,其纤

维品质一些指标上却表现较好。

致谢:

本文承蒙中国农业科学院棉花研究所毛树春研究员和华中农业大学作物育种研究所聂以春教授的大力支持、帮助和指导,特此深表谢意!

参考文献:

- [1] 梁金香,王玉朵,韩梅,等. 棉花施钾的增产效果及其技术研究[J]. 土壤肥料,2003(3):17-19.
- [2] 宋美珍,毛树春,邢金松,等. 钾素对棉花光合产物的积累及产量形成的影响[J]. 棉花学报,1994,6(增刊):52-57.
- [3] 房英. 钾肥对棉花产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(2):196-197.
- [4] 高祥照,马文奇,崔勇,等. 我国耕地土壤养分变化与肥料投入状况[J]. 植物营养与肥料学报,2000,6(4):363-369.
- [5] GEORGE M S, Lu G Q, Zhou W J. Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) [J]. Field Crops Research, 2002, 77 (1) : 7-15.
- [6] YANG X E, Liu J X, WANG W M, et al. Genotypic differences and some associated plant traits in potassium internal use efficiency of lowland rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Nutrient Cycling in Agro ecosystems, 2003, 67: 273-282.
- [7] 唐劲驰,曹敏建. 2个大豆基因型钾效率的比较研究[J]. 华南农业大学学报,2005,26(1):7-10.
- [8] HANADI EL D, Norbert C, Bernd S. Potassium efficiency mechanisms of wheat, barley, and sugar beet grown on a K fixing soil under controlled conditions [J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2002,165(6)732-737.
- [9] 姜存仓,袁利升,王运华,等. 不同基因型棉花苗期钾效率差异的初步研究[J]. 华中农业大学学报,2003,22(6):564-568.
- [10] 姜存仓,王运华,鲁剑巍,等. 不同棉花品种苗期钾效率差异的初步探讨[J]. 棉花学报,2004,16(3):162-165.
- [11] GORMUS O, Yucel C. Different planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties in the Cukurova region, Turkey[J]. Field crops research J, 2002(78): 141-149.
- [12] ABD-EL-AAL H A, Yasseen A I H, El-Gabel S M F. Effect of NPK on yield and some components of Giza 75 variety[J]. Ann Agric Sci, 1990, 35, 709-722.
- [13] ABOU-ZAID M K M, El-Haddad E H. Future of Egyptian cotton production in the new desert land Egypt. 3 yield and yield components of Giza 70cv as affected by nitrogen and potassium fertilization[J]. Alexandria, J Agric res, 1997(42): 73-80.
- [14] PERVEZ H, Ashraf M M I, Makhdum M I, et al. Effects of Potassium Rates and Sources on Fiber Quality Parameters in Four Cultivars of Cotton Grown in Aridisols[J]. Journal of Plant Nutrition, 2004, 27(12):2235-2257.
- [15] 郭香墨,刘正德,罗云佳. 我国面向21世纪棉花纤维品质改良对策[J]. 棉花学报,1999,11(6):321-325.
- [16] 杨伟华,项时康,唐淑荣,等. 20年来我国自育棉花品种纤维品质分析[J]. 棉花学报,2001,13(6):377-384.
- [17] 王运华,兰莲芳. 甘蓝型油菜品种对缺硼敏感性差异的研究(I、II、III)[J]. 华中农业大学学报,1995(增),21:71-83.
- [18] PETTIGREW W T, Heitholt J J, Meredith Jr W R. Genotypic interaction with potassium and nitrogen in cotton of varied maturity[J]. Agron J, 1996, 88, 89-93.
- [19] USHERWOOD N R. 2000. The influence of potassium on cotton quality, Agri-Briefs, Agronomic News[EB/OL]. Potash and phosphate Institute(<http://www.PPI-far.org/agri-briefs>), 2000(8).
- [20] MINTON E B, Ebelhar M W. Potassium and aldicarb-disulfoton effects on Verticillium wilt, yield and quality of cotton[J]. Crop Sci, 1991, 31, 209-212.
- [21] CASSMSN K G, Kerby T A, Roberts B A, et al. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of Acala cotton[J]. Crop Sci, 1990, 30, 672-677. ●