

## 施钾量对杂交棉产量和品质及钾肥利用率的影响

冯正锐<sup>1,2</sup>, 刘爱玉<sup>1\*</sup>, 易九红<sup>1,3</sup>, 李瑞莲<sup>1\*</sup>, 王欣悦<sup>1</sup>, 邹茜<sup>1</sup>

(1.湖南农业大学棉花研究所,湖南长沙 410128; 2.湖南省临湘县农业局,湖南临湘 414300; 3.湖南省农业科学院作物研究所,湖南长沙 410125)

**摘要:**在大田试验条件下,研究施钾量对杂交棉金 102、湘杂棉 8 号、泗阳 328 的产量和品质及钾肥利用效率的影响。结果表明:施钾( $K_2O$ )量为 135~270  $kg/hm^2$ ,可增加皮棉产量 39.13%~57.48%,达极显著水平;单株成铃数、单铃重、衣分分别提高 14.24%~40.29%、3.59%~15.51%、0.16%~4.89%;纤维长度、比强度随施钾量增加而增加,对麦克隆值无显著影响。施钾量由 135  $kg/hm^2$  增加至 270  $kg/hm^2$  时,钾肥偏生产力( $PPF_k$ )降低 45.93%~48.01%,钾肥农学效率( $AE_k$ )降低 37.1%~42.9%。金 102 的钾肥农学效率( $AE_k$ )最高,施钾增产效果最好;泗阳 328 耐低钾胁迫能力最强,不施钾肥时,皮棉产量分别较湘杂棉 8 号、金 102 高 5.54%、11.19%。

**关键词:**杂交棉;施钾量;产量;品质;钾肥利用效率

中图分类号:S562.062

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2013)04-0343-05

## Effects of amount of applying potassium fertilizer on yield, fiber quality and potassium fertilizer application efficiency of three hybrid cotton cultivars

FENG Zheng-rui<sup>1,2</sup>, LIU Ai-yu<sup>1\*</sup>, YI Jiu-hong<sup>1,3</sup>, LI Rui-lian<sup>1\*</sup>, WANG Xin-yue<sup>1</sup>, ZOU Qian<sup>1</sup>

(1.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Linxiang Agricultural Bureau, Linxiang, Hunan 414300, China; 3.Institute of Crops, Hunan Academy of Agricultural Science, Changsha 410125, China)

**Abstract:** The effects of potassium(K) application rates on the yield, quality and K fertilizer use efficiency of three hybrid cotton varieties (Jin102, Xiangzamian No. 8, Siyang328) were studied in field experiment. Fertilizer rates of  $K_2O$  from 135  $kg/hm^2$  to 270  $kg/hm^2$ , representing 1x and 2x recommended K rates, were applied, no application of K fertilizer as the CK. The results showed that the lint yield increased 39.13%–57.48% with potassium application, highly significantly. All yield components of the three hybrid cotton varieties increased as K application rates increased. The boll number, single boll weight and lint percentage per cotton plant increased by 14.24%–40.29%, 3.59%–15.51%, and 0.16%–4.89% respectively. The partial factor productivity ( $PPF_k$ ) reduced by 45.93%–48.01%, the agronomic efficiency ( $AE_k$ ) reduced by 37.1%–42.9% in 2x. The  $PPF_k$  and  $KE$  (K efficiency coefficients) of S328 were the highest among the three varieties, and its resistance to low potassium stress was the strongest, without potassium fertilizer application (K0), its lint yield was 5.54% and 11.19% higher respectively than that of the other two varieties. The  $AE_k$  of J102 was the highest, and its reward of K fertilizer was the greatest among the three varieties. The specific strength and fiber length increased with the increase of the amount of potassium fertilizer application no significant differences for micronaire among K application rates. were discovered.

**Key words:** hybrid cotton; amount of potassium fertilizer application; yield; quality; K use efficiency

收稿日期:2013-02-06

基金项目:湖南省棉花产业体系项目(湘农业联[2012]278号);湖南农业大学稳定人才基金项目(09WD19)

作者简介:冯正锐(1985—),男,湖南临湘人,硕士,主要从事棉花生理生态研究, fengzhengrui1985@yahoo.com.cn; \*通信作者, lay8155@163.com; lrl-4618155@163.com

棉花是喜钾作物,钾对棉花的生长发育及其产量品质产生重大影响。杂交棉具有较强的生长优势和产量优势,长江流域杂交棉生产以大棵稀植、充分发挥个体生产潜力为主要栽培模式,对钾元素的需求有其自身的特点。随着杂交棉特别是转基因抗虫杂交棉种植面积的不断扩大和产量水平的逐步提高,棉花生产中因缺钾而导致早衰的现象越来越普遍。缺钾会导致棉花叶面积指数、光合速率和干物质生产率降低,产量和品质下降<sup>[1-3]</sup>。增施钾肥能提高光合速率<sup>[1,4-5]</sup>,增加棉花干物质积累,促进光合产物更多地分配到生殖器官<sup>[5-6]</sup>,增加棉花的子指、单铃重、衣分,提高产量<sup>[7-11]</sup>,促进早熟<sup>[7]</sup>,改善品质<sup>[2,9-12]</sup>,并提高水分利用效率<sup>[4]</sup>。

不同棉花品种对钾的利用效率有显著差异<sup>[5,7]</sup>,研究不同杂交棉品种对钾肥施用量的反应,对筛选和培育高效利用钾的杂交棉品种,在减少钾肥用量的前提下保持或提高棉花产量,节约资源、改善环境具有重要意义。当前棉花品种的钾效率以苗期鉴定为主<sup>[13-17]</sup>。但由于棉花生育期长,苗期筛选的高效品种仍需在大田进一步鉴定。笔者以苗期鉴定的钾高效品种和钾低效品种及湖南棉花生产上普遍应用的杂交棉品种为材料,研究杂交棉在全生育期对缺钾胁迫的耐性和在不同施钾水平下的利用效率,以期为杂交棉钾高效品种筛选和合理施用钾肥提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试棉花品种为泗阳 328(S328)、金 102(J102)、湘杂棉 8 号(X8),其中泗阳 328 和金 102 分别为苗期营养液培养鉴定为钾高效和钾低效品种<sup>[17]</sup>,湘杂棉 8 号为湖南省种植面积最广的高产品种之一,长期作为长江流域区试对照品种。

### 1.2 方法

试验于 2009 年在湖南农业大学棉花研究所试验基地进行。土壤有机质含量 32.8 g/kg,碱解氮含量 103.8 mg/kg,速效钾含量 67.5 mg/kg,缓效钾含量 450.8 mg/kg,有效磷含量 28.7 mg/kg,pH 值 5.9。采用营养钵育苗移栽,4 月 20 日播种,5 月 20 日

移栽。试验施氮肥(纯 N)300 kg/hm<sup>2</sup>、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)120 kg/hm<sup>2</sup>。施钾(K<sub>2</sub>O)量设 3 个处理,即 0 (K0)、135 kg/hm<sup>2</sup>(K1)、270 kg/hm<sup>2</sup>(K2),随机区组设计,3 次重复,共计 27 个小区,小区面积为 30 m<sup>2</sup>,6 行区,密度 2×10<sup>4</sup> 株/hm<sup>2</sup>。氮肥以基肥、花铃肥、盖顶肥分别为 15%、65%、20% 施入;磷肥作为基肥一次性施入;钾肥分基肥和花铃肥各半施入。其他管理按 DB43/T286—2006<sup>[18]</sup>进行。

棉花成熟后分小区收获,并于吐絮盛期每小区摘取棉株中部花 100 朵,测定单铃重、衣分和纤维品质。钾肥利用率主要分析钾肥偏生产力(PFP<sub>k</sub>)、钾肥农学效率(AE<sub>k</sub>)、钾效率系数(KE)等指标<sup>[19]</sup>。

### 1.3 数据分析

采用 Excel 2003 和 DPS 软件对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 施钾量对杂交棉产量的影响

施钾极显著提高杂交棉产量,但不同品种产量提高的幅度有显著差异。随施钾量的增加,J102 产量增幅最大(图 1)。在 K1、K2 处理下,J102 皮棉产量分别比不施钾(K0)提高 45.67%、57.48%,X8 比 K0 分别提高 40.78%、51.34%,S328 比 K0 分别提高 39.13%、44.67%,差异均达极显著水平。J102、X8、S328 皮棉产量在 K2 处理下比 K1 处理分别提高了 8.11% (P<0.05)、7.50%和 3.98%,其中 J102 差异显著。说明 J102 对缺钾胁迫反应最敏感,较其他品种对钾营养需求更高。

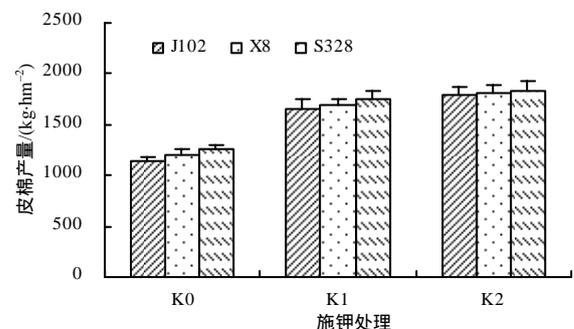


图 1 施钾量对杂交棉皮棉产量的影响

Fig.1 Effects of different potassium treatments on the lint yield of different cotton varieties

## 2.2 施钾量对杂交棉产量构成因素的影响

3个杂交棉品种的产量构成因素均随施钾量的增加而增加,其中增幅最大的是单株成铃数,增幅达14.24%~40.29%,各品种均达极显著水平,但K1和K2处理间差异不显著;衣分增幅较小,为0.16%~4.89%,仅S328、X8在施钾量为K2水平时较对照(K0)增加达显著水平(表1)。

J102在K1处理时仅单株铃数较对照有显著提高,其他产量构成因素的增加均未达显著水平。在K2处理时单株果枝数、成铃数分别较对照提高11.94%、40.29%,达极显著水平;单铃重提高8.95%,达显著水平;衣分在各施钾处理条件下均无显著差异。可见,J102单株成铃数对缺钾反应最为敏感,施钾对提高J102单株铃数效果最为显著。

X8在K2处理时单株果枝数、成铃数、单铃重、衣分均较对照有显著提高,其中株铃数、衣分极显著高于对照,增幅分别达37.87%、4.89%。K1处理虽产量构成因素均高于对照,但仅单株铃数的增加达显著水平。

S328单铃重受缺钾胁迫(K0)影响较其他品种最大,施钾提高其单铃重13.25%~15.51%,达极显著水平,K2与K1处理间差异不显著;衣分在K2处理时显著高于对照,而果枝数各施钾处理无显著差异。

在缺钾条件下,单株成铃数品种间差异最大,S328比J102多6.00个/株,达极显著水平,较X8多4.13个/株,达显著水平。随着施钾量的增加,成铃数品种间差异减小。

表1 杂交棉在不同施钾量下的产量构成

Table 1 Effects of different potassium application rates on the yield components of three cotton varieties

| 品种   | 处理 | 单株果枝数/个         | 株铃数/个            | 单铃重/g         | 衣分/%             |
|------|----|-----------------|------------------|---------------|------------------|
| J102 | K0 | (17.93±0.42)Bb  | (31.93±2.37)Bb   | (5.07±0.14)b  | 40.75±0.68       |
|      | K1 | (18.13±0.64)ABb | (42.87±2.61)Aa   | (5.31±0.17)ab | 41.92±0.80       |
|      | K2 | (20.07±1.12)Aa  | (44.80±2.80)Aa   | (5.52±0.27)a  | 41.98±0.78       |
| X8   | K0 | (18.40±0.20)b   | (33.80±1.64)Bb   | (5.27±0.29)b  | (41.09±0.84)Bb   |
|      | K1 | (18.53±0.58)ab  | (43.20±2.62)Aa   | (5.56±0.37)ab | (41.86±0.71)ABab |
|      | K2 | (19.93±1.30)a   | (46.60±2.11)Aa   | (5.76±0.18)a  | (43.10±0.88)Aa   |
| S328 | K0 | (19.40±1.31)    | (37.93±2.50)Bb** | (4.88±0.19)Bb | (41.29±0.78)b    |
|      | K1 | (20.00±1.20)*   | (43.33±1.40)Aa   | (5.64±0.23)Aa | (42.33±0.45)ab   |
|      | K2 | (20.40±1.25)    | (46.73±1.01)Aa   | (5.53±0.29)Aa | (42.76±0.50)a    |

不同小写、大写字母分别表示同品种不同处理5%、1%水平差异显著; \*、\*\*分别表示不同品种同一施钾量处理5%、1%水平差异显著。下同。

综上所述,施钾对不同杂交棉品种产量构成因素的影响有差异。J102的果枝数、成铃数对缺钾最敏感,施钾后提高幅度最大;X8的衣分对缺钾最敏感;S328的单铃重对缺钾最敏感,施钾比对照的增加幅度均达到极显著水平。

## 2.3 对钾肥利用效率的影响

随钾肥施用量的增加,杂交棉对肥料的利用效率显著下降(表2)。施钾量由135 kg/hm<sup>2</sup>增加至270 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥偏生产力( $PPF_k$ )降低45.93%~48.01%,钾肥农学效率( $AE_k$ )降低37.1%~42.9%。当施钾量为135 kg/hm<sup>2</sup>时,与不施肥相比,每施1 kg

K<sub>2</sub>O增产皮棉3.62~3.85 kg。在此基础上增加1倍钾肥用量,使之达到270 kg/hm<sup>2</sup>,皮棉产量仅增加70.1~134.3 kg,增施的每kg钾肥报酬仅为皮棉0.52~0.99 kg。可见当钾肥用量在较高水平时,继续增施钾肥比较效益最低。

在2种施钾水平下,S328的 $PPF_k$ 和 $KE$ 均表现最高,J102的最低,说明S328的增产潜力最大,耐低钾胁迫的能力最强。钾肥农学利用率( $AE_k$ )则是J102高于X8和S328,X8在K1水平下低于S328,在K2水平下高于S328,说明J102施钾增产效果最好,而S328的肥料报酬递减效应最大。

表2 施钾对杂交棉钾肥利用效率的影响

Table 2 Effects of potassium rates on the K use efficiency of different cotton varieties

| 品种   | 处理 | 偏生产力/<br>(kg·kg <sup>-1</sup> ) | 钾效率系数       | 农学效率/<br>(kg·kg <sup>-1</sup> ) |
|------|----|---------------------------------|-------------|---------------------------------|
| J102 | K0 | —                               | —           | —                               |
|      | K1 | (12.28±0.67)**                  | 0.69±0.04   | (3.85±0.64)**                   |
|      | K2 | 6.64±0.28                       | 0.64±0.01   | 2.42±0.15                       |
| X8   | K0 | 0                               | 0           | 0                               |
|      | K1 | (12.50±0.52)**                  | 0.71±0.06   | (3.62±0.86)**                   |
|      | K2 | 6.72±0.30                       | 0.66±0.01   | 2.28±0.12                       |
| S328 | K0 | 0                               | 0           | 0                               |
|      | K1 | (13.04±0.52)**                  | (0.72±0.05) | (3.67±0.83)**                   |
|      | K2 | 6.78±0.33                       | 0.69±0.04   | 2.09±0.39                       |

## 2.4 施钾量对杂交棉品质的影响

杂交棉的纤维长度、比强度、麦克隆值均表现

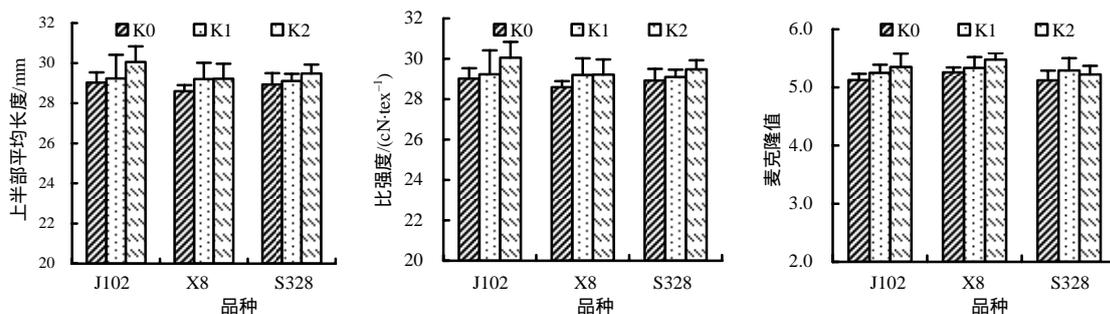


图2 不同杂交棉品种在不同施钾量下的主要纤维品质

Fig.2 Effects of different potassium treatments on the main quality of different cotton varieties

## 3 讨论

不同棉花品种对低钾胁迫的耐性及对钾素的利用效率有差异<sup>[20]</sup>,筛选钾高效品种有利于缓解钾资源短缺和作物高产的矛盾。Cassman<sup>[21]</sup>研究表明,钾效率高的品种 GC510 在不施钾时,产量比缺钾敏感型品种 SJ-2 高 29%~35%,而当供 K 充足时(480 kg/hm<sup>2</sup>),2 个品种的产量差异很小。易九红等<sup>[17]</sup>研究表明,苗期营养液培育条件下,S328 与 J102 的干物重在缺钾和施钾时均存在极显著差异,尤其是缺钾处理,S328 比 J102 的干物重高 43.24%。本研究以最终产量为评价指标时,只在不施钾时差异显著,而当施钾量达到 135 kg/hm<sup>2</sup> 以上,品种间产量差异并不显著。这也说明,筛选棉花钾高效品种,除苗期依据相应指标筛选外,更重要的是依据全生

随施钾量增加而增加的趋势,受施钾影响最大的是纤维比强度(图 2)。K1、K2 处理 J102 比强度分别增加 3.27%、5.84%,X8 分别增加 0.59%、3.54%,S328 分别增加 0.35%、4.96%,其中 K1 处理各品种比强度均有增加,但未达显著水平,K2 处理 J102、S328 极显著高于对照,X8 显著高于对照。纤维长度仅 J102 在 K2 处理时较对照增加显著,其余处理增加均未达显著水平。3 个品种的麦克隆值变化随施钾变化均未达显著水平。

可见,增施钾肥有利于改善棉花纤维品质,尤其是对纤维比强度的改善效果显著,对纤维长度也有一定的改善效果,但增施钾肥会增大纤维麦克隆值,说明钾肥在促进纤维成熟度的同时,也使纤维增粗。

育期的生长状况及最终产量来确定。

用来描述肥料利用效率的参数较多,如肥料表观利用率(*RE*)、肥料元素收获指数(*HI*)、肥料效率系数、农学利用率、偏生产力、作物生产系数等<sup>[22]</sup>。本研究着重探讨不同杂交棉品种对低钾胁迫的耐性及不同钾肥施用量对产量和品质的影响效果;因此,选用钾肥偏生产力(*PF<sub>P<sub>K</sub></sub>*)、钾肥农学利用率(*AE<sub>K</sub>*)、钾效率系数(*KE*)作为衡量指标。这些指标较好地反映了参试棉花品种在不同施钾水平时,施用钾肥的经济回报,但并未反映出植株对土壤钾素的吸收能力及体内钾素的生理利用效率。

大量研究表明,施钾可改善棉花纤维品质,但对各品质指标的影响程度在不同的研究报道之间有较大区别。Pettigrew<sup>[11]</sup>研究表明,施钾能显著增加纤维 50% 跨距长度和伸长率,但麦克隆值、成熟度、

纤维长度整齐度增加不显著,对纤维强度无影响。姜存仓等<sup>[23]</sup>报道,施钾显著提高了纤维长度、整齐度、麦克隆值和比强度。本研究结果表明,棉花纤维长度、比强度、麦克隆值均表现随施钾量的增加而增加的趋势,但只有在高钾处理时,各品种的纤维比强度和 J102 的纤维长度才显著高于对照,而在施钾处理时试验品种的麦克隆值差异均不显著。这与巫兰等<sup>[24]</sup>的纤维长度、比强度和麦克隆值均为低钾处理高于高钾处理、更高于对照处理的研究结果有所不同,可能是品种类型差异所致。

#### 参考文献:

- [1] DONG He-zhong, TANG Wei, LI Zhen-huai, et al. Morphological and physiological disorders of cotton resulting from potassium deficiency[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 2005, 25(3): 615-624.
- [2] 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.
- [3] Pettigrew W T. Potassium deficiency increases specific leaf weights and leaf glucose levels in field grown cotton[J]. Agron J, 1999, 91(6): 962-968.
- [4] Pervez H, Ashraf M, Makhdum M I. Influence of potassium nutrition on gas exchange characteristics and water relations in cotton(*Gossypium hirsutum* L.)[J]. Photosynthetica, 2004, 42(2): 251-255.
- [5] 张海鹏, 马健, 文俊, 等. 施钾对不同转基因棉花品种光合特性及产量和品质的影响[J]. 棉花学报, 2012, 24(6): 548-553.
- [6] Makhdum M I, Pervez H, Ashraf M. Dry matter accumulation and partitioning in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as influenced by potassium fertilization[J]. Biol Fertil Soils, 2007, 43: 295-301.
- [7] Clement-Bailey J, Gwathmey C O. Potassium effects on partitioning, yield, and earliness of contrasting cotton cultivars[J]. Agron J, 2007, 99: 1130-1136.
- [8] 范希峰, 王汉霞, 田晓莉, 等. 钾肥对棉花产量的影响及最佳施用量研究[J]. 棉花学报, 2006, 18(3): 175-179.
- [9] Cassman K G, Kerby T A, Roberts B A, et al. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of acala cotton[J]. Crop Science, 1990, 30: 672-677.
- [10] 马宗斌, 贾文华, 房卫平, 等. 施钾方式对抗虫杂交棉光合特性和产量品质的影响[J]. 西北植物学报, 2007, 27(3): 577-582.
- [11] Pettigrew W T. Relationships between insufficient potassium and crop maturity in cotton[J]. Agronomy Journal, 2003, 95(5): 1323-1329.
- [12] 郭英, 宋宪亮, 孙学振. 钾素营养对不同部位棉铃纤维品质性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(6): 1407-1412.
- [13] 侯静, 盛建东, 李雪妮, 等. 棉花苗期钾营养高效品种筛选[J]. 棉花学报, 2008, 20(2): 158-160.
- [14] 田晓莉, 王刚卫, 朱睿, 等. 棉花耐低钾基因型筛选条件和指标的研究[J]. 作物学报, 2008, 34(8): 1435-1443.
- [15] 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.
- [16] 张志勇, 王刚卫, 田晓莉, 等. 棉花品种间苗期钾吸收效率的差异研究[J]. 棉花学报, 2007, 19(1): 47-51.
- [17] 易九红, 刘爱玉, 李瑞莲, 等. 不同棉花品种苗期低钾胁迫响应研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(5): 101-106.
- [18] DB43/T286—2006, 棉花栽培技术规范[S].
- [19] 孙传范, 曹卫星, 戴廷波. 土壤—作物系统中氮肥利用率的研究进展[J]. 土壤, 2001, 33(2): 64-69.
- [20] 田晓莉, 王刚卫, 杨富强, 等. 棉花不同类型品种耐低钾能力的差异[J]. 作物学报, 2008, 34(10): 1770-1780.
- [21] Cassman K G, Kerby T A, Roberts B A, et al. Differential response of two cotton cultivars to fertilizer and soil potassium[J]. Agron J, 1989, 81: 870-876.
- [22] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.
- [23] 姜存仓, 高祥照, 王运华, 等. 不同钾效率棉花基因型对低钾胁迫的反应[J]. 棉花学报, 2006, 18(2): 109-114.
- [24] 巫兰, 陈波浪, 马德英, 等. 钾素对棉花营养吸收分配及纤维品质的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(3): 192-196.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 张健