

## 育苗方式对不同棉花品种苗期钾效率的影响

李毅<sup>1</sup>, 刘爱玉<sup>2</sup>

(1.湖南省棉花科学研究所, 湖南 常德 415000; 2.湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 在水培和沙培条件下, 对6个棉花品种(湘农大棉1号、金农棉2号、湘丰棉3号、湘杂棉14号、湘杂棉15号、湘杂棉17号)的苗期生长特性和对钾的吸收及积累进行了研究。结果表明: 水培育苗棉苗钾效率系数高于沙培育苗, 分别为0.709~0.865和0.559~0.753; 沙培育苗, 湘农大棉1号的钾效率系数最高, 湘杂棉14号最低, 而水培育苗, 湘杂棉14号钾效率系数最高, 湘农大棉1号最低; 沙培育苗缺钾处理棉苗株高、主根长分别为施钾处理的67.03%~86.11%、73.68%~96.61%, 水培育苗分别为89.97%~95.64%、75.68%~91.76%; 施钾棉苗地上部、地下部的钾含量及单株钾积累量极显著高于缺钾处理, 沙培育苗分别是缺钾处理的2.20、3.17、3.52倍, 水培育苗的分别是缺钾处理的2.64、4.37、3.35倍; 湘杂棉15号在2种育苗方式和钾水平下, 干物重均较高, 但其地上部钾含量较低, 表明该品种具有较强的耐低钾能力和较高的钾利用效率。

**关键词:** 棉花; 育苗方式; 钾效率系数

中图分类号: S562.038

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)01-0008-05

## Effects of different nursing methods on potassium efficiency of different cotton varieties in seedling stage

LI Yi<sup>1</sup>, LIU Ai-yu<sup>2</sup>

(1.Cotton Research Institute of Hunan Province, Changde, Hunan 415000, China; 2.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** To verify the effect of different nursing methods on the potassium efficiency of cotton in seedling stage, the growth and the uptake of potassium efficiency and accumulation of potassium in seedling stage of 6 cotton varieties including Xiangnongdamian No.1, Jinnongmian No.2, Xiangfengmian No.3, Xiangzamian No.14, Xiangzamian No.15 and Xiangzamian No.17 were investigated under hydroponics and sand culturing. The results indicated that potassium efficiency coefficients of seedlings with hydroponics were higher than seedlings with sand culturing, which were 0.709-0.865 and 0.559-0.753, respectively. Under sand culturing, Xiangnongdamian No.1 exhibit the highest potassium efficiency while Xiangzamian No.14 the lowest; under hydroponics, Xiangnongdamian No.14 exhibit the highest potassium efficiency while Xiangzamian No.1 the lowest. Under sand culturing, the plant height and main root length of seedling in potassium deficient treatment correspondingly accounted for 67.03%-86.11% and 73.68%-96.61% of those in seedlings with potassium supply. Under hydroponics, the plant height and main root length of seedling in potassium deficient treatment correspondingly accounted for 89.97%-95.64% and 75.68%-91.76% of those in seedlings with potassium supply. Potassium content in above ground parts, under ground part and potassium accumulation in single seedling were significantly higher in seedlings with potassium supply, which were 2.20, 3.17 and 4.37 times as high as those in seedlings without potassium supply under the sand culturing while 2.64, 3.52 and 3.35 times as high as those in seedlings without potassium supply under the hydroponics. The dry matter weight of Xiangzamian No.15 was high with both seeding ways and both potassium treatments, but K content in above ground parts was low, indicating its high tolerance against low level of potassium and high potassium

utilization efficiency.

**Key words:** cotton; sand culturing; hydroponics; potassium efficiency

中国耕地土壤普遍缺钾,严重缺钾的土壤(速效钾含量 $<50$  mg/kg)和一般性缺钾的土壤(速效钾含量 $50 \sim 70$  mg/kg)面积约 $23$ 万 $\text{hm}^2$ ,占全国耕地面积的 $23\%$ ,南方严重缺钾的土壤面积约为 $9.3$ 万 $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。缺钾不仅影响棉花产量,而且使棉纤维品质下降<sup>[2-5]</sup>。不同棉花品种耐低钾胁迫的能力及对钾的吸收和利用效率有差异<sup>[6-8]</sup>,因此,棉花钾高效基因型的筛选成为棉花种质资源研究的热点之一。对钾高效棉花品种的筛选有苗期筛选和全生育期筛选。田晓莉等<sup>[8]</sup>、姜存仓等<sup>[9]</sup>对苗期筛选的结果进行全生育期鉴定,结果表明,棉花品种全生育期钾效率与苗期趋于一致,认为在苗期大规模筛选的基础上,对初选结果进行大田全生育期鉴定可提高筛选效率。

棉花苗期钾效率的鉴定主要采取水培和沙培(土培)育苗,多数在水培条件下进行<sup>[9-12]</sup>。但不同棉花品种对水培条件的适应性存在差异<sup>[13]</sup>,可能导致筛选结果因品种对水培条件的适应性不同而与田间实际钾利用效率存在差异。

笔者选择在湖南主产棉区有一定种植规模的6个棉花品种,比较水培育苗和沙培育苗2种方式对它们苗期钾吸收和利用效率的差异,以期筛选钾高效棉花品种提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

湘农大棉 1 号(A1)、金农棉 2 号(A2)、湘丰棉 3 号(A3)、湘杂棉 14 号(A4)、湘杂棉 15 号(A5)、湘杂棉 17 号(A6)共 6 个杂交棉品种。

### 1.2 方 法

试验于 2013 年在湖南省棉花研究所科研基地进行。

1) 水培试验。采用营养液漂浮育苗,营养液为 H·C·阿夫多宁营养液,其中 KCl 溶液按试验处理要求配制<sup>[11]</sup>。设施钾(K1, KCl 质量浓度 $20$  mg/L)和缺钾(K0, KCl 质量浓度 $0$  mg/L)2 个处理。3 次重复,每重复 1 盘。于 3 月 29 日播种,在棉花漂浮育苗盘中保温、保湿催芽 $2 \sim 3$  d,出芽后,3 月 31 日转入盛有营养液

的池中继续培养,第 1 周用 $1/4$ 浓度营养液,第 2 周用 $1/2$ 浓度营养液,以后用全浓度营养液。

2) 沙培试验。河沙用自来水淋洗,在施 N 和  $\text{P}_2\text{O}_5$  均为 $0.1$  g/kg 的基础上,设施钾(K1,  $\text{K}_2\text{O}$   $0.1$  g/kg)和不施钾(K0,  $0$  g/kg)2 个处理。3 次重复。氮、磷、钾肥肥源分别为尿素、过磷酸钙和氯化钾,所有肥料均一次性施入。3 月 30 日播种,每小区 10 行,每行播 8 株。

均于播种后 40 d 取样,每小区(盘)取 10 株,先用自来水冲洗,再用蒸馏水洗净,考查幼苗株高、叶片数、干重、根长、根重、根体积;于 $105$  °C 杀青 30 min,在 $70$  °C 下烘干,称重。研磨过筛后采用火焰分光光度法测量幼苗各部位钾含量,计算钾积累量和钾效率系数<sup>[14]</sup>。

### 1.3 数据 处理

利用 Excel 和 DPS 统计软件进行数据处理。

## 2 结果与分 析

### 2.1 不同育苗方式缺钾对棉花苗期农艺性状的影响

2 种育苗方式下,缺钾对棉花株高、主根长影响较大,对叶片数的影响最小(表 1)。沙培缺钾棉苗株高为施钾处理的 $67.03\% \sim 86.11\%$ ,湘农大棉 1 号株高最低,且缺钾处理与施钾处理差异不显著,其余 5 个品种缺钾处理株高均显著低于施钾处理;而水培育苗虽各品种缺钾处理株高均低于施钾处理,但受影响程度较沙培育苗小,缺钾棉苗株高为施钾处理的 $89.97\% \sim 95.64\%$ ,仅湘杂棉 15 号缺钾与施钾处理差异达到显著水平。缺钾对棉苗主根长的影响,沙培育苗较水培育苗品种间差异更大。沙培育苗缺钾,棉苗主根长为施钾处理的 $73.68\% \sim 96.61\%$ ,仅湘农大棉 1 号、湘杂棉 14 号 2 个品种达到显著水平;水培缺钾,棉苗主根长为施钾处理的 $75.68\% \sim 91.76\%$ ,所有品种缺钾处理主根长均显著低于施钾处理,受影响最大的是湘杂棉 17 号。2 种育苗方式缺钾对湘杂棉 15 号主根长的影响最小。根体积受缺钾影响较大的是金农棉 2 号、湘杂棉 17 号,在 2 种育苗方式下,缺钾处理根体积均显著小

于施钾处理,湘杂棉14号、湘杂棉15号在沙培时达显著水平,其余处理间的差异均无统计学意义。

叶片数品种间差异达显著水平,但同一品种在相同的育苗方式下,缺钾和施钾处理无显著差异。

表1 不同处理棉花品种苗期的农艺性状

棉花品种	处理	株高/cm		叶片数/片		主根长/cm		根体积/mL	
		水培	沙培	水培	沙培	水培	沙培	水培	沙培
A1	K1	28.4abc	14.4cde	3.5bcd	3.5bc	12.7c	9.5bc	0.47bc	0.40de
A1	K0	27.0cd	12.4e	3.1d	3.2c	9.6f	7.0d	0.40cd	0.30e
A2	K1	29.1ab	16.3bc	3.9abc	4.0a	13.1c	10.1abc	0.87a	0.63bc
A2	K0	27.4abcd	13.3e	4.0ab	3.5bc	11.7de	8.8cd	0.33d	0.37e
A3	K1	28.3abc	16.6ab	3.7abc	3.5bc	12.6c	11.6ab	0.47bc	0.53cd
A3	K0	27.0cd	14.0de	3.7abc	3.5bc	11.5de	9.7bc	0.47bc	0.43de
A4	K1	28.6abc	17.2ab	3.8abc	3.9ab	14.4b	11.9a	0.53b	0.85a
A4	K0	27.2bcd	13.3e	3.4cd	3.7ab	12.3cd	9.6bc	0.50bc	0.53cd
A5	K1	29.9a	18.6a	4.1a	4.0a	15.4a	9.8bc	0.57b	0.63bc
A5	K0	26.9cd	12.5e	3.9abc	3.6ab	14.1b	9.5bc	0.50bc	0.30e
A6	K1	27.9bcd	16.1bcd	4.1a	3.9ab	14.8ab	11.5ab	0.83a	0.70b
A6	K0	26.3d	13.1e	4.0ab	3.7ab	11.2e	9.6bc	0.33d	0.43de

## 2.2 育苗方式对棉苗干物质生产和钾效率系数的影响

所有参试品种在2种育苗方式下,缺钾处理干重均显著或极显著低于施钾处理。沙培育苗缺钾对棉苗干重影响大于水培育苗,棉苗干重及其对缺钾响应的品种间差异显著(表2)。沙培育苗施钾时品种间棉苗干重差异显著,湘杂棉15号、湘杂棉14号均极显著高于湘农大棉1号,其他品种间的差异未达显著水平;缺钾处理棉苗干重品种间差异不显著,说明所有品种在沙培育苗条件下棉苗干物质生产受缺钾影响严重。水培育苗棉苗干重缺钾处理较施钾处理品种间差异更为显著,缺钾处理湘杂棉15号极显著高于其他品种,湘杂棉14号、湘杂棉17号亦极显著高于金农棉2号、湘农大棉1号;施钾处理湘杂棉15号除与湘杂棉17号的差异未达显著水平外,极显著高于其他品种。可见,若以棉苗干重为钾效率的筛选指标,应该同时考虑育苗方式的影响。湘杂棉15号在2种育苗方式下缺钾和施钾干重均较高,除沙培育苗缺钾情况下干重略低于金农棉2号,未达显著水平外,其余条件下干重在所有参试品种中均为最高,说明该品种苗期干物质生产能力最大。湘农大棉1号苗期干物质生产能力最小,在2种育苗方式下,施钾和缺钾处理干重均为所有参试品种中最低。

干物质在地下部与地上部间的分配(根冠比)对钾和育苗方式的反应均表现出显著差异(表2)。湘农大棉1号、湘杂棉15号在2种育苗方式下,施钾与缺钾处理对根冠比无显著影响,金农棉2号在2种育苗方式下,施钾处理的根冠比均极显著高于缺钾处理;其余3个品种在沙培条件下施钾极显著高于缺钾处理,而在水培条件下无显著差异。

表2 2种育苗方式下不同处理的棉苗干重及根冠比

Table 2 Dry matter weights and root-top ratios of different cotton varieties under hydroponics and sand culturing

棉花品种	处理	单株干重/g		根冠比	
		水培	沙培	水培	沙培
A1	K1	0.350EFGde	0.392Cc	0.103ABCbc	0.130BCDbc
A1	K0	0.249Hg	0.294Dd	0.10bc	0.110BCDcd
A2	K1	0.388CDEFcd	0.487ABb	0.130ABa	0.157ABCab
A2	K0	0.299GHf	0.342CDcd	0.080Cc	0.080Dd
A3	K1	0.412BCDbc	0.482Bb	0.113ABab	0.153ABCab
A3	K0	0.340FGde	0.323CDd	0.127ABa	0.097Dcd
A4	K1	0.409BCDbc	0.537ABab	0.127ABa	0.183Aa
A4	K0	0.354DEFGde	0.300Dd	0.133Aa	0.110BCDcd
A5	K1	0.472Aa	0.568Aa	0.110ABCab	0.110BCDcd
A5	K0	0.401BCDEc	0.337CDcd	0.110ABCab	0.097Dcd
A6	K1	0.445ABab	0.511ABab	0.100BCbc	0.160ABab
A6	K0	0.355DEFGde	0.315CDd	0.100BCbc	0.107CDcd

在沙培条件下,各品种的钾效率系数为0.559~0.753,其中,湘农大棉1号最高,显著高于湘杂棉17号,极显著高于湘杂棉15号、湘杂棉14号;水培

条件下各品种的钾效率系数为0.709 ~ 0.865，湘杂棉14号最高，显著高于金农棉2号，极显著高于湘农大棉1号(图1)。不同育苗方式下，品种间钾效率系数变化趋势不一致，在沙培条件下，湘杂棉14和15号的钾效率系数较小，湘农大棉1号的钾效率系数最大，与水培条件下的结果相反。可能是由于不同品种对水培育苗的适应性不同所致。

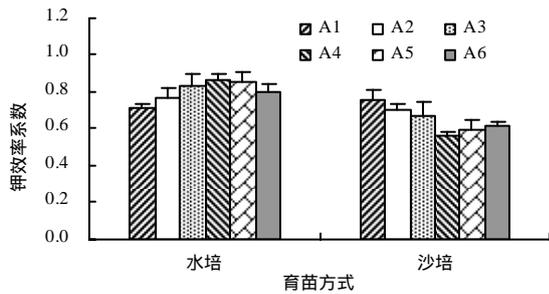


图 1 不同育苗方式棉花品种的钾效率系数

Fig. 1 Potassium efficiency of different cotton varieties under hydroponics and sand culturing

可见，在2种育苗方式下，不同棉花品种的干物质生产和分配对施钾的反应表现出较大差异。沙培育苗时的钾效率系数较水培育苗更小，说明缺钾对干物质生产的影响在沙培育苗条件下更大，可能是因为水培育苗采用的育苗基质含有一定的养分，而沙培育苗所用的河沙经过自来水淋洗，基本不含有养分。

### 2.3 育苗方式对不同棉花品种钾吸收积累的影响

沙培育苗不同棉花品种施钾处理的地上部、地下部钾含量及全株钾积累量分别为缺钾处理的1.40 ~ 4.14、2.17 ~ 8.19、2.03 ~ 5.97倍，参试品种平均分别为2.20、3.17、3.52倍。水培育苗不同棉花品种施钾处理的地上部、地下部钾含量及全株钾积累量分别为缺钾处理的1.84 ~ 3.97、2.32 ~ 7.12、2.49 ~ 5.40倍，参试品种平均分别为2.64、4.37、3.35倍。可见，沙培育苗缺钾对棉苗钾含量和钾积累量的影响品种间差异较水培育苗更大(表3)。

表 3 2 种育苗方式下不同处理的棉苗的钾含量和积累量

处理	地上部 K 含量/%		地下部 K 含量/%		单株钾积累量/mg	
	水培	沙培	水培	沙培	水培	沙培
A1K1	1.54Aa	1.48BCbc	0.82Cd	0.79Bc	5.18ABbc	5.49Cc
A1K0	0.39De	0.98Ee	0.36De	0.36CDEe	0.96Dd	2.70Dde
A2K1	1.26Bc	1.74Aa	1.02BCbc	1.41Aab	4.78Bc	8.23Aa
A2K0	0.68Cd	0.42Gg	0.12Eg	0.65BCc	1.92CDd	1.50Efg
A3K1	1.35ABbc	1.34CDd	1.41Aa	1.35Ab	5.58ABab	6.42BCb
A3K0	0.49CDe	0.45Gg	0.29DEef	0.62BCDcd	1.58CDde	1.51Efg
A4K1	1.48Aab	1.25Dd	1.12Bb	1.41Aab	5.89Aab	6.84Bb
A4K0	0.69Cd	0.39Gg	0.32DEe	0.32DEe	2.27Cc	1.14Eg
A5K1	1.27Bc	1.38BCDcd	1.11Bb	1.60Aa	5.92Aab	7.92Aa
A5K0	0.45De	0.98Ee	0.16DEfg	0.42CDEde	1.70CDde	3.13Dd
A6K1	1.41ABabc	1.56Bb	0.92BCcd	1.55Aab	6.09Aa	7.95Aa
A6K0	0.45De	0.75Ff	0.22DEefg	0.19Ee	1.54CDde	2.18DEef

在相同的育苗方式和钾水平下，钾含量和单株钾积累量品种间差异显著。沙培育苗地上部钾含量金农棉2号在施钾时为1.74%，显著高于其他品种，为含量最低的品种湘杂棉14号的1.394倍，在缺钾时为0.42%，仅略高于湘杂棉14号0.39%。沙培缺钾处理，地上部钾含量最高的品种湘农大棉1号、湘杂棉15号分别为含量最低的品种湘杂棉14号的2.524、2.521倍。水培育苗，地上部钾含量施钾处理湘农大棉1号最高，金农棉2号最低；缺钾处理湘杂棉14号、

金农棉2号显著高于其他品种，分别为含量最低的湘农大棉1号的1.761、1.756倍，其他品种间差异不显著。湘杂棉14号在沙培育苗时钾含量最低，而在水培育苗时含量较高，可能与品种对水培育苗的适应性有关。沙培育苗单株钾积累量施钾处理金农棉2号最高，含量较高的湘杂棉17号、湘杂棉15号显著高于湘杂棉14号、湘丰棉3号和湘农大棉1号；缺钾处理钾积累量最高的湘杂棉15号为最低的湘杂棉14号的2.738倍。水培育苗单株钾积累量仅最高的

湘杂棉17号与最低的湘农大棉1号间差异达显著水平;缺钾处理钾积累量最高的品种湘杂棉14号显著高于其他品种,为最低品种湘农大棉1号的2.493倍。干重最高的湘杂棉15号钾含量在施钾时处于较低水平,而在缺钾时处于较高水平,钾积累量仅在沙培缺钾时因干重远大于其他品种而为最高,说明该品种不仅吸收钾的能力较强,钾利用效率也较高。

### 3 讨论

作物对营养元素的吸收利用效率在不同基因型间存在显著差异,这为筛选和利用营养高效品种提供了基础。姜存仓等<sup>[11]</sup>根据钾效率系数和施钾增长潜力(适钾干重-缺钾干重)的差异,将棉花分为高效高潜、高效低潜、低效高潜和低效低潜4种类型基因型。根据全生育期生产和养分利用效率的筛选作物营养高效基因型较苗期筛选更为准确,但筛选规模和效率受到极大限制,尤其是棉花生育期长,进行全生育期筛选工作量大,受环境因素影响较难控制,筛选的效率低,因而通常在苗期筛选的基础上,对典型材料进行大田鉴定<sup>[9,14]</sup>。营养液培养以其易于控制条件、可在室内分期分批进行大量筛选而受青睐,但未考虑不同棉花品种对营养液培养条件的适应性,因而,筛选结果可能与大田生产条件有较大差异。本研究结果表明,在沙培育苗和水培育苗方式下,棉花品种钾效率系数范围差异较大,且品种间钾效率系数大小顺序出现较大变化,在水培条件下钾效率系数最低的湘农大棉1号在沙培时却表现为最高,而在水培条件下钾效率系数最高的湘杂棉14号在沙培条件却最低,这充分说明育苗方式对营养效率筛选指标有较大影响。湘杂棉15号在2种育苗方式和钾水平下,干物重均较高,而其地上部钾含量较低,具有较强的耐低钾能力和较高的钾利用效率,说明棉花苗期筛选钾高效品种时,干重较钾效率系数更重要,同时要考虑不同棉花品种对育苗方式的适应性。本研究参试品种的钾效率系数在2种育苗方式下分别为0.559~0.753和0.709~0.865,远高于姜存仓等<sup>[15]</sup>在营养液条件下83个棉花基因型的钾效率系数变幅(0.08~0.28),可能与筛选条件和培养时间有关。

### 参考文献:

- [1] 谢建昌,周健民.我国土壤钾素研究和钾肥使用的进展[J].土壤,1999,31(5):244-254.
- [2] DONG H Z ,TANG W ,LI Z H ,et al .Morphological and physiological disorders of cotton resulting from potassium deficiency[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 2005, 25(3): 615-624.
- [3] 马宗斌,李伶俐,朱伟,等.施钾对不同基因型棉花光合特性及产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(6):1129-1134.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Cassman K G ,Potassium efficiency by T A ,Roberts B A , et al . Differential response of two cotton cultivars to fertilizer and soil potassium[J]. Agron J, 1989, 81(6): 870-876.
- [7] Clement-Bailey J ,Gwathmey C O .Potassium effects on partitioning, yield, and earliness of contrasting cotton cultivars[J]. Agron J, 2007, 99(4): 1130-1136.
- [8] 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.
- [9] 姜存仓,高祥,王运华,等.不同基因型棉花苗期钾效率差异及其机制的研究[J].植物营养与肥料学报,2005,11(6):781-786.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 华含白,李召虎,田晓莉.辽棉18与新棉99B苗期耐低钾能力的差异及其机制[J].作物学报,2009,35(3):475-482.
- [13] 张昊,陈金湘,王峰,等.棉花对营养液漂浮育苗适应能力的初步研究[J].中国棉花,2011,38(3):44-47.
- [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,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.

责任编辑:罗慧敏

英文编辑:罗维