

钾高效基因型棉花的筛选及其生理机制的研究^①

姜存仓¹, 陈 防², 鲁剑巍¹, 高祥照^{1,3}, 万开元², 年夫照¹, 王运华^{1*}

(1 华中农业大学资源环境学院植物营养实验室, 武汉 430070; 2 中国科学院武汉植物园, 武汉 430074;

3 全国农业技术推广服务中心, 北京 100026)

摘 要: 通过营养液培养, 设缺 K 和适 K 处理, 进行棉花苗期培养, 以苗期干物质的 K 效率系数 $(-K/+K)$ 评价 K 效率差异, 从 86 个不同系谱的棉花品种中分次逐步筛选, 获得 4 个候选品种。对候选品种进行全生育期土培试验, 设施 K 和不施 K 处理, 获得皮棉产量, 以皮棉产量的 K 效率系数 $(-K/+K)$ 来反映品种间的 K 效率差异, 确定 103 为 K 高效高潜力基因型, 122 为 K 低效低潜力基因型, 163 和 165 为 K 高效低潜力基因型。103 具有较强的吸收土壤速效 K、活化土壤缓效 K 的能力, 并以较低的 K 含量往繁殖器官运输分配, 建成较多的子棉和皮棉, 这可能是其 K 高效的机制之一。

关键词: 棉花; 基因型; 钾效率

中图分类号: S511; S143.1

棉花是我国主要经济作物之一, 缺 K 对棉花的产量和品质均有较大影响^[1-3]。我国化学 K 肥资源缺乏, 土壤缺 K 面积呈日益扩大之势^[4], K 肥的供需矛盾较为突出。近年来, 开展 K 营养高效种质资源的利用较为活跃, 土壤 K 库中 K 资源潜力利用^[5-6]和植物 K 营养基因型差异^[7-9]的报道较多, 这不仅能为选育 K 高效基因型提供种质资源, 而且对提高土壤中 K 素有效性和 K 肥的利用率, 探索以生物资源缓解不可再生的矿产资源的亏缺具有重要意义, 但有关不同棉花基因型 K 效率差异的研究较少。筛选 K 高效的棉花种质资源, 进行棉花 K 营养性状遗传改良, 是缓解棉花对 K 需求的途径之一。笔者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, 于 2002—2004 年开展了不同棉花基因型 K 效率的筛选及其初步分析: 先是通过营养液培养, 进行苗期筛选^[10-11], 以干物质的 K 效率系数结合农艺性状, K 的吸收、积累与分配以及生理差异等特性, 逐步分次得到 4 个候选品种; 然后开展土培试验, 对复选得到的 4 个品种进行全生育期筛选, 根据产量确定供试品种的 K 营养效率, 从中得到不同棉花基因型 K 营养高效品种和低效品种, 为进一步开展 K 高效生理及遗传行为研究打下基础。

1 材料与方法

1.1 不同棉花基因型苗期 K 效率的初选

1.1.1 供试材料 包括斯字棉、金字棉、柯字棉、岱字棉等不同谱系的棉花品种 86 个, 种子由中国农业科学院棉花研究所种子资源室和华中农业大学作物遗传育种研究所提供, 将它们编号代码为 20101—20186 (以后行文简略编号中的 20)。

1.1.2 营养液培养试验设计及栽培管理 采用 H·C·阿夫多宁营养液(g/L): NH_4NO_3 0.240; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 0.100; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.100; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.360; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.500; Fe-citrate 0.025; 微量元素用阿农营养液。设低 K (-K, 1 mg/L) 和适 K (+K, 20 mg/L) 处理, 3 次重复。用长 × 宽 × 高为 50 cm × 45 cm × 15 cm 塑料盆, 外涂黑漆避光, 盆盖是聚丙烯板。棉籽在 50℃ ~ 60℃ 水中浸种 30 min, 室温催芽, 发芽后, 转入大盆中继续培养, 株高约 8 cm 时, 加入营养液, 每盆定植 12 株。每日通气 10 h, 每周换 1 次营养液。在定植之初, 用 1/4 浓度营养液, 1 周后用 1/2 浓度, 进而用全量营养液。定植后, 观察记录棉花的农业性状。1 个月左右收获, 对根、茎、叶各器官取样, 于 105℃ 杀青 30 min, 在 70℃ 下烘干。样品研磨后, 供试验用。

1.1.3 分析方法 全 K: 1 mol/L HCl 浸提, 火焰光度计测定; 株高: 采用直尺测量法; 叶片数: 以完全展开的真叶数为准, 收集的落叶计算在内; K 效率系数 = $(-K)/(+K)$ 干物重 / $(+K)$ 干物重。

1.2 不同棉花基因型苗期 K 效率的复选

1.2.1 供试材料 根据苗期 K 效率系数, 选出 103、

^①基金项目: 中科院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-YW-N-002) 和国际植物营养研究所 (IPNI) 基金项目 (HuBei-29) 资助。

* 通讯作者 (yhwang@mail.hzau.edu.cn)

作者简介: 姜存仓 (1976—) 男, 山东人, 博士, 讲师, 主要从事植物营养生理研究。E-mail: jccchc2001@yahoo.com.cn

122、138、163、165、169 等 6 个品种进行复选。

1.2.2 试验设计 采用 H·C·阿夫多宁营养液, 配方同上, 设缺 K (-K, 2 mg/L) 和适 K (+K, 20 mg/L) 两个处理, 3 次重复。

1.2.3 栽培管理及分析方法 同上, 基因潜力 = $[(+K \text{ 干重}) - (-K \text{ 干重})] / \text{施入的单位 KCl}$ 。

1.3 不同棉花基因型全生育期 K 效率的鉴定

1.3.1 供试材料 根据苗期 K 效率系数复选情况, 从中选出 103、122、163、165 这 4 个品种进行下一步鉴定、全生育期筛选。供试土壤采自湖北省蕲春县, 其理化性质如下: pH: 5.9; 有机质: 30.49 g/kg; 全 N: 1.78 g/kg; 全 P: 1.95 g/kg; 全 K: 2.41 g/kg; 碱解 N: 114.78 mg/kg; 速效 P: 24.43 mg/kg; 速效 K: 59.10 mg/kg; 缓效 K: 349.05 mg/kg。

1.3.2 土培试验设计 采用塑料盆, 每盆装土 15 kg, 设置缺 K (不施 K, -K) 和施 K (+K) 处理, 肥底为 N 0.36 g/kg 土、P₂O₅ 0.12 g/kg 土、Mg 0.03 g/kg 土、Ca 0.2 g/kg 土, 微量元素用阿农营养液。施 K 处理基施 K₂O 0.15 g/kg 土 (以 KCl 为肥源)。所有肥料均用化学纯以上试剂, 5 次重复。2003 年 5 月 7 日播种, 5 月 11 日出苗, 6 月 12 日现蕾, 7 月 1 日开花, 8 月 6 日吐絮, 10 月 30 日收获完毕。7 月下旬, 缺 K 处理植株叶片开始出现皱缩、发黄、干瘪等衰老的迹象。7 月 7 日—8 月 28 日共追施尿素 17.4 g/盆, 施 K 处理还追施 KCl 8.17 g/盆。盆栽场有玻璃钢瓦棚防雨, 及

时除草治虫。根据吐絮分次收花, 得到实产, 计算产量效率系数。K 效率系数 = $(-K) \text{ 皮棉产量} / (+K) \text{ 皮棉产量}$; 基因潜力 = $[(+K \text{ 皮棉产量}) - (-K \text{ 皮棉产量})] / \text{施入单位 K}_2\text{O}$ 。

1.4 数据统计分析

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 不同棉花基因型苗期 K 效率的初选

以缺 K 和适 K 条件下地上部干物重之比 (-K/+K) 为 K 效率系数来反映不同棉花基因型 K 营养效率的差异, 表示棉花的耐低水溶性 K 的能力, 系数越大, K 效率越高, 其耐低 K 能力就越强。可以得出不同的 K 效率系数分布, 共 83 个基因型 (101、114、119 没有发芽), 具体分布如表 1。这 83 个基因型 K 效率系数变幅在 0.08~0.28 之间, 相差 71%。K 效率较高的基因型 6 个, 占 7%; K 效率较低的 3 个, 占 4%; 中间类型 74 个, 占 89%。呈现两头少中间多的正态分布特征。所以, 此 K 效率系数能较好地反应不同基因型之间 K 效率差异, 用于初步筛选 K 效率不同棉花基因型具有较好的可行性。结合 K 效率系数和棉花品种之间的谱系关系, 初步选出高效基因型 3 个 (103、138、163) 和低效基因型 3 个 (122、165、169) 进行进一步 K 效率复选。

表 1 不同的棉花基因型棉花苗期 K 效率系数分布

Table 1 Distribution of K-efficiency coefficient of different cotton genotypes at seeding stage

	0.05~0.10	0.10~0.15	0.15~0.30	0.20~0.25	0.25~0.30
基因型个数	3	15	32	27	6
基因型编号代码	122;	102;105;110;	116;112;113;118;119;120;123;	104;106;107;111;115;	103;108;138;
	165;	142;152;153;	127;129;132;133;143;154;159;	117;126;128;131;134;	148; 163;164
	169	158;160;167;	162;166;168;170;171;172;179;	176;139;140;141;144;	
		175;178;182	180;181;183;156;125;121;161;	146;149;150;151;157;	
		184;186;185	130;136;174;155	173;124;137;109;145;	
				135;177	

2.2 不同棉花基因型 K 效率的复选

试验结果如表 2。103、138、163、165 为 K 高效棉花基因型, 122、169 为 K 低效棉花基因型, 除 165 有较大波动外, 与前期筛选结果基本一致。103 较为特别, 在缺 K 条件下, 其干物质重是最大 (1.07 g), 比其他基因型高 12.1%~56.1%; 适宜 K 处理时干物质重也是最大 (3.53 g), 比其他基因型高 20.1%~44.5%, 但二者比值 (K 效率系数为 0.30) 反而不是最高, 故

尽管 103 K 效率系数不是最大, 但它既耐缺 K 胁迫, 又具有适宜 K 条件下较大的生长潜力。若以基因潜力的平均值 1.79 为临界值来划分高潜和低潜基因型, 再结合 K 效率系数, 则不同基因型可分为高效高潜基因型 (103、138)、高效低潜基因型 (163、165)、低效高潜基因型 (122) 和低效低潜基因型 (169)。

高效高潜基因型 103、138 的株高和叶面积相对较大, 茎和叶片干重相对较重; 低效低潜基因型 169 其

表 2 不同 K 处理对棉花不同基因型苗期生长及其 K 效率的影响

Table 2 Effect of different K levels on K-efficiency and growth of different cotton genotypes

基因型	株高		叶面积		单株干重 (g/株)								基因潜力 (g/株)	K 效率
	(cm)		(cm ²)		叶重		茎重		根重		总重			
	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K		
103	13.0	34.7	62.3	138.3	0.79	2.48	0.10	0.53	0.18	0.70	1.07A	3.53A	2.46A	0.30B
138	14.7	33.8	60.7	111.7	0.68	1.78	0.09	0.46	0.17	0.66	0.94A	2.77B	1.83C	0.34AB
163	12.7	32.7	33.7	70.8	0.47	1.34	0.06	0.34	0.18	0.44	0.71B	1.98D	1.27E	0.36A
165	14.2	31.0	45.8	101.0	0.62	1.66	0.09	0.37	0.20	0.47	0.91A	2.37C	1.46D	0.38A
122	13.0	34.0	48.5	122.7	0.39	1.91	0.07	0.47	0.15	0.60	0.61BC	2.82B	2.21B	0.22C
169	11.5	31.2	31.5	91.7	0.36	1.32	0.03	0.30	0.08	0.44	0.47C	1.96D	1.49D	0.24C

注: 同列内不同大写字母表示差异显著性达 $p<0.01$ 水平。

株高、叶面积、根重和叶重都是最小; 其中缺 K 时 103 干物质总重是 122 的 1.75 倍、169 的 2.28 倍, 所以高效高潜基因型能够积累较多的干物质, 为后期的生长发育打下物质基础。能否在 K 胁迫条件下积累较多的干物质, 也许是衡量高、低效及不同潜力棉花基因型之间差异的机制之一。适 K 处理, 高效高潜基因型 103、138 和低效高潜基因型 122 株高和叶面积大, 根、茎、叶各部位干物质重, 具有较大的基因潜力; 高效低潜基因型 163、165 和低效低潜基因型 169 的相应表现较差, 其基因潜力也有限。根据不同基因型的系谱关系、农艺性状、K 效率和基因潜力等状况, 选出 103、122、163、165 进行不同基因型全生育期 K 效率的鉴定。

2.3 不同棉花基因型全生育期 K 效率的鉴定

试验获得的产量、K 效率系数及有关数据见表 3。不同基因型 K 效率系数之间存在显著差异。K 效率系数大小(165>103>163>122)和基因潜力的大小(103>122>163>165)与前期复选的结果(K 效率系数 165>163>103>122; 基因潜力 103>122>165>163)基本一致。其中, 103 的 K 效率系数也不是最大, 这是因为其在缺 K 条件下获得了较高的产量 (15.48 g),

在加 K 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 (10.26 g; 25.92 g) 的比值 (0.39)。并且, 棉花产量的高低应该是衡量棉花 K 高、低效基因型的终极指标。另外, 施 K 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。缺 K 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。所以 103 既具有缺 K 获得较高产量的能力, 又具有施 K 时较大的增产潜力。103 还具有良好的农艺产量性状, 其植株最高, 结桃数最多, 每株桃数在缺 K 时比其他基因型多 4.4~6.4 个, 施 K 时多 0.2~5.2 个; 其脱落率最低, 缺 K 时比其他基因型低 9.7%~11.5%, 施 K 时低 5.8%~7.3%, 但其果节数并不是最多, 故成铃率高; 其单铃重在施 K 时最高, 缺 K 时中等; 其籽指在施 K 和缺 K 时都较低, 说明 103 能把较多的养分转移到皮棉中, 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是其高效的因素之一。因此, 结合不同棉花基因型的农艺性状、产量、K 效率系数以及基因潜力等因素的综合考虑, 可以判断 103 是 K 高效高潜基因型。163 和 165 虽然 K 效率系数较高, 但其基因潜

表 3 不同 K 处理对不同棉花基因型的生长和产量效应

Table 3 Effect of different K levels on the growth and outputs of different cottons genotypes

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

注: 数据为 5 次重复的平均数 ± 标准差, 同列不同小写字母表示差异显著性达 $p<0.05$ 水平。

力最低，并且在施 K 或缺 K 条件下，其单铃重、单株皮棉重都是中等水平，因而判断它们是高效低潜基因型。122 整体表现较差，结桃数最少，缺 K 时只有 103 桃数的 54%；脱落率最高，在缺 K 和施 K 时分别比 103 高 11.3%、7.3%；单株皮棉产量、单铃重、籽指都最小；属于低效低潜基因型，这和它在苗期复选表现是低效高潜基因型稍有不同。

比较表 2、表 3 可见：不仅同一时期各品种之间表现出明显的差异，而且同一品种在各时期之间也有着不尽相同的变化趋势，主要有 3 种类型：①前期和后期均表现出明显优势的品种如 103，其 K 效率系数始终居于前列，受缺 K 影响最小，为其 K 高效奠定了良好的基础；并且又其基因潜力最大，故是高效高潜的基因型；②K 效率系数随生育进程推移一直较低，最终导致产量很低的品种，如 122，其基因潜力先高后低，是低效低潜的基因型；③前期和后期表现不一致的品种，如苗期低效的 165，在后期 K 效率系数一直居于首位，但由于其基因潜力相对较低，且产量不高，因此是高效低潜基因型。同时 163 的 K 效率也有波动，这种阶

段性差异就使得 K 效率的研究变得较为复杂。

2.4 不同棉花基因型各部位 K 含量对不同 K 水平的反应

从表 4 看出，4 个供试棉花基因型，在施 K 时其不同部位的 K 含量趋势是：铃壳>叶>茎>根>纤维；缺 K 时其 K 含量的趋势是：铃壳>纤维>叶>茎>根。因此，棉花的各个部位对不同 K 水平的反应不同，铃壳的 K 含量总是最高，而缺 K 时 K 素则较多地转移到纤维，并比根、茎、叶的 K 含量高。不同棉花基因型各部位的 K 含量存在着差异：高效高潜基因型 103，在施 K 时只有叶片 K 含量高于其他基因型，其他部位的 K 含量均低于其他的基因型，说明 103 能以较低的 K 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 K 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 K 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 K 浓度。高效低潜基因型 163 和 165 各个部位的 K 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 4 不同 K 处理对不同棉花基因型各部位 K 含量的影响 (%)

Table 4 Effect of different K levels on the K contents of the different parts of different cotton genotypes

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

2.5 K 胁迫条件下不同 K 效率棉花基因型对土壤 K 素形态的影响

由图 1 和图 2 可以看出，不同棉花基因型在 K 胁迫条件下，土壤中速效 K 和缓效 K 含量均有较大的差异。高效高潜基因型 103 的土壤速效 K 含量最低，意味着它具有较强的吸收土壤速效 K 的能力；而低效低潜基因型 122 的速效 K 含量最高，意味着它吸收土壤速效 K 的能力较弱；高效低潜基因型 163 和 165 的速效 K 含量居于 103 和 122 之间。从图 2 还可以看出，103 的土壤缓效 K 含量最高，达 641.66 mg/kg，分别是 122、163 和 165 土壤缓效 K 含量的 1.80、1.56 和 1.70 倍，或许是由于 103 根系具有较强的活化土壤中难溶性 K 的能力，从而使土壤中缓效 K 含量增加。因此，103 具有高吸收和高活化土壤 K 的能力，或许也是其 K 高效的机制之一。

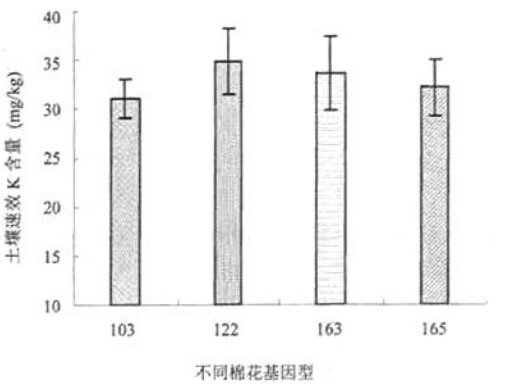


图 1 K 胁迫条件下不同 K 效率棉花基因型对土壤速效 K 含量的影响

Fig. 1 Soil rapidly available K contents as affected by different cotton genotypes at no K treatment

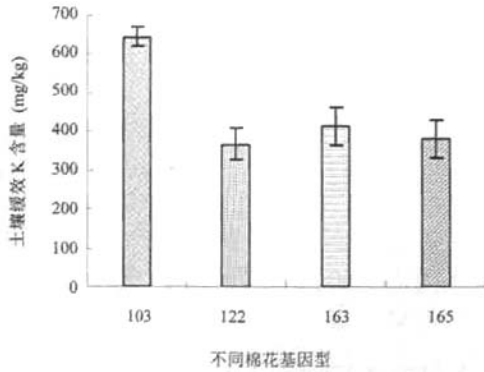


图 2 K 胁迫条件下不同 K 效率棉花基因型对土壤缓效 K 含量的影响

Fig. 2 Soil slowly available K contents as affected by different cotton genotypes at no K treatment

3 结论与讨论

节约资源, 实现农业持续发展, 发掘营养高效基因型植物, 实现植物营养性状的改良迫在眉睫^[12]。植物营养遗传研究的关键问题在于利用筛选所得的典型材料, 确定与营养性状密切相关的较为具体的形态、生理生化等方面的指标, 进而研究其遗传行为, 并通过育种或生物学技术方法进行改良。K 效率是指植物利用环境中的 K 素构成生物量(或经济产量)的能力, 有两点含义: 一是指介质中 K 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 K 浓度的增加, 植物对 K 反应的大小。利用众多的棉花种质资源, 从中筛选、鉴定 K 营养高效基因型, 是进一步开展棉花 K 营养遗传研究的基础性工作。而棉花生长期较长, 如何提高筛选鉴定棉花 K 高效基因型的工作效率, 是一项亟待解决的重要课题。笔者依据王运华等^[13-14]提出的两步筛选法(苗期干物质筛选和全生育期产量筛选), 从 86 个不同棉花基因型品种中筛选 K 营养效率不同的品种, 主要结果如下:

(1) 苗期初步筛选结果表明: K 对不同棉花基因型品种苗期生长存在显著影响, K 效率系数在 0.08 ~ 0.28 之间, 呈正态分布, 为初步发现不同 K 营养效率的品种提供了依据。

(2) 复选结果表明: 提高最低 K 浓度, K 效率系数与前期筛选结果基本一致, 而 165 有变化, 初选低, 复选最高。

(3) 全生育期试验结果表明: 判断 103 是 K 高效高潜棉花基因型, 是综合其 K 效率系数、农艺性状、皮棉产量和基因潜力等多项指标的结果。结合基因潜

力比单纯以 K 效率系数评价供试品种的 K 营养基因型差异更为完善, 对进一步的研究利用更为有益。其中, 棉花在缺 K 处理时皮棉产量的高低以及施 K 时增产的潜力, 是衡量棉花是否 K 高效的终极指标。

(4) 高效高潜基因型 103 各个部位的 K 含量较低, 而产量较高, 说明其能以较低的 K 含量构建较多的有机物, 其植物体有较强的 K 素利用能力, 或许是其高效的机制之一; 103 能够吸收较多土壤的速效 K, 并能活化较多的难溶性 K 转化为缓效 K, 其较强的吸收和活化土壤 K 素的能力是其高效的又一机制。

(5) 由苗期和全生育期筛选的结果可以看出, 不同棉花基因型品种不同时期对 K 营养的反应有一定阶段性差异, 从遗传控制角度解释, 这种现象可能与 K 调控有关的基因在不同时期开关状态不同有关, 有待进一步探讨。

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张献龙教授、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, 张立臣. 棉花施钾的增产效果及其技术研究. 土壤肥料, 2003(3): 17-19
- [2] 宋美珍, 毛树春, 邢金松. 钾素对棉花光合产物的积累及产量形成的影响. 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. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 196-197
- [4] 高祥照, 马文奇, 崔勇, 王蓉芳, 张福锁. 我国耕地土壤养分变化与肥料投入状况. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 363-369
- [5] 盛下放, 冯阳. 不同条件下硅酸盐细菌对含钾矿物分解作用的研究. 土壤, 2005, 37(5): 572-574
- [6] 杜振宇, 周健民. 钾在红壤肥际微域中的迁移. 土壤学报, 2005, 42(6): 1035-1039
- [7] Liu JX, Yang XE, Ni WZ, Yang Y. Sodium and potassium absorption and distribution in relation to growth and internal potassium use efficiency of K-efficient and -inefficient rice genotypes. Pedosphere, 2001, 11(3): 235-242
- [8] George MS, Lu GQ, Zhou WJ. Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). Field Crops Research, 2002, 77 (1): 7-15
- [9] Hanadi ED, Norbert C, Bernd S. Potassium efficiency mechanisms of wheat, barley, and sugar beet grown on a K fixing soil under controlled conditions. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2002, 165(6): 732-737

- [10] 姜存仓, 袁利升, 王运华, 鲁剑巍, 徐芳森. 不同棉花基因型苗期钾效率差异的初步研究. 华中农业大学学报, 2003, 22(6): 564-568
- [11] 姜存仓, 高祥照, 王运华, 鲁剑巍, 徐芳森, 石磊. 不同棉花基因型苗期钾效率差异及其机制的研究. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 781-786
- [12] Baligar VC, Fageriot NK, He ZL, Nutrient use efficiency in plants. Communications in Soil Science Plant Analysis, 2001, 32(7/8): 921-950
- [13] 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). 华中农业大学学报, 1995, 21(增): 71-83
- [14] 段海燕, 王运华, 徐芳森, 刘慧. 不同甘蓝型油菜品种磷营养效率的差异研究. 华中农业大学学报, 2001, 20(3): 241-245

On the Screening High Potassium Efficiency Cotton Genotypes and Its Mechanisms

JIANG Cun-cang¹, CHEN Fang², LU Jian-wei¹, GAO Xiang-zhao^{1,3}, WAN Kai-yuan², NIAN Fu-zhao¹, WANG Yun-hua¹

(1 Plant Nutrition Laboratory, College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2 Wuhan Botanical Garden of the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 3 National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100026, China)

Abstract: Based on method of "two step selection" from 86 cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars from 2001 to 2003, an experiment was conducted to study potassium (K) efficiency of varied cotton genotypes through solution and soil pot culture. The result showed that K efficiency coefficients (KEC: K efficiency coefficients is the rate of low K level plant weight to high K level plant weight at seeding stage, or K efficiency coefficients is the rate of low K level cotton fiber yield to high K level cotton fiber yield during whole stage) existed prominent difference between various genotypes. The range of KEC was from 0.08 to 0.28 at seeding stage. According to agricultural character, KEC and different cotton pedigrees, 6 representative cultivars were selected for further experiment, and after raising low K level selection on these 6 cultivars, 4 typical cultivars were selected for whole growth stage experiment. Together with other indices, such as agricultural characters, fiber yields, yield potential and so on, cotton fiber yield and KEC (range from 0.24 to 0.39) were used to identify the real K high efficiency genotype. Finally 103 was regarded as the K high efficiency and high yield potential genotype, 122 as the K low efficiency and low yield potential genotype, 163 and 165 as the K high efficiency and low yield potential genotypes. 103 could get much more yield with low K content at the same K level, so it had stronger ability to make full use of plant potassium than other genotypes. Besides, 103 could absorb much soil rapidly available potassium and activate soil slowly available potassium, so 103 had higher absorption and utilization abilities to soil potassium, all of these maybe explain why 103 was the K high efficiency and high yield potential genotype.

Key words: Cotton (*Gossypium hirsutum* L.), Genotype, Potassium efficiency