

2 个大豆基因型钾效率的比较研究

唐劲驰^{1,2}, 曹敏建²

(1 华南农业大学 根系生物学中心, 广东 广州 510642; 2 沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 将耐低钾基因型 94065-2 和不耐低钾基因型 95137, 以 4 个水平钾浓度的水培方法对其钾效率进行对照研究. 结果表明: 低钾条件下, 94065-2 在部分根系形态参数、根系活性及生物学产量方面均显著优于 95137; 从钾吸收效率(以吸钾量为标准)来看, 两基因型间存在极显著差异, 而钾利用效率方面差异则不显著. 相对于不耐低钾基因型 95137, 耐低钾基因型 94065-2 对缺钾的抗性则主要表现在低钾条件下, 有较强的钾吸收能力.

关键词: 大豆; 低钾耐性; 根系; 钾效率

中图分类号: S126

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2005)01-0007-04

Comparison of potassium efficiency of two soybean genotypes

TANG Jin-chi^{1,2}, CAO Min-jian²

(1 Root Biology Center, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 Agronomy College, Shenyang Agric. Univ., Shenyang 110161, China)

Abstract: Potassium efficiency of soybean genotypes 94065-2 (tolerance of low potassium) and 95137 (sensitive to low potassium) was studied in solution culture with 4 different potassium concentrations. Some root morphological parameters, root activity and yield of 94065-2 were superior to those of 95137 under low K stress. There was significant difference in efficiency of potassium uptaken between the two soybean genotypes, but no remarkable difference in potassium utilization ratio. The high potassium efficiency of 94065-2 might be attributed to its stronger ability to absorb potassium.

Key words: *Glycine max*; tolerance of low potassium; root; K efficiency

土壤中钾素缺乏已成为植物生产的主要限制因素之一, 为了提高产量, 需大量投入钾肥, 不但浪费人力物力, 同时也会带来环境污染、资源减少、生态破坏等诸多问题. 在此背景下, 许多学者提出利用植物本身的遗传特性, 开发耐低养分胁迫的新品种, 以解决土壤钾素不足问题. 早期的许多研究发现, 在相同条件下生长的不同植物品种对钾缺乏的耐性不同^[1~10]. 随着研究的不断深入, 人们又发现同一物种的不同基因型对缺钾的敏感程度差异很大, 缺钾造成产量的减少程度也不相同. 在相同的低钾处理情况下, 有的植物或有的植物基因型表现为缺钾和减产, 有的则表现为缺钾和减产不明显, 有的则不表现缺乏症状也不减产^[11]. 在此背景下, 笔者将从吉

林农业科学院和铁岭农业科学院收集到的 56 个大豆品种(系)在缺钾土壤上种植、评价, 现已选出不同耐低钾能力的基因型. 本试验通过水培方式从根系形态及生理角度分析其耐钾原因, 从而为进一步的大豆钾效率机理研究提供依据.

1 材料与方法

1.1 材料

本试验选用的大豆 *Glycine max* 为预备试验中筛选出的不耐低钾基因型 95137 及耐低钾基因型 94065-2.

1.2 方法

以水培方法进行对照研究. 营养液采用 1/2 强

度 Hoagland 完全营养液和 Amon 微量元素营养液, 配方为(g/L): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.475; NaNO_3 0.305; MgSO_4 0.245; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 6×10^{-2} ; EDTA-Fe 2.5×10^{-3} ; H_3BO_3 2.86×10^{-3} ; MnCl_2 1.81×10^{-3} ; ZnSO_4 2.2×10^{-4} ; CuSO_4 8×10^{-5} ; H_2MoO_4 9×10^{-5} .

选择饱满一致的种子, 浸泡 12 h 后, 用 2 层湿纱布四周包好, 放在垫有浸湿滤纸的搪瓷盘中, 于 25 °C 的培养箱中催芽, 2 d 后挑选发芽一致的种子播于底部为网状的塑料容器内, 先用清水培育至一出复叶展开, 然后选大小一致的幼苗用去离子水冲洗干净, 移栽到营养液中. 盆钵采用 4 L 硬质遮光较好塑料盆, 每盆培育大豆 4 株, 每隔 5 d 更换 1 次营养液, 在自然光照温室中培育, 温室白天 28 ~ 30 °C, 晚上用自动控温仪将温度控制在 25 °C. 营养液 pH 值用 NaOH 或 HCl 调至 6.0. 用电动泵每天上午、下午各通气 1 h 供氧.

营养液中钾素由 KNO_3 的形式供给, 设 4 个 K^+ 浓度梯度, 即 0、0.625、1.250、2.500 mmol/L. 每处理重复 4 次, 培养 5 周后, 一次性取样.

1.3 试验项目

调查叶片数与缺钾症状, 全部枯死的叶片为全枯叶; 有缺钾症状, 但仍保有绿色部分的叶片为症状叶. 测定根系形态及生理指标^[12]: 将植株地上部和根部分开, 洗净称质量, 粉碎, HNO_3 - KClO_4 消煮、稀释后, 用火焰光度法测定含钾量.

根系吸钾能力测定: 配制成 0、0.25、0.50、1.00 mmol/L K^+ 溶液各 200 mL, pH 调至 6.0 备用. 用上述相同方法在 2.500 mmol/L K^+ 浓度条件下培育两基因型幼苗 10 d, 然后进行钾饥饿(缺钾处理)处理 3 d, 取其根系(选择没有侧根, 且根尖向上 50 mm 的根系)称质量, 分别放置于配置好的溶液中, 每隔 20 min 用 pH 仪测定溶液中 pH^[13], 每个处理重复 4 次.

2 结果与分析

2.1 缺钾条件下大豆基因型叶片指标差异

2 个大豆基因型在不同钾浓度条件下的缺钾状况如图 1 所示. 本试验在取样时, 94065-2 所有处理为 27 片叶, 95137 只有缺钾处理为 18 片叶, 其余均为 21 片叶; 95137 的缺钾处理少一出复叶, 是因为缺钾造成生育延缓所致. 95137 只有在 2.500 mmol/L K^+ 处理时, 植株 21 片叶都是绿色, 低于该浓度则出现全枯叶和症状叶, 并随钾浓度的降低, 症状加重. 与此相反, 94065-2 只有缺钾处理时叶片才出现症状.

2.2 不同钾浓度下大豆基因型干质量差异

2 个大豆基因型地上部和根部干质量如表 1 所示. 随钾浓度降低, 两基因型的干质量均不同程度下降, 不耐低钾基因型 95137 的下降幅度远高于耐低钾基因型 94065-2, 差异达显著水平. 如 94065-2、95137 的地上部干质量分别由 2.500 mmol/L K^+ 处理的 5.27 和 5.23 g 降至 4.11 和 3.00 g. 根部干质量变化与地上部有相同趋势. 两基因型间根冠比也随钾浓度下降有所降低, 但幅度不大.

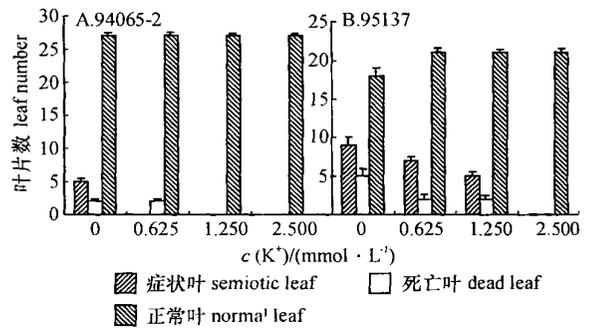


图 1 不同钾浓度条件下两基因型叶片数差异

Fig. 1 Leaf number of two genotypes at different potassium levels

表 1 不同钾浓度条件下两基因型干质量差异¹⁾

Tab. 1 Dry mass of two genotypes at different potassium levels

基因型 genotype / (mmol·L ⁻¹)	$c(\text{K}^+)$	干质量 dry mass / g		根/冠比 root/ shoot
		地上部 shoot	根部 root	
94065-2	2.500	5.27(0.18)	1.83(0.20)	0.35(0.15)
	1.250	4.69(0.25)	0.97(0.15)	0.21(0.16)
	0.625	4.31(0.19)	1.07(0.11)	0.25(0.09)
	0	4.11(0.23)	1.03(0.12)	0.25(0.12)
95137	2.500	5.23(0.22)	1.75(0.13)	0.33(0.17)
	1.250	4.44(0.30)	1.11(0.13)	0.25(0.13)
	0.625	3.87(0.13)	0.97(0.14)	0.25(0.16)
	0	3.00(0.12)	0.68(0.10)	0.22(0.20)
F (基因型 genotype)		3.18 *	21.69 **	
F (钾水平 K level)		7.83 **	191.52 **	

1) 表中数据为 4 次重复的平均值, 括号内为标准误; *, 0.05 > P > 0.01, **, 0.01 > P > 0.001

2.3 不同钾浓度下 2 个大豆基因型根系状况差异

作物根系的发育程度与抗缺钾能力密切相关^[11]. 根系调查结果如表 2 所示, 从形态指标看, 随着钾浓度下降, 2 个大豆基因型不论主根长度、根体积、最长一级侧根及侧根密度均有所下降, 但不耐低钾基因型 95137 的下降幅度高于耐低钾基因型 94065-2, 差异达极显著水平; 两基因型根系活力变化趋势则相反, 94065-2 随钾浓度降低根系活力逐渐增强, 而 95137 的根系活力则逐渐减弱, 差异也达

极显著水平; 根活跃吸收面积占总吸收面积比例都有所降低, 但降低幅度不大, 各钾浓度处理间 94065-2 仍高于 95137, 但差异未达显著水平. 总之, 在养分缺乏条件下, 就根系构造及根系活力方面 94065-2 比 95137 要强.

2.4 不同钾浓度条件下大豆基因型钾吸收量及钾利用效率差异

营养液供钾状况严重影响大豆植株的吸钾量,

大豆基因型正常钾处理下的植株吸钾量显著高于低钾及缺钾处理下的吸钾量(表 3). 方差分析结果表明: 除根部含钾量外, 耐低钾基因型 94065-2 的地上部及整株含钾量均显著高于不耐低钾基因型 95137. 2 个大豆基因型的钾利用效率在各处理间的变化幅度不大, 95137 在低钾条件下利用效率比 94065-2 略有提高但差异并不显著.

表 2 不同钾浓度条件下两基因型根系状况差异¹⁾

Tab. 2 Root status of two genotypes at different potassium levels

基因型 genotype	$c(K^+)$ /(mmol·L ⁻¹)	l(主根 tap root) / cm	V/cm^3	最长一级侧根 length of longest 1 st -order lateral root/cm	侧根密度 density of lateral root/(个·cm ⁻¹)	根活跃吸收 面积 active absorbing area of root/%	根系活力 activity of root /($\mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$)
94065-2	2.500	27.2(0.65)	7.7(0.31)	18.8(0.50)	5.21(0.08)	51.39(1.14)	82.46(0.62)
	1.250	26.2(1.29)	6.8(0.41)	26.8(1.05)	4.58(0.05)	51.00(0.65)	87.76(0.78)
	0.625	22.3(0.60)	4.5(0.56)	22.6(0.83)	3.67(0.08)	50.46(0.53)	121.27(0.57)
	0	22.2(0.96)	7.0(0.61)	19.6(0.75)	3.30(0.10)	49.23(0.55)	142.73(2.04)
95137	2.500	25.2(0.54)	7.5(0.55)	17.1(0.65)	4.84(0.06)	50.57(0.35)	83.46(0.95)
	1.250	24.0(0.35)	5.6(0.48)	14.2(0.36)	4.45(0.06)	50.12(0.49)	81.51(0.51)
	0.625	19.6(0.48)	4.5(0.56)	14.2(0.35)	3.56(0.04)	49.35(0.26)	77.42(0.77)
	0	17.7(0.74)	4.8(0.51)	10.2(0.35)	3.01(0.06)	48.46(0.25)	50.26(0.89)
F(基因型 genotype)		21.70 **	4.64 *	215.65 **	12.90 **	2.61 ^{ns}	1 987.60 **
F(钾水平 K level)		24.54 **	9.39 **	17.70 **	208.65 **	4.52 **	117.91 **

1) 表中数据为 4 次重复的平均值, 括号内为标准误; ns: 不显著, *: 0.05 > P > 0.01, **: 0.01 > P > 0.001

表 3 不同钾浓度下两基因型植株钾吸收量和钾利用效率¹⁾

Tab. 3 K uptake and K utilization efficiency of two genotype under different potassium levels

基因型 genotype	$c(K^+)$ /(mmol·L ⁻¹)	含钾量 K content/(mg·株 ⁻¹)			钾利用效率 K utilization efficiency/(g·mg ⁻¹)
		根部 root	地上部 shoot	整株 total	
94065-2	2.500	20.69(1.51)	57.93(1.26)	78.62(0.85)	66.82(4.89)
	1.250	17.00(0.99)	54.77(1.00)	71.77(0.69)	61.93(3.36)
	0.625	13.52(1.20)	48.32(0.91)	61.84(0.77)	67.60(4.95)
	0	11.11(0.81)	58.18(0.91)	69.29(0.83)	61.72(4.83)
95137	2.500	19.04(0.94)	49.44(0.84)	68.48(0.49)	74.84(6.82)
	1.250	18.76(0.54)	39.37(0.97)	58.13(0.81)	75.00(4.88)
	0.625	18.23(0.65)	33.97(1.02)	52.20(0.87)	72.23(2.96)
	0	16.45(0.56)	30.99(0.98)	47.44(1.05)	62.79(8.39)
F(基因型 genotype)		12.69 **	541.99 **	581.72 **	3.09 ^{ns}
F(钾水平 K level)		14.84 **	56.14 **	176.81 **	1.03 ^{ns}

1) 表中数据为 4 次重复的平均值, 括号内为标准误; ns: 不显著, **: 0.01 > P > 0.001

植物总钾效率是指钾胁迫下植物能产生的产量, 包括钾吸收效率和利用效率 2 个方面, 一般钾吸收效率可以用植株全钾含量(即吸钾量)表示^[14]. 吸钾量可以直接反映植物吸收钾的能力, 即吸钾能力强的耐低钾基因型钾吸收量也较高. 植物体内钾的利用效率

是指植物组织内单位钾能生产的地上部干物质的质量. 结果表明: 耐低钾基因型 94065-2 在低钾浓度条件下植株吸钾量显著高于不耐低钾基因型 95137, 而在钾利用效率方面无显著差异. 同时结合两基因型根系形态及生理活性比较结果, 可以初步得出, 耐低

钾基因型 94065-2 在低钾逆境条件下, 相对于不耐低钾基因型 95137 有较强的钾吸收能力。

2.5 不同钾浓度条件下 2 个大豆基因型根系引起溶液 pH 变化的差异

测定结果如图 4 所示。95137 根系在溶液钾浓度为 1.00 mmol/L 时, 100 min 内, pH 从 6.00 降至 5.39; 在其他 3 个钾浓度下, 变化趋势及幅度几乎相同。而 94065-2 在钾浓度为 1.00 mmol/L 时, 100 min 内, pH 由 6.00 降至 4.33; 在 0.50 mmol/L K^+ 时, 100 min 内 pH 由 6.00 降至 5.37; 即使在钾浓度更低 (0.25 mmol/L) 的情况下, 也能看出明显的下降趋势。

Ullrich 等^[13] 的试验结果表明, 当介质中钾浓度较高时, 介质中 pH 下降迅速, 这是由于吸 K^+ 的同时, 伴随着膜电位发生脱极化作用, 在 H^+ -ATPase 的作用下, 释放出 H^+ 而使 pH 下降。以 K^+/H^+ 交换活性作为指标, 测定不同钾浓度溶液中根系释放 H^+ 使 pH 下降的程度, 结果表明 94065-2 在较低钾浓度情况下也能释放 H^+ , 将此结果与表 2、表 3 共同考察分析, 可以看出 94065-2 有较强的吸钾能力。

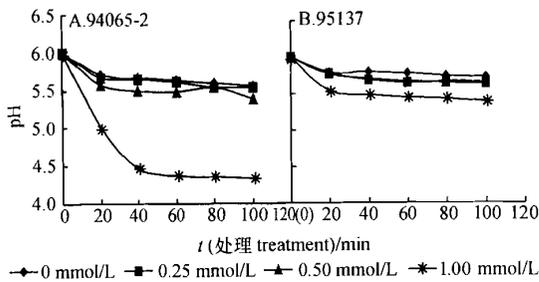


图 2 不同钾浓度条件下溶液 pH 变化

Fig. 2 pH changes at different potassium levels

3 结论

(1) 耐低钾基因型 94065-2 对低钾耐性表现极强, 表现在根形态、根系活性及生物产量均显著优于不耐低钾基因型 95137。

(2) 2 个大豆基因型在钾吸收效率方面存在极显著差异, 而钾利用效率方面差异不显著, 耐低钾基因型 94065-2 在低钾逆境条件下, 相对于不耐低钾基因型 95137 有较强的钾吸收能力。

(3) 根系吸 K^+ , 释放 H^+ 而引起溶液中 pH 的下降, 94065-2 的下降幅度比 95137 明显, 即相对于不耐基因型 95137, 耐性基因型 94065-2 对缺钾的抗性则主要表现在低钾条件下, 其根系具有极强的吸收能力, 能较好的适应低钾逆境。

参考文献:

- [1] 王永锐. 耐和不耐低钾水稻品种的养分吸收及其替代作用[J]. IRRN, 1990, 15(4): 13-14.
- [2] 刘亨官, 刘振兴, 刘放新. 耐低钾水稻品种的初探[J]. 福建省农业科学院学报, 1987, 2(1): 39-42.
- [3] 刘国栋, 刘更另. 水稻耐低钾基因型筛选方法的研究[J]. 土壤学报, 1996, 32(2): 113-120.
- [4] EPSTEIN E. Mineral metabolism[M]. London: Academic Press, 1965. 438-466.
- [5] MAKMUR A, GERLOFF G C, GABELMAN W H. Physiology and inheritance of efficiency in potassium utilization in tomato grown under potassium stress[J]. Proc Am Soc Hortic Sci, 1978, 103: 545-549.
- [6] FIGDOR S S, GERLOFF G C, GABELMAN W H. The effect of increasing NaCl on the potassium utilization efficiency of tomatoes grown under low-K stress[J]. Plant and Soil, 1989, 119: 295-303.
- [7] JENSEN P, PETERSSON S. Varietal variation in uptake and utilization of potassium (rubidium) in high-salt seedlings of barley[J]. Physiol Plant, 1980, 48: 411-415.
- [8] PETERSSON S. Varietal differences in rubidium uptake efficiency of barley roots[J]. Physiol Plant, 1978, 44: 1-6.
- [9] SIDDIQI M Y, GLASS A D M, HSIAO A I, et al. Genetic differences among wild oat lines in potassium uptake and growth in relation to potassium supply[J]. Plant Soil, 1987, 99: 93-105.
- [10] SIDDIQI M Y, GLASS A D M. Studies of the growth and mineral nutrition of barley varieties. II: Potassium uptake and its regulation[J]. Can J Bot, 1983, 61: 1551-1558.
- [11] 张福锁. 植物营养生态生理学和遗传学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 65-70.
- [12] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992. 137-139.
- [13] 曹敏建, 王淑琴, 松本英明, 等. 玉米自交系对低钾胁迫耐性的差异[J]. 作物学报, 1999, 25(2): 254-259.
- [14] 严小龙, 张福锁. 植物营养遗传学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 81-88.
- [15] ULLRICH C I, NOVACKY A J. Extra- and intracellular pH and membrane potential changes induced by K^+ , Cl^+ , $H_2PO_4^-$ and NO_3^- uptake fusicoccin in root hairs of *Limnium stoloniferum*[J]. Plant Physiol, 1990, 94: 1561-1567.

【责任编辑 周志红】

致谢: 本文承蒙 严小龙教授修改, 特此致谢!

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>