

不同大豆品种对钾素吸收和利用效率差异的比较研究

王 伟,曹敏建,綦左莹,何 萍,许海涛

(沈阳农业大学农学院,沈阳 110161)

摘要 以钾高效大豆品种九农 15 和低效品种 GD8521 为试验材料,在溶液培养条件下研究不同钾浓度处理下植株干重及各部分钾含量、钾积累量的变化情况,从而分析其吸收及利用钾素效率的差异。结果表明:钾高效品种相对干重显著大于低效品种,高效品种植株各部分钾含量分布均匀,在低钾胁迫下根系和叶片中的钾含量均高于低效品种,表现出了对钾的高效吸收和利用特性;而低效品种吸收的钾却富集在茎秆中,说明钾在植株体内的运输受到阻碍。由此可见,钾在植物体内的利用情况如运输、同化是植物钾效率差异的关键。

关键词 大豆;钾素;吸收效率;利用效率;差异

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)04-0561-04

COMPARISON OF POTASSIUM ABSORB AND USE EFFICIENCY IN SOYBEAN [*GLYCINE MAX* (L.) MERR.] VARIETIES

WANG Wei, CAO Min-jian, QI Zuo-ying, HE Ping, XU Hai-tao

(Agronomy College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

Abstract Under culture condition, two soybean varieties with different potassium (K) efficiency were selected to evaluate potassium absorb and use efficiency at two K levels by comparing the plant dry weights, potassium contents and accumulation in plants. The results showed that the relative dry weight of efficient variety was much more than that of inefficient variety. Distribution of K accumulated by plant in high efficient variety was well proportioned, and K contents in root and leaf were higher than those of inefficient variety in low-K stress, which showed the characteristic of effective absorbing and using potassium for efficient variety. But potassium absorbed by inefficient variety enriched in stem, which showed that transportation of potassium in plant was blocked. So the transportation and assimilation was key for difference of potassium efficiency in plants.

Key words Soybean; Potassium; Absorbing efficiency; Use efficiency; Difference

钾是植物所必需的大量元素之一,在很大程度上影响植物的生长发育和产量的形成。然而,土壤钾素的供应不足已经严重影响了农业生产的发展^[1]。严小龙曾对我国土壤耕层钾的平均储量进行了估算,认为土壤中钾资源潜力巨大,只是生物有效性较低,作物不能很好地利用^[2]。目前,农业生产面

展^[1]。严小龙曾对我国土壤耕层钾的平均储量进行了估算,认为土壤中钾资源潜力巨大,只是生物有效性较低,作物不能很好地利用^[2]。目前,农业生产面

收稿日期:2006-4-10

作者简介:王伟(1979-),女,博士研究生,研究方向作物抗逆生理。E-mail: wangweikitty@163.com

通讯作者:曹敏建,教授,博士生导师。

临的一个主要问题就是肥料利用率较低^[3]。由此,许多学者提出,利用植物对环境的遗传多样性,充分发掘优良基因型,筛选和利用吸钾能力强以及对土壤和肥料中钾利用效率高的作物品种是缓解这一问题最为有效的途径^[4]。

一般认为,植物钾效率差异主要表现在吸收效率和利用效率两方面。由于吸收效率受到栽培介质和植物共同作用,在植物生长过程中是不断变化的^[5],因此,常以植株钾的积累量来衡量植物对栽培介质中钾的吸收能力,而以植物吸收到体内的养分所产生的植物产量(生物产量或经济产量)来表示植株利用钾素能力^[6]。

我国是栽培大豆的原产地,为大豆钾高效基因型的筛选和培育提供了丰富的遗传资源。但是,大豆钾高效利用却研究较少,机理也不明确。本课题组在多年的田间筛选中得到了典型的钾高效品种九农 15 和低效品种 GD8521,以此为材料,比较苗期钾素吸收及利用效率差异,以期为进一步探明大豆钾高效的生理机制奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

钾高效品种九农 15,低效品种 GD8521。

1.2 试验设计

选取籽粒饱满、均匀一致的种子以 1.2% 次氯酸钠溶液消毒 20 min,蒸馏水冲洗 5 次,均匀的播在石英砂中,置于 25±2℃ 培养箱中培养。待幼苗真叶长出后选取生长一致的植株移至营养液中培养,缺钾营养液配方为(mg/L):Ca(NO₃)₂·4H₂O 475;NH₄H₂PO₄ 51.5;MgSO₄·7H₂O 245;NH₄NO₃ 120;FeSO₄·7H₂O 27.8;EDTA-2Na 37.7;H₃BO₃ 2.86;MnSO₄·H₂O 1.61;ZnSO₄·7H₂O 0.22;CuSO₄·5H₂O 0.08;(NH₄)₂MoO₄·2H₂O 0.02。营养液起始 pH 为 6.0,用 0.1 mol/L 的 NaOH 或 0.1 mol/L HCl 调节。液培容器为红色塑料小桶,桶外侧先用黑色油漆涂抹以遮光,再用白色油漆涂抹以降低桶身对热量的吸收。每桶装营养液 3 L,用打孔的泡沫(厚度 3 cm)和海绵固定幼苗,每盆 3 孔,每孔 1 株。每日用通气泵定时通气(通 15 min,停 30 min)。

试验设低钾(-K 1 mmol/L)和对照(+K 3

mmol/L)两个水平,钾源用 KNO₃ 提供,低钾处理由 NH₄NO₃ 调整 NO₃³⁻ 的差异。2 个品种与 2 个钾浓度水平组成 4 个处理,每个处理 3 次重复。将培养装置置于网室内在自然条件下进行培养,昼夜温度保持在 25±2℃/12±2℃ 之间。培养 21d 后一次性取样测定。

1.3 测定方法

实验室内将根、茎及不同位叶片分开(复叶按发生时间先后排序),先用自来水冲洗,再用蒸馏水洗净,于 105℃ 下杀青 30 min,之后于 70℃ 下烘干至恒重,称重,粉碎,过筛,采用 H₂O₂-H₂SO₄ 消煮后用火焰光度计测定钾含量^[7]。

相对干重(%)=低钾处理植物干重/高钾处理植株干重×100

钾效率比(K efficiency ratio,KER)=植株干重(g)/植株吸钾量(g)^[8]

钾利用效率(K use efficiency,KUE)=植株干重(g)×KER^[9]

1.4 数据处理

试验数据进行 t-测验,比较 2 个平均数之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 两品种相对干重及根/冠的差异

从表 1 中可以看出,两品种植株干重受低钾胁迫影响差异较大,九农 15 的相对干重为 91.28%,GD8521 仅为 81.72%,两者间差异达到极显著水平(p<0.01)。可见,高效品种对溶液钾浓度的变化不敏感,在胁迫下仍能保持较高的生长优势。

从根/冠的变化情况来看,九农 15 低钾处理下根/冠较对照变化不显著,而 GD8521 低钾处理下根/冠显著下降。图 1 显示了 2 品种在不同钾浓度处理下植株根、茎、叶的变化情况。九农 15 低钾处理的根系、茎秆和叶片干重分别为对照的 73.17%、99.91%、93.51%,GD8521 低钾处理的各部分干重分别为对照处理的 62.00%、89.29%和 87.65%,其降幅均高于九农 15,尤其是根系部分,处理间达到极显著差异(p<0.01)。低效品种根系的显著降低势必会降低植株对钾及其它养分的吸收,从而影响植株干重及对钾的吸收和利用效率。

表 1 不同钾浓度下两品种植株干重及根/冠比较

| 品种 Varieties | 干重 Dry Weight(g) | | 根/冠 Root/Shoot | |
|-----------------|---------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | | | | |
| | -K | +K | -K | +K |
| 九农 15 Jiunong1 | 51.57±0.05 | 1.72±0.09 | 0.26±0.02 | 0.30±0.03 |
| GD8521 | 1.52±0.15 | 1.86±0.07 | 0.26±0.03 | 0.37±0.03 |

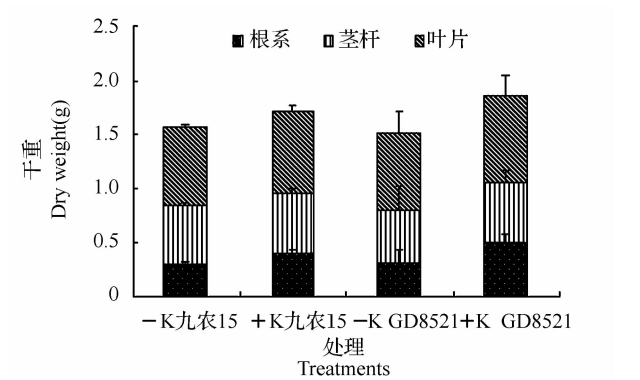


图 1 不同钾浓度下植株各器官干重比较
Fig.1 Comparison of dry weight in different organs under two K levels

2.2 两品种植株各部分含钾量的差异

钾处理浓度的变化对植株含钾量的影响是十分明显的,低钾胁迫下九农 15 的根、茎、叶含钾量分别为对照的 65.67%、43.99%和 56.35%,GD8521 各

部分分别为对照的 43.35%、62.27%和 51.81%。对这两组相对值进行比较可以看出,九农 15 在根系和叶片部分的含钾量降低幅度较小,而在茎秆部分降低幅度较大;而 GD8521 恰好相反,根系和叶片部分的含钾量下降幅度较大,茎秆中含钾量的变化幅度相对较小。

2.3 两品种植株各部分钾积累量的差异

试验对两品种在不同钾处理下植株的根、茎及各个叶片进行逐一分析,从而比较钾在植株体内的分布情况。从表 3 可以看出,低钾胁迫下九农 15 第 1、2、3 复叶及根系中的钾均高于 GD8521,而真叶及茎秆中的钾却低于 GD8521,这与对照处理恰好相反。可见低钾胁迫使植株体内钾分布发生变化,高效品种新生叶片及根系中汇集了大量的钾以维持其生理生化过程的进行。

表 2 两品种在两种处理下各部分含钾量比较(mg/g)

| 品种 Varieties | 处理 Treatments | 根 Root | 茎 Stem | 叶片 Leaf | 植株 Plant |
|-----------------|------------------|------------|------------|------------|-------------|
| 九农 15 Jiunong15 | -K | 7.71±0.36 | 6.55±2.17 | 7.01±0.40 | 6.47±1.09 |
| | +K | 11.74±0.31 | 14.89±0.21 | 12.44±1.22 | 13.59±0.80 |
| GD8521 | -K | 5.70±1.57 | 8.73±0.94 | 6.73±1.07 | 7.14±0.58 |
| | +K | 13.15±0.55 | 14.02±1.48 | 12.99±0.25 | 13.34±0.30 |

表 3 不同浓度处理下钾在两品种体内分布与积累比较(mg/株)

| 器官 Organs | 九农 15 Jiunong 15 | | GD8521 | |
|-------------------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| | | | | |
| | -K | +K | -K | +K |
| 植株 Plant | 10.12±1.54 | 23.38±1.46 | 10.35±3.50 | 24.77±4.54 |
| 复叶 4 The forth compound leaf | 1.09±0.23 | 1.93±0.25 | 1.23±0.19 | 1.13±0.98 |
| 复叶 3 The third compound leaf | 1.21±0.25 | 2.27±0.53 | 1.11±0.22 | 2.17±0.31 |
| 复叶 2 The second compound leaf | 0.85±0.17 | 2.28±0.77 | 0.78±0.05 | 2.94±0.43 |
| 复叶 1 The first compound leaf | 0.69±0.25 | 2.31±0.12 | 0.42±0.21 | 2.80±1.05 |
| 真叶 Euphylla | 0.44±0.03 | 1.65±0.53 | 0.71±0.55 | 1.45±0.54 |
| 茎 Stem | 3.54±1.02 | 8.13±0.64 | 4.37±2.04 | 7.78±1.20 |
| 根 Root | 2.29±0.27 | 4.80±0.32 | 1.72±0.57 | 6.50±1.05 |

从植株内部来看,九农 15 低钾处理下根、茎、叶中钾积累量分别占总积累量的 22.63%、34.98%、42.39%,对照中各部分分别为 20.53%、34.77%、44.70%;GD8521 低钾处理下各部分钾积累量分别

占 16.00%、44.37%、39.54%，对照的各部分分别为 26.24%、31.41%、42.35%。对这四组相对值分析可以看出，九农 15 的低钾处理、对照以及 GD8521 的对照植株在根、茎、叶中钾积累量的分布表现出了一定的相似性，而 GD8521 低钾处理中根系和叶片部分的钾积累比例降低，茎秆中的比例升高，这表明，低钾胁迫下高效品种各部分钾量仍保持适当的比例，而低效品种植株体内钾分布发生变化，钾富集在茎秆中，根系和叶片中积累量降低，这将会影响到植物养分的吸收及叶片光合作用的进行。

2.4 两品种钾利用效率差异

钾效率比(KER)是衡量植物钾效率的重要指标之一,其倒数即为植株钾含量。九农 15 低钾处理 KER 最高,为 157.34,对照处理下九农 15 和 GD8521 的 KER 相近,分别为 73.74 和 74.99,GD8521 低钾处理的 KER 则为 140.68,显著低于九农 15。

Siddiqi 和 Glass^[9] 提出钾利用效率(KUE)计算公式,即钾效率=植株干重×KER。从表 4 中可以看出,高效品种在低钾处理下的 KUE 显著提高($p<0.01$),而低效品种增幅并不显著。可见,在低钾胁迫下高效品种的 KER 和 KUE 增加幅度都大于低效品种,但品种间的 KER 差异没有达到显著水平,利用效率的差异达到显著水平($p<0.05$)。

表 4 两品种钾吸收、利用效率比较

| 品种 Varieties | 钾素利用效率 K use efficiency | |
|------------------|----------------------------|--------------|
| | —K | +K |
| | | |
| 九农 15 Jiunong 15 | 246.87±15.28 | 127.07±12.15 |
| GD8521 | 215.43±17.95 | 139.93±20.05 |

3 结论与讨论

根系是养分吸收的主要器官,直接关系到植株对钾素的吸收,在低钾胁迫下不同效应型品种在相对干重上存在明显差异,钾高效品种具有较高的相对干重,说明其根系生长受低钾胁迫的抑制较小,从而保证了植株对钾的吸收,而钾低效品种相对干重较小,说明其根系在低钾胁迫下较为敏感,根系对钾的吸收因此受到限制。

受低钾胁迫时不同钾效应型品种植株钾分布及含量也存在明显差异,高效品种根系和叶片中钾含量较高,茎秆中含量较低,植株吸收的钾主要分布在根系和叶片这两个器官,而低效品种在茎秆中积累

了较多的钾,根系和叶片中相对较少,这说明,低效品种吸收的钾在向上运输的过程受到影响,钾富集在茎秆中,影响了根系和叶片正常生理过程的进行。

在正常供钾水平下,高效品种在各方面都略低于低效品种,但是,随着供钾水平的降低,高效品种表现出了一定的优势,其干物重、根/冠、钾含量及钾积累量等变化幅度较小,在低钾胁迫下尽可能的维持其正常生长,而低效品种几方面的变化幅度都较大。这说明高效品种在正常供钾水平下不一定具有优势,但受低钾胁迫时却较低效品种有较大的优势。

钾效率是吸收效率和利用效率综合作用的结果,因此,高效与低效品种在钾效率的差异方面不仅存在于对钾素的吸收,还涉及到转运和利用能力方面。低钾胁迫可以显著提高植株的钾效率比和利用效率,高效品种变化幅度大于低效品种。

低钾胁迫下高效品种与低效品种对钾的吸收效率并无明显差异,但高效品种根系吸收的钾向地上部分转移及利用能力较高,而低效品种吸收的钾在茎秆处积累,钾转移能力降低,这是钾效率提高的限制因素。可见,钾在植物体内的利用情况如运输、同化和代谢是植物钾效率基因型差异的关键。

参 考 文 献

[1] 曹敏建,王淑琴,松本英明. 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.

[2] 严小龙,张福锁. 植物营养遗传学[M]. 北京:中国农业出版社. 1997:1—17.

[3] 王为木,杨肖娥,李华,等. 低钾胁迫对两个耐钾能力不同水稻品种养分吸收和分配的影响[J]. 中国水稻科学,2003,17(1):52—56.

[4] 姜存仓,王运华,鲁剑巍,等. 植物钾效率基因型差异机理的研究进展[J]. 华中农业大学学报,2004,23(4):483—487.

[5] Trehan S P, Claassen N. Potassium uptake efficiency of potassium and wheat in relation to growth in flowing solution culture [J]. Potato Research,2000,43:9—18.

[6] Zhan G P, Chen J X, Eshetu A T. Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in wheat [J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems,1999,54:41—48.

[7] 中国土壤学会. 中国农业化学分析法[M]. 北京:中国农业出版社. 2000:315—316.

[8] Gerloff G C. Intact—plant screening for tolerance of nutrient—deficiency stress [J]. Plant and Soil,1987,99:3—16.

[9] Siddiqi M Y, Glass A D M. Utilization index: A modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants [J]. Journal of Plant Nutrition,1981,4:289—302.