

钾对大豆根系形态与生理特性的影响^{*}

王晓光 曹敏建^{* *} 王伟 刘晶 裴鹤君 邢洋 闫洪奎

(沈阳农业大学, 沈阳 110161)

摘要 研究了盆栽试验中钾素营养对不同耐低钾类型大豆根系形态和生理特性的影响。试验结果表明, 对 K^+ 不敏感的大豆铁丰31号, 随着钾水平的下降, 侧根长、根干重、根系活跃吸收面积、根系活力等根系形态和生理指标变化不明显。相反, 对 K^+ 敏感的大豆铁95068-5则随着钾水平的下降, 各指标变化明显。在低钾条件下, 对钾不敏感的铁丰31号根系各项指标都有利于高产的形成, 可作为培育耐低钾大豆的亲本或直接用于低钾土壤的大豆生产。

关键词 耐低钾大豆; 根系; 形态特征; 生理特性

中图分类号 S 143.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2005)02-0126-04

钾是大豆正常生长和发育所必需的营养元素之一。但全世界大约有40%的土壤缺钾^[1,2], 我国耕地中有1/4~1/3的土壤缺钾或严重缺钾, 且钾矿资源短缺^[3,5]。充分利用我国丰富的大豆种质资源, 筛选具有吸钾能力强和钾素利用效率高的大豆品种, 使其适应环境, 对于解决土壤缺钾与我国富钾矿产资源贫乏的矛盾具有重要意义^[6]。

根系是植物的吸收器官, 同时也是一个重要的代谢器官。它生长得好坏, 直接制约着地上部分的生长和产量的高低。但目前有关根系生长与钾营养的关系在水稻等其他作物上研究较多^[7,10], 而在大豆方面的研究鲜见报导。本文采用盆栽试验的方法, 选用耐低钾能力不同的大豆品种, 研究钾对大豆根系形态与生理特性的影响, 从而为培育钾高效率基因型大豆提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本盆栽试验于2004年在沈阳农业大学农学院科研试验基地进行。试验选用2个不同类型的大豆品种(系), 它们分别是钾不敏感型品种铁丰31号和钾敏感型品系铁95068-5。供试土壤取自辽宁省辽中县大黑岗子乡生产田, 土壤类型为壤质碳酸盐

草甸土, 本底速效钾含量为50.0mg/kg, 缓效钾含量为1.71g/kg。试验采用塑料盆, 每盆盛风干土20kg。

1.2 试验方法

试验设4个处理(K0、K1、K2、K3), 分别为每盆施硫酸钾0.0g、0.6g、1.2g、1.8g, 使得4个处理的速效钾含量分别为50mg/kg、71.6mg/kg、93.2mg/kg、114.8mg/kg, 此浓度为土壤含钾量的范围值。每处理设10次重复。另外, 每盆施磷酸二铵6.0g、硫酸锌0.5g。5月8日播种, 每盆留苗3株, 生育期间根据土壤墒情每盆等量浇水, 常规管理。

于大豆出苗(5月25日)后15天开始取样, 以后每18天取样一次, 共取样6次。每次取样后冲洗根系, 测定侧根长、侧根密度、根系活跃吸收面积、根干重、植株地上部干重和根系活力等形态和生理指标。侧根长是主根上最长一级侧根的长度, 侧根密度是主根上的一级侧根数与主根长的比值。根系活跃吸收面积的测定采用甲烯蓝法, 根系活力的测定采用 α -萘胺法。

2 结果与分析

2.1 侧根长和侧根密度

侧根长、侧根密度是衡量根系形态特征的重要

* 收稿日期: 2004-12-09

作者简介: 王晓光(1970-), 女, 讲师, 在读博士, 从事大豆生理教学和科研工作。

* * 通讯作者: 沈阳农业大学农学院。

指标。Graham^[11]总结了钾高效基因型根系所具有的主要形态学特征是:有良好的根系形态和根系分布,高根冠比,根系纵向、侧向分布广,根多且细。图

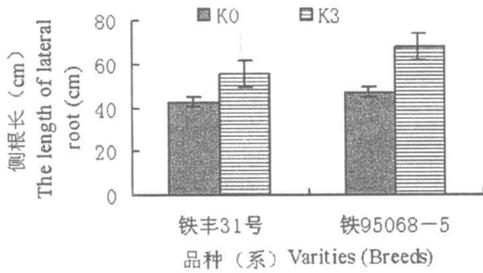


图1 不同品种(系)在不同钾水平下的侧根长

Fig. 1 The lateral root length of different varieties (lines) under different potassium levels

图1可以看出,土壤中钾水平高,各品种(系)的侧根就长,说明钾肥能促进大豆根系的伸长生长。但不同品种(系)的侧根长对土壤中钾水平的反应是不同的,较不敏感的铁丰31号侧根长变幅较小,为14.2cm;而较敏感的铁95068-5,侧根长随着钾水平的降低而明显减小(变幅为21.1cm)。

图2表明,随着土壤中钾水平的降低,侧根密度有减小趋势,说明钾肥也能促进大豆侧根条数的增多。对钾不敏感的铁丰31号,侧根密度受钾肥影响较小,在不同钾水平下变化不大;但对钾敏感的铁95068-5则相反。

2.2 根系活跃吸收面积

根系活跃吸收面积是衡量根系吸收能力的一个

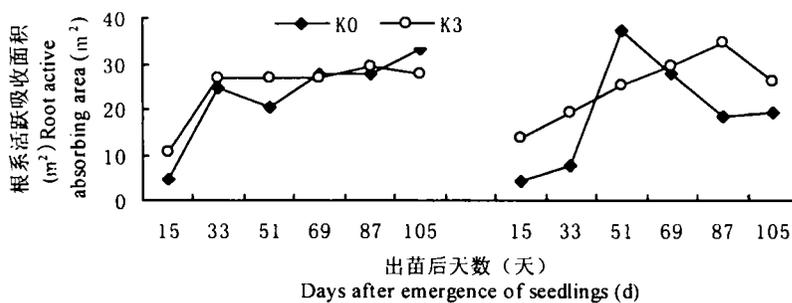


图3 不同品种(系)在不同钾水平下的根系活跃吸收面积

Fig. 3 Active adsorbing area of root of different varieties (lines) under different potassium levels

另外,从图3也能看到,对钾肥不敏感的铁丰31号,其一生在不同钾水平下的根系活跃吸收面积变化不大,而且在生育后期仍保持较高的根系活跃吸收面积,说明该品种在低钾土壤中也有较高的根系活跃吸收面积,籽粒灌浆期能够获得充足的营养物质,为高产创造了条件。对K⁺较敏感的铁95068-5的根系活跃吸收面积有随着K⁺浓度的降低而减

1、图2分别为不同品种(系)出苗后51天(开花期)在K0和K3钾水平下的侧根长和侧根密度。

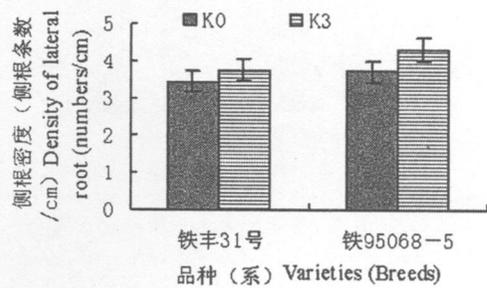


图2 不同品种(系)在不同钾水平下的侧根密度

Fig. 2 Lateral root density of different varieties (lines) under different potassium levels

指标,活跃吸收面积大,则吸收营养元素的量多。图3是不同品种(系)出苗后15天、33天、51天、69天、87天和105天取样所测定的K0和K3钾水平下根系活跃吸收面积。

从图中可以看出,不同品种(系)根系活跃吸收面积的变化趋势是不同的,铁丰31号在出苗后33天(初花期)即接近最大值,随着大豆的生长发育,根系活跃吸收面积基本保持稳定,到出苗后105天(鼓粒期)略有上升。铁95068-5在第一次取样时根系活跃吸收面积较低,随着生育天数的增加,根系活跃吸收面积也相应增加,两浓度分别在出苗后51天和87天达到了最高的根系活跃吸收面积,到后期又有所下降。

小的趋势,说明该品种受钾水平影响较大。

2.3 根干重

根系的干重可以表示根系的发达程度。根系发达的品种(系)处理,其地上部植株也长得繁茂。图4是不同品种(系)出苗后69天(结荚期)在不同K⁺浓度处理下的根干重。

从图4可以看出,铁丰31号在不同K⁺浓度下

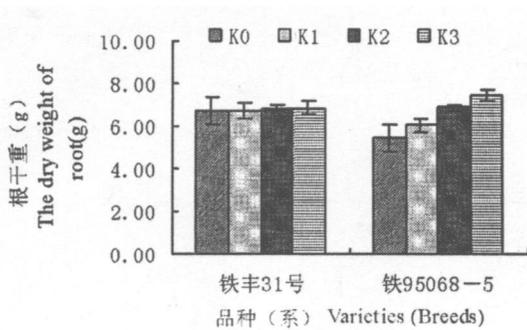


图4 不同品种(系)在不同钾水平下的根干重

Fig. 4 Dry root weight of different varieties (lines) under different potassium levels

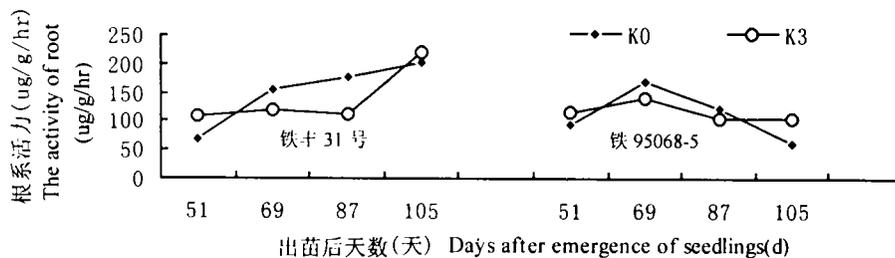


图5 不同品种(系)在不同钾水平下的根系活力

Fig. 5 Root activity of different varieties (lines) under different potassium levels

天、87天和105天K0和K3钾水平下的根系活力。

图5表明,钾素营养对根系活力也有明显的影响,不同品种(系)在不同钾水平下的根系活力随着生育进程是不同的。铁丰31号在出苗51天(开花期)以后,无论是高钾还是低钾水平处理,其根系活力都是随着生育进程而逐渐增大的。铁95068-5的根系活力变化是出苗后51天(开花期)较低,出苗后69天(结荚期)最高,后期又有所下降。总体上看,对钾不敏感的铁丰31号根系活力强,这有利于大豆对水分和养分的吸收,增强对低钾环境的抗性。

从图5还可以看出,2个品种(系)的根系活力在出苗后51天(开花期)和出苗后105天(鼓粒期)都随着钾水平的降低而下降;而在开花后期至鼓粒前期,则低钾水平条件下根系活力高,并且铁丰31号在不同钾浓度下根系活力的差异明显大于铁95068-5。无论是哪个钾水平处理,2个品种(系)在出苗后105天(鼓粒期)的根系活力顺序都是铁丰31号>铁95068-5,并且是铁丰31号明显高于铁95068-5。这说明铁丰31号籽粒灌浆时将有充足的“源”供应,保证获得高额产量。

3 结论与讨论

根系作为重要的吸收器官和代谢器官,其生长状况不仅直接控制着植物吸收水分和养分,而且制

根重的变化不大,变化范围为6.72g~6.85g,说明该品种对 K^+ 较不敏感,在低钾土壤中根系长势仍然很好,根系较发达。而铁95068-5的根重则随着 K^+ 浓度的降低而逐渐减小,说明这个品系对 K^+ 较敏感。

2.4 根系活力

根系活力是指整个根系的代谢状况,是反应根系吸收营养元素和水分能力的一个重要指标,根系活力强,则吸收能力强,提供给植株地上部的养分和水分也多。图5为不同品种(系)出苗后51天、69

约着植株地上部生长的好坏和产量的高低。已有研究表明,缺钾对根系生长有一定的抑制作用,但不同耐低钾能力的材料有很大的差异。耐性强的基因型对低钾环境具有很好的适应性,表现出根量大和根数多^[12]。根据本试验,在不同 K^+ 浓度下,不同大豆品种(系)根系的形态表现和生理反应是不同的,即大豆在低钾耐性上存在着基因型差异。

对 K^+ 不敏感的大豆铁丰31号,随着钾水平的下降,侧根长、根干重、根系活跃吸收面积等根系形态和生理指标变化不明显;相反,对 K^+ 敏感的大豆铁95068-5则随着钾水平的下降,各指标变化明显。铁丰31号出苗后51天(开花期)侧根长的变幅为14.2cm;出苗后69天(结荚期)根干重的变化范围是6.72g~6.85g;根系活跃吸收面积的变化趋势是在出苗后33天(初花期)即接近最大值,随着大豆的生长发育,根系活跃吸收面积基本保持稳定,到出苗后105天(鼓粒期)略有上升。根系活力在出苗51天(开花期)以后,无论是高钾水平处理还是低钾水平处理,都随着生育进程而逐渐增大,对钾不敏感的铁丰31号根系活力强,这有利于大豆对水分和养分的吸收,增强对低钾环境的抗性。

此外,本试验出现了一种奇怪的现象(见图5),即在开花后期至鼓粒前期,低钾水平条件下根系活力高,并且铁丰31号在不同钾浓度下根系活力的差异明显大于铁95068-5。这可能是由于作物根细

胞对钾的吸收, 因外界钾水平的不同而分为两种机制, 即高亲和力钾转运机制和低亲和力钾转运机制。目前认为, 高亲和力转运机制是一种消耗能量的主动转运过程, 在低钾条件下, 由细胞膜上主动转运载体系统实现; 而低亲和力转运机制则是一种无需消耗能量的被动转运过程, 在高钾条件下, 由细胞膜上离子通道蛋白介导而完成, 如内向整流钾通道^[13, 14]。本试验在低钾条件下, 根细胞对钾的吸收运用的是高亲和力钾转运机制, 是一种耗能过程, 根系要提供大量的 ATP 以完成主动运输, 因此激发了根系自身的氧化还原能力(也可谓是一种内激反应), 即提高了根系活力; 相反, 在高钾条件下, 根系吸钾无需消耗能量, 根系自身的氧化还原能力无需被激发, 因此根系活力较低。而在开花前期, 根系组织尚不发达; 鼓粒后期根系组织衰老, 所以根系活力在出苗后 51 天(开花期)和出苗后 105 天(鼓粒期)都随着钾水平的降低而下降。由于铁丰 31 号是耐低钾品种, 在低钾条件下表现出了更活跃的根系活力, 故铁丰 31 号在不同钾浓度下根系活力的差异明显大于铁 95068-5。此种现象待进一步研究。

总之, 钾素营养影响着大豆根系的形态形成和生理过程, 进而影响大豆的产量, 即施钾肥可以提高大豆产量^[15]。选择对钾不敏感的大豆品种可以提高钾肥利用率, 因此也可以提高大豆产量。本试验结果表明, 在低钾条件下, 对钾不敏感的铁丰 31 号根系各项指标都有利于高产的形成, 可作为培育耐低钾大豆的亲本或直接用于低钾土壤的大豆生产。在不同 K^+ 浓度下根系的形态形成和生理反应有所不同, 这可能是其基因型不同所致, 相关作用机理问题, 还有待于进一步深入研究。

参 考 文 献

EFFECTS OF POTASSIUM CONCENTRATION IN THE SOIL ON THE MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOYBEAN ROOT

Wang Xiaoguang Cao Minjian Wang Wei Liu Jing Pei Hejun Xing Yang Yan Hongkui

(Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

Abstract Effects of potassium concentration in the soil on the morphological and physiological characteristics of soybean root were studied by taking soybean varieties sensitive differently to potassium as materials in potted experiment. Results showed that for the variety Tiefeng 31 insensitive to potassium, its root characteristics such as lateral root length, root dry weight, root active absorbing area and(下转第 134 页)

- 1 Clark RB. Plant response to mineral element toxicity and deficiency[A]. In: Christiansen M N, Lewis John Wiley CF, eds. Breeding Plants for less Favorable Environments. New York: John Wiley CF and Sons, 1982. 137-141.
- 2 杨尚娥. 植物无机营养遗传特性研究的理论与实践[J]. 土壤通报, 1988, 19(6): 284-287.
- 3 鲁如坤. 我国土壤氮磷钾的基本状况[J]. 土壤学报, 1989, 26(3): 280-286.
- 4 杨振明. 土壤钾素研究的新进展[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20(3): 99-106.
- 5 谢建昌. 我国钾肥的使用现状、需求和对策. 中国持续发展中的肥料问题[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1998. 69-85.
- 6 Vose PB. Genetical aspects of mineral nutrition progress to date, in Genetics aspects of plant mineral nutrition. Eds. Gabelman WH and Loughman BC. Martinus Nijhoff Publishers, 1987, 1-13.
- 7 林咸永. 不同水稻基因型对钾肥反应的差异及其根系生理基础[J]. 土壤通报, 1992, 23(4): 159-161.
- 8 彭克勤, 彭志红, 萧浪涛, 等. 水稻耐低钾变异后代的根系生理研究[J]. 中国农学通报, 2003, 19(5): 64-66.
- 9 陈际型. 钾素营养对水稻根系生长和养分吸收的影响[J]. 土壤学报, 1997, 34(2): 182-188.
- 10 赵仲仁. 钾素对离体黄瓜子叶生根及根生长的促进作用[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(3): 197-199.
- 11 Graham RD. Breeding for nutritional characteristic in cereals[J]. Adv Plant Nutrition, 1984, 1: 57-107.
- 12 王永锐, 李卫军. 耐低钾基因型水稻品种孕穗期剑叶生理及根系活力[J]. 生态科学, 1997, 16(1): 67-70.
- 13 Schroeder JI, Hedrich R, Fernandez JM. Potassium selective single channels in guard cell protoplasts of vicia faba[J]. Nature, 1984, 312: 361-363.
- 14 Maathuis FJM, Sanders D. Mechanism of high-affinity potassium uptake in root of Arabidopsis thaliana[J]. Proc Natl Acad Sci. USA, 1994, 91: 9272-9276.
- 15 李玉颖. 钾对大豆产量及品质的影响[J]. 土壤肥料, 1993(2): 24-26.

STUDIES ON GENETIC RELATIONSHIPS AMONG NORTHEAST SOYBEAN CULTIVARS OF CHINA BY RAPD

Zheng Weihong^{1,3} Tian Chengliang³ Wu Junjiang² Liu Liyun^{2**} Sun Jianqiu³

1. School of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou 325027;
2. Soybean, Institute Heilongjiang Academy of Agricultural Science Harbin 150086;
3. College of Life Science and Technology, Qiqihar University, Qiqihar 161006

Abstract The genetic relationships among 8 populations of *Glycine soja* and 20 varieties of *G. max* from northeast of China were analyzed by RAPD method. 141 bands were amplified totally with 9 primers, in which 6 bands were homologous, 21 bands were unique and 114 bands were polymorphic respectively. The results showed that there were high polymorphic between *G. soja* and *G. max* in Northeast of China. Phylogenetic tree of cultivars was obtained through UPGMA cluster analysis. All cultivars were clustered at 0.45 to 0.80 distance level, 5 clusters were branched at 0.57. Wild species(*G. soja* 01-336) and cultivar (*G. max* Heinong 40) were clustered solely from other cultivars, and the rest were crossed and divided to 8 clusters again. In the same cluster, the relationships of the wild species were closed and insulated significantly with cultivars. In the different clusters, the relationships of the wild species were far and the segregation was stronger than *G. soja* and *G. max* that of the same cluster.

Key words Soybean; Cultivars; Genetic relationships; RAPD

(上接第 129 页)

root activity were not affected obviously by the decreasing of potassium concentration; but for the variety Tie 95068-5 sensitive to potassium, just the reverse was true. Under the condition of low potassium concentration, the expressions of root characteristics in Tiefeng 31 were beneficial to forming high yield. So Tiefeng 31 can be used as parent in breeding program for varieties tolerant to low potassium level or directly planted as available variety in the soil with low potassium concentration.

Key words Soybean tolerant to low potassium level; Root; Morphological characteristic; Physiological characteristic