

李兴涛, 佟晓楠, 依兵, 等. 东北野生大豆种群对低钾胁迫的生理响应[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(12): 120-122.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.039

# 东北野生大豆种群对低钾胁迫的生理响应

李兴涛<sup>1</sup>, 佟晓楠<sup>1</sup>, 依兵<sup>2</sup>, 王晓光<sup>2</sup>

(1. 赣南师范学院生命与环境科学学院, 江西赣州 341000; 2. 沈阳农业大学农学院, 辽宁沈阳 110161)

**摘要:**以辽宁沈阳周边地区 99 份野生大豆种群为试验材料, 采用盆栽试验, 设低钾和施钾 2 个处理, 研究低钾胁迫下野生大豆种群生长发育和产量特性。结果表明, 在低钾胁迫下群体内各单株平均株高、叶面积和单株症状叶差异很大, 表明野生大豆种群对低钾胁迫的适应性差异分化明显; 低钾胁迫下植株产量及相关性状的变异系数大小为: 单株收获指数 > 地上干物质量 > 单株产量 > 单株百粒质量。可见, 辽宁沈阳地区野生大豆种群对低钾胁迫有很高的适应性分化, 存在耐低钾生态型。

**关键词:**东北野生大豆; 种群; 低钾胁迫; 生理响应

**中图分类号:** S565.101; Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0120-03

大豆是我国主要的大田作物之一, 缺钾对大豆的产量和品质均有较大影响<sup>[1-2]</sup>。我国钾肥资源缺乏, 缺钾耕地面积日益扩大<sup>[3-6]</sup>, 钾肥供需矛盾日益突出, 因此开展野生大豆钾营养高效种质资源的利用研究, 调查野生大豆钾营养的基因型差异, 不仅可为选育钾高效基因型提供种质资源, 而且对于提高土壤中钾素有效性和钾肥利用率, 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<sup>[7]</sup>。

野生大豆 (*Glycine soja*) 是栽培大豆的近缘野生种, 是栽培大豆的祖先<sup>[8]</sup>。野生大豆为一年生草本植物, 茎纤细、蔓生, 具有很强的缠绕性, 主茎与分枝分化不明显, 多数株系有 1、2 级分枝, 少数有 3、4 级分枝<sup>[9-12]</sup>。世界范围内以我国野生大豆资源最为丰富, 占全世界总量的 90% 以上<sup>[10-12]</sup>。野生大豆可与栽培大豆杂交产生可育后代, 筛选到的耐低钾野生大豆资源可以通过杂交将其耐低钾特性导入栽培大豆。

本研究对辽宁沈阳地区野生大豆种群在低钾胁迫条件下进行全生育期的低钾耐性鉴定, 调查全生育期植株生长发育和形态反应、土壤生态适应性, 并筛选低钾耐性的株系, 以期对野生大豆遗传资源的低钾耐性种质选择提供理论参考, 从而提供可以应用于大豆低钾耐性改良种的野生大豆种质资源。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料

2008 年在辽宁省沈阳市的东陵区、沈河区和辽中县采集 99 份野生大豆单株材料, 采集地区的气象和生态条件相似, 在采集地区土壤中生长的植物叶片有缺钾症状, 也有少部分材料生长在小生境条件好的土壤中。

### 1.2 试验方法

试验于 2009 年 5—9 月在沈阳农业大学农学院实验基地进行。试验采用盆栽, 所用盆钵为红色泥瓦盆, 盆口直径 30 cm, 盆高 35 cm, 每盆可填满过筛后的风干土 15 kg; 供试土壤取自沈阳市辽中县大黑乡, 土壤类型为耕型沙质碳酸盐草甸土, 土壤中碱解氮含量为 76 mg/kg, 速效磷含量为 71 mg/kg, 速效钾含量 42 mg/kg, 土壤有机质含量为 9 mg/kg, 土壤 pH 值 7.0。试验用土在装盆前晾干后过筛, 设置为施钾处理的土壤, 每盆均匀混入 1.79 g 钾肥 (钾肥采用硫酸钾, 折算为速效钾含量 150 mg/kg), 播种前 2 d 适量浇水, 使土壤保持湿润。试验设低钾 (未施钾肥) 和对照 (增施速效钾 150 mg/kg) 2 个处理。每份材料、每个处理种植 1 盆, 共计 198 盆。氮、磷肥采用磷酸氢二铵, 每盆施 6 g, 补充微肥硫酸锌, 每盆 0.5 g, 以底肥形式一次性施入。5 月 20 日播种, 每盆在不同位置播 5 粒种子。低钾胁迫处理的播种和生育期间管理与对照盆栽处理相同。5 月 25 日开始出苗, 6 月 1 日定苗, 每盆留株形整齐一致的幼苗 3 株, 生长期除雨天外每 2 d 浇水 1 次, 及时拔除盆内杂草, 及时防治病虫害。

### 1.3 观察、测定与统计

出苗后及时观察和记录植株生长发育状况, 调查记载项目包括出苗时间、出现症状叶数目、阶段生长株高、叶面积、生长速率、单株产量、百粒质量、单株干物质质量和收获指数 (单株产量/地上干物质质量) 等。每个株系所给出的调查值都是按株系 (盆) 为单位测定的 3 株平均值。用 DPS 7.1 软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 低钾胁迫下野生大豆农艺性状的变化

低钾胁迫下, 供试野生大豆在苗期营养生长阶段 (播种后 20 d, 即出苗后 14 d), 各株系平均株高 22.42 cm, 对照平均株高 26.84 cm (表 1), 两者之间差异不显著, 表明苗期野生大豆种群平均株高生长被抑制的趋势不显著。出苗到播种后 20 d 的 14 d 中, 低钾胁迫下野生大豆种群的平均日生长速率为 1.60 cm/d, 而对照的生长速率为 1.92 cm/d, 在此时期群

收稿日期: 2014-03-03

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31271644)。

作者简介: 李兴涛 (1977—), 男, 甘肃张掖人, 博士, 讲师, 从事植物营养逆境相关研究。E-mail: li-sailor@163.com。

通信作者: 王晓光, 副教授, 从事大豆耐低钾相关的生理和分子机理研究。E-mail: wxgljy@163.com。

体内的变异系数非常高,达到了27.43%,而对照为21.39%,说明群体内株系之间出现了明显的低钾适应性分化。在营养生长中期(播种后40 d,即出苗后34 d),低钾胁迫下生长的株系株高被显著抑制,平均株高111.56 cm,对照达164.53 cm,二者差异显著。从播种后20 d到播种后40 d的20 d中,低钾胁迫下野生大豆种群平均生长速率为4.46 cm/d,而对照为6.88 cm/d;此时期群体内变异系数增大,达到31.32%,而对照的变异系数减小,为11.38%,说明群体内株系之间经过了苗期的低钾锻炼,耐性和敏感性品种

表1 低钾条件下野生大豆的平均株高、叶面积和单株症状叶变化

播种时间(d)	处理	株高(cm)	株高变异系数(%)	叶面积(cm <sup>2</sup> )	叶面积变异系数(%)	单株症状叶比率(%)	单株症状叶比率变异系数(%)
20	低钾胁迫	22.42 ± 6.15a	27.43	4.75 ± 1.23a	25.89	2.55 ± 1.46a	57.25
	对照(CK)	26.84 ± 5.74a	21.39	5.84 ± 1.33a	22.77	0.00 ± 0.00b	0
40	低钾胁迫	111.56 ± 34.94b	31.32	11.25 ± 3.92b	34.84	9.25 ± 7.35a	79.46
	对照(CK)	164.53 ± 18.73a	11.38	15.53 ± 2.84a	18.29	0.00 ± 0.00b	0

注:同列数据后标有不同小写字母者表示差异显著( $P < 0.05$ )。表2同。

缺钾植株会表现出“镶金边”的叶部特征,此类叶片称作缺钾症状叶<sup>[13]</sup>。对低钾胁迫和对照处理的野生大豆群体统计缺钾症状叶发现,在对照条件下没有出现缺钾症状叶片(表1)。在低钾条件下,苗期营养生长阶段的野生大豆群体出现了具有症状叶的植株,群体内单株症状叶比率是2.55%,从数值看是非常低,但是群体内变异系数高达57.25%,说明此时期低钾胁迫群体症状叶和正常叶的植株差异明显。到了营养生长中期,低钾胁迫下的单株症状叶比率达到了9.25%,此时群体内变异系数增加到了79.46%。

表2 低钾条件下野生大豆的百粒质量、收获指数、地上干物质和单株产量的变化

处理	单株百粒质量(g)				单株收获指数			
	最大值	最小值	平均值 ± 标准差	变异系数(%)	最大值	最小值	平均值 ± 标准差	变异系数(%)
低钾胁迫	2.63	0.43	1.42 ± 0.45b	31.69	0.43	0.04	0.23 ± 0.12a	52.17
对照(CK)	3.03	1.92	2.34 ± 0.41a	17.52	0.32	0.11	0.22 ± 0.06a	27.27

处理	地上干物质质量(g)				单株产量(g)			
	最大值	最小值	平均值 ± 标准差	变异系数(%)	最大值	最小值	平均值 ± 标准差	变异系数(%)
低钾胁迫	35.13	5.82	10.65 ± 5.23a	49.11	10.33	1.54	4.65 ± 2.11a	45.38
对照(CK)	58.45	22.44	26.66 ± 7.38b	27.68	15.65	5.45	8.53 ± 2.14b	25.09

### 2.3 低钾胁迫下野生大豆的耐性系数

表3表明,基于产量的最大、最小和平均耐性系数值都高于基于干物质质量的耐性系数值。基于干物质质量的耐性系数的变异系数、基于产量的耐性系数的变异系数分别为23.19%、22.46%,说明各株系收获指标对于低钾胁迫反应比较大,两者之间差异不大,表明野生大豆株系产量和干物质质量对于低钾胁迫的反应差异不大。对耐性系数的分布进行考察可知,大部分株系耐性系数都位于30%~65%之间,分别有8、11个株系的干物质质量耐性系数、产量耐性系数超过了65%,有4、3个株系的干物质质量耐性系数、产量耐性系数低于30%(图1),所有品种的耐性系数呈正态分布。

## 3 结论与讨论

作物的耐低钾性状是复杂的数量性状,是多种因素、多种

的株高分化日趋明显。

由表1还可以看出,供试野生大豆在苗期营养生长阶段的叶面积变化情况与株高类似。在播种后20 d,低钾胁迫下的株系与对照差异不显著,此时低钾胁迫群体内的变异达到了25.89%,对照为22.77%,表明群体内株系之间叶面积对低钾表现出不同的适应性分化。在营养生长中期(播种后40 d),低钾胁迫下的叶面积与对照差异显著;低钾胁迫大豆群体内变异系数增加到34.84%,对照减小到18.29%,说明野生大豆群体叶面积对于低钾胁迫的反应差异很大。

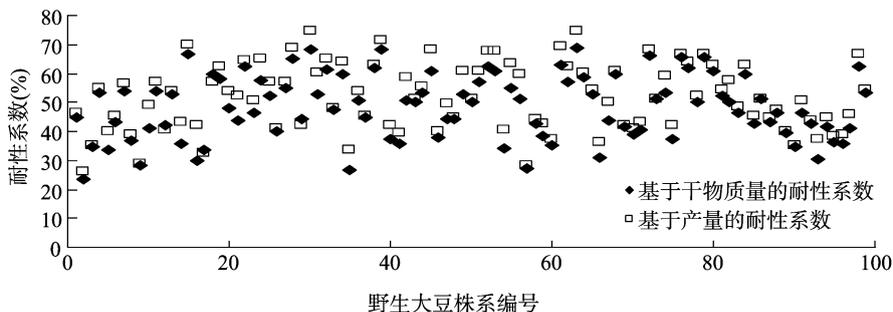
### 2.2 低钾胁迫下野生大豆生物产量和经济产量的变化

对忍受低钾胁迫的株系进行地上干物质质量和经济产量构成因素等性状的调查表明,低钾胁迫和施钾处理的野生大豆株系的各项测试指标中,除了收获指数,其余都显著低于对照(表2)。特别是对照和低钾胁迫的最小值在株系之间的差异相当大,表明很多野生株型对低钾胁迫很敏感;此外,低钾胁迫的所有性状变异系数都明显高于对照(CK)。低钾胁迫株系性状变异系数从大到小依次为单株收获指数 > 地上干物质质量 > 单株产量 > 单株百粒质量。

表3 低钾条件下野生大豆的耐性系数

类别	基于干物质质量的耐性系数(%)	基于干物质质量的耐性系数的变异系数(%)	基于产量的耐性系数(%)	基于产量的耐性系数的变异系数(%)
最大值	68.82		74.77	
最小值	23.34		25.99	
平均值	48.16 ± 11.17	23.19	51.51 ± 11.57	22.46

生理机制共同作用的结果<sup>[14]</sup>,最终通过各种性状在不同发育时期的一系列变化体现出来<sup>[15-16]</sup>。近年来,学者们报道了诸多作物,包括大豆筛选耐低钾基因型的研究结果<sup>[17-19]</sup>,但是关于栽培种大豆祖先的野生大豆低钾耐性研究并未见报道。本研究结果表明,低钾条件下,野生大豆群体苗期营养生长阶段(播种后20 d,即出苗后14 d)的株高、叶面积和症状叶对



野生大豆株系编号是笔者为收集的99个野生大豆株系设置的

图1 野生大豆株系耐性系数分布

于低钾胁迫已经有了反应,变异系数均高于对照,对低钾胁迫产生了适应性分化。到了营养生长期(播种后40 d,出苗后34 d),对照调查指标的变异系数明显减小,而低钾胁迫群体的变异系数增大,都高于对照,也高于苗期,尤其是症状叶的变异系数达到了79.46%,说明低钾症状叶是很好的低钾指示性状,能敏感地体现植株是否缺钾,同时也能说明植株对低钾是耐性还是敏感。

本研究所调查的辽宁沈阳周边地区土地在近年来日益缺钾,该地区的野生大豆种群长期在此生态环境下生长,小生境异质环境的适应性选择、种群内株系间微环境差异可能发挥适应性选择作用,因此种群内存在低钾耐受性不同的基因型。由研究结果可知,低钾胁迫下野生大豆各株系测定指标和变异系数表明该地域种群内株系表现出很大的变异;另一方面也表明该地域的种群内耐低钾胁迫的生态适应分化程度相当高。测定的与株系产量有关的几个性状中,低钾胁迫下最容易变异或可塑性从大到小依次为单株收获指数、地上干物质质量、单株产量、单株百粒质量。

本研究发现,在低钾胁迫土壤条件下,种群平均收获指数没有发生任何变化,但是个体株系间发生明显分化。干物质耐性系数、产量耐性系数的变异系数分别达到了23.19%、22.46%,筛选到高低钾耐性,产量耐性系数超过65%的株系达到了11个,可用于大豆低钾耐性育种。同时研究发现,这些低钾耐性种质在产量和产量构成因素性状上也表现不同的耐低钾性状,可以作为低钾耐性生物学研究中研究产量相关基因的宝贵遗传材料。

#### 参考文献:

[1] 李兴涛,王伟,李晨,等. 低钾胁迫下不同低钾耐性大豆光合特性及保护性酶的差异[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(2): 384-390.

[2] 王伟,曹敏建,王晓光,等. 低钾胁迫对不同钾营养效应型大豆保护酶系统的影响[J]. 大豆科学,2005,24(2):101-105.

[3] 周贤芬,陈志坚,张兴江. 晚稻耐低钾品种的筛选与研究[J]. 浙江农业科学,1990(6):251-254.

[4] 覃怀德,吴炳孙,吴敏,等. 橡胶园土壤钾素空间变异与分区管理技术——以海南省琼中县为例[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):326-329.

[5] 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,1996,33(2):113-120.

[6] 居立海,赵全久,徐广辉,等. 洪泽县水稻土磷钾丰缺指标及磷钾肥施用量[J]. 江苏农业科学,2012,40(7):82-83.

[7] 杨光宇,王洋,马晓萍,等. 野生大豆种质资源评价与利用研究进展[J]. 吉林农业科学,2005,30(2):61-63.

[8] 曾维英,梁江,陈渊,等. 广西野生大豆SSR标记的遗传多样性研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(3):22-25.

[9] 李向华,田子罡,李福山. 新考察收集野生大豆与已保存野生大豆的遗传多样性比较[J]. 植物遗传资源学报,2003,4(4):345-349.

[10] 董英山,庄炳昌,赵丽梅,等. 中国野生大豆遗传多样性中心[J]. 作物学报,2000,26(5):521-527.

[11] 王克晶,李福山. 我国野生大豆(*G. soja*)种质资源及其种质创新利用[J]. 中国农业科技导报,2000,2(6):69-72.

[12] 李福山. 中国野生大豆资源的地理分布及生态分化研究[J]. 中国农业科学,1993,26(2):47-55.

[13] 李春红,孙海鹰,孙晶,等. 不同大豆品种(系)低钾耐性的差异[J]. 沈阳农业大学学报,2011,42(6):649-653.

[14] 李兴涛,曹敏建,于海秋,等. 玉米低钾耐性性状的主基因+多基因遗传分析[J]. 玉米科学,2011,19(4):93-97.

[15] 唐劲弛,曹敏建,刘限. 大豆品种(系)耐低钾性的筛选与评价[J]. 大豆科学,2003,22(1):18-21.

[16] 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,1999,19(2):254-259.

[17] 王晓光,李春红,赵新华,等. 低钾胁迫下不同大豆品种钾吸收利用效率的差异分析[J]. 沈阳农业大学学报,2013,44(1):7-12.

[18] 李兴涛,王伟,蒋春姬,等. 不同耐性大豆品种根系对低钾胁迫的生理响应[J]. 大豆科学,2010,29(5):800-803.

[19] 李兴涛,曹萍,王伟,等. 不同耐性大豆品种叶片对低钾胁迫的生理响应[J]. 大豆科学,2010,29(6):964-966,970.