

低氮胁迫下玉米地方品种形态特征和光合特性的变化

姚启伦, 胡芳, 许江

(长江师范学院 生命科学与技术学院, 重庆 涪陵 408100)

摘要: 以 5 个玉米地方品种 dp10、dp12、dp23、dp31 和 dp40 为材料, 采用盆栽试验, 设置正常施氮和不施氮 2 种处理, 研究低氮胁迫下玉米地方品种的苗期形态特征和光合特性变化。结果表明, 低氮胁迫对玉米地方品种幼苗株高、可见叶数、总叶面积、根数、根体积、地上部干质量、地下部干质量、根冠比以及光合强度均有影响。不同玉米地方品种的耐氮胁迫性存在明显差异, 品种 dp40 的耐氮胁迫能力相对较强, 其株高、可见叶片数、总叶面积、根数、根体积、地上部干质量、地下部干质量、根冠比和光合强度的耐氮胁迫指数分别为 0.95、0.84、0.43、0.86、0.74、0.55、0.87、0.91 和 0.49。不同玉米地方品种的同形态性状和同一玉米地方品种的不同形态性状的耐氮胁迫指数存在差异, 植株总叶面积、地上部干质量、根体积和净光合速率的耐氮胁迫指数较低, 其耐氮胁迫指数在 5 个玉米品种中的变化范围分别为 0.19~0.43、0.26~0.62、0.22~0.87 和 0.16~0.49, 因此, 可作为玉米地方品种耐低氮种质筛选的指标。此外, 我国丰富的玉米地方种质为杂交种耐低氮特性的遗传改良奠定了物质基础。

关键词: 玉米地方品种; 低氮胁迫; 形态特征; 光合强度

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)05-0037-05

The Effects of Low-N Stress on Plant Morphology and Photosynthesis of Maize Landraces at Seedling Stage

YAO Qirun, HU Fang, XU Jiang

(College of Life Science and Technology, Yangtze Normal Univrsity, Fuling 408100, China)

Abstract: Using pot culture with 5 maize landraces dp10, dp12, dp23, dp31 and dp40, their plant morphology and photosynthetical efficiency at seedling stage were investigated under low-N stress condition. The results showed that low-N stress had a negative influence on seedling morphology and photosynthetical efficiency to a degree. There existed differences among maize landraces tolerant to low-N stress. The dp40 had a higher tolerance to low-N stress since its indexes tolerant to low-N stress of plant height. The number of visible leaves, leaf area, the number of roots, root volume, above-ground dry weight, root dry weight, root top ratio and photosynthetical efficiency were 0.95, 0.84, 0.43, 0.86, 0.74, 0.55, 0.87, 0.91 and 0.49, respectively. There were differences in tolerance to low-N stress, both among the same traits of different maize landraces and different traits of a maize landrace. Based on the ranges of their indexes tolerant to low-N stress, leaf area(0.19–0.43), above-ground dry weight(0.26–0.62), root volume(0.22–0.87), and photosynthetical efficiency(0.16–0.49) were found to be reliable indexes for identifying the germplasm tolerant to low-N stress. In addition, there is rich germplasm of maize landraces in China, which could be used to genetically improve corn hybrids tolerant to low-N stress.

Key words: Maize landraces; Low-N stress; Plant morphology; Photosynthetical efficiency

收稿日期: 2010-12-11

基金项目: 国家“863”计划(2009AA10AA030); 教育部科学技术重点项目(KJ091316); 重庆市教委科研项目(KJ091308)

作者简介: 姚启伦(1964), 男, 重庆万州人, 教授, 博士, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: yql641@yahoo.com.cn

玉米是世界上重要的谷类作物, 1998 年开始, 玉米总产量已经超过稻谷和小麦, 居世界首位。肥料是农业生产中投入数量最大的生产资料, 化肥对我国农作物的增产贡献约占 40%。我国化肥施用量居世界首位, 每年达 290 亿 kg, 其中氮素化肥占 60% 以上。施用氮肥是玉米增产的一项重要措施^[1-3]。然而, 随着氮肥施用量的不断增加, 其利用效率逐年降低。同时, 由于氮肥的大量施用, 在一定程度上带来了地上水源污染、资源减少和生态破坏等诸多问题。因此, 如何提高氮肥利用效率、减少氮肥的施用量一直是植物营养学家、生态学家及育种工作者致力于解决的一个重要课题。由于不同玉米品种对氮素的吸收利用存在差异, 利用耐低氮遗传特性筛选优良品种, 从而适应瘠薄的生长环境及提高氮肥的利用效率, 已成为玉米氮素高效利用的重要生物学途径^[4-7]。

玉米在我国经过近 500 a 的自然驯化和选择培育, 形成了多种生态型的地方品种, 其中蕴藏着诸如抗病、耐旱、耐低氮和优质等众多可被利用的种质, 是不可或缺的种质资源。长期低氮胁迫下的玉米地方品种含有丰富的耐低氮遗传基因, 鉴定、筛选玉米地方品种中的这一特殊种质, 可用于玉米耐低氮特性的遗传改良。为此, 本研究以不同的玉米地方品种为供试材料, 采用盆栽方法, 分析低氮胁迫下玉米地方品种的植株形态特征和光合特性, 探讨耐低氮玉米地方种质的苗期筛选指标, 以期为氮高效玉米良种的选育提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

选取不同地理来源的 5 个典型玉米地方品种 (dp10、dp12、dp23、dp31、dp40) 作为供试材料, 均由长江师范学院生命科学与技术学院玉米育种课题组

提供。5 个品种分别来源于贵州毕节、云南玉溪、四川汉源、重庆丰都和湖北利川。

1.2 试验方法

本试验以盆栽试验方法控制试验精度, 采用长江师范院校园地土壤, 加入适量磷、钾肥, 作为盆栽土壤(1.6 kg/盆)。试验采用随机区组设计, 3 次重复, 设正常施氮和不施氮 2 个处理, 各玉米地方品种每处理种植 3 盆, 每盆 3 株, 于玉米六叶期进行植株形态性状和净光合速率的测定。

1.3 植株形态性状的测定

挖取完整植株, 用水洗净泥土, 测定主要形态性状: 株高 (cm)、可见叶片数 (片)、总叶面积 (cm²)、须根数 (条)、根体积 (cm³)、地上部干质量 (g)、地下部干质量 (g) 和根冠比。将植株分成地上和地下两部分, 分别于 65 ℃ 恒温干燥箱中烘干, 称量地下部干质量和地上部干质量。

1.4 植株净光合速率的测定

在六叶期, 选择光线充足的白天, 在营养盆中选取植株大小合适的叶片, 使用 LI6400 型便携式光合测定仪, 室外就地测量叶片净光合速率。

1.5 数据分析

耐低氮胁迫指数 (NSI) 为低氮胁迫条件下某一性状调查值与正常条件下该性状调查值的比值。数据统计采用 DPS 软件, 用 *t* 检验和 *F* 测验分析处理间和品种间的差异。

2 结果与分析

2.1 低氮胁迫对玉米地方品种株高和叶片数的影响

由表 1 可知, 低氮胁迫对玉米地方品种的株高有不利影响, 各品种在不施氮处理下的植株高度均表现下降, 其中品种 dp23 表现显著差异 (*P* < 0.05), 其余 4 个品种差异不显著; 从株高的耐氮胁迫指数看, 以品种 dp40 的最大 (0.95), 品种 dp10、

表 1 低氮胁迫下 5 个玉米地方品种株高和可见叶片数的变化

玉米品种	处理	株高/ cm	耐氮胁迫指数	可见叶片数/ 片	耐氮胁迫指数
dp23	H	30.82±3.06		6.00±0.44	
	L	22.58±3.96	0.73B	4.57±0.06	0.76a
dp12	H	30.90±2.47		5.88±0.50	
	L	28.19±5.87	0.91A	4.86±0.61	0.83a
dp40	H	31.00±5.79		5.95±0.66	
	L	29.30±3.30	0.95AB	5.00±0.49	0.84a
dp31	H	32.23±1.36		6.06±0.68	
	L	25.78±3.39	0.80AB	3.88±0.22	0.64a
dp10	H	35.45±7.88		5.41±0.2	
	L	29.43±4.90	0.83B	3.98±0.52	0.74a

注: *、** 表示 *t* 检验达 5%、1% 显著水平, 大、小写字母分别表示用邓肯法多重比较的 1%、5% 显著水平; H 和 L 分别代表正常施氮和不施氮处理。下表同

dp12 和 dp31 分别为 0.83、0.91 和 0.80, 而以品种 dp23 的最小(0.73), 且 dp12 与 dp10、dp23 存在极显著差异($P < 0.01$)。低氮胁迫同样抑制叶片生长, 就可见叶片数的耐氮胁迫指数而言, 也以品种 dp40 的为最大(0.84), 品种 dp31 的为最小(0.64), 品种 dp10、dp12 与 dp23 分别为 0.74、0.83、0.76。表明低氮胁迫对玉米地方品种的植株高度和叶片生长均有程度不同的影响。

2.2 低氮胁迫对玉米地方品种总叶面积和根数的影响

由表 2 可知, 低氮胁迫抑制玉米地方品种叶片

的生长, 各品种在不施氮处理下的总叶面积均表现极显著下降($P < 0.01$), 其中对品种 dp23 的影响最大, 其耐氮胁迫指数为 0.19, 品种 dp40 的耐氮胁迫指数相对较大(0.43), 品种 dp10、dp12 和 dp31 分别为 0.32、0.42 和 0.21, 品种 dp23、dp31 与 dp12、dp40 间差异显著($P < 0.05$)。须根数的耐氮胁迫指数仍以品种 dp40 的最大(0.86), dp31 的最小(0.66), 品种 dp10、dp12 和 dp23 分别为 0.76、0.76 和 0.84, 相应地高于各品种总叶面积的耐氮胁迫指数, 且品种间差异不显著, 说明低氮胁迫对地下部根的生长影响相对较小。

表 2 低氮胁迫下 5 个玉米地方品种总叶面积和根数的变化

玉米品种	处理	总叶面积/ cm ²	耐氮胁迫指数	须根数/ 条	耐氮胁迫指数
dp23	H	287.76±31.92**		10.90±1.65	
	L	55.04±10.47	0.19b	8.27±1.00	0.76a
dp12	H	255.83±44.80**		10.90±1.24	
	L	106.58±14.20	0.42a	7.49±1.00	0.76a
dp40	H	232.15±15.72**		9.85±2.24	
	L	100.18±10.76	0.43a	9.37±0.58	0.86a
dp31	H	274.43±21.00**		11.96±1.65	
	L	58.13±7.86	0.21b	7.93±0.58	0.66a
dp10	H	261.12±48.26**		12.66±1.87	
	L	69.22±16.24	0.32ab	10.69±0.58	0.84a

2.3 低氮胁迫对玉米地方品种地下部干质量和地上部干质量的影响

由表 3 可见, 低氮胁迫下 5 个玉米地方品种的地下部干质量均明显下降, 其中, 品种 dp31 的变化达显著水平($P < 0.05$), 品种 dp40 的耐低氮能力较强, 其耐氮胁迫指数最大(0.74), 而品种 dp31 的耐低氮能力较差, 其耐氮胁迫指数最小(0.24), 品种 dp10、dp12 和 dp23 的耐氮胁迫指数分别是 0.63、

0.54 和 0.47, 品种 dp31 与 dp40 的差异达显著水平($P < 0.05$)。就地上部干质量而论, 除品种 dp12 和 dp40 外, 其余 3 个品种在低氮胁迫下均极显著下降($P < 0.01$), 耐氮胁迫指数以品种 dp12 最大(0.62)、品种 dp23 最小(0.26), 品种 dp10、dp31 和 dp40 分别为 0.40、0.33 和 0.55。总体而言, 低氮胁迫对地上部干质量的影响大于对地下部干质量的影响。

表 3 低氮胁迫下 5 个玉米地方品种地下部干质量和地上部干质量的变化

玉米品种	处理	地下部干质量/ g	耐氮胁迫指数	地上部干质量/ g	耐氮胁迫指数
dp23	H	0.38±0.10		0.70±0.27**	
	L	0.18±0.05	0.47ab	0.18±0.08	0.26a
dp12	H	0.41±0.17		0.65±0.34	
	L	0.22±0.05	0.54ab	0.40±0.10	0.62b
dp40	H	0.46±0.21		0.71±0.34	
	L	0.34±0.08	0.74b	0.39±0.10	0.55b
dp31	H	0.75±0.31*		0.75±0.10**	
	L	0.18±0.06	0.24a	0.25±0.04	0.33ab
dp10	H	0.48±0.09		0.80±0.25**	
	L	0.30±0.03	0.63ab	0.32±0.04	0.40ab

2.4 低氮胁迫对玉米地方品种根体积和根冠比的影响

由表 4 可知,低氮胁迫下品种 dp23 和 dp31 的根积极显著下降($P < 0.01$),其余 3 个品种下降不显著,仍以品种 dp40 的耐氮胁迫指数最大(0.87),dp31 的耐氮胁迫指数最小(0.22),品种

dp10、dp12 和 dp23 的耐氮胁迫指数分别是 0.55、0.48 和 0.33,品种 dp40 与 dp23、dp31 的差异达显著水平($P < 0.05$)。总体而言,低氮胁迫对 5 个玉米地方品种的根冠比影响较小,耐氮胁迫指数均在 0.70 以上,且品种间差异不显著,说明低氮胁迫对玉米地方品种影响趋于一致。

表 4 低氮胁迫下 5 个玉米地方品种根体积和根冠比的变化

玉米品种	处理	根体积/ mL	耐氮胁迫指数	根冠比	耐氮胁迫指数
dp23	H	1.03±0.24**		0.86±0.05	
	L	0.34±0.06	0.33b	0.60±0.21	0.70a
dp12	H	1.06±0.19		0.84±0.19	
	L	0.51±0.20	0.48ab	0.59±0.17	0.70a
dp40	H	0.91±0.53		0.69±0.04	
	L	0.79±0.15	0.87a	0.63±0.07	0.91a
dp31	H	1.27±0.39**		0.86±0.15	
	L	0.28±0.06	0.22b	0.71±0.23	0.83a
dp10	H	1.44±0.35		0.89±0.06	
	L	0.79±0.35	0.55ab	0.69±0.14	0.77a

2.5 低氮胁迫对玉米地方品种光合特性的影响

由表 5 可见,低氮胁迫严重抑制玉米地方品种叶片的光合作用,5 个玉米地方品种的净光合速率在低氮胁迫下均极显著下降($P < 0.01$),其耐氮胁迫指数均在 0.5 以下,品种 dp40 的耐氮胁迫指数相对较大(0.49),品种 dp12 的耐氮胁迫指数相对较小(0.16),品种 dp10、dp23 和 dp31 分别为 0.28、0.20 和 0.22,且品种 dp40 与 dp31、dp12、dp23 间差异极显著($P < 0.01$),表明低氮胁迫抑制叶片光合作用而影响地上部和地下部的生长。

表 5 低氮胁迫下 5 个玉米地方品种净光合速率的变化

玉米品种	处理	净光合速率	耐氮胁迫指数
dp23	H	4.24±0.20**	
	L	0.84±0.24	0.20B
dp12	H	3.98±0.28**	
	L	0.65±0.28	0.16B
dp40	H	6.46±0.27**	
	L	3.14±0.25	0.49A
dp31	H	2.85±1.98**	
	L	0.63±0.24	0.22B
dp10	H	3.70±0.45**	
	L	1.04±0.41	0.28AB

3 讨论

3.1 玉米地方品种耐低氮种质的苗期筛选指标

前人的研究表明,株高、可见叶片数、叶面积和植株干质量是衡量作物耐非生物胁迫的植物学形态性状,根体积和根冠比是衡量苗期根系发育好坏的

2 个重要指标,根体积和根冠比较大的幼苗表现为根系发育良好,从而有较强的吸收水分和矿物质的能力,良好的根系有利于作物的生长发育^[8]。然而,目前关于植物耐低氮能力的评价还缺乏统一指标,建立一套适合玉米地方品种氮高效种质的筛选指标和筛选方法尤为重要^[9-10]。本试验综合分析了低氮胁迫下 5 个玉米地方品种的主要形态特征和生理特性的变化,结果表明,低氮胁迫对各玉米地方品种苗期株高、可见叶片数、总叶面积、生物产量、根体积、地上部干质量、地下部干质量、根冠比以及净光合速率均有不同程度的影响,不同玉米地方品种的同一形态性状和同一地方品种不同形态性状的耐氮胁迫指数存在差异,不同玉米地方品种具有不同的耐低氮胁迫效应。总体而言,品种 dp40 的耐氮胁迫能力相对较强,其株高、可见叶片数、总叶面积、根数、根体积、地上部干质量、地下部干质量、根冠比和净光合速率的耐氮胁迫指数分别为 0.95、0.84、0.43、0.86、0.74、0.55、0.87、0.91 和 0.49。植株总叶面积、地上部干质量和根体积的耐氮指数较低,表现出对低氮敏感,其耐氮胁迫指数在 5 个玉米品种中的变化范围分别为 0.19~0.43、0.26~0.62、0.22~0.87,因此,可作为玉米地方品种耐低氮种质筛选的形态指标。净光合率反映植物的光合强度大小,本研究结果表明,玉米地方品种的净光合速率在低氮胁迫下极显著下降,耐氮胁迫指数相对较小,其耐氮胁迫指数变幅为 0.16~0.49,可作为筛选玉米地方品种耐低氮种质的生理指标。

3.2 关于玉米地方品种耐旱种质的筛选

研究低氮胁迫下的生物学特性是筛选耐低氮种质(氮高效种质)的基础, 获得耐低氮种质材料是耐低氮遗传研究和氮高效品种选育的前提。我国有着丰富的玉米品种资源, 保存于国家种质库的玉米品种资源 1.5 万余份, 其中玉米地方种质约占 90%^[11]。由于玉米地方品种独特的环境适应性和丰富的遗传基础, 长期低氮胁迫下的玉米地方品种存在着丰富的氮高效种质, 鉴定、筛选玉米地方品种中的这一特殊种质, 对杂交玉米进行耐低氮特性的遗传改良, 是玉米育种界面临的一项重要任务。本试验结合前人的研究结果, 得出玉米地方品种表现出不同程度的耐低氮能力, 其中不乏有氮高效种质, 这为氮高效玉米杂交种的培育奠定了物质基础。

参考文献:

[1] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1996: 86-109.
[2] 刘宗华, 卫晓轶, 汤继华, 等. 低氮胁迫对不同基因型玉米根部性状的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(5): 53-57.
[3] 钱晓刚, 滕应, 吴敏, 等. 玉米耐瘠种质资源的研究 I 玉

米耐瘠种质资源鉴定技术体系的研究[J]. 种子, 2002, 21(6): 22-25.
[4] 曹敏建, 衣莹, 佟占昌, 等. 耐低氮胁迫玉米地筛选与评价[J]. 玉米科学, 2008(4): 64-69.
[5] 张凤路, Beck D. 耐旱和低氮胁迫玉米种质筛选技术[J]. 玉米科学, 2001, 9(2): 14-17.
[6] 李春亮. 玉米自交系对低氮反应的田间与盆栽评价[J]. 玉米科学, 2005, 13(1): 28-32.
[7] 孙世友. 氮胁迫下不同效率玉米基因型的生理特性[J]. 河北农业科学, 2006, 10(1): 26-28.
[8] 王艳. 玉米氮素吸收的基因型差异及其与根系形态的相关性[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 297-302.
[9] 张丽梅, 贺立源, 李建生, 等. 玉米自交系耐低磷材料苗期筛选研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(12): 1955-1959.
[10] 廖星, 李志玉, 王江薇, 等. 甘蓝型油菜耐缺磷种质筛选指标的研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(增刊): 107-111.
[11] 李丹. 国外引进玉米种质资源的改良与利用[J]. 作物品种资源, 1993, 25(增刊): 75-79.

(上接第 36 页)

[20] 郭媛, 万志兵, 陈献功. 粳稻一次枝梗数和二次枝梗数的遗传分析[J]. 南京农业大学学报, 2008, 31(3): 8-12.
[21] 丛野, 程勇, 邹崇顺. 甘蓝型油菜发芽种子耐湿性的主基因+ 多基因遗传分析[J]. 作物学报, 2009, 35(8): 1462-1467.
[22] 陈俊意, 徐莉. 低磷土壤下玉米根系质量的混合遗传分析[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2009, 34(1): 63-66.
[23] 王振华, 王永普, 张新. 以蛋白质为主的玉米遗传育种概况[J]. 种子, 1994(3): 33-36.
[24] 周正卿. 普通玉米籽粒蛋白质和赖氨酸含量的遗传和相关研究[J]. 河北农业技术师范学院学报, 1990, 4(2): 27-32.
[25] Dudley J W, Lambert R J, de la Roche I A. Genetic analysis of crosses among corn strains divergently se-

lected for percent oil and protein[J]. Crop Science, 1977, 17(1): 111-117.
[26] 李卫东, 宋同明. 对伊利诺高油(1H O C80) 和亚里山索高油(Alex. ho C23) 重组群体的遗传研究[J]. 作物学报, 1991, 17(6): 470-475.
[27] Curtis J J, Brunson A M, Hubbard J E, et al. Effect of the pollenparent on oil content of the corn kernel[J]. Agron J, 1956, 48: 551-555.
[28] Mfiler R L, Dudley J W, Alexander D E. High intensity selection for percent oil in corn[J]. Crop Science, 1981, 21(3): 433-437.
[29] Miedid D, MarA, Alexander D E. Population cross diallel among high oil populations of maize[J]. Crop Science, 1989, 29: 613-617.
[30] 牛素贞, 李玉玲, 董永彬, 等. 玉米普× 爆 BC2S1 家系籽粒营养品质及其与膨化倍数的相关分析[J]. 河南农业科学, 2006(1): 33-35.