

茄子氮效率基因型差异的研究

赵付江¹, 申书兴¹, 李青云¹, 陈雪平¹, 刘建玲², 罗双霞¹, 李晓峰¹

(1. 河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001; 2. 河北农业大学 资源与环境学院, 河北 保定 071001)

摘要: 为了解茄子的氮素吸收利用特性和筛选氮高效基因型, 采用田间小区试验和测试分析方法, 通过测定茄子产量、氮利用效率、氮响应度和氮素吸收总量等指标, 对 10 个茄子基因型进行了氮效率方面的研究。结果表明, 不同基因型茄子的产量、氮利用效率、氮响应度和氮素吸收总量均存在显著差异。根据供试材料在施氮和不施氮处理下氮效率的不同将供试 10 个基因型划分为 5 种类型: 高氮高效-低氮高效型(HH-LH)包括 06-991; 高氮高效-低氮中效型(HH-LM)包括 06-917; 高氮高效-低氮低效型(HH-LL)包括 06-961 和 06-867; 高氮中效-低氮低效型(HM-LL)包括 06-972, 06-947, 06-854, 06-830 和 06-909; 高氮低效-低氮低效型(HL-LL)包括 06-910。对氮效率构成因素通径分析表明, 氮素吸收总量对氮效率的直接作用大于氮利用效率的直接作用, 氮素吸收总量是决定氮效率的主要因素。

关键词: 茄子; 氮效率; 基因型差异

中图分类号: S641.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)06-0060-05

Genotypic Variation in Nitrogen Use Efficiency in Eggplants

ZHAO Fu-jiang¹, SHEN Shu-xing¹, LI Qing-yun¹, CHEN Xue-ping¹, LIU Jian-ling²,
LUO Shuang-xia¹, LI Xiao-feng¹

(1. College of Horticulture, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. College of Resource and Environmental Sciences, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China)

Abstract: In order to understand the characteristic of nitrogen uptake and utilization and selecting high nitrogen use efficiency genotype in eggplant. Field experiment and testing analysis were conducted to study the genotypic variation in nitrogen use efficiency in ten genotypes of eggplant by quantify analyzing fruit yield, nitrogen utilization efficiency, nitrogen response and total nitrogen. The results showed that there were significant genotypic variations in fruit yield, nitrogen utilization efficiency, nitrogen responsiveness and total nitrogen among different eggplant genotypes whatever nitrogen application rate. The tested eggplant genotypes could be classified into five different types based on their nitrogen use efficiency. 06-991 belonged to HH-LH type (high N use efficiency at high nitrogen level, high N use efficiency at low nitrogen level); 06-917 belonged to HH-LM type (high N use efficiency at high nitrogen level, mid N use efficiency at low nitrogen level); 06-961 and 06-867 belonged to HH-LL type (high N use efficiency at high nitrogen level, low N use efficiency at low nitrogen level); 06-972, 06-947, 06-854, 06-830 and 06-909 belonged to HM-LL type (mid N use efficiency at high nitrogen level, low N use efficiency at low nitrogen level); 06-910 belonged to HL-LL type (low N use efficiency at high nitrogen level, low N use efficiency at low nitrogen level). Through path analysis, it was found that the effect of total nitrogen on nitrogen use efficiency was more important than nitrogen utilization efficiency.

Key words: Eggplant; Nitrogen use efficiency; Genotypic variation

氮素是作物生长发育不可缺少的大量元素之一,也是提高作物产量和改善品质的重要元素,在作物生产中具有极重要的作用。我国是氮肥消费大国,2003 年氮肥表观消费量达 2 827 万 t(纯养

收稿日期: 2007-10-08

基金项目: 科技部成果转化基金资助项目(05EFN211300022); 河北省科技攻关项目(06220110D); 河北省农开办资助项目

作者简介: 赵付江(1976-),男,河北邯郸人,硕士,主要从事蔬菜遗传育种与生物技术方面的研究

通讯作者: 申书兴(1964-),男,河北唐山人,教授,博士生导师,主要从事蔬菜作物的细胞学和生物技术研究。

分)^[1],居世界之首,为同期世界农业氮肥用量的1/3。我国大部分省市的单位面积氮肥施用量已超过国际公认的上限 225 kg/hm²(纯养分),而氮肥的平均利用率仅为 30%左右,远低于世界氮肥的平均利用率 50%^[2]。全国每年通过淋溶和气态损失的氮素约 1 000 万 t,这不仅造成资源的严重流失,同时对生态环境构成严重威胁^[3]。张维理等^[4]对我国北方 14 个县市的地下水硝酸盐含量调查结果显示,69 个点中有半数以上硝酸盐含量超过最大允许量(50 mg/L),其中最高者达 300 mg/L,已对城镇居民的生活构成危害。因此,如何提高氮肥利用效率,减少氮肥用量是当前农业上,尤其是蔬菜生产上面临的重大课题。研究表明,作物基因型在吸收利用氮素方面存在显著差异^[5-9],通过挖掘作物本身遗传潜力,筛选和培育氮高效品种是提高氮肥利用效率,减少氮肥用量的有效途径^[10, 11]。目前,在蔬菜上有关研究报道很少。

本试验选取了 10 个有代表性的茄子(*Solanum melongena* L.)基因型为材料,试图通过对其氮效率的比较,筛选出氮高效基因型,以期氮高效品种的选育提供理论依据和基础材料。

1 材料和方法

1.1 供试材料

试验于 2006 年 2 月至 9 月在河北农业大学教学试验基地进行,试验地为粘壤, pH 7.83、有机质 8 g/kg、全氮 0.9 g/kg、全磷 0.6 g/kg、全钾 20.4 g/kg、碱解氮 42.67 mg/kg、速效磷 25.26 mg/kg、速效钾 155.39 mg/kg。

供试材料为: 06-991, 06-917, 06-910, 06-909, 06-830, 06-972, 06-854, 06-867, 06-961, 06-947 共 10 个茄子基因型,均由河北农业大学园艺学院蔬菜育种组提供。

1.2 试验设计

试验采用裂区设计,以不施氮(0 kg/hm²)和施氮(450 kg/hm²)为主处理,供试茄子基因型为副处理,定植前 2 个主处理均施磷肥(过磷酸钙) P₂O₅ 225 kg/hm²、钾肥(硫酸钾) K₂O 450 kg/hm²,其中施氮处理,1/3 氮肥作基肥,2/3 氮肥分别在结果初期和结果盛期作追肥施入。田间采用随机区组排列,重复 3 次,每 6 行为 1 小区,每行 14 株,行距 0.6 m,株距 0.4 m,小区面积 21 m²。5 月 1 日定植,采用双干整枝,病虫害防治等管理同大田管理。

1.3 测定项目与方法

2006 年 7 月 6 日至 9 月 30 日共采收 5 次,每次

采收测产后,每个茄子基因型选有代表性的果实 30 个称鲜质量,烘干后称重粉碎用于含氮量测定。9 月 30 日全部收获后每小区选取 3 株有代表性植株(每小区重复 3 次)称鲜质量后,将茎、叶分开于 105℃下杀青 30 min,75℃下烘至恒质量,样品粉碎后采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 湿灰化法消煮,用凯氏定氮仪(KDY-9830)测定含氮量。数据用 Excel 和 DPS 软件进行统计分析。

有关氮效率指标的计算方法:氮效率(Nitrogen use efficiency)为单位土壤有效氮量所产生的茄子产量,其土壤有效氮量为定植前耕层土壤速效氮与施用肥料氮之和。氮素吸收总量(Total nitrogen)为植株样本的全氮含量与单位面积植株干质量的乘积。氮利用效率(Nitrogen utilization efficiency)为茄子产量与结果末期地上部植株总吸氮量的比值。氮响应度(Nitrogen response)为(高氮水平下产量-低氮水平下产量)/(高氮水平下施肥量-低氮水平下施肥量)。

2 结果与分析

2.1 不同基因型茄子产量的差异

对供试茄子基因型产量分析表明,在 2 个施氮水平下茄子产量存在显著的基因型差异(表 1)。

表 1 不同施氮量下茄子产量的基因型差异

Tab. 1 Genotypic difference of eggplant yield under different N level

基因型 Genotype	产量/(kg/hm ²) Fruit yield		相对产量 Relative yield	
	施氮(+N)	不施氮(-N)	不施氮(-N)	施氮(+N)
06-991	79 285.71a	76 071.43a		0.96
06-917	79 200.01a	48 960.01b		0.62
06-910	42 951.43d	28 508.57d		0.66
06-909	50 091.43c	28 337.14d		0.57
06-830	52 045.71c	13 757.14e		0.26
06-972	65 477.14b	28 388.57d		0.43
06-854	52 217.14c	15 805.71e		0.30
06-867	78 771.43a	33 257.14c		0.42
06-961	79 320.01a	35 597.14c		0.45
06-947	53 168.57c	28 320.01d		0.53
平均 Mean	63 252.86	33 700.29		

注:各列中不同字母表示差异达到 5% 显著水平,表 2, 3 同
Note: Different letters in each column indicates significant at 5% level, the same as Tab. 2 and Tab. 3

在施氮处理下,10 个茄子基因型的产量变幅为 42 951.43~79 320.01 kg/hm²,平均为 63 252.86 kg/hm²,极差达 36 368.58 kg/hm²,其中 06-961 的产量最高;06-991, 06-917, 06-867 的产量较高;06-972 的产量居中;06-947, 06-854, 06-830, 06-909 的产量较低;06-910 的产量最低,仅为 06-961 产量的 54.15%。与施氮处理相比,不施氮处理下 10 个基

因型茄子产量均有不同程度的降低, 其中 06-991 的产量降低幅度最小, 其相对产量为 0.96, 与施氮处理下产量十分相近, 说明这种基因型茄子具有较强的耐低氮胁迫能力。06-830 在不施氮处理下较施氮处理产量下降幅度最大, 相对产量仅为0.26, 说明这种基因型茄子对缺氮非常敏感, 耐低氮胁迫能力较弱。

2.2 不同基因型茄子氮效率和氮响应度的差异

茄子的氮效率和氮响应度在 2 个氮素水平下基因型间均存在显著差异(表 2)。本试验以施氮处理和不施氮处理下的茄子产量来表示氮效率。根据不同基因型茄子在施氮和不施氮处理下氮效率的不同将供试 10 个基因型划分为 5 种类型: ①高氮高效-低氮高效型(HH-LH), 此类基因型在施氮时产量

较高, 在不施氮时产量仍较高, 包括 06-991; ②高氮高效-低氮中效型(HH-LM), 此类基因型在施氮时产量较高, 在不施氮时产量居中, 包括 06-917; ③高氮高效-低氮低效型(HH-LL), 此类基因型在施氮时产量较高, 在不施氮时产量较低, 包括 06-961, 06-867; ④高氮中效-低氮低效型(HM-LL), 此类基因型在施氮时产量居中, 在不施氮时产量较低, 包括 06-972, 06-947, 06-854, 06-830, 06-909。⑤高氮低效-低氮低效型(HL-LL), 此类基因型在施氮时产量较低, 在不施氮时产量仍较低, 包括 06-910。根据不同基因型茄子对增施氮肥所表现的响应度不同将其划分为 3 种类型: 高响应型(响应度大于 80 kg/kg)、中响应型(响应度在 60~ 80 kg/kg)、低响应型(响应度小于 60 kg/kg)(表 2)。

表 2 不同基因型茄子的氮响应度和氮效率类型

Tab. 2 N response and N use efficiency of eggplant genotypes

基因型 Genotype	施氮氮效率 /(kg/hm ²) N use efficiency (+ N)	不施氮氮效率 /(kg/hm ²) N use efficiency (- N)	氮效率类型 Type of N use efficiency	氮响应度 /(kg/kg) N response	氮响应度类型 Type of N response
06-991	79 285.71a	76 071.43a	HH-LH	7.14e	L
06-917	79 200.01a	48 960.01b	HH-LM	67.20bc	M
06-910	42 951.43d	28 508.57d	HL-LL	32.09d	L
06-909	50 091.43c	28 337.14d	HM-LL	48.34cd	L
06-830	52 045.71c	13 757.14e	HM-LL	85.08ab	H
06-972	65 477.14b	28 388.57d	HM-LL	82.42ab	H
06-854	52 217.14c	15 805.71e	HM-LL	80.91ab	H
06-867	78 771.43a	33 257.14c	HH-LL	101.14a	H
06-961	79 320.01a	35 597.14c	HH-LL	97.16a	H
06-947	53 168.57c	28 320.01d	HM-LL	55.22c	L
平均 Mean	63 252.86	33 700.29		65.67	

2.3 不同基因型茄子氮素吸收总量的差异

不同茄子基因型在 2 个施氮水平下的氮素吸收总量存在显著差异(表 3)。在施氮处理下, 10 个茄子基因型的氮素吸收总量变幅为 110.48~ 238.86 kg/hm², 平均为 177.39 kg/hm², 极差达 141.94 kg/hm², 其中 6-917, 06-830, 06-991, 06-867 的氮素吸收总量较高, 06-972, 06-961, 06-909 的氮素吸收总量居中, 06-947, 06-854, 06-910 的氮素吸收总量较低。

与施氮处理相比, 不施氮处理下 10 个茄子基因型的氮素吸收总量均有不同程度的降低, 氮素吸收总量变幅为 39.21~ 181.15 kg/hm², 平均为 86.11 kg/hm², 极差达 128.38 kg/hm², 其中 06-991, 06-917 的氮素吸收总量较高; 06-947, 06-867, 06-909, 06-910, 06-972, 06-961 的氮素吸收总量居中; 06-830、06-854 的氮素吸收总量较低。

2.4 不同基因型茄子氮利用效率的差异

在 2 个施氮水平下茄子的氮利用效率存在显著的基因型差异(表 3)。在施氮处理下, 10 个茄子基因型的氮利用效率变幅为 219.12~ 496.40 kg/kg, 平

均为 364.27 kg/kg, 极差达 277.28 kg/kg, 其中 06-961 的氮利用效率最高, 06-867, 06-910, 06-972, 06-854, 06-991, 06-947, 06-917, 06-909 的氮利用效率较高、06-830 的氮利用效率较低。

表 3 不同基因型茄子的氮素吸收总量和氮利用效率

Tab. 3 Total N and N utilization efficiency of eggplant genotypes

基因型 Genotype	氮素吸收总量/(kg/hm ²) Total N		氮利用效率/(kg/kg) N utilization efficiency	
	施氮 (+ N)	不施氮 (- N)	施氮 (+ N)	不施氮 (- N)
06-991	213.18b	181.15a	372.20c	420.79b
06-917	238.86a	129.45b	331.85d	378.24de
06-910	110.48e	74.68c	388.81b	381.57d
06-909	151.38d	77.99c	331.15d	363.66ef
06-830	237.68a	54.35d	219.12e	252.88g
06-972	174.92c	73.60c	375.02c	385.63d
06-854	139.64d	39.21e	373.94c	403.17c
06-867	201.83b	79.23c	390.29b	420.32b
06-961	159.84cd	71.33c	496.40a	499.61a
06-947	146.14d	80.20c	363.88c	353.35f
平均 Mean	177.39	86.11	364.27	385.92

在不施氮处理下, 10 个茄子基因型的氮利用效率变幅为 252.88~ 499.61 kg/kg, 平均为 385.92 kg/kg, 极差达 246.27 kg/kg, 其中 06-961 的氮利用效

率最高, 06-991, 06-867, 06-854, 06-972, 06-910, 06-917, 06-909, 06-947 的氮利用效率较高, 06-830 的氮利用效率较低。与施氮处理相比, 不施氮处理下除 06-947, 06-910 外其他基因型的氮利用效率均有不同程度提高。

2.5 茄子氮效率构成因素分析

由表 4 可以看出, 在不施氮处理和施氮处理下, 氮素吸收总量与氮效率相关系数分别为 0.971 8,

0.607 3, 直接途径系数分别为 0.925 8, 1.039 7, 氮利用效率与氮效率的相关系数分别为 0.415 1, 0.384 2, 直接途径系数分别为 0.229 8, 0.889 6。途径分析表明, 氮素吸收总量与氮效率的相关系数和直接途径系数较高, 氮利用效率与氮效率的相关系数和直接途径系数较低, 这说明氮素吸收总量对氮效率的作用大于氮利用效率的作用, 氮素吸收总量是决定氮效率的主要因素。

表 4 氮效率与其构成因素的途径分析

Tab. 4 Path analyses of N use efficiency and its components

途径 Path	施氮水平 N level	直接途径系数 Direct path coefficient	间接途径系数 Indirect path coefficient	相关系数 Correlation coefficient
N 吸收总量对氮效率	- N	0.925 8		0.971 8
Total N to N use efficiency	+ N	1.039 7		0.607 3
通过 N 利用效率	- N		0.045 9	
Though N utilization efficiency	+ N		0.432 5	
N 利用效率对氮效率	- N	0.229 8		0.415 1
N utilization efficiency to N use efficiency	+ N	0.889 6		0.384 2
通过 N 吸收总量	- N		0.185 2	
Through total N	+ N		0.505 5	

注: 多元决定系数 R^2 : $R^2 = 0.995\ 1(-\ N)$, $R^2 = 0.973\ 2(+\ N)$
Nte: Muli-decisive coefficient R^2 : $R^2 = 0.995\ 1(-\ N)$, $R^2 = 0.973\ 2(+\ N)$

3 讨论

自 1939 年 Harvey^[12] 首次报道了玉米不同品种在氮素吸收利用方面存在差异以来, 在小麦、水稻、高粱、棉花、大豆、燕麦、牧草等作物上均有这方面的报道, 我国对于作物氮素营养差异的研究起步较晚, 且大多集中于小麦、玉米上^[13- 17], 在蔬菜上进行氮素营养差异的研究报道很少。

现代作物育种一般是在土壤养分充足条件下进行的, 因而所选育出的高产作物品种通常认为是高氮水平下的氮高效品种。如果减少施氮量, 这些氮高效品种表现如何还不十分清楚, 所以为了获得耐低氮的品种在低氮条件下进行选择是必要的^[18]。Lafitte 和 Edmeade^[19] 发现在低氮和高氮条件下选择氮高效品种并不存在负相关, 说明耐低氮和施氮响应的选择可以在 2 个不同的施氮水平同时进行。本研究结果表明, 无论施氮与否, 不同基因型茄子的产量、氮素吸收总量、氮利用效率、氮响应度、氮效率均存在显著差异。06-991 在施氮和不施氮处理下产量和氮素吸收总量均较高, 说明这种基因型茄子对土壤中氮素具有较强的吸收能力, 对缺氮不敏感, 在土壤氮素浓度较低的情况下仍能吸收较多的氮素形成较高的产量, 是一个理想的氮高效基因型, 在高氮和低氮下均适宜栽培。06-961, 06-867 在施氮处理下产量和氮素吸收总量均较高, 但在不施氮处理下其产量和氮素吸收总量均较低, 说明这种基因型茄子

对缺氮比较敏感, 耐低氮胁迫能力较弱, 适宜在高氮条件下栽培, 在生产中应增施氮肥以获得高产。由此可见, 只有充分了解不同品种茄子需肥特性, 才能在其生产中做到“因地选种, 因种施肥”, 以提高氮肥利用效率, 减少环境污染, 提高生产效益。

有关氮效率的决定因素有很大争议, Moll 等^[20] 认为低氮条件下氮利用效率是氮效率变异的主要来源, 而高氮条件下氮吸收效率则起决定作用。Dhugga 和 Waimes^[21] 在 3 个氮水平下研究 14 个小麦品种的氮效率与其组成型性状之间的关系发现任何一个施氮水平下吸收效率都是氮效率变异的主要来源; 米国华等^[22] 研究认为低氮和高氮条件下玉米氮吸收效率和氮利用效率对氮效率均有显著的直接作用, 但在低氮条件下吸收效率的决定作用明显大于利用效率。本试验研究表明, 在施氮和不施氮条件下茄子的氮素吸收总量和氮利用效率对氮效率均有显著的直接作用, 但氮素吸收总量对氮效率的决定作用明显大于氮利用效率的作用, 氮素吸收总量是决定氮效率的主要因素。

参考文献:

[1] 王 利, 杜 森, 王激清, 等. 中国氮肥消费状况及其发展展望[J]. 化肥工业, 2006(4): 33.
[2] 巨效棠, 张福锁. 关于氮肥利用率的思考[J]. 生态环境, 2006, 12(2): 192- 197.
[3] 郭战玲, 沈阿林. 小麦氮营养效率的种间差异与机理研究进展[J]. 河南农业科学, 2004(2): 15- 20.

- [4] 张维理,田哲旭,张 宁,等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J] . 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80– 87.
- [5] Singh U, Ladha J K, Castillo E G, *et al.* Genotypic variation in nitrogen use efficiency in medium and long duration rice[J]. Field Crops Research, 1998, 38: 35– 53.
- [6] Gouis J L, B ghin D, Heumez E, *et al.* Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilization efficiencies in winter wheat[J]. European Journal of Agronomy, 2000, 12: 163– 173.
- [7] Sinebo W, Gretzmacher R, Edelbauer A. Genotypic variation for nitrogen use efficiency in Ethiopian bailey[J]. Field Crops Research, 2004, 85: 43– 60.
- [8] 刘婷婷,樊明寿,李春俭. 不同氮效率玉米自交系对氮素供应的反应[J] . 华北农学报, 2005, 20(3): 83– 86.
- [9] 郭天财,宋 晓,马冬云,等. 氮素营养水平对 2 种穗型冬小麦品种籽粒灌浆及淀粉特性的影响[J] . 华北农学报, 2007, 22(1): 132– 136.
- [10] 刘建安,米国华,张福锁. 不同基因型玉米氮效率差异的比较研究[J] . 农业生物技术学报, 1999, 7(3): 248– 254.
- [11] 春 亮,陈范骏,张福锁,等. 不同氮效率玉米杂交种的根系生长、氮素吸收与产量形成[J] . 植物营养与肥料学报, 2005, 11(5): 615– 619.
- [12] Harvey P H. Hereditary variation in plant nutrition[J] . Genetics, 1939, 24: 437– 461.
- [13] 张福锁,米国华,刘建安. 玉米氮效率遗传改良及其应用[J] . 农业生物技术学报, 1997, 5(2): 112– 117.
- [14] 陈新平,周金池,王兴仁,等. 冬小麦、夏玉米不同品(系)之间的氮营养效率差异[J] . 中国农业大学学报, 2000, 5(1): 80– 83.
- [15] 黄高宝,张恩和,胡觉恒. 不同玉米品种氮素营养效率差异的生态生理机制[J] . 植物营养与肥料学报, 2001, 7(3): 293– 297.
- [16] 张瑞珍,张恩和,孙长占. 不同基因型玉米品种氮素营养效率差异的研究[J] . 吉林农业大学学报, 2003, 25(2): 183– 186.
- [17] 王进军,黄瑞冬. 玉米氮效率及其研究进展[J] . 玉米科学, 2005, 13(1): 89– 92.
- [18] 刘建安,米国华,陈范骏,等. 玉米杂交种氮效率基因型差异[J] . 植物营养与肥料学报, 2002, 8(3): 276– 281.
- [19] Lafitte H R, Edmeades G O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I. Selection criteria[J] . Field Crop Resarch, 1994, 39: 1– 14.
- [20] Moll R H, Kamprath E J, Jackson W A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization[J] . Agronomy Journal, 1982, 74: 562– 564.
- [21] Dhugga K S, waines J G. Analysis of nitrogen accumulation and use in bread durum wheat[J] . Crop Science, 1989, 29: 1232– 1239.
- [22] 米国华,刘建安,张福锁. 玉米杂交种氮效率的构成因素分析[J] . 中国农业大学学报, 1998, 3(增刊): 97– 104.