

文章编号:1005-0906(2011)06-0049-04

# 不同品种氮素累积量及转移的基因型差异

蔡红光<sup>1,2</sup>,张秀芝<sup>1</sup>,任 军<sup>1</sup>,高 强<sup>3</sup>,陈范骏<sup>2</sup>,米国华<sup>2</sup>

(1. 吉林省农业科学院农业环境与资源研究中心,长春 130033;  
2. 中国农业大学植物营养系/农业部植物营养学重点实验室/教育部植物-土壤相互作用重点实验室,北京 100094;  
3. 吉林农业大学资源与环境学院,长春 130118)

**摘要:**以4个不同氮效率玉米品种为试验材料,对其吐丝前后氮累积量和氮转移的基因型差异进行分析。结果表明,吉单209耐低氮能力较强;四密25对增施氮肥反应敏感,增施氮肥后增产幅度较大,表现出明显的喜氮特性。吐丝之后氮累积量较少的基因型,其相应的产量也较低。高产品种的选育应侧重花后氮素吸收,同时对于现有高产品种也应侧重花期氮肥的追施。

**关键词:**玉米;氮素累积;氮素转移

**中图分类号:** S513.01 **文献标识码:** A

## Genotype Difference of Nitrogen Accumulation and Translocation Between the Cultivars with Different Nitrogen Efficiency

CAI Hong-guang<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiu-zhi<sup>1</sup>, REN Jun<sup>1</sup>, GAO Qiang<sup>3</sup>, CHEN Fan-jun<sup>2</sup>, MI Guo-hua<sup>2</sup>  
(1. *Research Center of Agricultural Environment and Resources, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033*; 2. *Department of Plant Nutrition, China Agricultural University/Key Lab of Plant Nutrition, MOA/Key Laboratory of Plant-soil Interactions, MOE, Beijing 100193*; 3. *College of Resources and Environmental Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China*)

**Abstract:** In order to evaluate the genotypic difference of nitrogen accumulation and translocation around silking, an experiment was carried out, taking four hybrid maize cultivars with different nitrogen efficiency. The result indicated that the tolerance to low nitrogen stress of JD209 was higher than other cultivars. SM25 was more sensitive with the increasing of nitrogen input and the grain yield increased after application of N fertilizer. The genotype with low N accumulation had lower grain yield. The breeding with higher grain yield should be emphasize particularly the N accumulation after flowering and the high-yield varieties also should be emphasize particularly the application N fertilizer after flowering.

**Key words:** Maize; Nitrogen accumulation; Nitrogen translocation

氮是作物生长所必需的重要元素。玉米不同生

育时期吸收氮素主要受自身生长发育特性所制约。Karlen 等<sup>[1]</sup>研究表明,玉米有两个吸氮高峰期,一是小喇叭口至抽雄期,以大喇叭口期为中心;二是抽雄至灌浆期,以吐丝期为中心。此期前为氮素累积时期,此后为氮素转移时期,而不同基因型玉米品种的氮素效率不同,对氮的吸收、转运能力也有所差异<sup>[2~4]</sup>。氮素的供应可以影响玉米的生殖生长及其产量,但其中的生理机制尚不完全了解。本研究在不同氮肥量级下,通过比较不同氮效率玉米品种在

收稿日期: 2011-03-24  
基金项目: 国家重点基础研究发展计划课题(2009CB118601)、国家科技支撑计划课题(2011BAD16B10)  
作者简介: 蔡红光 (1981-),男,吉林舒兰人,博士,主要从事植物营养高效生理与遗传研究。  
Tel: 0431-87063171 E-mail: caihongguang1981@163.com  
陈范骏为本文通讯作者。  
Tel: 010-62734454 E-mail: caucfj@cau.edu.cn

生育后期干物质和氮素累积分配的差异,探讨不同玉米基因型对氮素吸收利用差异的内在原因,为氮高效品种的培育及配套栽培措施提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验点概况

试验点设在吉林省长春市新立城镇的低肥力农田上,试验田为玉米连作区。供试土壤为薄层黑土,0~30 cm 土壤基础性状为有机质 28.5 g/kg、全氮 1.84 g/kg、速效磷 19.6 mg/kg、速效钾 139.1 mg/kg、铵态氮 10.1 mg/kg、硝态氮 7.9 mg/kg,pH 值(水土比 1:2.5)为 5.73,偏酸性。玉米生育期内降雨量为 410 mm。

### 1.2 试验设计

试验为两因素设计,设 4 个玉米品种,每个品种设 3 个施氮水平,分别为不施氮(N0)、中量施氮(N1,190 kg/hm<sup>2</sup>)、高量施氮(N2,300 kg/hm<sup>2</sup>),重复 3 次,随机区组排列,小区面积 60 m<sup>2</sup>。各小区均施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 69 kg/hm<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 50 kg/hm<sup>2</sup>。磷肥为过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)和磷酸二铵(18-46-0),钾肥为硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%),均一次性基施,深施覆土;氮肥为尿素(N 46%),30 kg/hm<sup>2</sup>基施,其余于拔节期追施。4 月下旬播种,10 月上旬收获。

结合张宽<sup>[5]</sup>、吴巍<sup>[6]</sup>等对玉米品种喜肥等级的划分及刘建安等对玉米品种氮效率的划分方法,4 个供试品种中,四密 25 属高度喜肥、氮低效品种,吉

单 209 属中度喜肥,氮高效品种,农大 108 属低度喜肥、氮高效品种,吉单 180 属低度喜肥、氮中效品种。

### 1.3 测定项目

吐丝期每小区取代表性植株 3 株,测定生物量和氮累积量;成熟期每小区取代表性植株 5 株,分为茎、叶、子粒 3 部分,烘干,称干重,然后全部粉碎,四分法取出分析样,凯氏定氮法测定含氮量。

### 1.4 计算方法

氮转移量(kg/hm<sup>2</sup>)=吐丝期植株地上部氮累积量-成熟期除子粒外植株地上部氮累积量;

氮转移率=(氮转移量/吐丝期植株地上部氮累积量)×100%;

氮转移贡献率=(氮转移量/子粒氮累积量)×100%。

数据用 Microsoft Excel 2003 整理,利用 SAS 软件按照双因素试验的分析程序进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 子粒产量、生物量和氮累积量的方差分析

产量、生物量和氮累积量的方差分析结果表明(表 1),除吐丝期品种间吸氮量外,氮水平和品种之间的差异均达到了显著或极显著水平。对于吐丝期和成熟期植株吸氮量来说,氮水平和品种之间的交互作用达到了极显著水平,同时子粒产量也达到了显著水平,而重复之间均未达到显著水平。这表明不同生育时期生物量和吸氮量的变异主要是由氮水平和基因型造成的。

表 1 各品种产量、生物量和氮累积量的方差分析

Table 1 Variance analysis for yield, biomass and N accumulation of each cross

| 变异来源<br>Source of variation | 产量 Yield        | 生物量 Biomass     |                 | 吸氮量 N accumulation |              |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------|
|                             |                 | 吐 丝 Silking     | 成 熟 Maturity    | 吐 丝 Silking        | 成 熟 Maturity |
| 重 复                         | 1 000 525.8     | 988 717.5       | 3 988 824.3     | 172.3              | 831.3        |
| 氮水平                         | 105 043 617.9** | 102 186 480.4** | 217 779 396.3** | 36 327.1**         | 4 944.8**    |
| 品 种                         | 2 522 715.6*    | 8 015 976.0**   | 9 003 409.0*    | 242.8              | 224.9        |
| 氮水平×品种                      | 645 718.3       | 1 972 405.7     | 114 345.9       | 852.3*             | 2 255.5      |

注: \*、\*\* 分别表示 5%、1% 显著水平。  
Note: \* and \*\* denote significance at 5% and 1% levels, respectively.

### 2.2 不同氮水平下各品种的子粒产量和氮累积量

在同一氮水平下,不同氮效率基因型间的产量存在显著差异(表 2),在 N0 水平下,吉单 209 产量最高,耐低氮能力最强,四密 25 产量最低,耐低氮能力最弱,品种间的变异幅度达 20.6%;施氮后增产效果明显,与不施氮相比,各品种增产幅度为 131.2%~330.1%。但随着施氮水平的继续提升,各品种产量

均呈现下降的趋势(四密 25 除外)。同时施氮后品种间的变异幅度缩小,N<sub>1</sub> 和 N<sub>2</sub> 水平下变异幅度分别为 5.7%和 10.5%。对于氮累积量来说,吐丝前、吐丝后、子粒氮累积量和总氮都存在着显著基因型差异。在 N0 水平下,吉单 209 吐丝前、吐丝后子粒氮累积量和总氮均最高,品种间吐丝前、吐丝后、子粒氮累积量和总氮的变异幅度分别为 30.3%、84.4%、59.9%和

49.9%。施氮后,品种间的总氮均以农大 108 最高, 19.2%;N2 水平下在吐丝前、吐丝后、子粒氮累积量和总氮的变异幅度分别为 11.7%、11.0%、9.2%和 6.2%。

表 2 不同氮水平下各品种的产量和氮累积量  
Table 2 Yield and N accumulation of maize hybrids at different N levels

| 氮水平<br>N level | 品 种<br>Cultivar            | 产量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Yield | 氮累积量(kg/hm <sup>2</sup> ) N accumulation |                         |                        |              |
|----------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------|
|                |                            |                                  | 总 氮<br>Total N                           | 吐 丝 前<br>Before silking | 吐 丝 后<br>After silking | 子 粒<br>Grain |
| N0             | 四密 25                      | 2 060                            | 31.7                                     | 23.6                    | 8.1                    | 16.2         |
|                | 吉单 209                     | 3 282                            | 90.0                                     | 45.6                    | 44.4                   | 49.2         |
|                | 农大 108                     | 2 422                            | 45.4                                     | 33.4                    | 12.0                   | 22.2         |
|                | 吉单 180                     | 2 387                            | 41.0                                     | 26.6                    | 14.4                   | 16.8         |
|                | 平 均                        | 2 538                            | 52.0                                     | 32.3                    | 19.7                   | 26.1         |
|                | <i>LSD</i> <sub>0.05</sub> | 427                              | 5.1                                      | 8.7                     | 6.2                    | 5.6          |
| N1             | 四密 25                      | 8 710                            | 180.0                                    | 101.3                   | 78.7                   | 111.7        |
|                | 吉单 209                     | 8 482                            | 157.9                                    | 121.1                   | 36.8                   | 106.8        |
|                | 农大 108                     | 7 890                            | 181.6                                    | 128.5                   | 53.1                   | 114.7        |
|                | 吉单 180                     | 7 732                            | 116.1                                    | 85.8                    | 30.3                   | 71.5         |
|                | 平 均                        | 8 204                            | 158.9                                    | 109.2                   | 49.7                   | 101.2        |
|                | <i>LSD</i> <sub>0.05</sub> | 735                              | 28.8                                     | 25.0                    | 10.0                   | 14.8         |
| N2             | 四密 25                      | 8 861                            | 157.9                                    | 94.2                    | 63.7                   | 95.2         |
|                | 吉单 209                     | 7 588                            | 160.8                                    | 112.2                   | 48.6                   | 107.1        |
|                | 农大 108                     | 7 679                            | 181.1                                    | 125.8                   | 55.3                   | 89.4         |
|                | 吉单 180                     | 6 901                            | 168.7                                    | 111.9                   | 56.8                   | 88.0         |
|                | 平 均                        | 7 757                            | 167.1                                    | 111.0                   | 56.1                   | 94.9         |
|                | <i>LSD</i> <sub>0.05</sub> | 890                              | 16.2                                     | 13.3                    | 7.7                    | 9.6          |

2.3 氮转移量、氮转移率及氮转移贡献率

不同氮水平下各品种氮转移量、氮转移率和氮转移贡献率如表 3 所示。由表 3 可以看出,同一氮水平下,各品种间氮转移量、氮转移率和氮转移贡献率均存在显著的基因型差异。在 N0 水平下,以农大 108 的氮转移量和氮转移率最高,吉单 180 的氮

转移量和氮转移率最低;而在 N1 水平下则以吉单 209 的氮转移量、氮转移率和氮转移贡献率最高,但与农大 108 无显著差异;随着施氮量的继续增加,至 N2 水平时,氮转移率和氮转移贡献率以四密 25 最高,且其氮转移量也较高。

表 3 不同氮水平下各玉米品种地上部氮转移量、氮转移率和氮转移贡献率  
Table 3 Translocation of N from shoot to grain, N transferring rate and contribution rate of nitrogen transfer of different maize cultivars under different N levels

| 氮水平<br>N level | 品 种<br>Cultivar            | 氮转移量(kg/hm <sup>2</sup> ) | 氮转移率(%)             | 氮转移贡献率(%)                              |
|----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------------------|
|                |                            | Translocation of N        | N transferring rate | Contribution rate of nitrogen transfer |
| N0             | 四密 25                      | 8.1                       | 34.3                | 50.0                                   |
|                | 吉单 209                     | 4.8                       | 10.6                | 9.8                                    |
|                | 农大 108                     | 10.2                      | 30.5                | 45.9                                   |
|                | 吉单 180                     | 2.4                       | 9.0                 | 14.3                                   |
|                | 平 均                        | 6.4                       | 21.1                | 30.0                                   |
|                | <i>LSD</i> <sub>0.05</sub> | 3.8                       | 8.2                 | 6.9                                    |

续表 3

Continued 3

| 氮水平<br>N level | 品 种<br>Cultivar            | 氮转移量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Translocation of N | 氮转移率(%)<br>N transferring rate | 氮转移贡献率(%)<br>Contribution rate of nitrogen transfer |
|----------------|----------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| N1             | 四密 25                      | 33.0                                            | 32.6                           | 29.5                                                |
|                | 吉单 209                     | 70.0                                            | 57.8                           | 65.5                                                |
|                | 农大 108                     | 61.6                                            | 48.0                           | 53.7                                                |
|                | 吉单 180                     | 41.2                                            | 48.0                           | 57.6                                                |
|                | 平 均                        | 51.5                                            | 46.6                           | 51.6                                                |
|                | <i>LSD</i> <sub>0.05</sub> | 15.0                                            | 11.0                           | 17.5                                                |
| N2             | 四密 25                      | 31.5                                            | 33.4                           | 33.1                                                |
|                | 吉单 209                     | 58.5                                            | 52.1                           | 54.6                                                |
|                | 农大 108                     | 34.1                                            | 27.1                           | 38.1                                                |
|                | 吉单 180                     | 31.2                                            | 27.9                           | 35.5                                                |
|                | 平 均                        | 38.8                                            | 35.1                           | 40.3                                                |
|                | <i>LSD</i> <sub>0.05</sub> | 14.2                                            | 19.3                           | 16.0                                                |

3 结论与讨论

土壤肥力过高会在一定程度上掩盖品种对氮素吸收的差异,因此,在低肥力条件下评价品种氮效率是非常必要的<sup>[7]</sup>。本试验中,在不施氮条件下各玉米品种表现出显著的耐低氮差异,吉单 209 在 N0 水平下产量较高,对低氮的耐性较强。四密 25 在施氮后产量增幅较大,对氮肥反应强烈。

不同氮效率基因型在不同生育时期的氮累积量都存在显著差异<sup>[8]</sup>。本研究表明,不同氮水平下各品种吐丝前、吐丝后、子粒含氮量和总吸氮量均存在显著的差异,且吐丝后氮累积量较少的品种,其产量和子粒中的含氮量均较低。所以高产的品种更应侧重花期氮肥的追施,同时对于氮高效品种的选育也应关注花后植株氮素的吸收。

参考文献:

[1] Karlen D L, Flannery R L, Sadler E J. Aerial accumulation

and partitioning of nutrients by corn[J]. Agron. J., 1988, 80: 232—242.

[2] 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]. 农业生物技术导报,1999,7(3):248—254.

[3] Mi G, Chen F, Zhang F. Physiological and genetic mechanisms for nitrogen-use efficiency in maize[J]. J. Crop Sci. Biote., 2007, 10: 57—63.

[4] 张福锁,米国华,刘建安. 玉米氮效率遗传改良及应用[J]. 农业生物技术学报,1997,5(2):112—117.

[5] 张 宽,王秀芳,吴 巍,等. 玉米吸肥能力与喜肥程度对化肥效应的影响及其分级[J]. 玉米科学,1999,7(1):63—71.

[6] 吴 巍,王秀芳,张 宽. 突破传统研究模式实现高效农业研究新途径[J]. 中国农业科技导报,2001,3(4):38—42.

[7] Lafitte H R, Edmeades G O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize[J]. Field Crop Res., 1994, 39: 1—14.

[8] 徐祥玉,张敏敏,翟丙年,等. 不同夏玉米品种生育后期干物质及氮素积累分配的研[J]. 西北植物学报,2006,26(4):772—777.

(责任编辑:朴红梅)