

文章编号: 1005-0906(2013)06-0107-04

# 两个氮水平下不同玉米基因型 产量与根拔拉力的关系

刘志刚<sup>1,2</sup>, 陈范骏<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学农学院, 沈阳 110866; 2. 中国农业大学资源与环境学院 / 教育部植物-土壤相互作用重点实验室, 北京 100193)

**摘要:** 以华北地区主栽的 8 个玉米杂交种和中国农业大学自育的 2 个杂交组合为试验材料, 在不同供氮水平(0、240 kg/hm<sup>2</sup>)下对玉米子粒产量及其构成因素和根拔拉力进行研究。结果表明, 百粒重在不同氮处理间差异显著, 平均产量、穗粒数及根拔拉力差异极显著, 穗长、穗粗及穗行数没有显著差异。不同玉米基因型产量下降的主要原因是穗粒数的降低。低氮处理下根拔拉力显著降低, 其降低幅度与产量的减产幅度显著相关, 可作为氮高效品种筛选的指标之一。

**关键词:** 玉米; 氮肥; 产量; 根拔拉力

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

## Relationship Between Yield and Root-pulling Resistance in Response to Nitrogen Supply in Different Maize Genotypes

LIU Zhi-gang<sup>1,2</sup>, CHEN Fan-jun<sup>2</sup>

(1. College of Agriculture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866;

2. College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University/Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, Ministry of Education, Beijing 100193, China)

**Abstract:** The relationship between yield and root-pulling resistance were investigated at two nitrogen levels (0 and 240 kg/ha) by using 8 commercial maize hybrids and 2 unreleased hybrids. The results showed that there were significant decreases for both vertical root-pulling resistance and yield under lower nitrogen supply. Yield decrease was mainly resulted from the reduction of kernel number. Furthermore, a significant positive correlation for the falling range between vertical root-pulling resistance and yield was further observed, which might be used as one of the indicators for screening nitrogen efficient varieties.

**Key words:** Maize; Nitrogen; Yield; Root-pulling resistance

玉米是三大作物之一, 目前已经发展成为全世界重要的粮、饲、经兼用作物, 人均占有玉米量被视为衡量一个国家畜牧业发展和人民生活水平的重要标志之一<sup>[1]</sup>。全世界对玉米的需求仍在不断增长, 据估计, 到 2050 年粮食的增长将有超过 50% 来自玉米<sup>[2]</sup>。由此可见, 玉米在世界粮食生产中占有重要地

位。而农民为获得高产, 往往通过增加施肥量(主要是氮肥)<sup>[3]</sup>。自 20 世纪 70 年代以来, 我国氮肥的年施用量快速增加, 化肥在粮食单产增加中的贡献占到 50%, 对我国农业发展有不可替代的作用<sup>[4]</sup>。然而, 过量养分投入和肥料利用效率低下使大量养分流失到环境中, 造成严重的环境问题<sup>[5]</sup>, 如农田土壤酸化<sup>[6]</sup>、地下水污染日益严重等<sup>[7]</sup>。因此, 选育氮高效作物品种, 提高其对养分吸收利用效率是实现高产与环境协调的重要途径之一。

根系具有固持植株、水分和养分吸收等功能, 因而, 根系性状对作物产量形成具有重要作用<sup>[8]</sup>。然而, 田间条件下很难直接测量根系性状<sup>[9]</sup>。Spencer 等和 Zuber 等均发现不同基因型间根拔拉力与根干

收稿日期: 2013-01-24

基金项目: 公益性行业科研专项(200803030)

作者简介: 刘志刚(1987-), 男, 硕士, 从事玉米作物逆境生理研究。

E-mail: lzglzghy@163.com

陈范骏为本文通讯作者。E-mail: caucfj@cau.edu.cn

重、根体积和地上部节根数有显著相关性<sup>[10,11]</sup>。根拔拉力是否可以作为重要的次级性状来筛选氮高效玉米基因型尚无定论。本研究以华北地区主栽玉米品种和中国农业大学自育杂交组合为试验材料,设置两个氮处理,探讨根拔拉力与产量的关系,为筛选具有良好根系构型的氮高效玉米品种提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与设计

试验材料为华北地区主栽玉米品种郑单 958、金海 5、先玉 335、邢抗 2 号、鑫玉 16、浚单 20、秀青 73-1、农大 108 以及中国农业大学组配的杂交组合 CF2159、NE6。2011 年试验在中国农业大学曲周试验站进行。设置 2 个氮水平,分别是低氮(LN)为不施氮肥、高氮(HN)施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup>,其中,60%作为基肥,40%作为追肥。基肥施用 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>。小区面积 36 m<sup>2</sup>,密度 63 000 株/hm<sup>2</sup>(行距 60 cm,株距 26.5 cm,6 m 行长,共 10 行,

23 株),采用随机区组设计,3 次重复。

### 1.2 测定项目与方法

吐丝后两周选择 2~3 个晴天测量根拔拉力。每个重复去除边行,取长势一致且不相连的植株 5 株,距离地上部 30 cm 将其砍断,用玉米根茬拔出测力仪(型号 3yc-1)测量<sup>[12]</sup>。成熟期每个重复去除边行收获计产,换算成子粒含水率为 14% 的产量,穗部性状进行室内考种。

用 Excel 2003 软件进行数据处理,用 SAS 软件进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同玉米基因型产量及根拔拉力的方差分析

方差分析表明,产量、百粒重、穗粒数和根拔拉力存在氮处理和基因型间的显著或极显著差异,穗长、穗粗、穗行数只存在基因型间的显著或极显著差异,各性状均不存在氮处理与基因型间的交互作用(表 1)。

表 1 两个氮水平下不同玉米基因型产量及其构成因素与根拔拉力的方差分析

Table 1 Variance analysis of yield, yield components and root-pulling resistance in different maize genotypes under two nitrogen levels

变异来源	产量	百粒重	穗长	穗粗	穗行数	穗粒数	根拔拉力
Source of variation	Yield	100-grains weight	Ear length	Ear diameter	Rows per ear	Kernels per ear	Root-pulling resistance
氮处理	53.58**	6.60*	0.04	1.54	0.30	25.30**	56.04**
基因型	20.86**	9.81**	2.28*	6.37*	7.37**	12.24**	25.30**
氮处理×基因型	2.46	0.61	1.27	0.74	0.74	0.80	0.22

注:表中\*、\*\*分别表示差异达 5%、1% 显著水平。下表同。

Note: \* and \*\* indicated significance at 5% level and significance at 1% level, respectively. The same below.

### 2.2 两个氮水平对不同玉米基因型产量与产量构成因素的影响

由表 2 可以看出,不施氮处理产量显著降低,各品种平均减产达 9.8%。其中,邢抗 2 号在低氮下减产幅度最大,为 18.5%,其次为先玉 335 和中国农业大学自育组合 NE6,分别减产 16.4% 和 16.3%,这些

品种减产的主要原因是低氮水平下穗粒数的减少。其他品种不施氮条件下减产不显著。由表 3 可以看出,高氮处理下产量与穗粒数存在显著相关性,相关系数为 0.83;在低氮处理下产量与穗粗、穗粒数存在显著相关性,相关系数分别为 0.83 和 0.81。

表 2 两个氮水平对不同玉米基因型产量及产量构成因素的影响

Table 2 Effect of nitrogen treatment on yield and yield components in different maize genotypes

基因型	处理	产量(kg/hm <sup>2</sup> )	穗长(cm)	穗粗(cm)	穗行数(行)	百粒重(kg)	穗粒数(粒)
Genotype	Treatment	Yield	Ear length	Ear diameter	Row number per ear	100-grains weight	Kernel number
NE6	高氮	7 551.0	16.5	4.6	14.3	30.3	396.0
	低氮	6 318.0	15.1	4.6	14.3	28.5	352.0
	低氮水平降低幅度(%)	16.3*	8.5	1.2	0.0	6.2	11.1
CF2159	高氮	6 471.0	17.6	5.1	14.0	35.8	287.0
	低氮	5 950.0	15.8	4.8	13.7	33.2	284.0
	低氮水平降低幅度(%)	8.0	9.9	7.0	2.1	7.8*	1.0

续表 2 Continued 2

基因型 Genotype	处 理 Treatment	产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield	穗长(cm) Ear length	穗粗(cm) Ear diameter	穗行数(行) Row number per ear	百粒重(kg) 100-grains weight	穗粒数(粒) Kernel number
邢抗 2 号	高 氮	6 207.0	16.4	4.5	12.0	34.0	290.0
	低 氮	5 057.0	16.3	4.4	11.0	32.3	249.0
	低氮水平降低幅度(%)	18.5**	0.8	1.7	8.3	5.3	14.1*
郑单 958	高 氮	6 902.0	14.8	4.8	14.0	33.5	327.0
	低 氮	6 290.0	14.2	4.7	13.7	32.8	304.0
	低氮水平降低幅度(%)	8.9	3.8	1.8	2.1	2.2	7.0
农大 108	高 氮	7 304.0	16.1	4.9	16.0	33.2	349.0
	低 氮	6 885.0	17.2	4.7	15.7	30.9	354.0
	低氮水平降低幅度(%)	5.7	-7.2	3.5	1.9	7.4	-1.4
鑫玉 16	高 氮	7 897.0	15.1	4.8	16.3	32.4	387.0
	低 氮	7 678.0	15.5	4.9	15.7	32.7	373.0
	低氮水平降低幅度(%)	2.8	-2.5	-2.7	3.7	-1.0	3.6
先玉 335	高 氮	7 273.0	13.6	4.7	15.0	34.7	333.0
	低 氮	6 077.0	14.6	4.7	15.0	33.8	285.0
	低氮水平降低幅度(%)	16.4*	-7.6	0.0	0.0	2.7	14.4**
金海 5	高 氮	6 875.0	15.1	4.6	13.3	34.8	314.0
	低 氮	6 397.0	16.0	4.7	13.0	34.1	298.0
	低氮水平降低幅度(%)	6.9	-5.8	-2.2	2.3	2.1	5.1
秀青 73-1	高 氮	8 005.0	16.0	5.1	13.3	37.1	342.0
	低 氮	7 463.0	15.7	5.1	12.7	37.3	318.0
	低氮水平降低幅度(%)	6.8	2.0	-0.2	4.5	-0.4	7.0
浚单 20	高 氮	7 264.0	15.5	5.0	15.3	32.7	353.0
	低 氮	6 692.0	14.0	4.8	14.0	32.5	327.0
	低氮水平降低幅度(%)	7.9	9.6	2.6	8.5	0.7	7.4
平均值	高 氮	7 175.0	15.7	4.8	14.4	33.9	338.0
	低 氮	6 481.0	15.4	4.7	13.9	32.8	315.0
	低氮水平降低幅度(%)	9.8**	1.2	1.3	3.3	3.2*	6.9**

表 3 两个氮水平下产量及产量构成因素的相关性

Table 3 The correlation coefficients for yield and its components under two nitrogen levels

处 理 Treatment	穗 长 Ear length	穗 粗 Ear diameter	穗行数 Rows per ear	百粒重 100-grains weight	穗粒数 Kernel number
高 氮	-0.29	0.30	0.55	-0.15	0.83*
低 氮	-0.01	0.83*	0.57	0.27	0.81*

### 2.3 两个氮水平对不同玉米基因型根拔拉力的影响

由表 4 可以看出,两个氮水平下根拔拉力在不同玉米基因型间存在显著差异,且低氮下降低显著。NE6、邢抗 2 号、先玉 335 基因型的相对根拔拉力较小,且低氮水平下降低显著。鑫玉 13 的根拔拉力在低氮水平下降低幅度显著,但其低氮下的绝对量仍显著高于平均值。其他品种的根拔拉力在低氮水平

下降低不显著。

相关分析表明,高氮水平下根拔拉力与产量间的相关系数  $r=-0.145$ ;低氮水平下根拔拉力与产量间的相关系数  $r=-0.112$ ,两个氮水平下根拔拉力与产量相关性均不显著。低氮水平下根拔拉力的降低幅度与产量的减产幅度显著相关,相关系数  $r=0.799$ 。

表 4 两个氮水平对不同基因型根拔拉力的影响  
Table 4 Comparison of root-pulling resistance in different maize genotypes under two nitrogen levels

基因型 Genotype	根拔拉力 Root-pulling resistance		低氮水平降低幅度(%) Reduce the amplitude of low nitrogen level
	高氮 High nitrogen	低氮 Low nitrogen	
	NE6	1 068 d	907 e
CF2159	1 450 ab	1 333 a	8.1
邢抗 2 号	1 262 c	1 057 cd	16.3*
郑单 958	1 108 d	1 015 de	8.4
农大 108	1 450 ab	1 330 a	8.3
蠡玉 16	1 470 a	1 290 ab	12.2*
先玉 335	1 087 d	895 e	17.6*
金海 5	1 303 bc	1 170 bc	10.2
秀青 73-1	1 153 cd	1 046 d	9.3
浚单 20	1 070 d	973 de	9.1
平均值	1 250	1 093	11.5*

注: \* 表示不同氮处理间达 5% 显著水平; 小写字母表示相同氮水平不同基因型间达 5% 显著水平。

Note: \* indicated significant at 5% level. Different lowercase letters in the same column indicated significant difference at 5% level.

### 3 结论与讨论

根系是植物从土壤等介质中获取养分的最主要器官, 为了在不破坏环境的同时提高作物产量, 越来越多的育种家将视线转向根系<sup>[13]</sup>。米国华等<sup>[14]</sup>提出, 玉米氮高效吸收的理想根构型, 根系下扎能力强、生长后期分布较深、根系活力强, 有利于截获土壤中随水下移的硝酸盐; 在氮投入量相对较低时, 土壤氮素分布的空间抑制性增加。侧根向肥性反应能力强有助于高效利用局部富集的硝酸盐, 然而, 在田间条件下测定根系性状难度较大。玉米根系强度与根、茎倒伏的关系被视为及其重要的课题, 国内外许多学者对此做了研究。玉米根系强度(根拔拉力)存在广泛的基因型差异, 并主要受控于基因的加性效应, 这为育种者提供了选择的机会和有效性<sup>[15]</sup>。不同玉米基因型有不同氮吸收效率和氮利用效率, 根拔拉力和氮吸收效率、利用效率有显著正相关<sup>[16]</sup>。Kamara 等用玉米近等基因系进行了两年田间试验, 发现成熟期地上部氮吸收总量和根拔拉力有较高的相关系数<sup>[17]</sup>。本试验结果表明, 在不同氮处理下产量和根拔拉力均显著降低, 但产量与根拔拉力相关性不显著。原因可能是前人所用试验材料为近等基因系, 遗传背景相近, 有较为一致的收获指数, 而本研究的试验

材料是推广品种和杂交组合, 其收获指数的变异有可能影响其相关性。另外一些基因型根系统过于庞大, 虽然有较大的根拔拉力但生长过程中会消耗更多的养分, 从而影响了产量<sup>[18]</sup>。本研究发现, 根拔拉力的降低幅度与产量的减产幅度显著相关, 可作为氮高效品种筛选的指标之一, 有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 佟屏亚. 玉米高产是一个永恒的课题[J]. 作物杂志, 2004(1): 10-12.
- [2] Yan J, Warburton ML, Crouch J. Association mapping for enhancing maize genetic improvement[J]. *Crop science*, 2011, 51(2): 433-449.
- [3] 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.
- [4] 王激情, 马文奇, 江荣风, 等. 养分资源综合管理与中国粮食安全[J]. 资源科学, 2008, 30(3): 415-422.
- [5] 张福锁, 崔振岭, 王激清, 等. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J]. 植物学通报, 2007, 24(6): 687-694.
- [6] 朱兆良, 张福锁. 主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用的基础研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [7] Raun W R, Johnson G V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production[J]. *Agronomy Journal*, 1999, 91: 357-363.
- [8] Mackay A D, Barber S A. Effect of nitrogen on root growth of two corn genotypes in the field [J]. *Agronomy Journal*, 1986, 77: 699-703.
- [9] Kamara A Y, Kling J G, Ajala S O, et al. The relationship between vertical root-pulling resistance and nitrogen uptake and utilization in maize breeding lines[J]. *Maydica*, 2002, 47: 135-140.
- [10] Spencer J T A. A comparative study of the seasonal development of some inbred lines and hybrids of maize[J]. *Agric. Res.*, 1940, 61: 521-538.
- [11] Zuber M S, Musick G J, Fairchild M L. A method of evaluating corn strains for tolerance to western corn root-worm[J]. *Entomol*, 1971, 64: 1514-1518.
- [12] 李景安, 冯芬芬. 3yc-1 型玉米根茬拔出测力仪、3yj-1 型玉米茎秆硬度计研究报告[J]. 玉米科学, 1994, 2(4): 76-78.
- [13] Virginia G. An underground revolution[J]. *Nature*, 2010, 466: 552-553.
- [14] 米国华, 陈范骏, 吴秋平, 等. 玉米高效吸收氮素的理想根构型[J]. 中国科学, 2010(12): 1112-1116.
- [15] 许明学, 冯芬芬, 董海合, 等. 玉米根系抗垂直拉力的双列分析[J]. 玉米科学, 1993, 1(3): 7-9.
- [16] Kevern T C, Hallauer A R. Relation of Vertical Root-pull Resistance and Flowering in Maize[J]. *Crop Science*, 1983, 23: 357-363.
- [17] Kamara AY, Kling J G, Ajala S O, et al. Vertical Root-pulling Resistance in Maize Related to Nitrogen Uptake Yield[C]. Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference 11th-15th February, 2001: 228-232.
- [18] Peters D W, Shank D B, Nyquist W E. Root-pulling resistance and its relationship to grain yield in F<sub>1</sub> hybrids of maize[J]. *Crop Science*, 1982, 22: 1112-1114.

(责任编辑: 胡娟)