

文章编号: 1005-0906(2014)02-0076-05

不同种植密度下玉米基因型 产量及根拔拉力的关系

蔡红光, 闫孝贡, 刘剑钊, 张秀芝, 张洪喜,
袁静超, 魏雯雯, 任 军

(吉林省农业科学院农业资源与环境研究所, 长春 130333)

摘 要: 以 19 个测交种为供试材料, 在两种种植密度下评价其根拔拉力及产量构成。结果表明, 19 个测交种在不同密度下的根拔拉力具有显著基因型差异。依据各自对两个密度的反应程度, 共划分为双高抗倒型、高密抗倒型、中密抗倒型、双低抗倒型 4 种类型, 结合产量构成共筛选出 4 个高产抗根倒伏的候选基因型。相关分析表明, 玉米根系垂直拉力抗性与其秸秆产量显著相关, 且相关性随着密度增加而提高, 而与子粒产量无关。

关键词: 玉米; 基因型; 密度; 产量; 根拔拉力

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Vertical Root Pulling Resistance and Grain Yield of Spring Maize in Different Planting Density Treatments

CAI Hong-guang, YAN Xiao-gong, LIU Jian-zhao, ZHANG Xiu-zhi, ZHANG Hong-xi,

YUAN Jing-chao, WEI Wen-wen, REN Jun

(Institute of Agricultural Resource and Environment,

Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: An experiment was conducted to evaluate the relationship of root lodging resistance and grain yield using 19 test-crosses under different plant density conditions. The result indicated that there was the significant difference among the genotypes under different plant densities. Nineteen test-crosses were divided into four types as double high root lodging resistance, root lodging resistance with high density, root lodging resistance with middle density, double low root lodging resistance. Four genotypes were selected as the candidate high grain yield with high root lodging resistance. There was the significant correlation between vertical root pulling resistance and stover yield and increase with plant density. But there was no significance with grain yield.

Key words: Maize; Genotype; Density; Yield; Vertical root pulling resistance

玉米是世界上种植最为广泛的作物。未来粮食需求主要来源为玉米^[1]。随着以密植高产为中心的

丰产栽培技术的广泛开展, 玉米倒伏问题已成为我国北方尤其是东北地区高产和机械收获的严重障碍之一^[2]。玉米倒伏主要分为根倒和茎倒(茎折), 在作物生长的关键阶段, 根倒是倒伏的主要类型^[3]。如何提高玉米根系抗倒伏能力是其高产的关键。因此, 玉米抗倒伏的研究长期以来备受玉米育种学家及栽培学家的重视^[4~6]。

种植密度是决定玉米产量高低的重要因素^[7,8]。倒伏是增加群体密度后的主要后果, 倒伏率与种植密度间呈极显著正相关^[9,10]。根拔拉力(垂直根系拉力抗性)与根系强度及根系形态关系密切^[11]。Fincher 等认为, 根拔拉力可以作为评价玉米倒伏的根系抗

收稿日期: 2013-06-24

基金项目: 国家自然科学基金 (31101611)、博士后科学基金(2012 M51081)、吉林省青年科研基金(201201090)、科技支撑计划(2013BAD07B02, 2011BAD16B10, 2012BAD04B02)、吉林省科技支撑重大项目(20106025, 20126026)

作者简介: 蔡红光(1981-), 男, 吉林舒兰人, 博士, 主要从事植物营养生理与养分资源高效利用研究。

E-mail: caihongguang1981@163.com

任 军为本文通讯作者。E-mail: renjun557@163.com

性指标之一。目前针对玉米根系抗倒伏能力与密度的关系研究报道较少^[1]。本研究以 Ye478 × Wu312 构建的回交群体中部分根系形态差异显著的自交系组配的测交种为材料,剖析其在当代高密条件下根系根拔拉力的基因型差异,为后期通过栽培措施及根系遗传改良提高玉米抗根倒能力提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2011 年在吉林省公主岭市吉林省农业科学院试验田(43°52'58"N, 124°82'49"E)进行。试验田为玉米连作区,土壤为黑土,0~20 cm 耕层土壤主要性状为有机质 16.2 mg/kg、碱解氮 180.4 mg/kg、速效磷 20.8 mg/kg、速效钾 148.9 mg/kg, pH 值 5.5。玉米生育期间(5~9 月份)活动积温 2 983 °C·d,日照时数 542.6 h,降雨量 320.6 mm。

1.2 试验设计

试验为两因素设计,主因素为种植密度,分别为 60 000 株/hm² 和 75 000 株/hm²;副因素为 19 个测交种,来自同一回交群体^[13]。每个处理 4 次重复,随机区组排列,小区面积为 50 m²。各处理均施氮 195 kg/hm²,磷(P₂O₅)75 kg/hm²,钾(K₂O)82.5 kg/hm²。磷肥为磷酸二铵(18-46-0),钾肥为氯化钾(含 K₂O 60%),均一次性基施。氮肥为尿素(含 N 46%),30%基施,其余于拔节期开沟追施。试验于 4 月下旬播种,10 月上旬收获。其他管理方式均同一般大田。

1.3 测定项目与方法

在玉米播种前采集 0~20 cm 耕层土壤样品,采用常规方法测定土壤养分。在开花 2 周后测量根拔拉力。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,用改进后的玉米根茬拔出测力仪(型号 3yc-1)测量^[14]。成熟期收获中间 2 行玉米,装入尼龙网袋,晒干脱粒称重,以含水量 14% 的重量折算小区产量。

1.4 数据处理

所有数据均采用 Microsoft Excel 2007 处理,采用 SAS 8.0 统计软件进行多重比较(LSD 法)。参照 Chun 等^[15]方法,以两个种植密度下的相对根拔拉力数据划分测交种抗倒伏类型。

2 结果与分析

2.1 根拔拉力对密度的响应

分别以 19 个测交种在 60 000 株/hm² 和 75 000 株/hm² 的相对根拔拉力为横纵坐标,得到各测交种的根拔拉力分布(图 1)。以两个种植密度下的平均根拔拉力为基准,把 19 个测交种划分为 4 种类型。双高抗倒型,此类基因型在两种种植密度下的根拔拉力均比较高;高密抗倒型,此类基因型高密条件下根拔拉力比较高;中密抗倒型,此类基因型在中等密度条件下根拔拉力比较高;双低抗倒型,此类基因型在两种种植密度下根拔拉力均比较低。

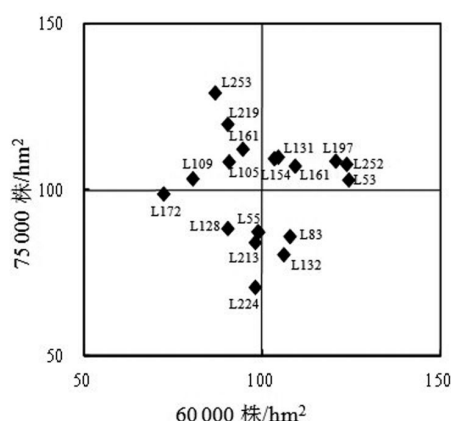


图 1 不同种植密度下 19 个测交种平均相对根拔拉力

Fig.1 Average relative vertical root pulling resistance of test-cross in different plant densities

2.1 生物量、产量及其构成对密度的响应

对候选测交种不同种植密度处理下生物量累积及产量构成进行剖析。结果表明,随着密度的增加,其生物量、产量略有降低,降幅分别为 3.6% 和 3.0%,降幅主要来自穗粒数的减少,其次为百粒重

的降低。在 60 000 株/hm² 处理下,生物量和产量分别为 19 200~28 530 kg/hm² 和 7 624~12 417 kg/hm²;穗数、穗粒数、百粒重分别为 43 590~65 385 株/hm²、533~748 粒、25.6~31.8 g。在 75 000 株/hm² 处理下,生物量和产量分别为 16 253~29 846 kg/hm² 和

4 598 ~ 12 734 kg/hm²;穗数、穗粒数、百粒重分别为 30 769 ~ 80 769 株/hm²、410 ~ 647 粒、24.6 ~ 29.7 g (表 1)。从抗倒伏高产优良杂交种的培育角度出发, 结合图 1 中各测交种根拔拉力结果, L53、L105、L252、L253 基因型可为高产抗根倒伏候选基因型。

表 1 不同种植密度下各基因型生物量、产量及其构成

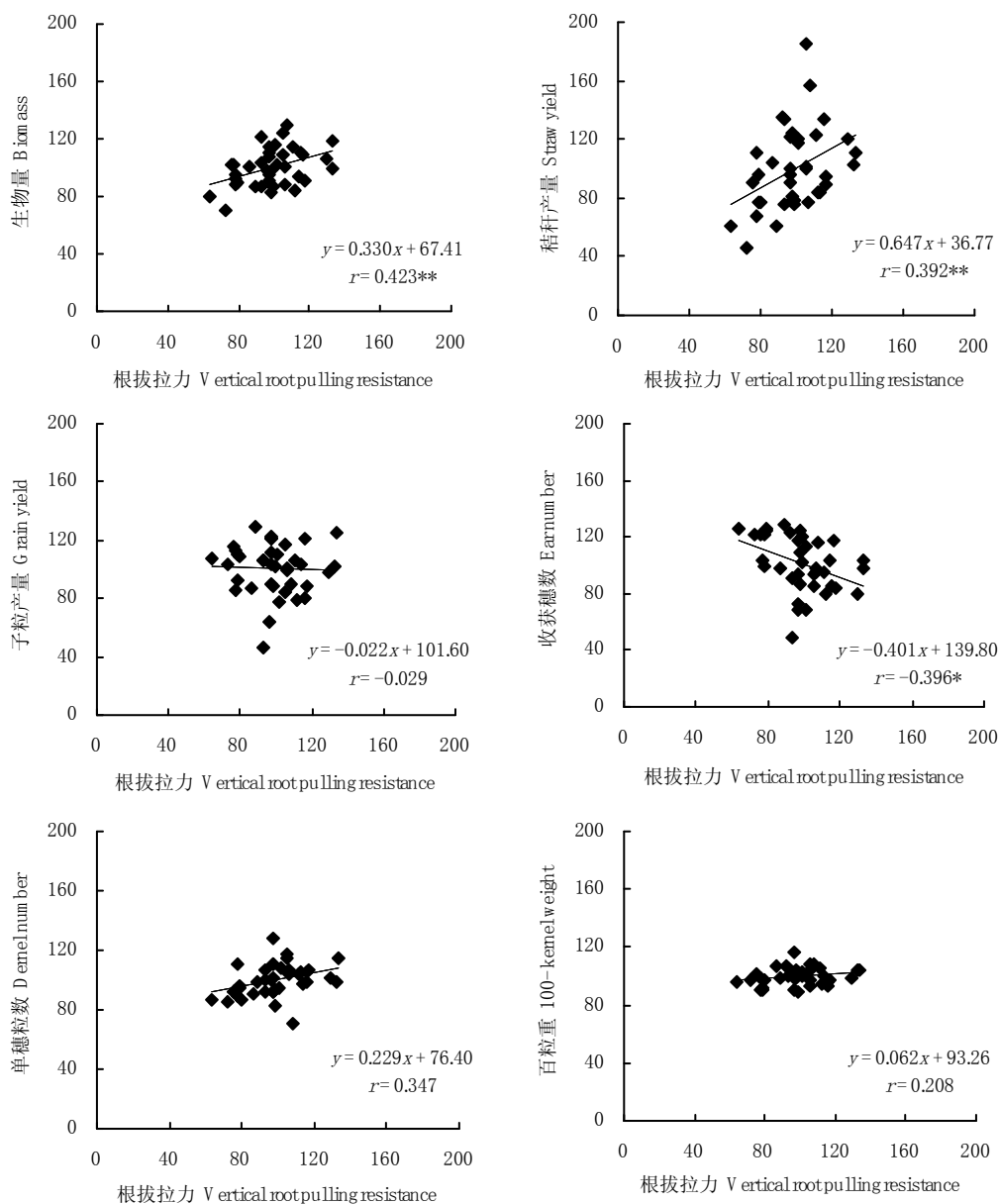
Table 1 Biomass, grain yield and the components of different genotypes under different treatments

密度(株/hm ²) Density	基因型 Genotype	生物量(kg/hm ²) Biomass	产量(kg/hm ²) Yield	收获穗数(株/hm ²) Ear number	单穗粒数(粒) Kernels per ear	百粒重(g) 100-kernel weight
60 000	L53	27 369	12 417	65 385	668	28.6
	L55	23 157	9 891	61 538	625	25.7
	L83	25 425	7 901	53 846	575	25.6
	L105	26 319	10 191	55 128	649	28.6
	L109	23 190	8 635	61 538	533	29.5
	L128	20 997	8 915	58 974	539	28.2
	L131	19 200	7 854	50 000	617	26.0
	L132	21 438	10 222	65 385	566	27.5
	L140	20 445	9 804	60 256	610	26.7
	L154	26 382	10 526	60 256	604	28.9
	L160	23 325	7 624	43 590	628	28.1
	L161	20 868	8 762	52 564	621	26.8
	L172	20 433	11 105	62 821	648	27.3
	L197	24 432	9 700	50 000	593	27.3
	L213	28 530	8 346	53 846	671	29.7
	L219	25 491	10 989	46 154	748	31.8
	L224	25 122	11 532	58 974	685	28.6
	L252	22 800	10 129	61 538	574	28.7
	L253	20 064	10 427	57 692	625	29.1
	Ave.	23 420	9 735	56 815	620	28.0
	<i>LSD</i> _{0.05}	3 227	1 898	10 408	75.6	2.2
75 000	L53	27 934	10 416	77 890	536	29.2
	L55	21 199	10 862	78 205	549	25.3
	L83	23 374	8 464	65 385	520	25.0
	L105	21 938	12 139	69 231	647	27.8
	L109	23 730	4 598	30 769	585	27.5
	L128	20 676	10 753	79 487	505	26.9
	L131	20 108	10 144	75 641	549	24.6
	L132	16 253	10 278	76 923	500	26.8
	L140	21 761	9 157	76 923	562	24.8
	L154	19 028	8 761	64 103	483	28.3
	L160	26 501	10 919	71 795	552	27.6
	L161	22 388	6 320	43 590	586	24.8
	L172	20 010	12 734	80 769	580	27.1
	L197	22 384	11 980	78 694	537	27.2
	L213	23 381	11 478	76 923	540	27.7
	L219	29 846	8 892	73 077	410	29.7
	L224	18 518	10 596	79 487	507	26.4
	L252	24 668	12 003	74 359	595	27.2
	L253	25 076	11 979	74 359	618	26.2
	Ave.	22 567	10 027	70 060	546	26.8
	<i>LSD</i> _{0.05}	4 420	1 577	15 850	82.9	1.9

2.3 根拔拉力与生物量、产量及其构成的相关分析

从图 2 可以看出,根拔拉力与生物量、秸秆产量、穗粒数呈正相关,与收获穗数呈负相关($P<0.05$),但与子粒产量无显著相关。进一步分析表明,密度增加后根拔拉力与生物量的关系更为密切。在 75 000

株 hm^2 处理下,生物量与根拔拉力显著相关,相关系数为 0.570($P<0.01$),其相关性贡献主要来自于秸秆产量。子粒产量及其构成因子与根拔拉力无显著相关,表明随着密度增加,根系对地上部秸秆部分的贡献增加。



注:图中数据为各性状相对值。*、** 分别表示 5% 和 1% 显著差异。

Note: The data were relative value; *, ** indicated the significance at 5% and 1% level, respectively.

图 2 根拔拉力与生物量、秸秆产量、子粒产量及其构成的相关分析

Fig.2 The correlation coefficient of vertical root pulling resistance with biomass, straw, grain yield and its component

3 结论与讨论

以密植为中心的丰产栽培已成为我国玉米产量提高的有效途径。随着种植密度增加,倒伏风险进一步加大,培育优良的抗根倒伏杂交种具有重要意义。

Liu 等研究表明,玉米的垂直根系拉力抗性与秸秆产量及氮素累积间存在显著正相关。本研究中,根拔拉力与生物量呈正相关,其相关性贡献主要来自于秸秆,而与子粒产量无显著相关。一般而言,根拔拉力与根系形态呈正相关,但根系统发达并不一定意

味着高产^[6],本研究供试材料中存在根拔拉力较高而产量较低的基因型(L161)。

本研究在 60 000 株 Δhm^2 和 75 000 株 Δhm^2 两个密度筛选出双高抗倒型基因型为 6 个,占 31.6%;高密抗倒型、中密抗倒型和双低抗倒型分别占 26.3%、10.5%、26.3%。这些测交种在玉米垂直根系抗性方面存在显著的基因型差异,因此既可作为组配抗根倒伏杂交种的种质资源,同时也可作为根系与产量关系研究的理想材料。

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.
Tong P Y. High grain yield of maize is a eternal project[J]. Crops, 2004, 1: 10–12. (in Chinese)
- [2] 孙世贤, 顾慰连, 戴俊英. 密度对玉米倒伏及其产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1989, 20(4): 413–416.
Sun S X, Gu W L, Dai J Y. The effect of density on lodging of crop[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1989, 20(4): 413–416. (in Chinese)
- [3] 田保明, 杨光圣, 曹刚强, 等. 农作物倒伏及其影响因素分析[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4): 163–167.
Tian B M, Yang G S, Cao G Q et al. The performment of lodging and root cause analysis for lodging resistance in crops[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(4): 163–167. (in Chinese)
- [4] Liu J C, Cai H G, Chu Q et al. Genetic analysis of vertical root pulling resistance(VRPR) in maize using two genetic populations[J]. Molecular Breeding, 2011, 28(4): 463–474.
- [5] Fincher R R, Darrah L L, Zuber M S. Root relationship in maize as measured by vertical root-pulling resistance[J]. Maydica, 1985, 30: 383–394.
- [6] 孙世贤, 戴俊英, 顾慰连. 氮、磷、钾肥对玉米倒伏及其产量的影响[J]. 中国农业科学, 1989, 22(3): 28–33.
Sun S X, Dai J Y, Gu W L. Effect of nitrogen, phosphate and potash fertilizers on lodging and yield in maize[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1989, 22(3): 28–33. (in Chinese)
- [7] Duvick D N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.)[J]. Advances in Agronomy, 2005: 83–145.
- [8] 张世煌, 李少昆. 国内外玉米产业技术发展报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010.
- [9] Beck D L, Darrah L L, Zuber M S. Effect of sink level on root and stalk quality in maize[J]. Crop Science, 1988, 28: 11–18.
- [10] 勾玲, 黄建军, 张宾, 等. 群体密度对玉米茎秆抗倒力学和农艺性状的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(10): 1688–1695.
Gou L, Huang J J, Zhang B, et al. Effects of population density on stalk lodging resistant mechanism and agronomic characteristics of maize[J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(10): 1688–1695. (in Chinese)
- [11] Landi P, Sanguineti M C, Darrah L L, et al. Detection of QTLs for vertical root pulling resistance in maize and overlap with QTLs for root traits in hydroponics and for grain yield under different water regimes[J]. Maydica, 2002, 47(3–4): 233–243.
- [12] Liu S Q, Song F B, Liu F, et al. Effect of planting density on root lodging resistance and its relationship to nodal root growth characteristics in maize(*Zea mays* L.)[J]. Journal of Agricultural Science, 2012, 4(12): 182–189.
- [13] Cai H G, Chen F J, Mi G H, et al. Mapping QTLs for root system architecture of maize(*Zea mays* L.) in the field at different developmental stages[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2012, 125(6): 1313–1324.
- [14] 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.
Li J A, Feng F F. Research of 3yc-1 dynamometer for maize stubble pull and stalk hardness[J]. Journal of Maize Science, 1994, 2(4): 76–78. (in Chinese)
- [15] Chun L, Mi G H, Li J, et al. Genetic analysis of maize root characteristics in response to low nitrogen stress[J]. Plant and Soil, 2005, 276(1–2): 369–382.
- [16] Rahman H, Wicks Z W, Schumacher T E, et al. Synthesis of maize populations based on seedling root indices: II. Field evaluations for yield and related traits[J]. Journal of Genetics and Breeding, 1994, 48(3): 245–252.

(责任编辑:姜媛媛)