

玉米抗倒伏性指标及其模拟研究^{*}

李得孝, 员海燕, 周联东

(西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 通过玉米品种比较试验和密度试验, 研究了9个农艺性状与3个茎秆质量性状的关系。结果表明, 茎秆田间抗拉弯强度和室内横折强度能综合反映茎秆质量好坏, 而茎秆穿刺强度可作为玉米育种群体和耐密品种选择的抗倒性指标。茎秆田间抗拉弯强度可用密度、茎粗和气生根数3个性状进行线性估计; 茎秆室内横折强度可用穗位高度、茎粗和茎秆穿刺强度进行有效估计。

[关键词] 玉米育种; 抗倒性; 茎秆质量

[中图分类号] S513 033

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)05-0053-04

玉米倒伏严重影响其产量和品质, 故对玉米倒伏的研究一直受到研究者的重视。前人对作物倒伏的影响因素、抗倒指标选择及其遗传变异、轮回改良效果等进行了多方面的研究, 对玉米根倒伏指标的量化估计也有报道, 如 Ko inuma 等^[1]定义了根倒伏阻力值(HPR): $HPR = [\text{茎秆长度}(\text{cm}) \times \text{穗长度}(\text{cm})]^{1/2} / \text{水平拉力}$; Kato^[2]利用茎秆水平抗拉性等5个非破坏性状, 构造出了玉米根倒伏率的2个判别模式, 但对玉米茎秆质量性状的量化估计尚未见报道。本试验对玉米茎秆质量性状进行了研究, 并对其在玉米育种选择与品种评价中的适用性进行了讨论, 以期筛选出有效评价玉米抗倒性的非破坏性指标, 并将其应用于玉米育种研究。

1 材料与方法

试验选用18个陕西省近年推广的杂交种和2个新组合, 于2001~2002年种植于西北农林科技大学农作一站试验地。试验采用随机区组设计, 3次重复, 5行区, 行长3m, 密度52500株/hm²。同时设置陕单9号和户单4号密度试验, 分别为每公顷留苗37500, 45000, 52500, 60000, 67500, 75000, 82500, 90000, 97500和105000株10个处理。苗期用乙莠水防除杂草, 喇叭口期用呋喃丹防玉米螟

蛀心, 并于拔节期浇水前一次性株施尿素0.0126kg。

乳熟期每小区取样10株, 田间分别测定株高、穗位高、基部第三节茎粗、节长及穿刺强度、抗拉弯强度; 室内测定植株鲜重、重心位置、茎秆室内横折强度、近地面环状气生根数目、外皮厚度(茎基部第三节)和穗粒重等12个指标。穿刺强度用吉林农科院综合所研制的YJ-1型玉米茎秆硬度计测定; 田间抗拉弯强度采用贾志森等^[3]的方法(测定部位距地面0.40m处)测定; 茎秆室内横折强度的测定, 是将采回的新鲜茎秆去除果穗及穗上部后, 以基部第三节中部做固定支点, 离此点0.40m处用弹簧称量取茎秆侧向拉折的最大强度。乳熟后期调查田间自然倒伏情况。

试验数据处理采用SAS软件包和EXCEL软件进行。

2 结果与讨论

2.1 茎秆质量性状与植株农艺性状的相关性

前人研究中涉及的茎秆质量性状主要有茎秆抗压碎强度^[4,5]、抗穿刺强度^[6,7]、抗拉弯强度^[3]等。本试验对茎秆穿刺强度和抗拉弯强度与植株农艺性状进行了研究, 结果见表1。

^{*} [收稿日期] 2003-04-22

[基金项目] 陕西省科技攻关项目(2001K01-G2-02, 2002K02-G1-02)

[作者简介] 李得孝(1973-), 男, 青海西宁人, 讲师, 硕士, 主要从事玉米遗传育种研究。

[通讯作者] 员海燕(1960-), 女, 陕西华阴人, 教授, 主要从事玉米遗传育种研究。

表 1 玉米茎秆质量性状与农艺性状的相关系数

Table 1 Correlation coefficient of stem quality characteristics and agronomic traits in corn

性状 Characteristics	株高 Plant height	穗位高 Ear height	重心高度 Center of gravity	气生根数 Number of brace root	茎秆鲜重 Fresh weight	节长 Internode length	茎粗 Stem diameter	外皮厚度 Rind thickness	穿刺强度 Strength of rind penetration	室内横折强度 Strength of lateral breaking	田间抗拉弯强度 Field strength of bending	单株籽粒产量 Grain weight/plant
田间抗拉弯强度 Field strength of bending	0.4158**	0.3132*	0.3298	0.6516**	0.6882**	0.3878*	0.7736**	0.5952**	0.4351*	0.7424**	-	0.8532**
室内横折强度 Strength of lateral breaking	0.1222	0.1301	0.1672	0.4094**	0.6961**	0.2047	0.5485**	0.7824**	0.7379**	-	0.7424**	0.2873*
茎秆穿刺强度 Strength of rind penetration	0.2761**	0.3075**	0.3474**	0.1432	0.5638**	0.3921*	0.1343	0.4823**	-	0.7379**	0.4351*	0.0150
单株籽粒产量 Grain weight/plant	-0.445**	0.1301	-0.2290	0.7934**	0.0510	-0.4340*	0.5535**	0.4749**	-0.0150	0.2873*	0.8532**	-
密度 Density	-0.0521	0.1589	0.1666	0.3961*	-0.8467**	0.4226**	0.8285**	0.4701**	-0.6351*	0.8579**	0.8598**	0.9133**

注: * 表示差异显著, ** 表示差异极显著。

Note: * Means significance at 0.05 level; ** Means significance at 0.01 level

玉米茎秆田间抗拉弯强度与多数农艺性状(重心高度除外)显著正相关,说明适当增大植株营养体有利于提高茎秆的抗倒伏性。茎秆的室内横折强度与株高、穗位高、重心高度和节长相关不显著,而与其他茎秆性状极显著正相关。茎秆穿刺强度与气生根数和茎粗相关不显著,而与其他茎秆性状显著正相关。可见,同样是茎秆质量性状,其中反映的内容是有差别的:田间抗拉弯强度能综合反映玉米抗茎倒和根倒能力的强弱;室内横折强度也有一定综合性,但与植株高度关系不大;而茎秆穿刺强度仅与茎倒伏关系密切。这3种茎秆质量性状间相关性极高。前人的育种实践^[4~6]也证明,利用任何一种茎秆质量指标都能改良玉米抗倒伏性,但选择结果对其他农艺性状的影响众说不一。所以,在玉米抗倒伏材料筛选中应特别重视这种关系,合理确定育种的选择标准。

2.2 玉米茎秆性状与产量的关系

评价抗倒性指标的优劣必须考虑其与籽粒产量的关系。由表1可知,气生根数、茎粗、外皮厚度、室内横折强度和田间抗拉弯强度与籽粒产量显著正相关,株高和节长与籽粒产量显著负相关,而穿刺强度、穗位高等与籽粒产量相关不显著。由此可见,茎秆抗倒性的改进与籽粒产量的提高并不矛盾。单纯以玉米形态指标改善其抗倒性的可能性不大。如Davis等^[8]利用外皮厚度对抗倒性进行轮回选择的效果并不佳。我国曾用茎粗系数(茎粗/株高)判断抗倒性强弱,但以茎粗和株高这样的农艺性状作为轮回选择指标尚无人尝试。美国以茎秆压碎强度作为

选择指标育成茎秆群体(BSSS),从中产生了一批优良自交系。Dudley^[6]利用茎秆穿刺强度也取得了预期的效果。基于茎秆穿刺强度的有效性、易测性和无损伤性,建议在玉米育种群体的早期阶段利用其对抗倒性进行筛选。

2.3 密度对玉米茎秆性状的影响

将户单4号和陕单9号2年的密度试验结果进行相关分析(见表1末行),结果表明,密度与株高、穗位高和重心高度的相关不显著,与节长极显著正相关($r=0.4226^{**}$),与穿刺强度和气生根数显著负相关,与其余性状极显著负相关。说明密度加大将导致基部节间拉长,茎粗、气生根数、外皮厚度及鲜重下降,田间抗拉弯强度和室内横折强度显著下降,但茎秆穿刺强度对密度的反应与田间抗拉弯强度和室内横折强度比较,不是很敏感($|r|$ 接近 $r_{0.05}=0.632$),因此利用穿刺强度作为选择指标选育耐密品种可能有较好的前景,同时对穿刺强度的选择还能获得较好的茎腐病抗性^[6]。

2.4 茎秆质量性状的量化模拟

对陕单9号和户单4号的2年密度试验结果进行逐步回归,结果表明田间抗拉弯强度(FSB)与密度(X_1)、茎粗(X_8)和气生根数(X_5)存在线性关系,利用脊回归分析^[9]得到2个品种的模拟方程:

$$FSB_{\text{单9}} = 5\,263.8 - 0.927\,51 \times Z_1 + 1\,711.9 \times Z_8 + 2\,025.8 \times Z_5;$$

$$FSB_{\text{户4}} = 4\,732.0 - 0.153\,67 \times Z_1 + 2\,611.5 \times Z_8 + 1\,621.5 \times Z_5.$$

式中, Z 为 X 进行中心化和标准化处理后的数值。

室内横折强度 (SLB) 与穗位高 (X_5)、茎粗 (X_8)、穿刺强度 (X_{10}) 有线性关系, 脊回归分析结果为:

$$SLB_{\hat{P}4} = 3\,395 + 0\,447\,8 \times Z_3 + 3\,127\,0 \times Z_8 + 1\,140\,6 \times Z_{10}$$

模拟结果显示, 茎秆田间抗拉弯强度模拟方程的参数随品种而异, 如何在品种合理密植方面应用

尚待研究。对室内横折强度的模拟得出其与 3 个非破坏性测定性状穗位、茎粗、穿刺强度有关, 其中兼顾了与茎秆倒伏有关的主要性状, 适于对品种(材料)作评价。为验证该方程的适用性, 对 20 个杂交种进行了茎秆室内横折强度的拟合(表 3), 经检验符合性很好(回归估计标准误 $S_{Y/X} = 0\,575\,5$, 小于试验测定误差 $S_e = 1\,003\,4$)。

表 3 常见杂交种茎秆室内横折强度实测值与预测值比较

Table 3 Experiment values and estimated values of stem lateral breaking strength of hybrid variety					
品种 Variety	实测值 Experiment value	预测值 Estimated value	品种 Variety	实测值 Experiment value	预测值 Estimated value
中单 2 号 Zhongdan 2#	2.43	2.21	户单 971 Hudan 971	2.41	2.17
户单 4 号 Hudan 4#	1.99	2.21	陕单 9 号 Shandan 9#	2.54	2.89
豫玉 22 号 Yuyu 22#	1.87	2.22	陕资 1 号 Shanzi 1#	2.65	2.89
掖单 13 号 Yedan 13#	1.64	1.29	陕单 911 Shandan 911	1.91	2.07
户单 1 号 Hudan 1#	1.98	2.52	改良 902 Gailiang 902	1.71	1.91
掖单 19 号 Yedan 19#	1.61	1.71	陕单 931 Shandan 931	1.85	1.98
丹玉 13 号 Danyu 13#	1.46	1.61	西农 11 号 Xinong 11#	1.40	1.42
豫玉 12 号 Yuyu 12#	1.61	1.22	高农 1 号 Gaonong 1#	1.11	1.19
户单 2000 Hudan 2000	1.55	1.87	西农 201 Xinong 201	1.66	1.79
农大 108 Nongda 108	1.94	2.31	93~ 3	2.38	2.26

3 小 结

1) 茎秆质量性状与植株农艺性状的相关分析表明, 茎秆田间抗拉弯强度、茎秆室内横折强度和穿刺强度反映的内容不同, 鉴于前者易受土壤状况的影响而存在较大的变异度, 后两个性状宜作为茎秆抗倒性的评价和选择指标。

2) 茎秆质量的改进与籽粒产量提高并不矛盾, 而且抗倒性的增益主要是在前几轮获得的^[4], 所以在组建玉米育种群体时, 应在前几个轮回中以穿刺

强度为指标改良抗倒性, 然后再加强对产量的选择。

3) 茎秆质量性状对密度反应敏感, 相对而言, 穿刺强度受影响较小。所以, 玉米耐密品种的选育可以穿刺强度为指标, 同时还能改良对茎腐病的抗性。

4) 对茎秆质量性状可进行量化模拟。本研究得出了陕单 9 号和户单 4 号茎秆田间拉弯强度的模拟方程和茎秆室内横折强度的模拟方程, 后者经 20 个杂交种验证适用性较好, 可用于对品种抗倒伏性强弱的评判。

[参考文献]

[1] Koinuma K, Ikegaya F, Ito E, et al Heterotic effect for root lodging resistance in F₁ hybrids among dent and flint inbred lines of maize[J]. Maydica, 1998, 43(1): 13- 17.

[2] Kato A. Relationship between root lodging and five nondestructively determined traits in maize (Zea mays L.) [J]. Maydica, 1998, 43(1): 65- 74.

[3] 贾志森, 白永新. 玉米自交系抗倒伏鉴定研究[J]. 作物品种资源, 1992, (3): 30- 32.

[4] Martin G C, Russell W A. Response of a maize synthetic to recurrent selection for stalk quality[J]. Crop Sci, 1984, 24: 331- 337.

[5] Zuber M S, Colbert T R, Darrah L L. Effect of recurrent selection for crushing strength on several stalk components in maize[J]. Crop Sci, 1980, 20: 711- 717.

[6] Dudley J W. Selection for rind puncture resistance in two maize population[J]. Crop Sci, 1994, 34(6): 1458- 1460.

- [7] 黄述祖, 张天佑 玉米茎秆抗倒特性的研究[J]. 山西农业科学, 1992, (5): 17- 18
- [8] Davis S M, Crane P L. Recurrent selection for rind thickness in maize and its relationship with yield, lodging, and others plant characteristics[J]. Crop Sci, 1976, 16: 53- 55
- [9] 莫惠栋 脊回归技术及应用[J]. 作物学报, 2002, 28(4): 433- 438

Selection and estimation of indices of stem-lodging resistance in corn

L I D e-x i a o, Y U N H a i-y a n, Z H O U L i a n-d o n g

(College of Agronomy, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This experiment studied the relationship between nine agronomic characteristics and three stem quality characteristics related to stem-lodging resistance of corn, using comparative trial of more than twenty varieties extended in recent years in Shaanxi province and ten-level density experiment of varieties of Hudan-4# and Shandan-9#. The results show: the stem quality of corn could be reflected by stalk bending strength in the field and stalk lateral breaking strength in the lab, rind penetration strength can be used as a selection index of corn breeding populations and density tolerance varieties. Stalk bending strength of variety in the field could be estimated at density, stem diameter and number of brace root, and stalk lateral breaking strength in the lab could be estimated at height of ear, stem diameter and rind penetration strength.

Key words: corn breeding; lodging resistance; stem quality

(上接第 52 页)

Study on the selection and heredity of specific traits of local maize variety in the dam area of Three Gorges

Y A O Q i-l u n, D A I X u a n, L I C h a n g-m a n, F A N G P i n g, R A N J i n g-s h e n g

(Department of Life Science, Fuling Normal College, Fuling, Chongqing 408003, China)

Abstract: Comparative study on traits of maize between 10 local varieties in the dam area of Three Gorges and 10 elite inbreds was carried out, significantly different traits were chosen. Local maize varieties and 10 elite inbreds were testcrossed by 10×10 incomplete diallel cross. The result showed that local varieties are with higher yield, more resistant to lodging and disease, compared with the inbreds. There is more additive genetic effects in special traits of local maize varieties, the positive genotypic correlation is significant, efficient method of using local maize varieties is to establish heterotic group and improve population by utilizing additive genetic effects.

Key words: maize; local varieties; the dam area of Three Gorges; specific traits; GCA