

玉米杂交种苗期抗旱性鉴定与评价

赵永锋, 王亚卿, 贾晓艳, 祝丽英* (河北农业大学农学院, 国家玉米改良中心河北分中心, 河北保定 071001)

摘要 [目的]确定玉米杂交种苗期抗旱性的鉴定指标,进一步筛选出苗期抗旱性强的玉米品种。[方法]以河北省主推和新审定的20个玉米杂交种为材料,通过苗期沙培试验,测量苗期根条数、根长、根表面积、根系平均直径、根体积、总生物量、鲜重根冠比、干重根冠比8个根系性状。[结果]干旱胁迫对苗期8个根系性状均产生了不同程度的影响。根长、根表面积和干重根冠比在不同品种间和不同处理间均表现显著差异,可作为抗旱指标。综合3个抗旱指标的分类结果,认为农单08-5为强抗旱品种,伟科702和郑单958为中度抗旱品种,先玉335为弱抗旱品种。[结论]该研究筛选出苗期抗旱性玉米品种,为玉米的高产栽培提供理论依据。

关键词 玉米;杂交种;苗期;抗旱性;抗旱指标

中图分类号 S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)09-0051-03

Identification and Evaluation on Drought Resistance of Maize Hybrids in Seedling Stage

ZHAO Yong-feng, WANG Ya-qing, JIA Xiao-yan et al (College of Agronomy, Agycultural University of Hebei, Hebei Sub-center of National Maize Improvement Center, Baoding, Hebei 071001)

Abstract [Objective] Identification indexes of drought resistance of maize hybrid seedlings were determined, and maize varieties with drought resistance were selected. [Method] The experience was based on 20 varieties of maize applied in production or approved new varieties in Hebei, we used sand culture experiment and measured the number of root, root length, root surface area, roots average diameter, root volume, total biomass, root to shoot fresh weight ratio, root to shoot dry weight ratio at the seedling stage. [Result] Drought stress had different effects on eight roots traits of seedling stage. Root length, root surface area and root to shoot dry weight ratio which showed significant differences among different varieties and different treatments could be used as drought resistance index. Comprehensive classification results based on 3 drought resistance index showed that Nongdan 08-5 was a strong drought-resistant variety, Weike702 and Zhengdan 958 were moderate drought-resistant varieties, Xianyu335 was weak drought-resistant varieties. [Conclusion] The study screened out drought resistant maize varieties at seedling stage, and provided theoretical basis for high yield cultivation of maize.

Key words Maize; Hybrids; Seedling stage; Drought resistance; Drought resistance index

随着全球气候变化,干旱对世界粮食生产构成了严重威胁^[1],成为限制玉米生产发展和产量提高的第一因素,干旱对玉米产量的影响达20%~50%^[2-4]。研究表明,苗期发生10~40 d的持续干旱,会对玉米籽粒灌浆产生负面影响,并最终导致产量下降,当玉米苗期发生持续10 d干旱时减产率为3.24%,持续20 d干旱时减产率为7.89%,持续干旱30 d时减产率为12.33%^[5]。干旱半干旱地区是我国玉米主产区^[6],筛选抗旱品种对玉米生产具有重要意义。

近年来,国内外学者对玉米耐旱性进行了大量研究,但大部分研究仅是对成株期的耐旱性鉴定,对苗期的耐旱性鉴定很少^[7]。苗期抗旱性鉴定主要集中在对生理生化指标的研究,对玉米根系形态学变异以及根对水分胁迫响应的研究相对较少^[8-9]。玉米根系是直接感受和吸收土壤水分的器官,此外根系的生长深度、数量及活力等指标都与抗旱性关系密切。许多学者对不同环境条件下玉米根系的生长发育与抗旱性的关系进行了研究,结果表明,干旱胁迫下玉米根系生理、生化的变化对研究玉米耐旱具有极其重要的意义^[10-13]。笔者选用20个河北省主推玉米品种和新审定品种,采用沙培试验,研究干旱胁迫对其苗期根系性状的影响,确定抗旱性的根系鉴定指标,进一步筛选出苗期抗旱的玉米品种。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料选用20个当前在河北省主要推

基金项目 国家重点研发计划项目(2017YFD0101202);国家粮食丰产工程项目(2013BAD07B05,2012BAD04B06)。

作者简介 赵永锋(1979—),男,河北深泽人,助理研究员,从事玉米遗传育种研究。*通讯作者,副教授,从事玉米遗传育种研究。

收稿日期 2017-07-03;修回日期 2017-12-27

广品种和新审定品种(表1)。

表1 20个河北省主推品种和新审定品种

Table 1 20 varieties of maize applied in production or approved new varieties in Hebei Province

序号 No.	品种 Variety	序号 No.	品种 Variety
1	郑单958	11	金秋963
2	伟科702	12	登海6702
3	浚单20	13	农华101
4	先玉335	14	农单116
5	登海662	15	先玉688
6	农单08-5	16	京科528
7	农单902	17	浚单29
8	农单903	18	蠡玉68
9	蠡玉37	19	连成21
10	金苹果18	20	中科11

1.2 试验方法 2016年6—7月在河北农业大学国家玉米改良中心河北分中心温室进行沙培试验,采用完全随机区组设计,3次重复,设无水分胁迫和干旱胁迫2种处理。每个杂交种植4盆,分2个区组。每个区组内,干旱胁迫组和无水分胁迫组各1盆,每盆3株。幼苗长至3叶1心时进行处理,水分胁迫组每天浇灌浓度为15%(-0.4 MPa)PEG-6000溶液40 mL,无水分胁迫组每天浇灌同等体积的Hoagland's营养液。处理15 d后进行根系形态学指标考查。

1.3 测定项目与方法 采用EPSON扫描仪进行根系图像采集,用WinRHIZO (Version 2012b, Regent Instruments, Montreal, Canada)软件进行图像分析,得到总根长(cm)、总

根体积 (cm³)、根系表面积 (cm²)、平均根系直径 (mm) 4 个根系相关形态学指标;用吸水纸吸干根系表面水分,用电子天平称量根鲜重、茎鲜重;105 ℃ 杀青 30 min,80 ℃ 烘 48 h,然后用电子天平称量根干重、茎干重。计算根冠比和耐旱胁迫指数。

根冠比 = 地下部分根鲜重 (根干重) / 地上部分根鲜重 (根干重)

耐旱胁迫指数 = 干旱胁迫性状均值 / 正常性状均值

2 结果与分析

2.1 根系形态参数与抗旱性的关系

通过对 20 个杂交种

的 8 个根系形态性状的分析 (表 2), 结果表明, 这 8 个性状的耐旱胁迫指数均小于 1, 表明 8 个性状均受到干旱胁迫的影响。在干旱胁迫下苗期根条数、根表面积、根体积、总生物量、鲜重根冠比、干重根冠比的变异系数均低于其正常供水的数值, 说明干旱胁迫抑制了玉米苗期根系的生长、发育, 影响了根系重量、体积、生物量的增加, 进而影响了玉米根系在深度、广度上的生长。而根长与根系平均直径的变异系数都有增加趋势, 根系平均直径与鲜重根冠比在干旱胁迫下其变化范围较正常供水范围大, 表明这 2 个性状对干旱胁迫存在很强的适应性。

表 2 正常供水与干旱胁迫下各性状的变化趋势

Table 2 Variation trends of traits under normal water and drought stress conditions									
处理 Treatment		根条数 Root number 条	根长 Root length cm	根表面积 The root surface area//cm ²	根系平均 直径 Root diameter mm	根体积 The root volume cm ³	总生物量 The total biological amount g	鲜重根冠比 Root-shoot ratio of fresh weight	干重根冠比 Root-shoot ratio of dry weight
正常供水 (CK) Normal water	$\bar{x} \pm s$	13.10 ± 2.07	1 048.45 ± 285.56	105.70 ± 28.90	0.33 ± 0.04	0.91 ± 1.25	0.38 ± 0.10	0.37 ± 0.11	0.38 ± 0.07
	范围	9.00 ~ 16.00	654.32 ~ 1 913.94	74.04 ~ 206.31	0.24 ~ 0.40	0.53 ~ 1.78	0.24 ~ 0.61	0.22 ~ 0.58	0.24 ~ 0.53
	R	7.00	1 259.62	132.26	0.16	1.25	0.37	0.34	0.29
	变异系数//%	0.16	0.27	0.28	0.12	0.31	0.26	0.30	0.20
干旱胁迫 (WS) Drought stress	$\bar{x} \pm s$	12.28 ± 1.20	996.13 ± 336.25	100.04 ± 27.10	0.33 ± 0.04	0.80 ± 0.19	0.35 ± 0.09	0.36 ± 0.09	0.35 ± 0.05
	范围	9.00 ~ 16.00	446.49 ~ 1 678.90	58.78 ~ 141.76	0.27 ~ 0.42	0.54 ~ 1.21	0.23 ~ 0.57	0.24 ~ 0.66	0.27 ~ 0.46
	R	7.00	1 232.40	82.99	0.15	0.67	0.34	0.41	0.19
	变异系数//%	0.16	0.34	0.27	0.14	0.24	0.26	0.26	0.14
耐旱胁迫指数 Drought toler- ance index		0.94	0.95	0.95	0.98	0.88	0.93	0.97	0.93

2.2 根系各性状在品种间及干旱处理间的差异 对 20 个品种 2 种处理下根系的 8 个形态性状进行方差分析, 结果表明, 不同品种间, 根条数、根表面积、根系平均直径、根体积均存在极显著差异, 干重根冠比、根长差异显著, 而总生物量、鲜重根冠比差异不显著。干旱处理与对照相比, 干重根冠比差异极显著, 根长、根表面积、总生物量差异显著, 而根条数、根系平均直径、根体积、鲜重根冠比差异不显著。表明不同基因型品种在根系性状上存在显著差异。干旱胁迫仅对根长、根表面积、总生物量和干重根冠比造成显著影响。选择对干旱胁迫反映敏感, 同时在不同品种间存在显著差异的性状作为抗旱性评价指标。可见根长、根表面积、干重根冠比均可作为抗旱指标 (表 3)。

表 3 品种间与干旱处理间的根系性状方差分析
Table 3 The variance analysis on roots traits between varieties and treatments

性状 Trait	品种间 Variety	处理间 Treatment
根条数 Root number	3.89 **	0.59
根长 Root length	2.35 *	6.00 *
根表面积 The root surface area	2.83 **	5.11 *
根系平均直径 Root mean diameter	2.63 **	1.81
根体积 The root volume	3.41 **	2.68
总生物量 The total biological amount	1.85	6.30 *
干重根冠比 Root to shoot dry weight ratio	1.53 *	136.65 **
鲜重根冠比 Root to shoot fresh weight ratio	1.84	53.84

注: * 差异显著, ** 差异极显著
Note: * stands for significant differences; ** stands for extremely significant differences

2.3 抗旱性类型划分

2.3.1 以根长为抗旱指标进行分类。以根长为抗旱指标进行 5 级分类 (表 4), 中科 11、农华 101、农单 08-5、先玉 688 4 个品种表现为极强抗旱, 京科 528、农单 116、农单 903 表现为极弱抗旱, 伟科 702、农单 902、浚单 20、登海 662、登海 6702、蠡玉 37、连成 21、郑单 958 为中度抗旱品种。

表 4 以根长为抗旱指标对品种的分类结果
Table 4 Classification results based on root length as drought resistance index

抗旱类型 The drought type	分类标准 Classification standard	品种 Variety
极强抗旱 Extremely strong drought resistance	≥1.36	中科 11、农华 101、农单 08-5、先玉 688
强抗旱 Strong drought resistance	1.17 ~ 1.36	浚单 29、蠡玉 68
中度抗旱 Moderate drought resistance	0.75 ~ 1.17	伟科 702、农单 902、浚单 20、登海 662、登海 6702、蠡玉 37、连成 21、郑单 958
弱抗旱 Weak drought re- sistant	0.75 ~ 0.63	先玉 335、金秋 963、金苹果 18
极弱抗旱 Extremely weak drought resistance	<0.63	京科 528、农单 116、农单 903

2.3.2 以根表面积为抗旱指标进行分类。以根表面积为抗旱指标进行 5 级分类 (表 5), 极强抗旱品种有 4 个, 分别是农华 101、农单 08-5、浚单 29、蠡玉 68。极弱抗旱品种有 4 个:

京科 528、农单 116、农单 903、金苹果 18。伟科 702、农单 902、浚单 20、登海 662、登海 6702、连成 21、郑单 958、中科 11 这 8 个品种为中度抗旱品种。

表 5 以根表面积为抗旱指标对品种的分类结果

Table 5 Classification results based on root surface area as drought resistance index

抗旱类型 The drought type	分类标准 Classification standard	品种 Variety
极强抗旱 Extremely strong drought resistance	≥1.28	农华 101、农单 08-5、浚单 29、蠡玉 68
强抗旱 Strong drought resistance	1.14~1.28	蠡玉 37、先玉 688
中度抗旱 Moderate drought resistance	0.80~1.14	伟科 702、农单 902、浚单 20、登海 662、登海 6702、连成 21、郑单 958、中科 11
弱抗旱 Weak drought resistance	0.69~0.80	金秋 963、先玉 335
极弱抗旱 Extremely weak drought resistance	<0.69	京科 528、农单 116、农单 903、金苹果 18

2.3.3 以干重根冠比为抗旱指标进行分类。以干重根冠比为抗旱指标进行 5 级分类(表 6),登海 6702、连成 21 为极强抗旱品种,农单 08-5、农单 902 为强抗旱品种,金苹果 18 为极弱抗旱品种,其余 12 个品种为中度抗旱。

表 6 以干重根冠比为抗旱指标对品种的分类结果

Table 6 Classification results based on root to shoot ratio of dry weight as drought resistance index

抗旱类型 Drought resistance type	分类标准 Classification standard	品种 Variety
极强抗旱 Extremely strong drought resistance	≥1.27	登海 6702、连成 21
强抗旱 Strong drought resistance	1.07~1.27	农单 902、农单 08-5
中度抗旱 Moderate drought resistance	0.77~1.07	农单 116、登海 662、郑单 958、农华 101、蠡玉 68、中科 11、蠡玉 37、农单 903、伟科 702、先玉 688、京科 528、先玉 335
弱抗旱 Weak drought resistance	0.68~0.77	浚单 20、浚单 29、金秋 963
极弱抗旱 Extremely weak drought resistance	<0.68	金苹果 18

2.3.4 抗旱品种筛选。综合分析,农单 08-5 为强抗旱品种,农单 902、浚单 20、伟科 702 和郑单 958 为中度抗旱品种,金秋 963、先玉 335 和金苹果 18 为弱抗旱品种。

3 结论与讨论

该研究通过沙培试验对 20 个品种的根系性状进行分析,筛选根长、根表面积和干重根冠比作为玉米苗期抗旱筛

选指标。张文英等^[14]对夏玉米苗期抗旱性鉴定指标进行研究,结果表明,根体积、干重根冠比均可作为玉米苗期抗旱性的鉴定指标,而该研究结果表明,不同处理间总根体积差异不显著,朱猛^[15]研究认为在干旱胁迫与正常条件下根体积的遗传率变化不大,遗传相对稳定,受环境影响较小,该研究与其研究相似,因而该研究未将根体积定为抗旱指标。

参照路贵和等^[16]的分类方法,分别按照根长、根表面积、干重根冠比这 3 个性状的耐旱胁迫指数,对 20 个品种进行抗旱类型划分,结果表明主推品种浚单 20 和郑单 958 为中度抗旱品种,先玉 335 为弱抗旱品种。浚单 20 鉴定结果与路贵和等^[16]结果相似,孙旭东等^[2]研究认为郑单 958 为极抗旱品种,先玉 335 表现弱抗旱性。通过与前人研究比较认为,郑单 958、浚单 20 是抗旱性较强的品种。

针对新审定的农单 08-5、伟科 702、金苹果 18 等苗期抗旱性鉴定,该研究认为农单 08-5 为抗旱性极强的品种,伟科 702 为中度抗旱,农单 08-5 适宜在京津冀干旱缺水区域种植。

参考文献

[1] 王晓琴,袁继超,熊狄娥. 玉米抗旱性研究的现状及展望[J]. 玉米科学,2002,10(1):57-60.

[2] 孙旭东,刘开昌,李宗新,等. 山东省夏玉米主栽品种抗旱性鉴定[J]. 山东农业科学,2015,47(3):18-21.

[3] 胡瑞法,MENG ERIKA C H,张世煌,等. 采用参与式方法评估中国玉米研究的优先序[J]. 中国农业科学,2004,37(6):781-787.

[4] HAO Z F,LI X H,XIE C X,et al. Identification of functional genetic variations underlying drought tolerance in maize using SNP markers[J]. Journal of integrative plant biology,2011,53(8):641-652.

[5] 张建平,何永坤,王靖,等. 不同发育时期干旱对玉米籽粒形成与产量的影响模拟[J]. 中国农业气象,2015,36(1):43-49.

[6] 宋宝章,代宝龙,李守全. 半干旱地区玉米高产栽培技术研究[J]. 玉米科学,1994,2(1):40-42.

[7] 孙琦,张世煌,郝转芳,等. 不同年代玉米品种苗期耐旱性的比较分析[J]. 作物学报,2012,38(2):315-321.

[8] 邹成霖,谭华,黄开建,等. 广西玉米品种苗期生理生化指标与其抗旱性的综合评价[J]. 南方农业学报,2015,46(3):408-414.

[9] 杜彩艳,段宗颜,张乃明,等. 云南主栽玉米品种抗旱性鉴定与评价[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(4):181-189.

[10] 李凤海. 玉米抗旱性指标的筛选及其遗传特性研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2011.

[11] 黎裕,王天宇,石云素,等. 应用生理学方法和分子手段进行玉米抗旱育种[J]. 玉米科学,2004,12(2):16-20.

[12] 李德顺,刘芳,马永光. 玉米根系与抗旱性关系研究[J]. 杂粮作物,2010,30(3):195-197.

[13] 齐伟,张吉旺,王空军,等. 干旱胁迫对不同耐旱性玉米杂交种产量和根系生理特性的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(1):48-52.

[14] 张文英,栗雨勤,杨国航,等. 夏玉米苗期抗旱性鉴定指标的研究[J]. 玉米科学,2006,14(5):87-90.

[15] 朱猛. 抗旱型玉米苗期根系形态指标的遗传分析[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.

[16] 路贵和,任冬莲,王小强,等. 我国玉米杂交种耐旱性评价与分析[J]. 玉米科学,2010,18(3):20-24.

科技论文写作规范——题名

以最恰当、最简明的词句反映论文、报告中的最重要的特定内容,题名应避免使用不常见的缩略语、首字母缩写词、字符、代号和公式等。一般字数不超过 20 字。英文与中文应相吻合。英文题名词首字母大写,连词及冠词除外。