

不同玉米杂交种抗旱性比较及抗旱性鉴定指标的研究

赵洪兵, 黄亚群

(河北农业大学 农学院, 河北 保定 071001)

摘要: 在人工设置的土壤干旱条件下, 对 4 个推广玉米杂交种的抗旱性以及 与抗旱性有关的生理生化指标和农艺性状进行了比较与评价。结果表明, 在供试的 4 个杂交种中奥玉 3101 的抗旱性最强。游离脯氨酸的累积含量、根冠比、叶片相对含水量可以作为鉴定玉米抗旱性的指标。

关键词: 玉米; 抗旱性; 抗旱指标

中图分类号: S513.01 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2007) 增刊- 0066- 05

Study on the Drought Resistibility and Related Indicators for Different Maize Hybrids

ZHAO Hong-bing, HUANG Ya-qun

(College of Agronomy, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China)

Abstract: In order to compare drought resistance of maize hybrids and choose the more sensitive drought resistant indicators, four maize hybrids were planted under man-made drought of soil. And eight morphological characteristics and physiological treats including proline content, RWC, MDA content, ratio of root to above-ground part, ratio of fresh weight to dry weight, plant height, stem thickness and leaf area, were tested. The results showed that the drought resistance of Aoyu3101 is higher than other three maize hybrids. The proline content, ratio of root to above-ground part and RWC can be used as well indicator for drought-resistant identification of maize.

Key words: Maize; Drought resistance; Index of drought resistance

干旱胁迫常常影响作物的生长发育, 造成作物严重减产。全球干旱、半干旱地区面积占土地总面积的 36%, 占耕地面积的 43%。我国的干旱、半干旱地区主要分布在华北、西北和内蒙古等地区, 其面积约占全国土地总面积的二分之一^[1]。玉米是我国的主要粮食作物、饲料作物和重要的工业原料, 在我国农业乃至国民经济中占有重要地位。玉米是对水分胁迫反应比较敏感的作物之一, 干旱一般可造成玉米减产 20% ~ 30%^[2]。近几年, 由于气候变化, 干旱已成为威胁河北省玉米生产的最重要因素, 尤其是在河北省中南部地区, 旱害频繁发生, 玉米严重减产。因此, 筛选适合于该地区种植的玉米品种、评价玉米抗旱性指标, 对于提高河北省的玉米产量具有重要现实意义。

1 材料和方法

1.1 供试材料

蠡玉 16, 郑单 958, 先玉 335 及奥玉 3101 四个目前生产上推广种植的玉米杂交种品种。

1.2 试验设计

在河北农业大学西校区标本园内搭建防雨棚, 其棚高 2 m, 宽 2 m。试验区四周挖槽形沟, 深 0.6 m, 宽 0.5 m, 用双层塑料薄膜装入沟内埋入土壤, 以防止水分横向流动。棚内设置干旱胁迫处理(生育期内不供水), 棚外为正常处理(生育期内自然降水 20 次, 人工灌溉 2 次)。每一处理重复 4 次, 随机区组排列。试验小区行长 1.8 m, 行距 0.6 m, 株距 0.2 m。小区面积 4 m²。

1.3 测定指标及标准

分别在 6 月 10 日、7 月 1 日和 7 月 20 日(即从播种算起生长到 40, 60, 80 d 时)对供试的 4 个杂交种进行形态指标和生理生化指标的测定。

1.3.1 农艺性状指标 测量了 4 个品种在正常条件和干旱胁迫下株高、茎粗、全株叶面积(长 × 宽 ×

收稿日期: 2007- 08- 01

基金项目: 河北省科学技术研究与发展计划资助项目(04820125D); 河北省“十一五”科技攻关项目(20061148001)

作者简介: 赵洪兵(1985-), 男, 河北沧州人, 在读硕士, 主要从事植物育种研究

通讯作者: 黄亚群(1962-), 女, 辽宁桓仁人, 教授, 主要从事遗传育种研究。

0.75)、根冠比和鲜干比 5 项指标。

1.3.2 生理生化指标 取新鲜叶片分别测定其脯氨酸含量、丙二醛含量以及叶片相对含水量, 每次测定重复进行 2 次。

脯氨酸的含量测定: 采用水合茚三酮法^[3]。
丙二醛(MDA) 含量测定: 称取 0.5 g 玉米叶片, 用 0.05 mol/L pH 7.8 磷酸缓冲液(PBS) 研磨, 15 000 r/min 离心 15 min, 取上清液定容至 5 mL, 取 1.5 mL 于带塞试管中, 加入 2.5 mL 5% 硫代巴比妥酸(TBA), 沸水浴中煮沸 20 min, 冷却后离心, 用分光光度计测定 OD 值计算 MDA 含量^[4]。
叶片相对含水量测定: 鲜质量法^[5]。

2 结果与分析

2.1 叶片相对含水量的比较

由图 1 可以看出, 水分胁迫下供试 4 个杂交种的叶片相对含水量变化表现出一定的差异。3 次测量过程中, 随着干旱胁迫的加剧, 土壤水分逐渐减少, 叶片相对含水量呈递减趋势, 尤以第 3 次测量时下降幅度最大。大量抗旱性研究已经证明, 在同样的水分胁迫条件下, 叶片相对含水量(RWC) 下降幅度越大的抗旱性越差^[2]。由此得出, 所供试的 4 个杂交种中因奥玉 3101 的叶片相对含水量的下降幅度最小, 所以它的抗旱性应该是最强的。其他 3 个杂交种叶片相对含水量的下降幅度差异不显著, 这表明它们的抗旱性差异也不显著。

表 1 水分胁迫下不同玉米杂交种脯氨酸含量的差异

Tab.1 Leaf proline content of different maize hybrids under drought stress condition										
杂交种 Hybrids		脯氨酸含量/($\mu\text{g/g}$) Proline content								
		第一次测量(6月10号) First			第二次测量(7月1号) Second			第三次测量(7月20号) Third		
		对照 CK	胁迫 TR	比 CK 增加 / %	对照 CK	胁迫 TR	比 CK 增加 / %	对照 CK	胁迫 TR	比 CK 增加 / %
蠡玉 16	Liyu 16	17.19	63.24	267.80	17.26	72.11	317.79	16.56	78.18	372.08
郑单 958	Zhengdan 958	17.05	45.64	167.71	16.18	51.88	220.63	15.95	60.55	279.53
先玉 335	Xianyu 335	18.95	56.10	196.01	16.34	60.26	268.79	15.72	68.64	336.58
奥玉 3101	Aoyu 310	19.84	76.74	286.82	19.33	81.65	322.39	18.61	86.56	365.06

2.3 丙二醛含量的比较

在水分胁迫条件下对供试 4 个玉米杂交品种丙二醛含量的分析发现(表 2), 4 个杂交种的丙二醛含量较对照均有明显增加, 其中奥玉 3101 的增加幅度最小, 其次为蠡玉 16、先玉 335, 最大的为郑单 958。干旱胁迫下植物的自由基伤害学说已经被越来越多的证据所支持, 丙二醛(MDA) 是自由基进行细胞膜脂过氧化伤害的最终产物之一, 因此, 在作物抗旱研究中一直将 MDA 的含量作为反映细胞膜脂过氧化

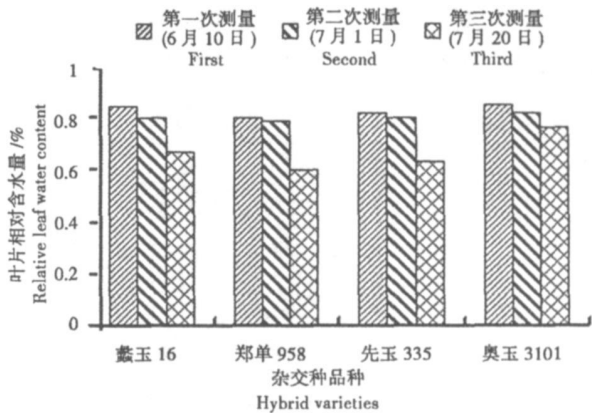


图 1 水分胁迫下不同玉米杂交种叶片相对含水量的比较

Fig.1 Leaf relative water content of different maize hybrids under drought stress condition

2.2 游离脯氨酸含量的比较

由表 1 可以看出, 在水分胁迫条件下, 不同玉米杂交种的游离脯氨酸积累量均高于正常供水处理, 不同杂交种之间的游离脯氨酸积累量也存在很大差异。奥玉 3101 的游离脯氨酸积累量最大, 其次为蠡玉 16、先玉 335, 游离脯氨酸积累量最低的是郑单 958。脯氨酸是高等植物的主要渗透调节物质之一。游离脯氨酸在土壤水分胁迫下的累积程度是作物抗旱能力不同的反应。在水分胁迫下, 抗旱的品种积累的游离脯氨酸相对较多, 不抗旱品种累积的则较少。本研究表明奥玉 3101 的抗旱性最强, 而郑单 958 的耐旱性最差。

伤害水平的重要指标^[2], 在水分胁迫条件下, 抗旱性强的品种丙二醛含量增加幅度小。本研究结果表明奥玉 3101 的抗旱性最强, 而郑单 958 的抗旱性最差。
表 2 试验结果还表明, 随着水分胁迫加剧, 丙二醛含量较对照都有所增加, 但增加幅度不同。郑单 958 的增加幅度最大, 奥玉 3103 的增加幅度最小。说明水分胁迫越强烈, 抗旱性强的玉米杂交品种的丙二醛含量变化越小。

表 2 水分胁迫下不同玉米杂交种丙二醛含量的差异

Tab. 2 Leaf MDA content of different maize hybrids under drought stress condition

杂交种 Hybrids	丙二醛含量/($\mu\text{g/g}$) MDA content								
	第一次测量(6月10号) First			第二次测量(7月1号) Second			第三次测量(7月20号) Third		
	对照 CK	胁迫 TR	比 CK 增加	对照 CK	胁迫 TR	比 CK 增加	对照 CK	胁迫 TR	比 CK 增加
蠡玉 16 Liyu 16	21.49	24.84	3.35	22.10	25.91	3.81	25.02	29.62	4.59
郑单 958 Zhengdan 958	20.57	27.60	7.04	23.01	31.65	8.64	23.89	34.05	10.16
先玉 335 Xianyu 335	19.14	24.39	5.25	20.97	27.30	6.33	22.08	29.22	7.14
奥玉 3101 Aoyu 3101	20.56	23.46	2.90	21.60	24.50	2.90	26.68	30.47	3.79

2.4 水分胁迫下不同杂交种根冠比的比较

根冠比是指植物根系与地上部的干质量或鲜质量之比,以往的研究常将根冠比作为鉴定作物抗旱性强弱最直接的指标。在进行根系与地上部的相关性研究中发现^[6],地上部所需要的水分与矿物质主要由根系供应,根系还是全株细胞分裂素的合成中心。此外,在根系还能合成生物碱等含氮化合物。而地上部则为根系提供有机营养物质。抗旱性强的作物,根系发达而深扎,根冠比大,能更有效的利用土壤水分尤其是土壤深处的水分。当土壤含水量下降的时候,抗旱作物会增加根的相对重量,减少地上部的相对重量,增大根冠比值。

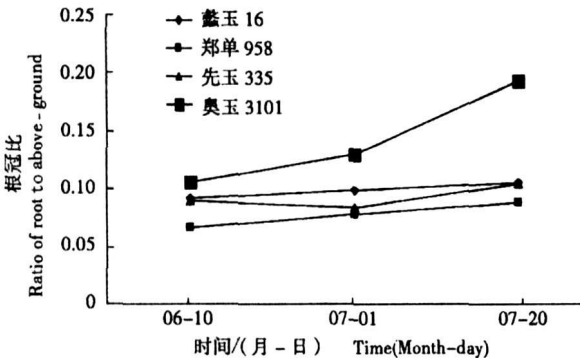


图 2 水分胁迫下不同玉米杂交种根冠比比较

Fig. 2 Ratio of root to above ground part of different maize hybrids under drought stress condition

而当土壤水分较多时,这些抗旱作物又会减少或限制根系在土壤中的活动,保证地上部分水分良好的供应,降低根冠比值。本研究 3 次测量的根冠比结果(图 2)显示,供试的 4 个杂交种奥玉 3101 根冠比大于蠡玉 16,蠡玉 16 大于先玉 335,先玉 335 大于郑单 958。其中,奥玉 3101 的根冠比要明显高于其他 3 个品种,而蠡玉 16、郑单 958、先玉 335 三个玉米杂交种根冠比间差异不显著。这说明奥玉 3101 的抗旱性较强。

由图 2 还可以看出,随着植株的生长、土壤水分胁迫的加剧,具有不同抗旱性玉米杂交种根冠比的增加不同但都有增加。供试的 4 个杂交种中奥玉 3101 的增长幅度最大,郑单 958 增长幅度最小。说

明水分胁迫越强烈,抗旱性强的玉米杂交种根冠比变化越大。

2.5 水分胁迫下不同杂交种鲜干质量比的比较

在水分胁迫下比较供试 4 个玉米杂交品种的鲜干质量比发现(图 3),奥玉 3101 鲜干质量比最大,其次是蠡玉 16,先玉 335,郑单 958 的鲜干质量比最小,且蠡玉 16 与鲜玉 335 的鲜干质量比间差异不显著。鲜干质量比是反映组织含水状况的最简单指标^[7]。当玉米遭受干旱胁迫的时候,植物根系从土壤中吸收的水分减少,植物体内的水分含量降低,相对干质量增大,植物的鲜干质量比降低。由于抗旱品种对干旱胁迫的适应性强,植株体内的水分仍维持在一定的水平,而不抗旱的品种难以维持体内的水分平衡,在水分胁迫条件下鲜干质量比低于抗旱品种。试验过程中发现在水分胁迫条件下,奥玉 3101 有显著的吸水保水能力,所以表现出较高的鲜干质量比。

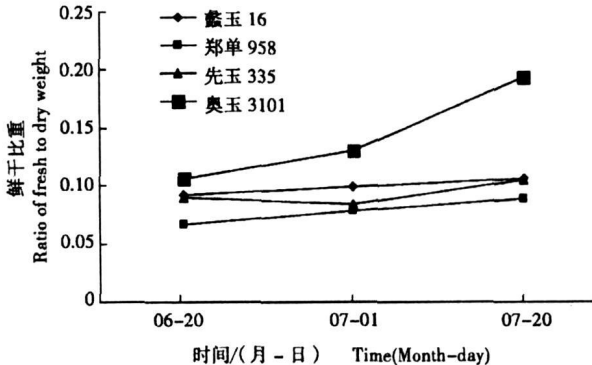


图 3 水分胁迫下不同玉米杂交种鲜干质量比的比较

Fig. 3 Ratio of leaf fresh weight to dry weight of different maize hybrids under drought stress condition

分别在 6 月 10 号、7 月 1 号及 7 月 20 号分 3 次测定在胁迫下供试杂交种品种的鲜干质量比发现,随着水分胁迫加剧,鲜干质量比逐渐在变小,且干旱胁迫更强烈,相应的鲜干质量比降低幅度越显著。但是郑单 958 的 3 次测量值显示,第 2 次的鲜干质量比高于第 1 次,这可能是由于在轻度干旱胁迫条件下,郑单 958 反应敏感,从而刺激对土壤水分的吸

收所致。不同品种降低的幅度不同,说明鲜干质量比可以用来反映品种是否具有抗旱性,同时也能用来反映品种抗旱性的强弱。

2.6 水分胁迫下不同杂交种株高、茎粗以及叶面积的比较

表3显示6月10号旱棚内不同杂交种株高、茎粗以及叶面积测量结果。在水分胁迫下4个供试杂交种在株高、茎秆粗和单株叶面积等性状上均有较大变化。其中,郑单958的植株高度最矮,奥玉3101次之,先玉335的最高,茎粗和叶面积按由大到小顺序依次为奥玉3101> 鑫玉16> 先玉335> 郑单958。有关资料报道,理想型的抗旱玉米品种应是在干旱胁迫条件下,植株较矮^[8]。而供试的4个品种棚内

的植株高度显著高于棚外植株高度,这可能是由于早春棚内温度有利于植株生长造成的。因此根据以上的鉴定标准,不能比较4个玉米品种的抗旱性强弱,株高也不宜作为鉴定玉米抗旱性强弱的指标。

方差分析结果显示(表3),无论是在供水还是胁迫的条件下,4个玉米杂交种的茎粗均表现相同趋势,叶面积在4个品种之间没有显著性差异,因此它们也不宜作为鉴定玉米抗旱性的指标。

随着干旱胁迫的加剧,棚内的植株逐渐萎蔫、干枯、甚至死亡。最先出现黄叶、枯叶是先玉335,随后鑫玉16、郑单958,奥玉3101出现枯叶、黄叶,整株枯死也较晚。

表3 水分胁迫下不同玉米杂交种株高、茎秆粗和单株叶面积的差异

Tab. 3 Plant height, stem diameter and leaf area of different maize hybrids under drought stress condition									
杂交种 Hybrids	株高/cm Plant height			茎粗/cm Stem diameter			叶面积/cm ² Leaf area		
	对照 CK	胁迫 TR	TR-CK	对照 CK	胁迫 TR	TR-CK	对照 CK	胁迫 TR	TR-CK
鑫玉 16 Liyu 16	87.04a	113.93AB	26.89	4.15B	5.05B	0.90	162.24	169.67	7.42
郑单 958 Zhengdan 958	78.00b	98.35B	20.35	3.87B	5.16B	1.29	136.78	149.14	12.36
先玉 335 Xianyu 335	89.20a	116.62A	27.42	4.04B	5.24B	1.20	138.28	157.25	18.97
奥玉 3101 Aoyu 3101	86.30ab	110.77AB	24.47	5.14A	5.82A	0.68	166.04	171.04	5.00

注: 同列数据后不同小写字母表示差异显著(α= 0.05), 不同大写字母表示差异极显著(α= 0.01)

Note: Different small and capital letters indicate significant difference at 0.05 and 0.01 Level, respectively

3 结论与讨论

在正常和胁迫的环境条件下对鑫玉16、郑单958、先玉335和奥玉3101四个玉米杂交种进行了叶片相对含水量、脯氨酸含量、丙二醛含量、根冠比、鲜干质量比、茎粗、株高以及叶面积的测定与比较发现:奥玉3101的抗旱性最强,其次是鑫玉16、先玉335,抗旱性最弱的是郑单958。但有人利用PEG和反复干旱法对种子和玉米幼苗进行抗旱性鉴定的研究发现^[9],郑单958为耐旱型品种,先玉335和鑫玉16为较耐旱型品种。本研究结果与别人不同的原因是:供试材料是在玉米生育不同时期和不同环境条件下进行的。所以,种子或苗期抗旱的材料生育中后期是否也抗旱、人工模拟抗旱条件下抗旱的在自然大田条件下是否也抗旱等有待进一步研究。

目前关于脯氨酸作为研究作物抗旱性指标的研究很多,但是游离脯氨酸的积累与品种抗旱性的关系存在争议^[1]。归纳起来有两种观点:其一, Mattion C等^[10]认为植株在干旱胁迫条件下累积的游离脯氨酸和田间的抗旱性相关,游离脯氨酸可以作为筛选抗旱品种的指标。其二,认为植物抗旱性差异与累积的脯氨酸多少无关,不宜将它作为抗旱品种筛选的指标。本研究结果表明,游离脯氨酸的累积含量可以作为鉴定玉米抗旱性的指标。

Harsh Nayyar等^[11]认为,植物的水分胁迫会引起氧化胁迫。而MDA是质膜过氧化的主要产物,其含量高低反映质膜的过氧化程度。张宝石等^[12]对不同玉米基因型叶组织中的MDA含量的测定结果表明,在干旱条件下所有基因型叶组织中的MDA含量均大幅度增加,而且增加的幅度存在着基因型间的差异,抗旱性强的基因型增加的幅度小,抗旱性弱的基因型增加的幅度大。张海明等^[13]的研究表明,在正常水分条件下,MDA的含量无明显的差别。在水分胁迫处理后,不抗旱品种的MDA含量的增高幅度大于抗旱品种。陈军的研究也得出了相同的结论。本研究结果也显示MDA含量可以作为鉴定玉米抗旱性强弱的参数。

作物抗旱品种的根系形态特征是根系发达,根冠比大。Fischer等^[14]指出,根的多少与重量和产量有关,而根的深度与产量无关,也就是说增大根冠比,对增强玉米品种的抗旱能力,从而提高干旱胁迫环境下的子粒产量是有益的。杨书成等^[15]在玉米品种抗旱性筛选鉴定中也得到类似的结果。而胡荣海^[16]则指出,胚根较多的品种幼苗抗旱性较强,苗期玉米根的多少与长度与抗旱性有关,而根冠比与玉米的抗旱性不相关,不能作为鉴定玉米抗旱性的指标。本研究结果显示玉米杂交种的根冠比能够反映出品种的抗旱性强弱,可以作为玉米抗旱性研究

的鉴定指标。

叶片相对含水量体现植株在胁迫状态下的水势,反映植株对水分的利用状况,与水分代谢密切相关,通常可以认为是鉴定玉米抗旱性的生理指标。对于其所适用的作物生育时期有不同的看法。侯建华等^[17]认为叶片相对含水量可作为贯穿植株全生育时期的耐旱鉴定指标。张彦芹等^[18]采用 PEG 模拟水分胁迫条件测定离体叶片保水力,认为该项指标可以作为苗期耐旱性评价指标之一。本研究分三次测量叶片相对含水量,贯穿玉米整个生育时期试验结果一致。由此说明叶片相对含水量能作为作物全生育期抗旱鉴定的指标。

总之,作物的抗旱性是很复杂的,其内部的抗旱生理机制及抗旱性的遗传仍有待与进行更深入的研究。随着分子生物学的发展,从分子水平对作物抗旱性进行研究其前景将更加广阔。

参考文献:

- [1] 李运朝,王元东,崔彦红,等. 玉米抗旱性鉴定研究进展[J]. 玉米科学, 2004, 12(1): 63– 68.
- [2] 陈雅彬,李凤海. 不同玉米品种及亲本苗期抗旱指标测定及抗旱性分析[J]. 辽宁农业科学, 2006(2): 32– 34.
- [3] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 10– 100.
- [4] 陈建勋. 植物生理学实验指导[M]. 华南理工大学出版社, 2006.
- [5] 河北农业大学主编. 植物生理生化研究技术.
- [6] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 229– 230.
- [7] 王茅雁,张建华,邵世勤,等. 饲用玉米抗旱性水分生理指标的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1995, 16(4): 72– 77.
- [8] 赵欣欣,贾恩吉,于运国,等. 玉米杂交种抗旱性鉴定及选择[J]. 吉林农业大学学报, 2000, 22(2): 56– 61.
- [9] 段会军,张泗举,董晓亮. 玉米杂交种耐旱性评价与分析[J]. 农业网络信息, 2006, 1: 84– 85.
- [10] Mattion C, Lacerenza N G, Troccoli A, *et al.* Water and salt stress induced alterations on praline metabolism of Triticum durum seedlings[J]. Physiologic Plant Arum, 1997, 101(4): 787– 792.
- [11] Harsh Nayyar, Deepti Gupta. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants[J]. Environmental and Experimental Botany, 2006, 58: 106– 113.
- [12] 张宝石,徐世昌,宋凤斌,等. 玉米抗旱基因型鉴定方法和指标的探讨[J]. 玉米科学, 1996, 4(3): 19– 22.
- [13] 张海明,王茅雁,侯建华. 干旱对玉米过氧化氢酶,MDA 含量及 SOD、CAT 活性的影响[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1993, 14(4): 92– 95.
- [14] Fischer. 干旱对不同耐旱性玉米杂交种产量及其组成的影响[J]. 张彪译农作物育种攻关参考资料, 1989, 3: 12– 13.
- [15] 杨成书,薛吉全,郝引川,等. 玉米品种抗旱性筛选鉴定指标研究[J]. 陕西农业科学, 1993, 3: 1– 4.
- [16] 胡荣海. 农作物抗旱鉴定方法和指标[J]. 中国种业, 1986(4): 36– 39.
- [17] 侯建华,张建华,陈静. 玉米不同生育时期抗旱性鉴定指标的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1996, 17(4): 19– 22.
- [18] 张彦芹,贾玮玲,杨丽萍,等. 不同玉米品种苗期抗旱性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(1): 83– 92.