

# 一种新型玉米苗期反复干旱存活率 鉴定试验设计及效果研究

姚艳荣<sup>1</sup>, 贾秀领<sup>1</sup>, 马瑞昆<sup>1</sup>, 贾银锁<sup>2</sup>, 张丽华<sup>1</sup>, 董志强<sup>1</sup>, 申海平<sup>1</sup>, 郭 丽<sup>1</sup>

(1. 河北省农林科学院 粮油作物研究所, 河北 石家庄 050031; 2. 河北省农林科学院 遗传生理所, 河北 石家庄 050051)

**摘要:** 为改进玉米苗期反复干旱存活率法鉴定苗期抗旱性的试验设计。采用双重随机区组单株设计法鉴定了 32 个玉米品种的苗期抗旱性。结果表明, 本设计使不同鉴定品种在干旱-复水过程中所处的局部微环境内土壤水分含量均匀一致, 提高了鉴定结果准确性和可操作性, 鉴定结果重复性好。同时, 一次干旱-复水与两次干旱-复水的幼苗存活率极显著正相关。提出了采用苗期反复干旱存活率鉴定玉米苗期抗旱性的一种新型设计-双重随机区组单株设计, 建立了相应的技术规程。提出采用一次干旱复水存活率鉴定玉米苗期抗旱性更加实用高效。

**关键词:** 玉米; 苗期抗旱性; 反复干旱存活率; 双重随机区组单株设计

中图分类号: S513.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)增刊-0148-04

## A New Design Method of Double Randomized Block with Single Planting for Evaluating Seedling Survival Percentage after a Repeated Drought Stress in Maize

YAO Yan-rong<sup>1</sup>, JIA Xiu-ling<sup>1</sup>, MA Rui-kun<sup>1</sup>, JIA Yin-suo<sup>2</sup>, ZHANG Li-hua<sup>1</sup>,  
DONG Zhi-qiang<sup>1</sup>, SHEN Hai-ping<sup>1</sup>, GUO Li<sup>1</sup>

(1. Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031, China; 2. Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

**Abstract:** Seedling survival percentage after a repeated drought stress has been extensively used as an evaluation index for seedling drought resistance in many crops. This paper aimed at improving the method for identifying seedling survival percentage after a repeated drought stress for seedling drought resistance evaluation in maize crop. A new type experiment design, termed here as double randomized block with single planting, was proposed and used to identify seedling survival percentage after a repeated drought stress in 32 varieties in maize. The experiment was conducted in separated plots compartmented by concrete walls on sides and bottom. Maize seedling was germinated in sand medium and transplanted into the plot to ensure uniformly vigorous seedlings. It has been proved that the experiment design has assured uniform soil moisture for seedlings of all varieties, and that sand cultures technique effectively improved the seedling vigor uniformity. Both factors have contributed to the satisfactory identification results with acceptable variations among replications. The experiment revealed a significant linear positive correlation ( $r = 0.913^{**}$ ,  $n = 32$ ) between seedling survival percentage after the first drought-rehydration circle and that after the second drought-rehydration circle. A new type experiment design—double randomized block with single planting—in maize was proposed, with a draft of rules for drought resistance identification technique, which greatly reduced the variations in soil moisture among different varieties resulted from difference in plant leaf area of seedlings. It has also been suggested that seedling survival percentage after the first drought-rehydration cycle can be used as an effective and practical method for identification and evaluation of maize seedlings.

**Key words:** Maize; Seedling drought-resistance identification; Seedling survival after repeated drought; Single planting patterns with double randomized block design

收稿日期: 2010-07-18

基金项目: 国家科技支撑计划(2007BAD69B01; 2007BAD69B04)

作者简介: 姚艳荣(1971-), 女, 河北滦南人, 助理研究员, 硕士, 主要从事作物节水高产栽培及生理基础研究。

通讯作者: 贾秀领(1964-), 女, 河北正定人, 研究员, 博士, 主要从事作物节水高产高效栽培技术及生理基础研究。

干旱是制约世界农业持续发展的关键因素之一,有关作物抗旱性的研究一直是国内外的热点领域之一<sup>[1-3]]</sup>。前人对小麦、玉米和水稻等作物苗期抗旱性的研究表明,苗期反复干旱成活率与苗期抗旱性关系密切<sup>[4-6]</sup>,采用幼苗反复干旱存活率作为鉴定作物苗期抗旱性指标已被广泛接受,小麦上已将该方法纳入了小麦抗旱性鉴定评价技术规范的国家标准<sup>[7]]</sup>。玉米的抗旱性鉴定研究起步较晚,目前虽有研究报道,但尚未形成标准的技术规范,不同研究者采用的鉴定方法很不相同<sup>[8-9]</sup>。笔者在进行玉米苗期抗旱鉴定时发现,不同的鉴定方法对鉴定结果影响较大。由于玉米属高秆稀植作物,采用常规的鉴定方法存在诸多问题,其中最大的问题是采用常用的塑料箱或花盆栽培方法时,由于受容器大小

限制,常常不能将全部品种种植于同一容器内。由于不同玉米品种幼苗叶面积差异较大,植株耗水速率差异明显,结果导致干旱胁迫过程中不同品种所处的局部区域间土壤水分条件有显著差异。尤其当一次鉴定品种数目较多时,鉴定结果常常不理想。本研究针对玉米幼苗反复干旱存活率鉴定中因品种间幼苗大小差异导致的土壤水分不均一等问题,研究探索更加合理、准确,操作性更强的鉴定方法,并为其其他类似作物提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

采用 32 个近几年华北平原北部审定的玉米品种为试验材料(表 1),其中设郑单 958 为校正品种。

表 1 玉米苗期抗旱性鉴定供试品种

Tab. 1 Maize varieties for seedling drought resistance evaluation

品种代号 Code	品种名称 Variety	品种代号 Code	品种名称 Variety	品种代号 Code	品种名称 Variety	品种代号 Code	品种名称 Variety
1	郑单 958	9	益丰 29	17	鑫丰 5 号	25	雅玉 12 号
2	先玉 335	10	鑫玉 35	18	鑫玉 68	26	承玉 6 号
3	源申 213	11	丰玉 4 号	19	邯丰 08	27	正大 16
4	鑫丰 388	12	中农大 221	20	浚 795	28	永玉 1 号
5	京丰 8 号	13	极峰 2 号	21	联丰 20 号	29	淄玉 2 号
6	石玉 9 号	14	冀植 5 号	22	冀单 32	30	鑫玉 18
7	三北 21	15	鲁单 9056	23	豫玉 23	31	沃土泰玉 2 号
8	兆丰 268	16	承玉 18	24	安玉 5 号	32	冀单 31

1.2 试验方法

1.2.1 盆栽试验 试验于 2008 年 7-8 月于河北省农林科学院粮油作物研究所藁城堤上试验站日光温室进行。采用盆栽法进行玉米苗期抗旱性(幼苗反复干旱存活率法)鉴定。选风干、过筛、混匀的耕层壤土装盆,每品种一盆,各盆装土重量一致,每盆播种 13 粒种子,播后浇水,出苗后留苗 8 株。每天调换花盆位置 2 次。幼苗长至 3 叶时停止灌水,进行干旱胁迫。重复 3 次。

1.2.2 池栽试验 试验于 2009 年 7-8 月于河北省农林科学院粮油作物研究所藁城堤上试验站室外进行。试验于水泥建造的水分隔离池(抗旱鉴定池)内进行,采用幼苗反复干旱存活率法对玉米苗期抗旱性进行鉴定。

1.2.2.1 试验设计 采用双重随机区组单株设计法,即试验按随机区组(主区组)设计,每品种 10 株,重复 3 次。主区组长方形。在主区组内,设 10 个副区组,副区组排列接近正方形,副区组内每品种种植 1 株,32 个品种(含校正品种)随机排列,行距株距均 8 cm。同一主区组种植于同一抗旱鉴定池内,池内四周留 2 行保护行。根据品种数量及行株距,确定鉴定池宽 100 m,长 230 cm。各池内填入充

分混匀的耕层土,池深 18 cm,土层厚 15 cm。填土后均匀灌水,移苗前土壤相对含水量 75%。

1.2.2.2 育苗移苗 挑选饱满均一的种子每品种 60 粒,进行砂培育苗,覆沙厚 3 cm,育苗期保持苗床良好的土壤水分。待玉米苗有 2~3 个可见叶后,选长势一致的玉米苗移栽于鉴定池中,移后均匀少量浇水。

1.2.2.3 反复干旱成活率测定 玉米苗 5 片叶时停止灌水,遮雨,进行干旱处理。待土壤相对含水量降至 20%~15%,玉米苗全部永久萎蔫,均匀复水使土壤相对含水量达到 80%,72 h 后调查成活率。随后进行第 2 次干旱处理,土壤相对含水量再次降至 20%~15%,玉米苗全部永久萎蔫,复水使土壤相对含水量回升到 80%,72 h 后调查成活率。

1.3 测定项目

1.3.1 盆栽试验 干旱胁迫 4 d 后测定盆内土壤水分含量,结果表明不同盆内土壤含水量差异显著,即终止试验,取样测定幼苗地上部干质量。

1.3.2 池栽试验 移苗后 15 d 及第 1 次复水前和第 2 次复水前在鉴定池内不同点取土(深度 15 cm),烘干法测定土壤含水量。

1.4 计算方法 幼苗反复干旱成活率=(第 1 次

复水后成活苗数/总苗数 + 第 2 次复水后成活苗数/总苗数) /2。

2 结果与分析

2.1 土壤水分状况比较

盆栽试验中,出苗后 7 d 不同盆之间土壤水分含量已出现较大变异(表 2),不同盆之间土壤水分含量变异系数为 5.41%。统计分析表明,土壤水分含量与植株地上部干质量显著呈负相关( $r = -0.727^{**}$ ),表明造成不同盆之间土壤水分含量差

异的主要原因是不同品种幼苗植株大小及叶面积差异,这造成不同品种干旱胁迫进程出现明显差异。池栽试验中,移苗后 15 d 同一鉴定池内不同测点间土壤水分含量比较均匀(表 3),不同点之间土壤水分含量变异系数为 3.00%,显著低于盆栽试验。复水前不同测点土壤水分仍较均匀。说明在鉴定池内,在均匀灌水的前提下,水分的横行运移能够较好地消除因品种间幼苗个体差异导致的土壤水分含量的差异。尤其在面积很小的同一副区组内,土壤水分均一性更高。

表 2 盆栽试验干旱胁迫进程中土壤水分含量及幼苗地上部干质量

Tab.2 Soil water content and above-ground plant dry weight during water stress course in pot trial											
品种代号 Variety code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
含水量/% Soil water content	17.27	—	16.42	17.20	16.23	17.03	17.08	16.83	17.57	15.81	16.97
植株干质量/g Plant dry weight	1.527	—	1.836	1.755	1.906	1.846	1.750	1.875	1.567	1.980	1.749
品种代号 Variety code	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
含水量/% Soil water content	17.25	18.82	19.57	19.32	18.18	18.24	17.85	16.35	17.74	16.6	17.58
植株干质量/g Plant dry weight	2	1.365	1.377	1.478	1.345	1.547	1.833	1.912	1.760	1.822	1.373
品种代号 Variety code	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
含水量/% Soil water content	15.87	18.04	17.27	17.81	18.52	17.38	16.49	17.99	16.43	18.29	
植株干质量/g Plant dry weight	2.260	1.956	1.508	1.678	1.364	1.547	1.675	1.446	1.691	1.359	

表 3 池栽试验干旱胁迫过程中不同测点土壤含水量变化

Tab.3 Soil water content during water stress course in concert compartment for drought stress identification											
移苗后 15 d 15 d after transplantation											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
含水量/% SWC	17.23	17.02	17.38	16.99	16.34	16.18	16.85	17.39	17.8	16.5	16.43
第一次复水前 Before 1st rehydration											
	1	2	3	4	5	第二次复水前 Before 2nd rehydration					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
含水量/% SWC	4.32	4.05	4.23	4.21	4.22	4.50	4.72	4.54	4.38	4.53	

注:含水量指重量含水量。 Note: SWC indicates soil water content based on soil dry weight.

表 4 池栽试验玉米幼苗反复干旱存活率实测值

Tab.4 Maize seedling survival rate after repeated drought conducted in concert compartment for drought stress evaluation											%
代号 Var. code	重复 1 Rep 1	重复 2 Rep 2	重复 3 Rep 3	平均 Mean	排序 Rank	代号 Var. code	重复 1 Rep 1	重复 2 Rep 2	重复 3 Rep 3	平均 Mean	排序 Rank
1	55	45	55	51.7	16	17	10	15	15	13.3	31
2	20	15	15	16.7	30	18	50	45	50	48.3	18
3	55	70	60	61.7	8	19	65	90	80	78.3	2
4	65	65	60	63.3	7	20	55	50	55	53.3	11
5	50	45	45	46.7	21	21	70	60	65	65.0	5
6	45	35	40	40.0	24	22	50	45	50	48.3	18
7	55	50	55	53.3	11	23	45	40	40	41.7	23
8	35	30	30	31.7	26	24	35	30	35	33.3	25
9	55	50	50	51.7	16	25	70	75	70	71.7	3
10	75	70	70	71.7	3	26	0	0	0	0.0	32
11	60	70	65	65.0	5	27	50	45	50	48.3	18
12	25	30	30	28.3	28	28	90	95	90	91.7	1
13	25	20	25	23.3	29	29	50	40	45	45.0	22
14	65	60	60	61.7	8	30	65	60	60	61.7	8
15	35	30	30	31.7	26	31	45	65	50	53.3	11
16	55	55	50	53.3	11	32	60	50	50	53.3	11

2.2 幼苗反复干旱成活率鉴定结果  
试验结果表明,采用沙培育苗移栽的保苗效果

好,鉴定池苗全,苗齐。经过 2 次干旱复水后,多数品种在同一主区组内的不同副区组内个体间表现非

常一致,重复性较好,仅19、31号品种个体间差异较大。不同主区组的鉴定结果重复性较好(表4),鉴定结果可靠。以反复干旱存活率的实测值作为评价依据,参考小麦苗期抗旱性评价分级标准,28、19、10、25号品种苗期抗旱性极强,11、21、4、3、14、30号品种苗期抗旱性强,7、16、20、31、32、1、9号品种苗期抗旱性中等,18、22、27、5、29、23、6号品种苗期抗旱性弱,24、8、15、12、13、17、26号品种苗期抗旱性极弱。统计分析表明,第1次干旱后幼苗存活率与2次干旱存活率呈极显著正相关关系( $r=0.913^{**}$ )。

### 3 结论与讨论

作物苗期抗旱鉴定指标很多,1977年Todd和Wekster研究提出了反复干旱存活率指标和测定方法<sup>[2]</sup>。前人对小麦、玉米和水稻等苗期抗旱性的研究表明,苗期反复干旱成活率与苗期抗旱性关系密切<sup>[2-6]</sup>。但不同研究者采用方法很不相同。在栽培容器上,常采用塑料箱或花盆栽培。种植方式上采用同一容器种植一个或多个品种,同一品种连续种植5、15、20、25、30株或分行种植等。在复水前干旱胁迫标准上,小麦复水标准有土壤重量含水量4%、6%、相对含水量15%~20%,有的结合幼苗萎蔫程度,如大部分品种叶片萎蔫3~4、4~5、或6~7 d<sup>[2,4,6,10,11]</sup>。水稻干旱复水标准有土壤相对含水量35.4%、33.5%,少数品种或多数品种出现不同程度的枯死<sup>[10]</sup>。玉米苗期干旱复水时机有永久萎蔫3~4 d<sup>[9,12]</sup>,50%幼苗永久萎蔫<sup>[8]</sup>。在干旱处理次数上也不一致,有1次<sup>[9,13]</sup>,2次<sup>[2,6]</sup>或3次<sup>[4]</sup>。在育苗方式上,多数研究者采用直接播种留苗的方法。本研究发现在玉米作物上,采用常用的塑料箱或花盆栽培方式,植株及叶面积较大的品种干旱进程明显较快,结果导致复水前不同品种所遭受的干旱胁迫程度差异较大,成为影响鉴定结果准确性的关键因素。此外直接播种容易造成缺苗及同一品种个体间苗大小不匀以及复水前干旱胁迫的标准的较难掌握,都是影响鉴定结果的因素。

本研究结果表明,采用双重随机区组单株设计法,使副区组的面积降至最低,最大可能地减少了副区组内各品种的土壤水分环境的差异。同时副区组内品种的随机排列,以及较多的副区组个数使得因品种间植株大小不同造成的局部光温条件的差异对鉴定结果的影响显著减小。该方法避免了采用盆栽或塑料箱栽培法复水前不同盆钵或培养箱间显著的土壤水分差异,从根本上解决了品种间土壤水分不均的问题。

利用砂培育苗移栽,保苗效果好,能够保证苗全、苗齐,既减少了个体差异和鉴定误差,也避免了因缺苗造成的鉴定池内局部光温水环境差异,提高了鉴定的准确性。本研究结果表明一次干旱存活率与二次干旱的存活率极显著正相关,说明采用一次干旱处理可行,可使鉴定方法更加简单易行,大幅缩短鉴定周期,且一次复水可避免二次复水时由于死苗造成的土壤水分、光照条件的局部不均,但采用一次干旱鉴定时的复水时机和抗旱性分级标准应做相应调整。本研究第1次及第2次复水前土壤相对含水量都在20%~15%,与胡荣海<sup>[3]</sup>提出的小麦的永久萎蔫土壤含水量以及小麦抗旱鉴定国家标准中<sup>[7]</sup>复水前土壤水分含量指标一致。根据本研究结果,笔者提出了“双重随机区组单株设计法进行玉米苗期抗旱性鉴定(反复干旱存活率法)技术规范”(附件)。

小麦抗旱性鉴定国家标准中,为减小不同环境条件对鉴定结果的影响,确定了校正品种,并根据校正品种的校正值对存活率的实测值进行校正,依据校正值对品种的抗旱性进行评价分级。由于玉米抗旱性鉴定起步较晚,目前尚未确定校正品种及校正值,因此本研究参考小麦的评价分级标准,采用实测值对品种的抗旱性进行初步评价分级。

### 参考文献:

- [1] 栗雨勤,张文英,谢俊良,等.主要农作物新品种抗旱性鉴定指标的研究与应用[J].华北农学报,2006,21(增刊):29-33.
- [2] 胡荣海,周莉,高吉寅,等.用反复干旱法评价小麦的抗旱性[J].中国种业,1985(3):31-33.
- [3] 胡荣海,吕小平.反复干旱法的生理基础及其应用[J].华北农学报,1996,11(3):51-56.
- [4] 景蕊莲,吕小平,朱志华,等.小麦幼苗根系形态与反复干旱存活率的关系[J].西北植物学报,2002,22(2):243-249.
- [5] 黎裕.作物抗旱鉴定方法与指标[J].干旱地区农业研究,1993,11(1):91-99.
- [6] 杨子光,张灿军,冀天会,等.小麦抗旱性鉴定方法及评价指标研究V.苗期抗旱指标的比较研究[J].中国农学通报,2008,24(1):156-159.
- [7] 中华人民共和国国家标准-小麦抗旱性鉴定评价技术规范[S].GB/T21127-2007.
- [8] 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.
- [9] 段会军,张泗举,董晓亮.玉米杂交种耐旱性评价和分析[J].农业网络信息,2006(1):84-85.
- [10] 张灿军,王育红,姚宇卿,等.旱稻抗旱性鉴定方法与指标研究(II抗旱性鉴定评价技术规范)[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):37-39.
- [11] 卫云宗,刘新月,张久刚.小麦苗期抗旱类型研究[J].中国生态农业学报,2008,16(6):1409-1412.
- [12] 孙军伟,孙世贤,杨国航.玉米苗期抗旱性鉴定指标的研究[J].华北农学报,2008,23(增刊):114-117.
- [13] Winter S R, Musick J T, Porter K B. Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistant winter wheat[J]. Crop Sci, 1988, 28: 512-516.