

## 玉米种子萌发对干旱胁迫的响应分析

高琼, 邹原东\* (北京农业职业学院, 北京 102442)

**摘要** [目的]通过观察玉米杂交种在干旱环境下的生长性状表现,用玉米幼苗期的萌发抗旱指数来评价玉米的抗旱性,为抗旱品种选育提供借鉴。[方法]采用 PEG-6000 水溶液模拟干旱环境,比较 4 个玉米品种在幼苗期的发芽率、萌发性状的变化。[结果]随着天数的增加,4 个品种的发芽率都表现为先增加后降低,在 10%~15% 的 PEG-6000 水溶液浓度下玉米品种的发芽率高于其他浓度处理;N7、NT3 在干旱胁迫下种子萌发指数相对较高。从萌发抗旱指数的差异分析来看,N7、NT3 与 N3、T3 有极显著差异。[结论]N7、NT3 的萌发性状表现同抗旱指数差异性一致,可以用来鉴定玉米萌发期的抗旱性强弱。

**关键词** PEG-6000 水溶液;抗旱;萌发;差异性

**中图分类号** S513 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2019)12-0032-03

**doi**:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.12.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Response Analysis of Maize Seed Germination to Drought Stress

GAO Qiong, ZOU Yuan-dong (Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442)

**Abstract** [Objective] The drought resistance of maize was evaluated by germination drought resistance index at seedling stage, which could be used for reference in breeding drought resistant varieties. [Method] PEG-6000 aqueous solution was used to simulate the drought environment to compare the germination rate and germination characteristics of four maize varieties in the seedling stage. [Result] The germination rate of the four varieties increased first and then decreased with the increase of days. The germination rate of 10%~15% PEG-6000 aqueous solution was higher than other concentrations. N7 and NT3 had higher germination drought-resistant index. According to the difference analysis of sprout index of drought resisting, N7 and NT3 showed extremely significant differences with N3 and T3. [Conclusion] The germination characters of N7 and NT3 were consistent with the difference of drought resistance index, which could be used to identify the drought resistance of maize during germination.

**Key words** PEG-6000 solution; Drought resistance; Germination; Difference

玉米是我国种植面积较大的粮食作物,产量占据粮食总产量的 1/3 以上<sup>[1]</sup>。近年来,随着国家关于种子管理相关法律法规的落地与实施,及科技投入的加大,玉米的生产呈现出新常态<sup>[2-3]</sup>。育种工作在提高玉米产量和质量中占据着不可估量的地位,但近些年干旱气象灾害频发,这对玉米育种工作提出了严峻的挑战。干旱不仅影响玉米的生长发育,也会直接影响到玉米的产量和收获质量<sup>[4]</sup>。研究表明,玉米因为干旱致中度减产可达 10%~25%,最直接的表现是植株的外部形态的变化,而内在生理的反映更多体现在根系吸水能力的减弱。因此,选育抗旱性强的玉米品种不仅是玉米育种中的重要任务,更关系到干旱地区玉米产量的提高和抵御旱灾风险能力的提升<sup>[5-6]</sup>。对玉米选择适宜的干旱鉴定指标进行抗旱研究,可以鉴别不同品种的抗旱适应性,从而进行不同级别的抗旱性评价,这对玉米产区特别是干旱地区玉米的生产具有现实指导意义<sup>[7-8]</sup>。鉴于此,笔者以 4 个杂交种为测试对象,研究不同 PEG-6000 水溶液浓度(10%、15%、20%、25%)胁迫下玉米幼苗期的发芽率和萌发性状的变化,采用萌发抗旱指数来评价玉米品种的抗旱性,比较出抗旱性较强的玉米品种,为当地选育抗旱品种提供借鉴。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验材料** 以 4 个玉米杂交种为试验材料,各品种名称及该试验代码见表 1。

**基金项目** 北京农业职业学院科技研发推广类项目“电泳技术在鉴定糯玉米品种及纯度上的应用”(XY-YF-18-12)。

**作者简介** 高琼(1983—),女,山西介休人,讲师,硕士,从事观赏园艺研究。\*通信作者,副教授,硕士,从事作物遗传育种研究。

**收稿日期** 2019-04-04

表 1 试验用玉米品种

Table 1 Maize varieties in the test

序号 Serial number	品种名称 Variety name	试验编号 Test code
1	品糯 28 号	NT3
2	香糯 2 号	N3
3	先风真甜水果玉米	T3
4	黄晶糯	N7

**1.2 试验方法** 每个品种选取大小均匀、籽粒饱满的种子各 500 粒,用 75% 的酒精消毒 10 min,再用蒸馏水冲洗 3 次。在准备好的长 20 cm、宽 10 cm 发芽盒中铺上一定质量的细沙,按照处理分别倒入配置好的浓度分别为 10%、15%、20% 和 25% 的 PEG-6000 水溶液,之后按照一定间距均匀将玉米种子摆放在发芽盒中,每个处理 50 粒,3 次重复,以蒸馏水作为对照,共计 200 粒种子。并将发芽盒置于 SPX-250B-G 型光照培养箱中,昼/夜温度为 26 °C/25 °C。采用早晚喷水的方法控制湿度在 60%~70%,设定好数值,将光照时间调至白天/夜晚为 12 h/12 h,光照强度为 2 500 lx,连续培养 10 d。在第 2、4、6、8 天调查发芽数,计算发芽率。待生长到 3 叶 1 心时开始测定各项生长指标,包括根系长度、根系条数、幼苗高度、幼苗鲜重和根鲜重,测定方法为用吸水纸吸取植株表面水分,用电子天平分别测定;幼苗干重和根干重的测定方法为在 105 °C 下杀青 5 h,并在 100 °C 下烘干 24 h,取出冷却后用电子天平分别测定<sup>[9]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 不同浓度 PEG-6000 水溶液处理对玉米种子发芽率的影响** 由表 2 可知,每个试验品种的发芽率在干旱胁迫下的表

现一致,随着 PEG-6000 水溶液浓度的增加,发芽率降低,下降的趋势在不同品种之间的差异较大,从第 8 天的表现来看,高低浓度之间发芽率差异最大的是 N3,为 0.90~0.28,其他的品种发芽率的差异由大到小依次为 T3、NT3 和 N7。从天数来看,随

着天数的延长,4 个品种的发芽率都呈先增加后降低的趋势,降低的幅度由大到小依次为 N7、NT3、T3、N3。综合天数和浓度分析可知,N7 在第 6 天、10% 和 15% 浓度下的发芽率最高,NT3、N3、T3 在第 6 天、10% 浓度下的发芽率最高。

表 2 不同浓度 PEG-6000 水溶液处理对玉米种子发芽率的影响

Table 2 Effects of different PEG-6000 concentrations on the germination rate of maize seed

PEG-6000 浓度 PEG-6000 concentration	NT3				N3				T3				N7			
	第 2 天	第 4 天	第 6 天	第 8 天	第 2 天	第 4 天	第 6 天	第 8 天	第 2 天	第 4 天	第 6 天	第 8 天	第 2 天	第 4 天	第 6 天	第 8 天
	The 2nd day	The 4th day	The 6th day	The 8th day	The 2nd day	The 4th day	The 6th day	The 8th day	The 2nd day	The 4th day	The 6th day	The 8th day	The 2nd day	The 4th day	The 6th day	The 8th day
CK	0.25	0.70	1.00	1.00	0.05	0.60	0.85	0.90	0.05	0.60	0.80	0.90	0.20	1.00	1.00	1.00
10%	0.18	0.63	0.95	0.93	0	0.28	0.82	0.50	0.05	0.55	0.65	0.63	0.10	0.95	0.97	0.97
15%	0.15	0.58	0.93	0.92	0	0.10	0.80	0.43	0	0.38	0.6	0.58	0.05	0.70	0.97	0.95
20%	0.10	0.53	0.85	0.83	0	0.05	0.55	0.17	0	0.28	0.48	0.47	0	0.58	0.95	0.92
25%	0	0.25	0.75	0.72	0	0	0.77	0.28	0	0.25	0.37	0.33	0	0.32	0.90	0.88

2.2 不同浓度 PEG-6000 水溶液处理对玉米种子萌发性状的影响 由表 3 可知,随着 PEG-6000 水溶液浓度的升高,4 个品种的抗旱指数均下降,并且在 10% 浓度下的抗旱指数最大,25% 浓度下最小。从品种来看,T3 在 10% 浓度下的抗旱指数为 0.84,而在 25% 的时候则达到 0.40,在所有品种中下降的幅度最大,达到 52.38%;下降最小的为 N7,仅为 41.11%。从 15% 以及 20% 浓度下的抗旱指数来看,不同玉米品种由大到小顺序依次为 NT3>N7>T3>N3。可见与 T3、N3 相比,N7、NT3 在干旱胁迫下种子萌发指数相对较高。

随着 PEG-6000 水溶液浓度的升高,4 个品种根系长

度、根系条数、幼苗高度、根系鲜重、幼苗鲜重、根干重、幼苗干重 7 个待测指标都呈现出不同程度的下降。具体来看,N3、T3 的根系长度随着渗透液的浓度升高,下降的幅度要大于 N7 和 NT3;NT3 和 T3 玉米品种的根系条数都在 10% 浓度达到最大,而另外 2 个品种则在 10% 和 15% 的浓度下达到最大;在不同水溶液浓度下,N7、T3 的幼苗高于另外 2 个品种,N7 的幼苗高度下降幅度最小;不同浓度下,同一个品种的根系鲜重、根系干重的变化相同,从不同品种来看,NT3 和 N3 在不同浓度下的数值也高于其他品种;N7 的幼苗鲜重、干重在不同浓度下的下降幅度要小于其他品种。

表 3 不同浓度 PEG-6000 水溶液处理对玉米种子萌发性状的影响

Table 3 Effects of different PEG-6000 concentrations on the germination characteristics of maize

品种名称 Variety name	PEG-6000 浓度 PEG-6000 concentration	根系长度 Root length cm	根系条数 Root numbers 条/株	幼苗高度 Seedling height cm	根系鲜重 Root fresh weight g/株	幼苗鲜重 Seedling fresh weight g/株	根系干重 Root dry weight g/株	幼苗干重 Seedling dry weight g/株	萌发抗旱指数 Sprout index of drought resisting
NT3	CK	17.56±5.02 aA	4.25±1.15 aA	13.56±2.45aA	0.87±0.26 aA	0.44±0.15 aA	0.20±0.05 aA	0.18±0.02 aA	—
	10%	16.03±4.15 aA	3.50±1.27 abA	11.29±2.51 bB	0.72±0.33 bB	0.34±0.11 abAB	0.18±0.04 bA	0.16±0.01 aA	0.89±0.02 aA
	15%	15.13±4.50 aA	3.40±0.70 abA	11.22±2.09 bB	0.61±0.17 bBC	0.21±0.12 cBC	0.12±0.01 cB	0.14±0.03 bA	0.84±0.02 bA
	20%	13.11±4.11 bB	3.30±0.82 abA	11.14±4.06 bB	0.51±0.15 cCD	0.31±0.09 cBC	0.11±0.02 dB	0.13±0.06 bA	0.74±0.03 cB
	25%	10.89±3.23 bB	3.30±0.67 bB	10.94±6.15 cC	0.37±0.14 dD	0.21±0.14 cC	0.07±0.02 eC	0.13±0.03 bA	0.49±0.02 dC
N3	CK	16.22±5.36 aA	5.23±1.22 aA	10.12±4.23 aA	0.92±0.21 aA	0.50±0.09 aA	0.13±0.02 aA	0.20±0.11 aA	—
	10%	15.45±4.62 aA	4.00±0.94 bB	9.57±3.44 abA	0.74±0.12 bB	0.49±0.09 aA	0.10±0.01 bB	0.15±0.08 bB	0.65±0.01 aA
	15%	12.24±3.16 abAB	4.00±0.67 bB	9.15± 5.72 bA	0.71±0.10 bB	0.32±0.10 bB	0.10±0.05 bB	0.11±0.02 cC	0.51±0.05 bB
	20%	11.56±3.00 bAB	3.60±0.70 bB	6.63±2.32 cB	0.71±0.14 bB	0.27±0.05 cBC	0.09±0.05 cC	0.10±0.07 dC	0.39±0.02 cD
	25%	11.18±3.53 bB	3.50±0.97 bB	5.58±2.47 cB	0.70±0.13 bB	0.23±0.10 cC	0.08±0.03 dD	0.07±0.02 eD	0.31±0.02 cC
T3	CK	20.48±9.52 aA	5.39±1.26 aA	13.97±4.75 aA	0.53±0.06 aA	0.39±0.17 aA	0.09±0.03 aA	0.14±0.03 aA	—
	10%	17.94±7.98 aA	4.20±1.30 abAB	13.19±5.47 aA	0.43±0.05 bAB	0.37±0.14 bAB	0.08±0.02 aA	0.12±0.02 bB	0.84±0.01 aA
	15%	13.18±5.34 bB	4.00±0.00 abAB	12.71±4.52 aAB	0.34±0.07 bAB	0.36±0.21 bcB	0.05±0.01 bB	0.09±0.01 cC	0.65±0.01 bB
	20%	11.53±5.27 bB	3.60±0.55 bB	12.27±7.20 aAB	0.29±0.09 bcBC	0.32±0.14 bcB	0.04±0.02 bB	0.08±0.05 cC	0.51±0.02 cC
	25%	10.89±4.78 bB	3.20±0.84 bB	9.88±7.59 bB	0.20±0.15 cC	0.31±0.18 bB	0.04±0.01 bB	0.07±0.01 dD	0.40±0.04 dD
N7	CK	18.49±3.88 aA	5.00±0.98 aA	15.56±3.85 aA	0.78±0.20 aA	0.37±0.09 aA	0.22±0.06 aA	0.22±0.06 aA	—
	10%	17.53±3.70 abA	4.00±0.89 bB	14.87±4.34 bA	0.59±0.14 bB	0.35±0.08 abAB	0.20±0.06 bB	0.18±0.05 bB	0.90±0.11 aA
	15%	15.71±4.62 abcA	4.00±0.63 bB	11.54±3.50 cB	0.53±0.19 cB	0.33±0.15 bcAB	0.19±0.06 bB	0.17±0.01 bB	0.76±0.05 bAB
	20%	14.43±3.94 bcA	3.67±1.03 bB	10.66±4.27 cB	0.40±0.11 dC	0.28±0.14 cBC	0.19±0.02 bB	0.15±0.02 cC	0.67±0.03 bBC
	25%	13.21±3.03 cA	3.50±0.55 bB	9.96±3.73 cB	0.28±0.13 eD	0.22±0.08 dC	0.17±0.03 cC	0.12±0.03 dD	0.53±0.02 cC

注:同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著;同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different capital letters in the same column showed extremely significant differences at 0.01 level; different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

**2.3 相同浓度 PEG-6000 水溶液处理下不同玉米品种对萌发性状的影响** 由表 4 可知,在 25%PEG-6000 水溶液处理下 4 个品种间的萌发性状有差异。其中 N7 的根系长度与其他品种有极显著差异( $P<0.01$ )N7、N3、T3 的根系条数和 NT3 有极显著差异( $P<0.01$ );N7、NT3、T3 的幼苗高度和 N3 有极

显著差异( $P<0.01$ );4 个品种之间在根系鲜重上表现出差异极显著( $P<0.01$ );N3 在幼苗鲜重上与其他品种有极显著差异( $P<0.01$ );N7 和 NT3 的根系干重、幼苗干重 2 个性状与 N7、N3 有极显著差异( $P<0.01$ )。从萌发抗旱指数的差异分析来看,N7、NT3 与 N3、T3 有极显著差异( $P<0.01$ )。

表 4 相同浓度 PEG-6000 水溶液下不同玉米品种对萌发性状的影响

Table 4 Effects of different maize varieties on germination characteristics under the same PEG-6000 concentration

品种名称 Variety name	根系长度 Root length//cm	根系条数 Root numbers//条/株	幼苗高度 Seedling height//cm	根系鲜重 Root fresh weight//g/株	幼苗鲜重 Seedling fresh weight//g/株	根系干重 Root dry weight//g/株	幼苗干重 Seedling dry weight//g/株	萌发抗旱指数 Sprout index of drought resisting
NT3	14.52±0.05 abB	3.49±0.11 bB	11.86±0.20 bA	0.62±0.02 dD	0.41±0.02 abAB	0.14±0 aA	0.15±0.01 aA	0.74±0.01 aA
N3	13.78±0.50 bB	4.05±0.11 aA	8.54±0.22 cB	0.77±0.02 cC	0.44±0.02 aA	0.10±0 bB	0.13±0.01 bB	0.47±0.01 bB
T3	13.86±0.56 bB	4.22±0.14 aA	12.26±0.27 abA	3.04±0.02 bB	0.38±0.02 bB	0.06±0 bB	0.10±0.01 bB	0.60±0.01 bB
N7	15.68±0.45 aA	4.27±0.15 aA	12.56±0.17 aA	3.48±0.02 aA	0.38±0.01 bB	0.20±0 aA	0.17±0.01 aA	0.72±0.01 aA

注:同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著;同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different capital letters in the same column showed extremely significant differences at 0.01 level; different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

### 3 结论与讨论

研究发现,在玉米遭受干旱胁迫条件下,科学地对其抗旱性指标进行鉴定并采取相应的方法评价,对筛选玉米新品种,特别是抗旱性品种的育种具有重要的意义。袁志伟等<sup>[10]</sup>研究发现,采用形态和萌发指标来鉴定作物的抗旱性是较为有效的,在作物种子萌发时可以采用抗旱指数来进行评价。

该研究表明,随着 PEG-6000 水溶液浓度的升高,4 个品种根系长度、根系条数、幼苗高度、根系鲜重、幼苗鲜重、根干重、幼苗干重呈现出不同程度的下降,使用此浓度梯度来检验玉米种子在干旱条件下的萌发是可行的。从上述性状指标的表现来看,干旱抑制了玉米的萌发,从不同品种来看,N7 和 NT3 的定根长度、根系条数、幼苗高度、根系鲜重的数值高于其他 2 个品种,并且在干旱胁迫下数值下降较小。NT3 和 N3 的根系鲜重、根系干重随着干旱胁迫的加强,其数值较大,且下降幅度缓慢。4 个品种的幼苗鲜重和幼苗干重随着干旱程度的加剧,数值相差较小,在不同浓度梯度下的数值差别较小。综合分析抗旱性来看,N7 和 NT3 幼苗期间的抗旱性要优于 N3 和 T3,2 个品种的萌发性状表现同抗旱指数差异性表现一致,在试验范围内可以作为评价鉴定玉米萌发期的抗旱性,由此可以为选出抗旱性强的品种提供依据。

该试验仅从玉米苗期宏观生长状态下进行调查研究,为了更深入的探究待测品种的抗旱机理,今后可结合玉米体内渗透调节物质的变化及蛋白质编码基因的诱导,不断地改进玉米抗旱性鉴定指标及评价方法,从而更准确、高效地反映玉米在干旱条件下的生长状态及内部生理变化,为玉米抗旱育种的研究提供支持。

### 参考文献

- [1] 陈印军,王琦琪,向雁.我国玉米生产地位、优势与自给率分析[J].中国农业资源与区划,2019,40(1):7-16.
- [2] 王树圆.玉米在我国畜牧业中的地位和作用[J].中国农业信息,2014(7):252.
- [3] 董小琳.浅析我国玉米种子市场现状与发展[J].种子科技,2019(2):42.
- [4] 杨会舫,李杨.气象灾害对玉米种植生产的影响[J].种子科技,2019(2):16,19.
- [5] 蔡甫格,张秀伟,鲍菊,等.3 个杂交玉米种子萌发及苗期对水分胁迫的响应[J].中国种业,2016(5):46-48.
- [6] 杜彩艳,段宗颜,潘艳华,等.干旱胁迫对玉米苗期植株生长和保护酶活性的影响[J].干旱地区农业研究,2015,33(3):124-129.
- [7] 王有恒,张存杰,段居琦,等.中国北方春玉米干旱灾害风险评估[J].干旱地区农业研究,2018,36(2):257-264,272.
- [8] 韦仕甜,王杰,阮慧慧.干旱胁迫对不同玉米品种苗期生理指标的影响[J].耕作与栽培,2015(5):20-21,44.
- [9] 赵永锋,王亚卿,贾晓艳,等.玉米杂交种苗期抗旱性鉴定与评价[J].安徽农业科学,2018,46(9):51-53.
- [10] 袁志伟,孙小妹.作物抗旱性鉴定指标及评价方法研究进展[J].甘肃农业科技,2012(11):36-39.
- [1] 李伟,曹晓东.不同播种量对水稻机插秧苗素质及产量的影响[J].江西农业,2017(22):31.
- [2] 陈惠哲,朱德峰,徐一成.水稻钵形秧状秧苗机插技术及应用效果[J].中国稻米,2009,15(3):5-7.
- [3] 王铁忠,陈惠哲,朱德峰,等.连作早稻钵形秧状秧苗机插技术应用效果及品种比较[J].中国稻米,2010,16(3):44-46.
- [4] 杨祥田,王旭辉,曾孝元,等.早稻钵形秧状秧苗机插效果试验[J].中国稻米,2012,18(2):61-63.
- [5] 张琼,李勇.水稻钵形秧状秧苗机插技术研发与应用[J].科技成果管理与研究,2014(6):57-58.
- [6] 景启坚,薛艳凤,钱照才.不同播量对机插秧苗素质的影响[J].江苏农机化,2003(2):13-14.
- [7] 翟廷广,许鸿鸽,沈志坚.水稻盘育带土小苗机插秧田播量研究[J].安徽农业科学,2003,31(1):93-94.
- [8] 沈建辉,曹卫星,朱庆森,等.不同育秧方式对水稻机插秧苗素质的影响[J].南京农业大学学报,2003,26(3):7-9.
- [9] 沈建辉,邵文娟,张祖建,等.水稻机插中苗双膜育秧落谷密度对苗质和产量影响的研究[J].作物学报,2004,30(9):906-911.

(上接第 31 页)

播种量为 25 cm 行距钵秧盘 90~100 g/盘与 30 cm 行距钵秧盘 100~120 g/盘。

对各处理的秧苗以相同种植密度移栽后,不同处理成穗数、每穗总粒数和产量呈现先增后减的趋势,并且移栽后各处理间的差异不如预期大,这可能是由于本田氮素水平较高,不同秧苗素质对移栽后水稻生长影响不明显所致。

### 参考文献

- [1] 吴亚云,裴文,曲开军,等.秧龄和播量对水稻机插秧苗素质及产量的影响[J].安徽农业科学,2017,45(9):45-46,50.
- [2] 滕飞,陈惠哲,朱德峰,等.播种量对水稻机插秧苗成穗性及素质的影响[J].江西农业大学学报,2015,37(3):398-403.
- [3] 张胜.不同基质育秧和机插秧对水稻生长及产量的影响[D].武汉:华中农业大学,2014.