

Effects of Water Stress on Growth Traits of Maize Seedling

Qiong Gao, Yuandong Zou*

Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing
Email: *353390674@qq.com

Received: June 4th, 2019; accepted: June 19th, 2019; published: June 26th, 2019

Abstract

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. In this experiment, 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. The study showed that the germination rate of the four varieties increased first and then decreased with the increase of days. The germination rate of 4% - 6% PEG-6000 aqueous solution was higher than other concentrations. TN1 had higher germination drought-resistant index. From difference analysis of sprout index of drought resisting, the difference was extremely significant compared TN1 with NT2, TN3 and TN4 ($p < 0.01$). The germination traits of the test materials were consistent with the difference of drought resistance index, which could be used to identify the drought resistance of maize during germination.

Keywords

PEG-6000, Water Stress, Seedling

水分胁迫对玉米苗期生长性状的影响

高 琼, 邹原东*

北京农业职业学院, 北京
Email: *353390674@qq.com

收稿日期: 2019年6月4日; 录用日期: 2019年6月19日; 发布日期: 2019年6月26日

摘 要

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,

*通讯作者。

为抗旱品种选育提供借鉴。本试验采用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。研究表明, 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4%~6%的PEG-6000水溶液浓度下玉米品种的发芽率高于其它浓度; TN1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, TN1同NT2、TN3、TN4相比差异极显著($p < 0.01$)。试验材料的萌发性状表现同抗旱指数差异性表现一致, 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, 水分胁迫, 苗期

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

现代玉米育种已经进入到飞速发展阶段, 基因工程等技术运用相应地提升了行业的科技创新能力[1]。近些年来, 随着国家关于种子管理的相关法律的落地与实施, 科技投入的加大, 玉米的生产也呈现出新态势[2] [3], 但是无论怎样变化, 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, 而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[4], 据研究标明, 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强弱方面。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[5] [6], 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[7] [8]。

玉米不同品种对土壤和大气干旱条件所具有的适应性和抵御能力是不同的, 它们在形态结构特征、生理生化特性、生长发育等方面, 形成了一系列抗御干旱的机制和对逆境的适应反应, 而对玉米萌芽期抗旱性的鉴定方法和指标的研究仅有零星的报道[9] [10] [11]。Bousslama [12]等根据种子在高渗溶液或不同渗透势的土壤中的发芽势和发芽率来评价萌发期的抗旱性, 并提出了用种子萌发抗旱指数来反映种子在高渗溶液中的发芽势和发芽率, 认为种子萌发抗旱指数是评价种子萌芽期抗旱性的可靠指标。大量研究结果也表明, 用高渗溶液进行干旱模拟可代替土壤水分胁迫处理获得比较可靠的结果。发芽率、发芽势、渗透胁迫下的幼苗、根长和干重的伤害率及贮藏物质运转率均与萌发抗旱指数有较强的相关性[13] [14]。本试验以 4 个杂交种为测试对象, 研究 4 个 PEG-6000 水溶液浓度(4%、6%、7.5%、8.75%)胁迫下玉米幼苗期的发芽率、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。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

以 4 个玉米杂交种为试验材料, 各品种名称及本试验代码见表 1。

2.2. 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 分钟, 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 4%、6%、7.5% 和 8.75% 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℃/25℃。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 2500 lux, 连续培养 10 d。

Table 1. Test varieties

表 1. 试验品种

序号	品种名称	本试验所用编号
1	先风金糯	NT2
2	神狮甜加糯	TN1
3	弘大甜白糯	TN3
4	北甜玉 1 号	TN4

2.3. 测定项目及方法

2.3.1. 种子发芽及活力测定

发芽率: 在第 2、4、6、8 天调查发芽数, 计算发芽率。

发芽势: $G_4/G_n \times 100\%$ (G_4 为第 6 天发芽种子数, G_n 为供试种子数) [15]。

萌发指数 = $1.00 \times nd_2 + 0.75 \times nd_4 + 0.5 \times nd_6 + 0.25 \times nd_8$ (nd_2 、 nd_4 、 nd_6 、 nd_8 分别表示第 2、4、6、8 天的种子发芽率)。

种子萌发抗旱指数 = 水分胁迫下种子萌发指数/对照种子萌发指数。

发芽指数(GI) = $\sum G_t/D_t$ (G_t : 发芽开始后第 t 天的发芽数; D_t : 相对应的发芽天数) [16]。

活力指数(VI) = $GI \times S$ (S : 平均根长 (cm)) [16]。

2.3.2. 生长指标

待生长到 3 叶 1 心时开始测定如下生长指标: 根系长度、根系条数、幼苗高度; 幼苗鲜重和根鲜重, 测定方法, 用吸水纸吸取植株表面水分, 用电子天平分别测定[17]。

2.3.3. 数据分析方法

实验数据采用 wps2019 作图、表整理, 采用 SPSS18.0 进行统计分析。

3. 结果与分析

由表 2 可知, 所有试验品种在干旱胁迫下的发芽率都有一致表现, 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, 从第八天的表现来看, 高低浓度之间发芽率差异最大的是 TN4, 介于 0.87~0.10 之间, 其它的品种在第八天发芽率的差异由大到小依次为 TN1、NT2 和 TN3。从天数来看, 随着天数的延长, NT2、TN1、TN4 三个品种 4%、6% 浓度下的发育率成升高态势, 而 TN 则表现为下降; 而随着浓度进一步升高, 4 个品种的发芽率随着天数增加而下降, 尤其在 8.75% 浓度下下降最多。综合天数和浓度分析, NT2、TN1、TN4 在第 8 天、4% 浓度下的发芽率最高, TN3 在第 6 天、4% 浓度下的发芽率最高。

Table 2. The germination rate of corn seed treated with peg-6000 solution of different concentration
表 2. 不同浓度 PEG-6000 水溶液处理下的玉米种子发芽率的变化

品种	天数	CK	4.00%	6.00%	7.50%	8.75%
NT2	第 2 天	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00
	第 4 天	0.40	0.30	0.25	0.23	0.00
	第 6 天	0.80	0.50	0.43	0.30	0.23
	第 8 天	1.00	0.53	0.43	0.27	0.20
TN1	第 2 天	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
	第 4 天	0.50	0.27	0.25	0.10	0.00
	第 6 天	1.00	0.70	0.57	0.37	0.20
	第 8 天	1.00	0.90	0.70	0.33	0.20
TN3	第 2 天	0.40	0.00	0.00	0.15	0.10
	第 4 天	0.80	0.70	0.47	0.35	0.30
	第 6 天	0.90	0.47	0.40	0.27	0.17
	第 8 天	1.00	0.43	0.27	0.27	0.17
TN4	第 2 天	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
	第 4 天	0.60	0.40	0.10	0.10	0.00
	第 6 天	0.90	0.80	0.53	0.47	0.17
	第 8 天	0.90	0.87	0.50	0.40	0.10

由表 3 可以看出各个品种的活力指标在不同浓度 PEG 水溶液下的变化, 表 4 反映了不同品种间活力指标的差异。总体来说, 随着 PGE 水溶液浓度下降, 所有品种的发芽势、发芽指数、活力指数都呈现出下降趋势。分别来看, TN1 在 4% 浓度下的发芽势最高, 其次为 NT2、TN3 和 TN4, 随着溶液浓度升高, 在 8.75% 浓度下 TN4 的发芽势近乎为零, TN1 与其它品种相比发芽势差异极显著($p < 0.01$), 不同浓度之间差异极显著($p < 0.01$)。TN3 在 4% 浓度下的发芽指数高于 TN4 和 TN1, 明显高于 NT2。随着浓度下降, TN3 的发芽指数下降较为平缓, 在 8.75% 浓度下 NT2 的发芽指数数值最小, 达到 1.66, TN3 的发芽指数与其他品种相比差异极显著($p < 0.01$), 4% 浓度的发芽指数和其它浓度的相比差异极显著($p < 0.01$)。TN4 在 4% 浓度下的活力指数最高, 为 153.45, 在 8.75% 浓度下 NT2 的活力指数为 20.10, 数值最小, TN4 的活力指数与其他品种相比差异极显著($p < 0.01$), 不同浓度之间差异极显著($p < 0.01$)。

Table 3. Changes of corn seed vigor index under different concentration peg-6000 aqueous solution treatment
表 3. 不同浓度 PEG-6000 水溶液处理下的玉米种子活力指标的变化

品种	浓度	发芽势	发芽指数	活力指数
NT2	4.00%	0.50 ± 0.02aA	4.43 ± 0.13aA	87.28 ± 4.27aA
	6.00%	0.43 ± 0.02bB	4.27 ± 0.11aA	76.63 ± 0.86bB
	7.50%	0.30 ± 0.01cC	3.69 ± 0.16bB	61.13 ± 1.67cC
	8.75%	0.23 ± 0.02dD	1.66 ± 0.22cC	20.10 ± 2.46dD

Continued

	4.00%	0.70 ± 0.08aA	6.47 ± 0.18aA	120.75 ± 2.6aA
TN1	6.00%	0.57 ± 0.05bA	5.61 ± 0.22bA	76.60 ± 1.8bB
	7.50%	0.37 ± 0.07cB	4.07 ± 0.44cB	48.83 ± 3.21cC
	8.75%	0.20 ± 0.02dB	2.33 ± 0.17dC	22.13 ± 3.43dD
	4.00%	0.47 ± 0.03aA	8.93 ± 0.47aA	130.93 ± 3.19aA
TN3	6.00%	0.40 ± 0.06aAB	4.93 ± 0.27bB	60.93 ± 0.66bB
	7.50%	0.27 ± 0.04bBC	4.83 ± 0.57bB	57.55 ± 2.40bB
	8.75%	0.17 ± 0.05bC	4.72 ± 0.56bB	47.86 ± 0.34cC
TN4	4.00%	0.40 ± 0.01aA	6.76 ± 0.12aA	153.45 ± 5.14aA
	6.00%	0.10 ± 0.02bB	4.00 ± 0.10bB	75.47 ± 4.35bB
	7.50%	0.10 ± 0.03bB	3.94 ± 0.37bB	56.53 ± 6.36cC
	8.75%	0.00 ± 0.00cC	2.97 ± 0.47cB	42.41 ± 2.60dC

注: 品种内同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

Table 4. Analysis on the difference of maize seed vigor index among different varieties

表 4. 不同品种间玉米种子活力指标差异性分析

品种活力指标	发芽势	发芽指数	活力指数
NT2	bB	cC	dC
TN1	aA	bB	cC
TN3	bB	aA	bB
TN4	cC	bB	aA

注: 同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

由表 5 可以看出, 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 4% 浓度下的抗旱指数最大, 8.75% 浓度下达到最小, 从品种来看, TN4 在 4% 浓度下的抗旱指数为 0.75, 而在 8.75% 的时候则达到 0.09, 在所有品种中下降的幅度最大, 达到 88.00%; 下降最小的当属 TN3, 达到 49.02%。4 个品种在 6% 和 7.5% 两个浓度下的萌发抗旱指数表现近乎一致, 减小的速度较为缓慢, 但不同品种之间差异也较为明显。上述两种浓度下萌发抗旱指数差异最小的为 TN3、TN4, 其次为 NT2、TN1。

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、幼苗鲜重等 5 个待测指标都呈现出不同程度的下降。仅从最大和最小两个浓度来比较就可以看出, NT2、TN1、TN4 的根系长度随着渗透液的浓度升高, 下降的幅度要大于 TN3; 4 个品种的根系条数都在 4% 的浓度达到最大; 在不同水溶液浓度下, TN1、TN3 的幼苗高于另外两个品种, TN4 的幼苗高度在 6%~8.75% 的浓度下下降幅度最小; 从植株的鲜重来看, 同一个品种的根系鲜重、幼苗鲜重的变化相同, 随着浓度的下降而下降, TN3 的根系鲜重、TN4 的幼苗鲜重随着浓度的下降而缓慢下降。

Table 5. Changes of germination characters of jade seeds treated with peg-6000 at different concentrations
表 5. 不同浓度 PEG-6000 处理下的玉种子萌发性状的变化

品种	PEG-6000 浓度	定根系长度(cm)	根系条数(条)	幼苗高度(cm)	根系鲜重(g)	幼苗鲜重(g)	萌发抗旱指数
NT2	CK	20.12 ± 3.31aA	3.98 ± 0.77aA	13.35 ± 1.78aA	1.15 ± 0.29aA	0.57 ± 1.14aA	
	4%	19.70 ± 3.17aA	3.83 ± 0.75abA	12.90 ± 1.52abA	1.00 ± 0.26abAB	0.53 ± 0.14aA	0.58 ± 0.003aA
	6%	17.93 ± 3.30abA	3.67 ± 0.52abA	10.55 ± 2.29bcA	0.80 ± 0.17bcABC	0.47 ± 0.21aA	0.58 ± 0.01aA
	7.5%	16.57 ± 2.40bA	3.33 ± 0.82abA	9.63 ± 4.16cAB	0.76 ± 0.09cBC	0.45 ± 0.13aAB	0.37 ± 0.03bB
	8.75%	12.11 ± 7.44cB	2.33 ± 0.52cB	6.03 ± 2.07dB	0.59 ± 0.10cC	0.21 ± 0.08bB	0.16 ± 0.04cC
TN1	CK	19.56 ± 1.88aA	4.35 ± 1.35aA	15.88 ± 1.78aA	0.98 ± 0.09aA	0.68 ± 0.24aA	
	4%	18.67 ± 1.76aA	4.17 ± 1.33abA	15.30 ± 1.86abA	0.81 ± 0.07bB	0.60 ± 0.24aAB	0.71 ± 0.05aA
	6%	13.65 ± 3.39bB	3.67 ± 0.52abAB	14.53 ± 3.72abA	0.75 ± 0.14cB	0.39 ± 0.07bBC	0.61 ± 0.07bA
	7.5%	11.98 ± 2.08bBC	2.83 ± 0.98bcAB	12.63 ± 0.37bAB	0.73 ± 0.07cB	0.34 ± 0.13bC	0.36 ± 0.01cB
	8.75%	9.48 ± 0.9cC	1.67 ± 1.03cB	9.17 ± 2.67cB	0.49 ± 0.04dC	0.33 ± 0.18bC	0.12 ± 0.04dC
TN3	CK	15.11 ± 2.68aA	5.02 ± 0.57aA	21.89 ± 4.33aA	0.81 ± 0.06aA	0.72 ± 0.09aA	
	4%	14.67 ± 2.66abA	4.50 ± 0.55aB	20.72 ± 4.32aA	0.76 ± 0.05aAB	0.66 ± 0.06aAB	0.51 ± 0.07aA
	6%	12.36 ± 3.05bcAB	3.33 ± 0.82bC	18.28 ± 0.77bB	0.62 ± 0.11bB	0.65 ± 0.03aAB	0.36 ± 0.02bB
	7.5%	11.92 ± 2.15cAB	3.00 ± 2.37bC	17.82 ± 2.32bB	0.45 ± 0.03cC	0.48 ± 0.07bBC	0.36 ± 0.01bB
	8.75%	10.13 ± 0.92cB	1.00 ± 0.63cD	10.83 ± 1.81cC	0.42 ± 0.11cC	0.36 ± 0.17bC	0.26 ± 0.04cB
TN4	CK	23.88 ± 3.15aA	4.85 ± 0.53aA	18.21 ± 2.16aA	0.91 ± 0.09aA	0.52 ± 0.11aA	
	4%	22.70 ± 3.13aA	4.67 ± 0.52aAB	16.27 ± 2.02aA	0.81 ± 0.07aAB	0.46 ± 0.09aAB	0.75 ± 0.03aA
	6%	18.85 ± 1.78bAB	4.33 ± 0.82aAB	9.42 ± 2.00bB	0.75 ± 0.14bBC	0.37 ± 0.19bBC	0.38 ± 0.03bB
	7.5%	14.33 ± 5.55cB	3.50 ± 0.55bBC	8.78 ± 0.79bB	0.73 ± 0.07bcBC	0.35 ± 0.03bC	0.33 ± 0.04bB
	8.75%	14.27 ± 7.38cB	3.00 ± 0.00bC	8.42 ± 0.60bB	0.49 ± 0.04cC	0.34 ± 0.20bC	0.09 ± 0.04cC

注: 品种内同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

表 6 显示出不同浓度 PEG-6000 水溶液处理下 4 个品种之间的萌发性状差异, 可以看出, NT2、TN4 的根系长度与 TN3 相比差异极显著($p < 0.01$); TN4 的根系条数和其它品种相比差异显著($p < 0.05$); TN1、TN3 的幼苗高度和 NT2 相比差异极显著($p < 0.01$); NT2、TN1 的根系鲜重和 TN3 相比差异极显著($p < 0.01$); TN3 在幼苗鲜重上的表现与其它品种之间差异极显著($p < 0.01$); 从萌发抗旱指数的差异分析来看, TN1 同 TN3、TN4 相比差异极显著($p < 0.01$)。

Table 6. Germination characters of different peg-6000 solutions were different
表 6. 不同浓度 PEG-6000 水溶液处理下品种间的萌发性状差异

品种	性状					
	根系长度	根系条数	幼苗高度	根系鲜重	幼苗鲜重	萌发抗旱指数
NT2	AB	b	C	A	B	AB
TN1	BC	b	B	B	B	A
TN3	C	b	A	C	A	B
TN4	A	a	BC	BC	B	B

注: 同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

4. 结论与讨论

很多研究人员发现, 在玉米遭受干旱胁迫条件下, 能科学地对其抗旱性指标进行鉴定, 并采取相应的方法来进行评价, 在筛选玉米新品种特别是对选育抗旱性品种具有重要的现实意义。对于大多数植物来说, 在自然条件下, 种子萌发期受到水分胁迫, 会使植物体内循环、代谢受到影响, 更严重的会抑制植物生长并致死。PEG-6000 模拟干旱胁迫, 是通过降低植物生长环境中的水势, 从而对植物生长产生影响[5]。袁志伟[18]等研究发现, 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。

本研究表明, 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、发芽势、发芽指数、活力指数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, TN4 的定根系长度、根系条数的数值高于其它两个品种, 并且在干旱胁迫下数值下降较小。TN3 的幼苗高度优于其它品种, TN3 的根系鲜重随着干旱胁迫的加强, 下降幅度缓慢, NT2 在各浓度下的数值大于其它品种。NT2 和 TN4 两个品种的幼苗鲜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。可见, 利用抗旱剂对玉米种子进行处理, 有效提高了种子萌发及苗期抗旱能力, 可改善干旱胁迫下玉米幼苗生长状况, 从而筛选出抗旱能力较强的玉米品种, 这与王学智, 石汝杰, 王军辉等人[19] [20] [21]的研究一致。从活力指标方面来看, TN1 与 NT2、TN3 和 TN4 相比, 发芽势在 4% 浓度下达到最大值。NT2 的发芽指数在 8.75% 浓度下数值最小。TN4 在活力指数在 4% 浓度下最高。综合分析抗旱性状来看, TN1 的幼苗期间萌发的抗旱性要优于 NT2、TN3 和 TN4, 品种的萌发性状、活力指标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。

玉米生产中, 苗期是实现苗全、苗齐、苗壮的关键时期[22]。玉米种子萌发期抗旱性评价是节水农业研究中的热点问题之一。通过简便、快速而准确的萌发期抗旱性鉴定分析方法, 筛选出萌发期抗旱性强的品种, 对指导生产品种布局具有重要参考和指导意义。鉴于本试验仅从玉米苗期宏观生长状态下进行调查, 为了更深入地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, 使之更能准确、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。

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(编号: XY-YF-18-12)。

参考文献

- [1] 王向峰, 才卓. 中国种业科技创新的智能时代——“玉米育种 4.0” [J]. 玉米科学, 2019, 27(1): 1-9.
- [2] 李金军. 青贮玉米在畜牧业中的发展策略[J]. 当代畜牧, 201, 35(1): 1.
- [3] 高云, 纪高洁, 矫健. 中国玉米种子市场供需分析[J]. 中国种业, 2018(10): 4-8.
- [4] 陆占东. 气象灾害对玉米种植生产的影响[J]. 农业与技术, 2019, 39(5): 151-152.
- [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相应[J]. 中国种业, 2016(5): 46-48.
- [6] 刘志芳, 张春梅, 闫治斌, 等. 干旱胁迫与复水对玉米苗期渗透调节物质及抗氧化酶的影响[J]. 甘肃农业科技 2014(1): 3-6.
- [7] 邱美娟, 郭春明, 王冬妮, 等. 基于作物水分亏缺指数的吉林省玉米不同生育时段干旱特征分析[J]. 灾害学,

2018, 33(2): 89-98.

- [8] 卫士美, 陈莉. 干旱胁迫下玉米幼苗的生理生化指标[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(18): 3691-3692, 3704.
- [9] 胡兴波, 曹敏建, 王学智, 等. 不同玉米品种萌芽期及苗期抗旱性初步研究[J]. 玉米科学, 2004, 12(3): 66-67, 70.
- [10] 宋碧, 曾永德, 左乾勇, 等. 不同玉米品种萌芽期抗旱性研究[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(1): 17-19.
- [11] 赵丽英, 邓西平, 山仑. 渗透胁迫对玉米幼苗水分状况及生长的影响[J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 33-35.
- [12] Metal, B. (1984) Stress Tolerance in Soy Beans. I. Evaluation of Three Screening Techniques for Heat and Drought Tolerance. *Crop Science*, **24**, 933-937. <https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x>
- [13] 徐明慧, 关义新, 马兴林, 等. 玉米萌芽期抗旱性研究[J]. 玉米科学, 2003, 11(1): 53-56.
- [14] 李玉玲, 刘华山, 台国琴, 等. 玉米不同基因型种子发芽及幼苗性状分析[J]. 华北农学报, 1998, 13(3): 53-58.
- [15] 吕天放, 徐田军, 刘月娥, 等. 低温胁迫对不同基因型玉米种子萌发特性的影响[J]. 玉米科学, 2018, 26(6): 45-49.
- [16] 栾天宇, 李春雷, 苏桂华, 等. 13 份玉米自交系品质性状及种子活力的配合力分析[J]. 玉米科学, 2018, 26(6): 14-20.
- [17] 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.
- [18] 王秋兰, 靳鲲鹏, 刘永忠. 玉米苗期抗旱性鉴定指标及综合评价[J]. 山西农业科学, 2019, 47(3): 319-322, 365.
- [19] 王学智, 曹敏建, 蒋文春. 抗旱剂处理对玉米种子的萌发苗期抗旱力的影响[J]. 玉米科学, 2005, 13(2): 82-84, 89.
- [20] 石汝杰, 胡延章. 渗透胁迫对 4 个玉米品种种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2009, 28(7): 85-87.
- [21] 王军辉, 查学强, 姜绍通. 保水剂对玉米幼苗生长的影响[J]. 合肥工业大学学报, 2008, 31(10): 1664-1647.
- [22] 黎裕. 作物抗旱鉴定方法与指标[J]. 干旱地区农业研究, 1993(11): 91-99.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org