

玉米种子萌发期抗旱性鉴定方法及 不同杂交种抗旱性比较研究

董志强,贾秀领,张丽华,姚艳荣,申海平,籍俊杰

(河北省农林科学院 粮油作物研究所 河北 石家庄 050031)

摘要:用 PEG-6000 高渗溶液模拟土壤水分胁迫的方法,比较了培养介质、浸种时间对不同粒质量类型玉米种子发芽率的影响,并采用砂培不浸种方式,研究了黄淮海地区近几年审定的 32 个玉米杂交种萌发期的抗旱性。结果表明:不同类型的玉米品种,在纸培模式下 20% PEG 渗透胁迫处理的发芽率均低于或等于 25%,远低于砂培模式。砂培模式下,不浸种处理的发芽率总体好于浸种 24 h 和 48 h 处理。砂培不浸种方式下,渗透胁迫处理不同程度地降低了 32 个玉米杂交种种子的发芽率;大多数品种初生根条数低于对照,胚芽长和胚根长均减小,胚芽长比胚根长减小的程度大,胚芽干质量显著降低。

关键词:玉米;种子萌发期;抗旱性;比较

中图分类号:S513.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)01-0178-06

Study on Methods for Drought Resistance Identification at Seed Germination Stage and Evaluation of Hybrid Seeds in Maize

DONG Zhi-qiang, JIA Xiu-ling, ZHANG Li-hua, YAO Yan-rong, SHEN Hai-ping, JI Jun-jie

(Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry
Sciences, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: Using the method of hypertonic solution PEG-6000 simulated soil moisture stress, the effects of seed germination bed types and soaking time on drought resistance identification were studied at seed germination stage in maize. And using sand culture method and non-seed soaking, the drought resistance of 32 maize hybrids which were authorized in recent years in the Huang-huaihai Plain Area was identified and evaluated. The results showed that: the germination rates under 20% PEG osmotic stress in paper germination bed were lower than (or equal to) 25%, well below sand germination bed method. The overall performance of non-seed soaking germination rate was better than the other two seed soaking treatments under sand culture method. The germination rate of 32 maize hybrids was reduced differently degree under osmotic stress of sand culture and non-seed soaking method; the number of primary root was reduced for most maize hybrids, the embryo bud length was shortened to a more degree than embryo root length and the dry weight of embryo bud decreased significantly.

Key words: Maize; Seed germination stage; Drought resistance; Comparison

水资源匮乏是制约黄淮海地区农业生产持续发展的主要因素,其中尤以河北省水资源短缺的矛盾最为突出。冬小麦-夏玉米一年两熟复种连作是黄淮海平原作物的主要种植模式。夏玉米虽是雨热同季作物,但生长期间经常会遭受阶段性的旱情,给夏玉米生产造成不同程度的损失。因此,研究玉米不

同生育阶段抗旱生理机制,培育鉴定抗旱高产品种^[1-6],从玉米抗旱生理机制上寻找抗旱高产的突破口,对于提高玉米的水分利用效率和减轻旱情具有重要意义。前人在玉米苗期抗旱性鉴定方面做了大量的研究^[7-10]。种子萌芽期抗旱性鉴定是玉米整体抗旱性的重要内容,目前不同杂交种或玉米自

收稿日期:2011-11-05

基金项目:国家科技支撑计划(2011BAD29B01);农业部公益性行业项目(201203100);河北省财政专项(2012055002;2012055007)

作者简介:董志强(1981-),男,河北正定人,硕士,主要从事作物水分生理及高产栽培技术研究。

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。

交系种子萌发期抗旱性研究已有较多报道,但对种子萌发期抗旱性方法的研究相对较少,尚没有形成标准化玉米抗旱性鉴定技术规程,不同研究者采用的方法各异,影响了对试验材料进行全面准确的比较鉴定。

本试验以黄淮海地区近几年审定的 32 个玉米杂交种为试验材料,用 PEG-6000 溶液模拟土壤水分胁迫的方法,比较不同培养介质、浸种时间等因素对玉米种子发芽率的影响,并研究了砂培模式下 20% PEG 胁迫处理对不同杂交种玉米种子发芽率及初生根条数、胚根长和胚芽长等指标的影响,以期为玉米种子萌发期抗旱性鉴定方法的筛选和选育、推广抗旱高产的夏玉米品种提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试玉米品种为郑单 958、先玉 335、源申 213、鑫丰 388、京丰 8 号、石玉 9 号、三北 21、兆丰 268、益丰 29、鑫玉 35、丰玉 4 号、中农大 221、极峰 2 号、冀植 5 号、鲁单 9056、承玉 18、鑫丰 5 号、鑫玉 68、邯丰 08、浚 795、联丰 20、冀单 32、豫玉 23、安玉 5 号、雅玉 12 号、承玉 6 号、正大 16、永玉 1 号、淄玉 2 号、鑫玉 18、沃土泰玉 2 号和冀单 31,共计 32 个玉米杂交种。

1.2 试验方法

试验于 2009 年在河北省农林科学院粮油作物研究所实验室进行。采用 20% PEG-6000 高渗溶液模拟土壤水分胁迫。试验种子严格精选,达到整齐一致,75% 医用酒精溶液消毒 3 min,再用灭菌蒸馏水冲洗 3 遍,滤纸吸干附着水。

玉米种子萌发期抗旱性鉴定方法比较试验:选定 6 个具有代表性的品种为试验材料,小粒型品种极峰 2 号和冀单 31,百粒质量为 26.89 g 和 28.62 g;中粒型品种丰玉 4 号和豫玉 23,百粒质量为 35.49 g 和 36.38 g;大粒型品种三北 21 和益丰 29,百粒质量为 42.60 g 和 43.81 g。设培养介质、浸种时间 2 个因素,培养介质设砂培、纸上培养和纸间培养 3 个处理(表 1)。纸上和纸间培养用直径 9 cm 的玻璃培养皿作为发芽床,底部铺 3 层滤纸,摆放 30 粒种子,胁迫处理加 20 mL 的 20% PEG-6000 溶液,对照加等量蒸馏水。纸间培养在种子上覆盖 2 层滤纸,其他方法同纸上培养。砂培在塑料发芽皿内进行,发芽皿体积为 19.5 cm × 14 cm × 12 cm(长 × 宽 × 高)。砂子为黄砂,过筛使砂粒大小均匀,直径 ≤ 0.08 mm,对砂子进行洗涤和消毒处理。在发芽皿中装入 700 g(厚度为 4 ~ 5 cm)干砂,用平板刮平

后整齐摆放 50 粒种子,再加入 500 g(厚度为 2.5 ~ 3 cm)干砂,均匀覆盖。胁迫处理加入 200 mL 的 20% PEG-6000 溶液,使砂子中 PEG 接近饱和状态,对照加 200 mL 的蒸馏水,加盖避免发芽皿内的水分蒸发。

玉米杂交种种子萌发期抗旱性比较试验:采用砂培不浸种方式,对 32 个玉米杂交种种子萌发期抗旱性进行鉴定。3 次重复,在 28℃(变幅不超过 ± 1℃)恒温培养箱中避光培养。

1.3 调查指标及计算方法

PEG 胁迫处理第 5、6、7、10 d 调查萌发种子数,对照第 2、3、4、5 d 调查萌发种子数。调查初生根条数、胚根长、胚芽长、胚根干质量、胚芽干质量。根数和根长按常规方法测定、胚根、胚芽干质量采用烘干称质量法测定。分别按公式(1)、(2)、(3)计算相对发芽率、种子萌发指数及种子萌发耐旱指数。

相对发芽率 = 胁迫发芽率 / 对照发芽率 × 100% (1)

胁迫种子萌发指数 (PIS) = (1.00) nd5 + (0.75) nd6 + (0.50) nd7 + (0.25) nd10

式中: nd5、nd6、nd7 和 nd10 分别为第 5、6、7、10 d 时的种子萌发率。

对照种子萌发指数 (PIC) = (1.00) nd2 + (0.75) nd3 + (0.50) nd4 + (0.25) nd5

式中: nd2、nd3、nd4 和 nd5 分别为第 2、3、4、5 d 时的种子萌发率。 (2)

种子萌发耐旱指数 = 胁迫种子萌发指数 / 对照种子萌发指数 × 100% (3)

1.4 数据分析方法

一般数据采用 Excel 软件,相关分析采用 DPS 数据处理系统。

2 结果与分析

2.1 不同培养方式下 PEG 胁迫对发芽率的影响

从表 1 可以看出,20% PEG 溶液渗透胁迫下不同粒质量类型的玉米种子纸培模式的发芽率远低于砂培模式,且纸上和纸间 2 种纸培模式对照的发芽率也很低,均未达到 30%,纸间培养发芽率高于纸上培养。纵观砂培模式下 20% PEG 溶液渗透胁迫不浸种、浸种 24 h 和浸种 48 h 3 个处理的发芽率,可以得出,不浸种处理的发芽率总体好于 2 个浸种处理。鉴于此,本试验 PEG 渗透胁迫对玉米种子萌发期抗旱性指标的影响选用砂培不浸种方式。

2.2 PEG 胁迫对发芽率和种子萌发期抗旱性的影响

砂培不浸种条件下(表 2),32 个玉米杂交种对照的发芽率仅有 4 个品种(占品种总数的 12.5%)低于 85%,表明这批种子活力较高,对研究玉米种

表 1 不同培养方式下 20% PEG 胁迫对玉米种子发芽率的影响

Tab.1 Effects of 20% PEG osmotic stress in different training methods on seed germination rate

品种 Varieties	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
三北 21	50.0	32.0	38.0	11.2	15.1	10.0	13.3
益丰 29	66.0	52.0	48.0	13.3	16.7	6.7	10.0
丰玉 4 号	60.0	56.0	70.0	16.7	22.3	10.0	10.0
极峰 2 号	70.0	64.0	62.0	10.0	14.5	6.7	13.3
豫玉 23	84.0	70.0	78.0	13.3	25.0	10.0	13.3
冀单 31	68.0	62.0	76.0	16.7	20.0	13.3	16.7

注: T1. 不浸种 20% PEG 砂培培养; T2. 浸种 24 h 20% PEG 砂培培养; T3. 浸种 48 h 20% PEG 砂培培养; T4. 浸种 24 h 蒸馏水纸上培养; T5. 浸种 24 h 蒸馏水纸间培养; T6. 浸种 24 h 20% PEG 纸上培养; T7. 浸种 24 h 20% PEG 纸间培养。

Note: T1 means non-seed soaking in sand germination bed of 20% PEG; T2 means seed soaking 24 hours in sand germination bed of 20% PEG; T3 means seed soaking 48 hours in sand germination bed of 20% PEG; T4 means seed soaking 24 hours on the paper of distilled water; T5 means seed soaking 24 hours between paper and paper of distilled water; T6 means seed soaking 24 hours on the paper of 20% PEG; T6 means seed soaking 24 hours between paper and paper of 20% PEG.

表 2 PEG 渗透胁迫下玉米种子发芽率的变化

Tab.2 Changing of maize seed germination rate under PEG osmotic stress

品种 Varieties	CK 发芽率/% Germination Percentage of CK	PEG 发芽率/% Germination Percentage of PEG	相对发芽率/% Relative germination percentage	耐旱指数 Drought-tolerant index
郑单 958	94.11	80.00	85.0	0.610
先玉 335	99.38	86.67	87.2	1.192
源申 213	96.22	90.44	94.0	0.706
鑫丰 388	94.38	93.96	99.6	0.599
京丰 8 号	91.88	42.22	46.0	0.483
石玉 9 号	99.00	73.11	73.8	0.783
三北 21	98.75	47.28	47.9	0.295
兆丰 268	96.88	60.44	62.4	0.597
益丰 29	93.75	41.56	44.3	0.239
鑫玉 35	87.50	81.33	93.0	1.051
丰玉 4 号	100.00	36.89	36.9	0.152
中农大 221	92.50	85.78	92.7	1.276
极峰 2 号	91.88	68.89	75.0	0.618
冀植 5 号	88.75	57.33	64.6	0.330
鲁单 9056	92.50	68.54	74.1	0.405
承玉 18	91.88	62.44	68.0	0.440
鑫丰 5 号	98.50	80.67	81.9	0.765
鑫玉 68	85.00	62.22	73.2	0.830
邯丰 08	96.88	86.67	89.5	0.862
浚 795	84.38	51.78	61.4	0.562
联丰 20 号	94.64	69.33	73.3	0.457
冀单 32	74.05	53.94	72.8	0.432
豫玉 23	90.63	75.78	83.6	0.596
安玉 5 号	91.75	54.00	58.9	0.555
雅玉 12 号	86.88	45.91	52.8	0.378
承玉 6 号	82.50	58.00	70.3	0.580
正大 16	99.38	82.89	83.4	0.707
永玉 1 号	93.00	68.89	74.1	1.114
淄玉 2 号	78.25	68.99	88.2	0.842
鑫玉 18	86.25	68.44	79.4	0.479
沃土泰玉 2 号	98.13	68.00	69.3	0.473
冀单 31	95.00	70.00	73.7	0.756

注: 相对发芽率 ≥ 85.0 抗旱性评价为极强; 70.0 ~ 84.9 为强; 55.0 ~ 69.9 为中等; 40.0 ~ 54.9 为弱; ≤ 39.9 为极弱。
Note: Relative germination percentage is equal to or greater than 85.0 ,drought resistance means very strong; 70.0 – 84.9 means strong; 55.0 – 69.9 means medium; 40.0 – 54.9 means weak; less than or equal to 39.9 means very weak.

子萌发期 PEG 渗透胁迫下发芽率等指标的变化没有影响;本试验中 20% PEG 胁迫处理的发芽率均低于对照,较对照降低的幅度因品种本身的抗旱性强弱而不同,如源申 213 和鑫丰 388 的发芽率较对照略有降低,分别下降了 6.01% 和 0.45%,这 2 个品种的抗旱性评价均为极强;而益丰 29 和丰玉 4 号的发芽率较对照分别下降了 55.67% 和 63.11%,2 个品种的抗旱性评价分别为弱和极弱。不同品种的玉米种子萌发期对干旱胁迫的抗性存在很大差异,这可以为玉米萌发期经常出现干旱的地区选用耐旱性较强的品种提供理论参考。

由表 2 可知,32 个玉米杂交种种子萌发期抗旱性覆盖了从极弱到极强的全部范围。抗旱性极强的

品种有 8 个,占供试品种的 25%;抗旱性强的品种 13 个,占供试品种的 41%;抗旱性中等品种 7 个,占供试品种的 22%;抗旱性弱的品种 3 个,占供试品种的 9.4%;抗旱性极弱的品种只有丰玉 4 号。

2.3 PEG 胁迫对初生根条数、胚根长和胚芽长等指标的影响

由表 3 可知,20% PEG 渗透胁迫下大多数品种初生根条数低于对照,所有品种初生根条数的平均值较对照减少了 0.7 条,永玉 1 号初生根条数未受影响,鑫玉 35 和鲁单 9056 高于对照,其中,鲁单 9056 初生根条数增加幅度较大,达到 34.9%。玉米苗期抗旱性强弱与初生根条数的多少是否存在正相关关系,有待进一步试验验证。胚芽长和胚根长的

表 3 PEG 渗透胁迫下玉米种子萌发性状的变化

Tab.3 Variation of germination character of maize seeds under PEG osmotic stress

品种 Varieties	初生根条数 Number of Primary root		胚根长/cm Embryo root length		胚芽长/cm Embryo bud length		单株胚芽干质量/mg Embryo bud dry weight of single plant		单株胚根干质量/mg Embryo root dry weight of single plant	
	CK	WS	CK	WS	CK	WS	CK	WS	CK	WS
郑单 958	4.5	3.8	16.7	9.9	15.8	3.7	50.3	19.6	21.0	17.3
先玉 335	4.4	3.9	18.3	10.0	15.7	5.4	42.4	23.2	18.8	17.3
源申 213	4.4	3.7	16.1	11.5	14.6	3.1	35.7	14.3	12.3	17.1
鑫丰 388	4.4	3.6	16.2	11.1	16.6	3.5	46.2	16.2	18.6	16.7
京丰 8 号	4.5	3.5	12.0	8.2	16.4	4.8	44.4	22.1	15.6	13.7
石玉 9 号	3.9	3.4	17.7	9.3	15.8	6.0	38.4	21.6	16.1	19.5
三北 21	4.7	3.3	17.9	9.3	17.3	2.1	54.7	14.5	23.3	21.1
兆丰 268	4.8	4.0	18.2	13.2	14.6	4.7	42.4	21.3	18.1	16.3
益丰 29	4.3	2.9	17.4	8.5	14.1	2.4	54.1	15.9	22.5	16.6
鑫玉 35	3.7	4.1	19.3	12.0	15.8	5.3	47.6	26.1	27.4	21.9
丰玉 4 号	4.8	3.1	17.3	8.2	14.7	2.2	46.1	14.4	18.1	14.2
中农大 221	4.8	4.3	19.8	13.1	15.6	6.9	41.0	26.2	17.6	13.3
极峰 2 号	4.3	4.2	14.6	9.8	13.1	6.0	34.1	21.2	13.8	10.2
冀植 5 号	4.4	3.4	15.7	9.2	15.6	2.3	44.8	10.9	14.0	14.0
鲁单 9056	3.7	4.9	14.0	9.8	14.8	3.5	46.9	23.3	21.5	20.5
承玉 18	3.9	3.7	17.6	11.9	15.6	3.5	43.8	15.6	16.8	17.4
鑫丰 5 号	4.1	3.5	15.4	10.6	11.4	4.1	36.8	22.1	18.0	19.1
鑫玉 68	4.1	3.1	16.1	10.8	14.2	5.8	44.2	24.8	19.2	19.0
邯丰 08	4.2	4.0	16.0	10.6	13.8	3.8	36.7	16.8	16.1	15.6
浚 795	4.4	3.5	18.6	9.3	14.4	3.0	46.6	14.8	15.9	9.4
联丰 20 号	4.3	3.5	17.5	11.9	14.7	3.0	41.1	14.5	18.4	19.7
冀单 32	6.1	3.8	14.9	11.5	12.8	3.5	41.3	16.4	14.1	16.5
豫玉 23	4.1	3.4	16.2	10.5	15.7	3.7	35.5	16.8	13.8	15.9
安玉 5 号	3.9	3.6	14.1	10.7	13.4	4.3	35.6	19.0	14.6	13.6
雅玉 12 号	4.7	4.0	15.8	10.1	16.5	3.3	45.3	14.7	16.7	11.3
承玉 6 号	3.8	3.7	16.1	10.0	13.1	5.4	34.7	20.9	14.6	13.9
正大 16	4.3	3.9	20.2	11.6	16.8	4.6	43.5	21.0	15.8	12.0
永玉 1 号	4.0	4.0	16.3	10.8	13.2	7.6	37.5	26.1	16.9	15.6
淄玉 2 号	4.2	3.9	14.2	9.5	13.2	5.8	32.6	21.5	11.1	16.4
鑫玉 18	4.6	3.4	15.7	9.3	14.8	2.7	45.3	14.4	18.3	15.8
沃土泰玉 2 号	4.4	3.2	15.9	11.5	10.5	3.7	39.0	16.0	19.0	15.8
冀单 31	4.2	3.5	20.6	13.6	15.8	7.3	50.3	29.0	19.9	14.3
平均值 Average	4.34	3.68	16.64	10.54	14.7	4.28	42.3	19.2	17.3	16.0

注: WS 表示 20% PEG 渗透胁迫处理。

Note: WS means 20% PEG osmotic stress treatment.

变化一致,均低于对照,胚根长平均缩短 6.1 cm,降低幅度为 36.7%。相对于胚根长来说,胚芽长平均值降低的幅度更大,降幅为 70.7%。

32 个品种单株胚芽干质量的变化趋势相同,均表现为 PEG 胁迫处理的胚芽干质量显著低于对照,较对照平均下降 76.9%。单株胚根干质量受 PEG 胁迫的影响远小于单株胚芽干质量,其中 24 个品种低于对照,8 个品种略高于或等于对照,平均值较对照降低了 8.4%。

上述结果表明,玉米种子萌发期干旱胁迫对胚芽生长的影响最大,其次是胚根,初生根条数受到的影响最小。

表 4 PEG 胁迫下相对发芽率与相对胚芽长等指标的相关性分析

Tab. 4 The correlation analysis of relative germination rate and relative embryo bud length etc under PEG osmotic stress

性状 Characters	A	B	C	D	E	F	G	H	I
相对发芽率(A) Relative germination percentage	1.000								
萌发耐旱指数(B) Drought-tolerant index	0.689**	1.000							
CK 初生根条数(C) Primary root number of CK	-0.190	-0.243	1.000						
PEG 初生根条数(D) Primary root number of PEG	0.439*	0.418*	-0.127	1.000					
相对初生根条数(E) Relative primary root number	0.405*	0.400*	-0.672**	0.808**	1.000				
相对胚芽长(F) Relative embryo bud length	0.335	0.719**	-0.288	0.328	0.384*	1.000			
相对胚根长(G) Relative embryo root length	0.354*	0.160	0.050	0.371*	0.252	0.341*	1.000		
相对胚根干质量(H) Relative embryo root dry weight	0.343	0.102	-0.066	-0.024	0.047	0.074	0.349*	1.000	
相对胚芽干质量(I) Relative embryo bud dry weight	0.406*	0.747**	-0.373	0.444*	0.526**	0.934**	0.353*	0.462*	1.000

注:*,** 分别表示 0.05 和 0.01 显著水平。

Note:*,** mean the significant at 0.05 and 0.01 level respectively.

3 结论与讨论

玉米种子萌发期抗旱性鉴定研究中,多数研究者采用双层或单层滤纸作为培养介质^[11-13],而国家有关种子发芽测定标准中(GB/T 3543.4-1995)规定玉米等大粒种子萌发试验的培养介质应采用砂培或纸上培养^[14,15]。本试验结果表明,对于不同类型的玉米品种,纸上和纸间 2 种纸培模式下,20% PEG 渗透胁迫对种子萌发产生强烈的抑制作用,致使发芽率很低(所选 6 个品种均未达到 20%),远低于钱晓刚^[16]和孙军伟^[17]等的研究结果,原因可能是培养皿没有进行灭菌,滤纸消毒、灭菌工作没有做好,具体原因有待进一步试验验证。砂培模式下,玉米杂交种 PEG 渗透胁迫和对照的发芽率均好于纸培模式,原因可能是玉米等大粒种子,纸床培养条件下种子本身暴露于空气中的比例过大,不同部位受胁迫的程度不一致,导致种子实际胁迫程度远大于 -0.5 MPa,因此发芽率显著下降;而砂培模式下,种子不同部位受胁迫程度均匀一致,发芽率显著提高,进而提高了鉴定结果的准确性。不浸种、浸种

2.4 PEG 胁迫下相对发芽率与相对胚芽长、干质量等指标的相关性分析

各指标的相关性分析表明(表 4),相对发芽率与对照的初生根条数不相关,与相对初生根条数及相对胚根长线性正相关显著,与相对胚芽、胚根干质量达到极显著正相关,说明在干旱胁迫下玉米种子萌发能力强的品种其胚芽和胚根干质量受干旱胁迫的影响较小。对照单株初生根条数与相对初生根条数成反比,且相关性极显著,说明无胁迫条件下种子初生根条数多的品种在干旱胁迫条件下初生根条数减少幅度更大。

24 h 和浸种 48 h 相比较,不同类型的玉米品种表现为不浸种处理的发芽率高于 2 种浸种处理。所以,笔者认为,玉米萌发期抗旱性鉴定的方法应选用不浸种砂培培养模式。

不浸种砂培模式下,20% PEG 渗透胁迫处理对玉米种子的萌发造成了不同程度抑制,部分品种发芽率显著或极显著小于对照;大多数品种初生根条数较对照减少,但减少的程度不及胚芽长和胚根长,胚芽干质量显著降低,胚根干质量降低的程度低于胚芽干质量。钱晓刚等^[16]研究指出,10% PEG 溶液处理的种子发芽率与对照相比没有显著差异,大于 10% 浓度的 PEG 处理玉米种子萌发基本都受到不同程度的抑制;石如杰^[12]研究表明,不同浓度(5%, 10% 和 15%)甘露醇高渗溶液胁迫下玉米种子发芽率明显下降,且品种间表现存在一定的差异,二人的研究结论与本试验研究结果相一致。

参考文献:

- [1] 郭秀林,刘子会,栗秋生,等.玉米高产种质抗旱性鉴定及生理机制研究[J].华北农学报,2007,22(2):101

- 105.
- [2] 万毅成. 玉米抗旱机制研究进展[J]. 国外农学 - 杂粮作物, 1998, 18(4): 39 - 42.
- [3] 杨国航, 白琼岩, 张春原, 等. 玉米抗旱品种筛选鉴定研究[J]. 种子, 2009, 28(9): 86 - 88.
- [4] 栗雨勤, 张文英, 谢俊良, 等. 主要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.
- [5] 黎 裕, 王天宇, 刘 成, 等. 玉米抗旱品种的筛选指标研究[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 210 - 215.
- [6] Herrero M P. Drought stress and its effects on maize re-productive systems [J]. Crop Sci, 1994, 21(1): 105 - 110.
- [7] 栗雨勤, 张文英, 孙世贤, 等. 夏玉米苗期抗旱性鉴定指标研究[J]. 河北农业科学, 2004, 10(1): 5 - 9.
- [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] 李 壮, 许文娟, 薛兵东, 等. 玉米苗期抗旱性评价方法探讨[J]. 玉米科学, 2004, 12(4): 554 - 561.
- [10] 侯建华, 吕凤山. 玉米苗期抗旱性鉴定的研究[J]. 华北农学报, 1995, 10(3): 89 - 93.
- [11] 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.
- [12] 石如杰, 胡廷章. 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.
- [13] 张树权, 魏 湜. 玉米抗旱性鉴定综合评价及遗传性研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2007(1): 78 - 81.
- [14] 黎 裕. 作物抗旱鉴定的方法与指标[J]. 干旱地区农业研究, 1993, 3(1): 26 - 29.
- [15] 户连荣, 郎南军, 郑 科. 植物抗旱性研究进展及发展趋势[J]. 安徽农业科学, 2008, 7: 58 - 60.
- [16] 钱晓刚, 李家敏, 何金钊, 等. 贵州省常用杂交玉米品种萌芽期抗旱性评价研究[J]. 种子, 2004, 23(12): 23, 33, 43.
- [17] 孙军伟, 冀天会, 杨子光, 等. 玉米萌发期抗旱性鉴定研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(3): 104 - 107.