

谷子萌芽期对干旱胁迫的响应及抗旱性评价

代小冬,杨育峰,朱灿灿,鲁晓民,王春义,杨晓平,杨国红,李君霞

(河南省农业科学院 粮食作物研究所,河南 郑州 450002)

摘要:为了探索谷子萌芽期抗旱性相关指标,筛选抗旱谷子品种,采用 PEG 渗透剂模拟干旱胁迫,测定萌发抗旱指数、活力抗旱指数、相对发芽势、相对发芽率、相对胚芽长和相对胚根长 6 个指标,对 20 个谷子品种进行抗旱性鉴定。结果表明:活力抗旱指数、相对发芽率、相对发芽势、相对胚芽长和相对胚根长与萌发抗旱指数呈极显著正相关(相关系数分别为 0.867^{**},0.995^{**},0.997^{**},0.762^{**},0.680^{**}),可以作为谷子萌芽期抗旱性鉴定的指标。其中,相对发芽势和相对发芽率可以作为萌芽期抗旱性鉴定的一级指标;活力抗旱指数可以作为萌芽期抗旱性鉴定的二级指标;相对胚芽长和相对胚根长可以作为萌芽期抗旱性鉴定的三级指标。抗旱性评价结果表明,在 20 个谷子品种中,长农 40、晋中 208、长生 08-2、汾选 446、复 12、保 200302、郑 12、长生 08-1 这 8 个品种的萌发抗旱指数分别为 0.917 3,0.920 5,0.865 1,0.869 9,0.836 6,0.831 3,0.843 0,0.979 5,抗旱性较好。

关键词:谷子;萌芽期;干旱胁迫;抗旱性鉴定

中图分类号:S515.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2015)04-0139-06

doi:10.7668/hbxb.2015.04.024

Seed Germination Response to Drought Stress and Drought Resistance Evaluation of Foxtail Millet

DAI Xiao-dong, YANG Yu-feng, ZHU Can-can, LU Xiao-min, WANG Chun-yi,
YANG Xiao-ping, YANG Guo-hong, LI Jun-xia

(Cereal Crops Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to explore the index of drought resistance and screen drought tolerance varieties, which can provide evidence for millet production and breeding for drought resistance, this study measured sprout index of drought resistance, vigor index of drought resistance, relative germination vigor, relative germination rate, relative plumule length and relative radicle length of twenty millet varieties to evaluate their drought resistance through adopting PEG solution simulated soil drought treatment. The results showed that vigor index of drought resistance, relative germination rate, relative germination vigor, relative plumule length and relative radicle length could be considered as the index of drought resistance which were highly significant correlation with sprout index of drought resistance ($r=0.867^{**}, 0.995^{**}, 0.997^{**}, 0.762^{**}, 0.680^{**}$, respectively). Analysis showed that, relative germination vigor and relative germination rate could be used for the first indicator of drought resistance identification at millet germination stage; vigor index of drought resistance could be used for the second indicator; relative plumule length and relative radicle length could be used for the third indicator. The sprout index of drought resistance of Changnong 40, Jinzhong 208, Changsheng 08-2, Fenxuan 446, Fu 12, Bao 200302, Zheng 12 and Changsheng 08-1 were 0.917 3, 0.920 5, 0.865 1, 0.869 9, 0.836 6, 0.831 3, 0.843 0 and 0.979 5, respectively, which showed better drought resistance than others in twenty millet varieties.

Key words: Foxtail millet; Germination stage; Drought tolerance; Drought resistance evaluation

谷子(*Setaria italica* (L.) Beauv)起源于中国黄河流域,已经有 8 700 多年的栽培历史,是世界上最

收稿日期:2015-04-19

基金项目:农业部/财政部“现代农业产业技术体系专项资金”项目(ncyctx13);“十二五”国家科技支撑计划项目(2014BAD07B01);河南省农业科学院自主创新基金项目(2013zz13)

作者简介:代小冬(1981-),男,河南正阳人,助理研究员,博士,主要从事谷子新品种选育及栽培研究。

通讯作者:李君霞(1972-),女,河南禹州人,副研究员,硕士,主要从事谷子新品种选育及栽培研究。

古老的栽培作物^[1]。我国谷子种植面积约占世界谷子种植面积的80%，产量占世界谷子总产量的90%^[2]。谷子具有较好的耐旱、耐瘠性，适宜在我国北方干旱和半干旱地区种植，是一种优良的抗旱资源^[3]。近年来，干旱的频繁发生严重制约了农业生产，尤其是在缺水的干旱和半干旱地区，给农业生产带来严重影响，因此，调整旱区农业结构、培育和种植耐旱作物成为减轻旱灾的根本途径。

作物从萌发到出苗这一时期对水分最敏感^[4]，这一时期的干旱常使作物缺苗率达20%，严重时高达40%~50%，造成大面积减产^[5]，因此，作物萌发期的耐旱研究越来越受到人们的重视。杨玉萍等^[6]认为，小麦萌芽期抗旱性鉴定的最佳PEG处理的质量浓度为200 g/L，随着PEG质量浓度的增加，各品种的发芽率、发芽势呈下降趋势。许红等^[7]认为，冬小麦品种间不同指标抗旱指数的变异程度不同，其中发芽势、根长、芽长、根干质量、芽干质量的抗旱指数变异系数均大于100%，而种子总干质量变异最小。张建华^[8]利用蔗糖溶液模拟水分胁迫进行玉米萌发期抗旱性评价，认为14.5%的蔗糖高渗溶液萌发法可作为玉米萌芽期抗旱性评价的方法。赫福霞等^[9]通过对玉米杂交种的萌芽期抗旱性研究发现，水分胁迫降低了各杂交种的发芽率，阻碍了胚根和胚芽的生长及种子的吸水速率，降低了种子中贮藏物质的利用效率，这与前人的研究结果一致^[10-11]。朱学海等^[12]认为，种子萌发耐旱指数与相对根长可以作为谷子萌芽期耐旱性鉴定的指标。刘桂红等^[3]认为，鉴定谷子萌芽期抗旱性可以以抗旱指数为主，结合发芽势、发芽率和幼苗长度等指标进行综合评价。高汝勇等^[13]利用10%、15%、20% 3种质量分数的PEG模拟干旱胁迫，结果表明，3种质量分数的干旱胁迫对谷子各品种的发芽率、发芽指数、根长、苗高、鲜质量、活力指数等6个指标均有明显的抑制作用，且随着PEG质量分数的升高抑制作用增强。本研究拟利用PEG-6000溶液模拟干旱胁迫对20个谷子品种进行萌芽期耐旱性评价，综合分析不同品种的萌发抗旱指数、活力抗旱指数、相对发芽率、相对发芽势、相对芽长和相对根长等指标，以期筛选出萌芽期抗旱性较好的品种，为不同生态区谷子生产合理用种和谷子抗旱育种提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试的20个谷子品种为长生08-1、复12、长生

09、白米、小香米、郑07-2、长农40、豫谷18、长生08-2、安08-4074、汾选446、猪尾巴谷23463、保谷19、晋中208、保200302、郑12、独角黄、安10-4240、济叶冲13和石3839；渗透试剂选用PEG-6000（化学纯，平均分子量6000），模拟水分胁迫。

1.2 试验设计

选用0、100、150、200、250、300 g/L这6个PEG质量浓度进行预备试验，筛选出抗旱鉴定PEG适宜质量浓度为200 g/L。每个品种选取300粒均匀饱满的种子，用5%的次氯酸钠消毒15 min后，蒸馏水冲洗干净；每个培养皿中放置50粒种子，处理中加入20 mL 200 g/L的PEG溶液，以等量去离子水为对照，重复3次；置于25℃恒温箱中暗培养。

1.3 测定项目及方法

调查第2、4、6、8天的种子发芽数，并于第6天测量发芽种子的胚芽长及胚根长。第2、4、6、8天的种子萌发率分别记为nd2、nd4、nd6、nd8，参考Bouslama^[14]以及张健等^[15]的方法来计算以下各项指标。

萌发指数(PI) = $1.00nd2 + 0.75 \times nd4 + 0.50 \times nd6 + 0.25 \times nd8$;

萌发抗旱指数 = 处理的萌发指数/对照萌发指数;

活力指数(VI) = $PI \times Sx$ ，其中 Sx 为第6天芽平均长度;

活力抗旱指数 = 处理的活力指数/对照的活力指数;

相对发芽势 = (处理发芽势/对照发芽势) × 100%;

相对发芽率 = (处理发芽率/对照发芽率) × 100%;

相对胚芽长 = 处理胚芽长/对照胚芽长 × 100%;

相对胚根长 = 处理胚根长/对照胚根长 × 100%。

1.4 数据分析

利用Excel 2007进行数据计算，应用SPSS 19.0软件进行聚类分析及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对谷子萌发抗旱指数的影响

萌发抗旱指数是评价种子萌芽期抗旱性的可靠指标^[14]。由表1可见，20个谷子品种的萌发抗旱指数为0.2128~0.9795，品种间差异较大。对于干旱胁迫下20个谷子品种的萌发抗旱指数进行聚类分析(图1)，可将其分为3类：第1类包括长农40、

晋中 208、长生 08-2、汾选 446、复 12、保 200302、郑 12 和长生 08-1 这 8 个品种,该类谷子品种的萌发抗旱指数较高,均在 0.8 以上,属于抗旱性较强的品种,其中长生 08-1 的萌发抗旱指数最高,达到了 0.979 5,抗旱性最强;第 2 类包括小香米、石 3839、济叶冲 13、安 08-4074、郑 07-2、保谷 19、猪尾巴骨

23463 这 7 个品种,该类品种属于抗旱性一般的品种,萌发抗旱指数为 0.5~0.8;第 3 类品种属于抗旱性较弱的品种,该类品种包括白米、豫谷 18、安 10-240、独角黄、长生 09 这 5 个品种,萌发抗旱指数小于 0.5,其中长生 09 的抗旱性最弱,萌发指数仅为 0.212 8。

表 1 水分胁迫下各品种的萌发抗旱指数、活力抗旱指数、相对发芽势、相对发芽率、相对胚芽长和相对胚根长

Tab.1 Sprout index of drought resistance, vigor index of drought resistance, relative germination vigor, relative germination rate, relative plumule length, relative radicle length of different millet varieties under water stress

品种 Variety	萌发抗旱指数 Sprout index of drought resistance	活力抗旱指数 Vigor index of drought resistance	相对发芽势/% Relative germination vigor	相对发芽率/% Relative germination rate	相对胚芽长/% Relative plumule length	相对胚根长/% Relative radicle length
长生 08-1 Changsheng 08-1	0.979 5	0.567 1	97.96	97.96	57.89	54.12
复 12 Fu 12	0.836 6	0.351 6	87.59	87.76	42.03	34.33
长生 09 Changsheng 09	0.212 8	0.019 6	23.89	26.09	9.21	27.86
白米 Baimi	0.454 9	0.138 1	45.30	43.41	30.35	33.96
小香米 Xiaoxiangmi	0.592 7	0.021 7	57.03	63.91	3.66	9.44
郑 07-2 Zheng 07-2	0.701 6	0.134 3	73.57	74.47	19.14	31.68
长农 40 Changnong 40	0.917 3	0.551 6	92.67	94.00	60.14	66.44
豫谷 18 Yugu 18	0.440 1	0.053 7	48.48	48.51	12.20	27.37
长生 08-2 Changsheng 08-2	0.865 1	0.359 5	88.81	93.01	41.56	37.17
安 08-4074 An 08-4074	0.546 9	0.073 1	55.80	58.27	13.36	22.74
汾选 446 Fenxuan 446	0.869 9	0.369 2	91.03	92.47	42.44	58.08
猪尾巴谷 23463 Zhuweibagu 23463	0.749 6	0.316 6	75.74	76.64	42.23	41.35
保谷 19 Baogu 19	0.721 4	0.155 2	72.14	78.47	21.52	37.57
晋中 208 Jinzhong 208	0.920 5	0.454 8	92.67	92.67	49.41	36.90
保 200302 Bao 200302	0.831 3	0.314 7	85.14	88.51	37.86	45.62
郑 12 Zheng 12	0.843 0	0.401 3	86.49	87.16	47.60	53.62
独角黄 Dujiaohuang	0.358 7	0.093 6	37.90	41.41	26.10	29.02
安 10-4240 An 10-4240	0.403 0	0.101 1	40.35	43.10	25.09	20.43
济叶冲 13 Jiyechong 13	0.635 0	0.045 9	66.67	68.06	7.23	18.70
石 3839 Shi 3839	0.592 5	0.132 8	61.76	62.41	22.41	29.33

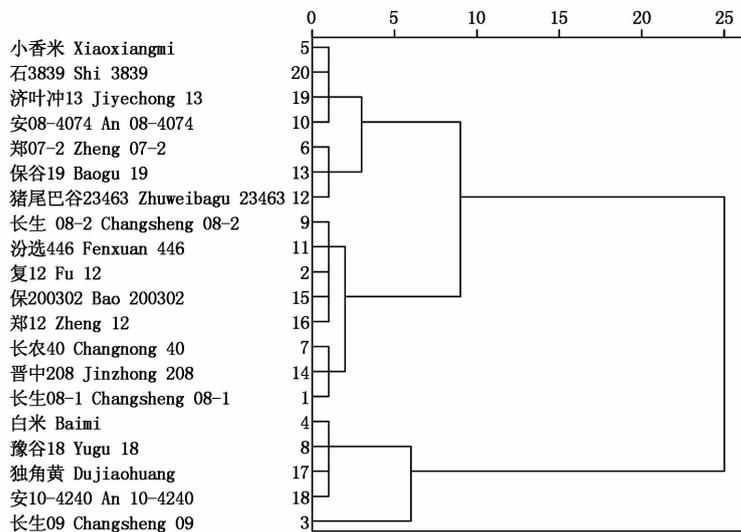


图 1 20 个谷子品种萌发抗旱指数的系统聚类图

Fig.1 Cluster analysis of sprout index of drought resistance of twenty millet varieties

2.2 干旱胁迫对谷子活力抗旱指数的影响

张健等^[15]认为,活力抗旱指数与萌发抗旱指数之间有很高的相关性,可以作为衡量玉米萌发阶段抗旱性鉴定的指标。活力抗旱指数越高,抗旱性越强,反之,则抗旱性越弱。本研究中20个谷子品种的活力抗旱指数分布在0.019 6~0.567 1,长生08-1的活力抗旱指数最高,长生09的抗旱指数最低(表1)。利用活力抗旱指数对20个谷子品种聚类分析,结果表明(图2),20个品种可以分为3类,第1类为抗旱性强的品种,包括猪尾巴谷23463、保200302、复12、长生08-2、汾选446、郑12、长生08-1、长农40、晋中208这9个品种;第2类为抗旱性一般

的品种,包括郑07-2、石3839、白米、保谷19、独角黄、安10-4240这6个品种;第3类为抗旱性较弱的品种,包括长生09、小香米、豫谷18、济叶冲13、安08-4074这5个品种。

通过与萌发抗旱指数的系统聚类结果比较,对于抗旱性较好的品种,活力抗旱指数与萌发抗旱指数的系统聚类结果一致性较高,但对于抗旱性不好的品种,活力抗旱指数的系统聚类结果与萌发抗旱指数的一致性较差。所以,活力抗旱指数可以作为萌芽期抗旱评价的指标,但不宜作为萌芽期抗旱评价的主要指标。

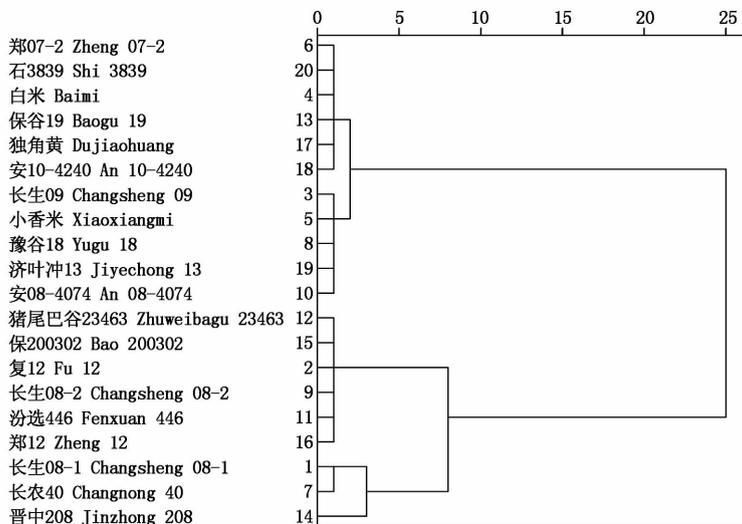


图2 20个谷子品种活力抗旱指数的系统聚类图

Fig.2 Cluster analysis of vigor index of drought resistance of twenty millet varieties

2.3 干旱胁迫对相对发芽势和相对发芽率的影响

从表1可以看出,在干旱胁迫条件下,所有谷子品种的相对发芽势和相对发芽率都有不同程度的降低,但对相对发芽势的影响更大,说明干旱胁迫抑制了种子的发芽速率,对种子萌发初期的影响更大。相对发芽势和相对发芽率与萌发抗旱指数有较好的一致性。

2.4 干旱胁迫对相对胚芽长和相对胚根长的影响

从表1可以看出,干旱胁迫下每个谷子品种的相对胚芽长和相对胚根长均产生不同程度的影响。干旱胁迫下每个品种的相对胚芽长和相对胚根长都明显缩短,抗旱性强的品种受抑制的程度较小,抗旱性弱的品种受抑制的程度较大,并与萌发抗旱指数有显著的相关性。

表2 干旱胁迫下各性状的相关系数

Tab.2 Correlation coefficient of all traits of millet under water stress

指标 Traits	萌发抗旱指数 SIDR	活力抗旱指数 VIDR	相对胚芽长 RPL	相对胚根长 RRL	相对发芽势 RGV	相对发芽率 RGR
萌发抗旱指数 SIDR	1					
活力抗旱指数 VIDR	0.867 **	1				
相对胚芽长 RPL	0.762 **	0.969 **	1			
相对胚根长 RRL	0.680 **	0.858 **	0.862 **	1		
相对发芽势 RGV	0.997 **	0.862 **	0.757 **	0.690 **	1	
相对发芽率 RGR	0.995 **	0.839 **	0.727 **	0.664 **	0.995 **	1

注: * 和 ** 分别表示 5% 和 1% 水平下显著相关和极显著相关。

Note: * and ** indicate significant correlation at the 5% and 1% probability levels, respectively.

2.5 干旱胁迫下抗旱性状的相关性分析及抗旱性鉴定指标筛选

对干旱胁迫条件下每个品种的萌发抗旱指数、活力抗旱指数、相对发芽率、相对发芽势、相对胚芽长和相对胚根长进行相关性分析(表 2), 结果表明, 6 个抗旱性状间的相关性均达到了极显著水平, 都可以作为谷子种子萌芽期抗旱性鉴定的指标。

以萌发抗旱指数与其他 5 个萌芽期抗旱性指标的相关系数为依据, 对 5 个指标进行聚类分析, 可以将 5 个指标分为 3 类(图 3), 第 1 类是相对发芽势和相对发芽率, 它们与萌发抗旱指数的相关系数分别为 0.997^{**} 和 0.995^{**}, 可以作为萌芽期抗旱鉴定的一级指标; 第 2 类是活力抗旱指数, 其与萌发抗旱指数的相关系数为 0.867^{**}, 可以作为萌芽期抗旱鉴定的二级指标; 第 3 类是相对胚芽长和相对胚根长, 它们与萌发抗旱指数的相关系数分别为 0.762^{**} 和 0.680^{**}, 可以作为萌芽期抗旱鉴定的三级指标。

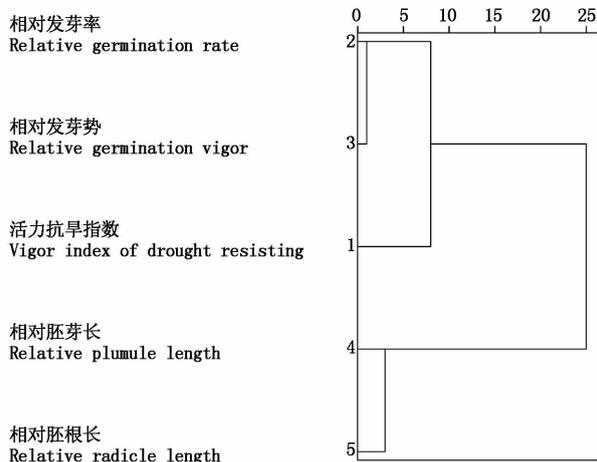


图 3 萌芽期抗旱指标与萌发抗旱指数间相关系数聚类图

Fig. 3 Cluster analysis of sprout index of drought resistance and other drought resistance indexes

3 结论与讨论

谷子是典型的耐旱作物, 而萌芽期的抗旱性鉴定是对谷子抗旱性早期鉴定及耐旱品种早期选择的基础。对谷子萌芽期抗旱性鉴定一般采用 PEG 模拟干旱胁迫, 而合适的 PEG 质量浓度是试验成败的关键。本研究预备试验中, 分别采用 0, 100, 150, 200, 250, 300 g/L 这 6 个 PEG 质量浓度进行抗旱鉴定质量浓度筛选, 结果表明, 150 g/L PEG 质量浓度胁迫下, 谷子的发芽率开始受到抑制, 在 300 g/L PEG 质量浓度胁迫下谷子发芽受到最大抑制, 发芽率很低或基本不发芽。由此可以得出, 200, 250 g/L 的 PEG 质量浓度可以作为谷子萌芽期抗旱筛选的

浓度, 与前人的研究结果一致^[3,12]。本试验以 200 g/L PEG 质量浓度进行谷子萌芽期抗旱性鉴定。

对 20 个谷子品种萌芽期抗旱性鉴定的结果表明, 所有谷子品种的萌发抗旱指数、活力抗旱指数、相对发芽率、相对发芽势、相对胚芽长和相对胚根长在干旱胁迫下有较大差异。抗旱性强的谷子品种萌发抗旱指数较高, 干旱胁迫对其发芽率、发芽势、芽根生长的影响较小。通过分析各个抗旱指标与萌发抗旱指数的相关性发现, 各个抗旱指标与萌发抗旱指数的相关性均达到了极显著水平, 均可作为谷子萌芽期抗旱性鉴定的指标, 这与刘桂红等^[3]和白玉^[16]的研究结果一致。

本研究结果表明, 萌发抗旱指数、活力抗旱指数、相对发芽率、相对发芽势、相对胚芽长和相对胚根长均可作为谷子萌芽期抗旱性鉴定的指标, 其中相对发芽势和相对发芽率可以作为萌芽期抗旱性鉴定的一级指标, 活力抗旱指数可以作为萌芽期抗旱性鉴定的二级指标, 相对胚芽长和相对胚根长可以作为萌芽期抗旱性鉴定的三级指标。在 20 个谷子品种中, 长农 40、晋中 208、长生 08-2、汾选 446、复 12、保 200302、郑 12、长生 08-1 这 8 个品种的萌发抗旱指数分别为 0.917 3, 0.920 5, 0.865 1, 0.869 9, 0.836 6, 0.831 3, 0.843 0, 0.979 5, 抗旱性较好, 这些品种为今后深入研究谷子耐旱机制和遗传特性以及干旱与半干旱地区谷子的开发利用提供了良好的材料基础和种质资源。

谷子发芽期渗透胁迫受多种因素影响, 综合评价谷子的抗旱性应以多个指标为依据综合考虑。同时由于抗旱性是一个受多种因素影响的复杂的数量性状, 萌芽期抗旱性鉴定只是谷子抗旱研究的一个方面, 只能说明萌芽期的抗旱情况, 不能够完全代表谷子苗期乃至全生育期的抗旱性。只有将萌芽期抗旱鉴定结果与抗旱棚、田间等全生育期鉴定结果结合起来分析, 才能科学、准确地鉴定谷子的抗旱性, 同时形成完善的谷子抗旱鉴定体系, 并在生产实践中推广应用。

参考文献:

- [1] Lu H Y, Zhang J P, Liu K, *et al.* Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago [J]. Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America, 2009, 106 (18): 7367 - 7372.
- [2] 刁现民. 中国谷子生产与产业发展方向 [C] // 柴岩. 中国小杂粮产业发展报告. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 32 - 43.

- [3] 刘桂红,王 钰,杜金哲,等. 谷子芽期抗旱性鉴定研究[J]. 中国农学通报,2013,29(3):86-91.
- [4] 山 仑. 我国西北地区植物水分研究与旱地农业增产[J]. 植物生理学通讯,1983(5):7-10.
- [5] 李笃仁. 华北干旱半干旱地区土壤播前镇压提墒保墒增产技术研究[C]//北方旱区农业学术讨论会论文集,1983:52-65.
- [6] 杨玉萍,韦鹏宵,岑秀芬,等. 干旱胁迫剂 PEG 处理对冬小麦萌芽期抗旱性影响的研究[J]. 河南科技学院学报:自然科学版,2007,35(1):4-7,11.
- [7] 许 红,刘 杨,王威雁,等. 冬小麦种子萌发期抗旱性的基因型差异[J]. 麦类作物学报,2014,34(10):1426-1432.
- [8] 张建华. 云南玉米资源萌芽期的抗旱性评价[J]. 作物品种资源,1999(2):32-34.
- [9] 赫福霞,李柱刚,闫秀峰,等. 渗透胁迫条件下玉米萌芽期抗旱性研究[J]. 作物杂志,2014(5):144-147.
- [10] 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.
- [11] 孙军伟,齐 华,张振平,等. 玉米萌芽期抗旱性研究[J]. 玉米科学,2008,16(4):115-118.
- [12] 朱学海,宋燕春,赵治海,等. 用渗透剂胁迫鉴定谷子芽期耐旱性的方法研究[J]. 植物遗传资源学报,2008,9(1):62-67.
- [13] 高汝勇,时丽冉,崔兴国,等. 谷子品种抗旱性评价[J]. 河南农业科学,2013,42(12):28-32.
- [14] Bouslama M. Stress tolerance in soybeans [J]. Evaluation Crop Sci,1984,24:933-937.
- [15] 张 健,池宝亮,黄学芳,等. 以活力抗旱指数作为玉米萌芽期抗旱性评价指标的初探[J]. 华北农学报,2007,22(1):22-25.
- [16] 白 玉. 谷子萌发期和苗期抗旱性研究及抗旱鉴定指标的筛选[D]. 北京:首都师范大学,2009:16-25.

欢迎订阅 2016 年《河南农业科学》

《河南农业科学》是河南省农业科学院主办的综合性农业科技期刊。多年来,深受省内外农业科技人员、农业院校师生等涉农读者的喜爱。本刊连续被评为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国农业核心期刊。被遴选为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊、RCCSE 中国核心学术期刊(A-)、曾多次获得有关部门的奖励,被评为“全国优秀农业期刊”;连续荣获“河南省优秀科技期刊一等奖”、“河南省自然科学期刊综合质量检测一级期刊”,“河南省第一、二届自然科学二十佳期刊”。

栏目设置有:综述、作物栽培·遗传育种、农业资源与环境、植物保护、园艺·林学、畜牧·兽医、农产品加工·农业工程·农业信息技术。

本刊为月刊,国际标准 16 开本,160 页,彩色封面,每期定价 18.00 元,全年 216 元。各地邮局均可订阅,邮发代号:36-32。如错过订期,可直接与本刊编辑部联系订阅。

地址:郑州市花园路 116 号

电话:0371-65739041

传真:0371-65712747

邮编:450002

E-mail:hnnkx@163.com

网址: <http://www.hnnkx.org.cn>