

邹成林,黄开健,翟瑞宁,等.基于隶属函数法和主成分分析评价玉米萌发期抗旱性[J].江苏农业科学,2022,50(13):7-13.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.13.002

基于隶属函数法和主成分分析评价玉米萌发期抗旱性

邹成林¹,黄开健¹,翟瑞宁¹,黄爱花¹,莫润秀¹,韦新兴¹,杨 萌¹,黄艳芬¹,王吟燕¹,卢红雨²

(1.广西壮族自治区农业科学院玉米研究所,广西南宁 530007; 2.广西农业职业技术大学,广西南宁 530007)

摘要:为评价热带玉米品种萌发期的抗旱性,以 12 个广西玉米品种为供试材料,用 15% 浓度的聚乙二醇 6000 (PEG-6000) 溶液模拟干旱胁迫,蒸馏水处理作对照,测定种子的发芽势、发芽率、萌发指数、胚根长、胚芽长、胚根干质量、胚芽干质量和贮藏物质转运率 8 个指标,计算各指标的抗旱系数,通过隶属函数法和主成分分析综合评价供试品种的抗旱性。结果表明,PEG-6000 处理对玉米品种各项萌发特性均具有抑制作用,品种不同抑制作用大小不同;兆玉 215、桂单 671、桂单 203 和桂单 662 综合隶属函数 D 值分别为 0.925、0.828、0.782 和 0.748,均大于 0.7;主成分结合聚类分析中归为同一类型且 Y 值较高的为兆玉 215、桂单 671、桂单 203、桂单 666 和桂单 662, Y 值分别为 2.732、2.079、1.614、1.251 和 1.135。综合 2 种评价方法判断兆玉 215、桂单 671、桂单 203 和桂单 662 属于抗旱性强品种。

关键词:玉米;萌发期;抗旱性;隶属函数法;主成分分析

中图分类号:S513.034 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)13-0007-06

玉米是我国最重要的三大作物之一,在作为粮食、饲料和工业原料等方面具有无可替代的重要作用^[1]。干旱是限制我国玉米产业发展的重要环境因素^[2-3],能导致玉米减产 10%~25%^[4],严重时甚至高达 50%^[5]。种子萌发期是玉米生长的关键阶段,这一时期需水量最少,但对水分却最为敏感^[6],该时期若缺水将严重限制种子萌发,导致缺苗、苗弱和苗不齐,严重影响玉米整个生长周期的发育。

对种子萌发期进行研究,通常使用聚乙二醇 6000 (PEG-6000) 溶液模拟干旱胁迫,不同浓度可模拟不同程度干旱胁迫。PEG-6000 处理已成为鉴定种子抗旱能力的重要方法,在水稻^[7]、小麦^[8]、大豆^[9]、花生^[10] 和牧草^[11] 等方面均有普遍研究。在玉米萌发期抗旱性研究方面也有较多报道,在抗旱指标选择上,一般研究认为玉米种子的发芽势、发芽率、萌发指数、胚根数目和长度、胚芽长、贮藏

物质转运率等性状可作为玉米萌发期抗旱性的重要指标^[12-13]。PEG-6000 溶液处理后,种子萌发特性相关各项指标与清水对照处理相比均会有不同程度的下降,表明 PEG-6000 溶液具有限制玉米萌发的作用,且随着其浓度的提高限制作用越明显^[14-16]。在抗旱评价方法上,通常将多项种子萌发指标进行综合分析,统筹运用抗旱系数、抗旱指数、主成分分析、隶属函数法和聚类分析等^[17-21] 来判断不同玉米材料或品种的抗旱性。

广西玉米主要种植在丘陵和山区,大多无灌溉条件,受季节性影响,雨水分布不均,导致春旱、秋旱时常发生,春旱影响春玉米适时播种和出苗全苗,秋旱影响秋玉米授粉灌浆,严重制约了玉米产量的提高^[22-23]。作者前期研究已对广西玉米品种开花期抗旱性进行了鉴定和评价^[24],最终鉴定出 5 个开花期抗旱性较强的品种。对玉米萌发期抗旱性特性也进行了初步研究,确定了模拟中度干旱胁迫的最适 PEG-6000 浓度为 15% 或 20%^[25]。因此,在此基础上,本研究以 12 个广西近几年新选育的玉米品种为供试材料,用 15% 浓度的 PEG-6000 溶液模拟干旱胁迫处理,测定种子的发芽势、发芽率、萌发指数、胚根长、胚芽长、胚根干质量、胚芽干质量和贮藏物质转运率等 8 个指标,计算各指标的抗旱系数,通过隶属函数法和主成分分析综合评价供试品种的抗旱性,为广西抗旱性玉米品种的选育提供参考。

收稿日期:2021-09-08

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFD0100105、2016YFD01011206-6);广西创新驱动发展专项资金项目(编号:桂科 AA17204064);广西农业科学院基本科研业务专项(编号:桂农科 2020YM89、桂农科 2021YT015)。

作者简介:邹成林(1982—),男,湖北钟祥人,硕士,副研究员,主要从事玉米遗传育种与栽培技术研究。E-mail:chenglin354822@163.com。

通信作者:杨 萌,硕士,助理研究员,主要从事玉米遗传育种与栽培技术研究。E-mail:baiyang1349@126.com。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2021 年 3 月在广西壮族自治区农业科学院进行。供试玉米品种 12 个,分别为桂单 663 (桂审玉 2020011 号)、兆玉 215 (桂审玉 2020090 号)、桂单 660 (桂审玉 2019088 号)、桂单 666 (桂审玉 2019015 号)、桂单 668 (桂审玉 2020004)、桂单 669 (桂审玉 2020012 号)、桂单 671 (桂审玉 2020081 号)、桂单 673 (桂审玉 2019092 号)、兆玉 200 (桂审玉 2019093 号)、桂单 203 (国审玉 20200464 号)、桂单 658 (桂审玉 2019011 号) 和桂单 662 (桂审玉 2019011 号),均由广西壮族自治区农业科学院玉米研究所选育及审定。

1.2 试验设计

每个品种选 30 粒种子,要求大小一致、均匀饱满,用 75% 乙醇浸泡种子 3 min 进行消毒,用灭菌蒸馏水冲洗 3 遍后将种子置于滤纸上吸干水分。将 3 张灭菌后的滤纸均匀放到尺寸为 11.5 cm × 11.5 cm × 5.0 cm 的发芽盒内,在发芽盒内加入 20 mL 浓度为 15% 的 PEG-6000 溶液进行干旱胁迫处理,加入 20 mL 蒸馏水作为对照处理。用镊子将种子均匀放到发芽盒内的滤纸上,每个品种干旱胁迫和对照处理均设 3 个重复。将放入种子的发芽盒置于人工气候箱,设置恒温 25 ℃、相对湿度 80%。以胚芽长出 2 mm 为发芽标准,每隔 24 h 记录 1 次,连续记录 8 次,并在第 9 天每个处理选取 10 株幼苗,测定胚根长、胚芽长、胚根干质量、胚芽干质量和剩余种子籽粒干质量。

1.3 测定指标及方法

发芽势 = (第 4 天种子发芽数/供试种子总数) × 100%;

发芽率 = (第 7 天种子发芽数/供试种子总数) × 100%;

萌发指数 = $1.00 \times nd_2 + 0.75 \times nd_4 + 0.50 \times nd_6 + 0.25 \times nd_8$ (其中 nd_2 、 nd_4 、 nd_6 、 nd_8 分别为第 2、4、6、8 天的种子发芽率);

贮藏物质转运率 = [(芽 + 根)干质量]/[(芽 + 根 + 子粒)干质量] × 100%;

抗旱系数 = 指标干旱测定值/指标对照测定值。

隶属函数法:用公式 $X_u = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 计算各指标在不同品种中的具体隶属函数值 (X_u)。式中: X 为不同品种某指标测定值的抗旱系

数; X_{\max} 和 X_{\min} 分别为所有品种该指标抗旱系数的最大值和最小值。然后根据各指标的变异系数 (CV) 占有指标变异系数之和的比例来确定各指标所占的权重系数,计算每个自交系的综合隶属函数 D 值,依据 D 值划分各自交系抗旱性强弱。将隶属函数 D 值评价抗旱性标准定为: D 值 ≥ 0.7 为抗旱性强品种, $0.4 \leq D$ 值 < 0.7 为抗旱性中等品种, D 值 < 0.4 为抗旱性弱品种。

1.4 数据处理与分析

为减少各品种间自身的差异,对各指标测定的值均采用抗旱系数,即干旱胁迫测定值与对照测定值之比来表示。采用 Excel 2007 整理数据、计算各项指标隶属函数值及综合隶属函数 D 值。用 DPS 16.05 统计分析软件进行方差分析、相关性分析、主成分和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同玉米品种萌发期各项指标的抗旱系数分析

由表 1 可知,不同玉米品种萌发期各萌发性状指标抗旱系数几乎均小于 1,说明在干旱胁迫下各性状指标均受到了不同程度的抑制。

发芽势方面,抗旱系数变化范围为 0.527 ~ 0.838,其中,最高的为桂单 662 和桂单 203,两者均达到了 0.838,与兆玉 215、桂单 666 和桂单 671 无显著性差异,显著高于其他品种;最低为桂单 668,与桂单 673、桂单 663、桂单 660 和桂单 658 无显著性差异,显著低于其他品种。发芽势决定着出苗的整齐程度,发芽势高,出苗整齐,苗生长一致。桂单 662、桂单 203、兆玉 215、桂单 666 和桂单 671 发芽势抗旱系数较高,其种子在干旱胁迫下仍然有较强的生命力。

发芽率方面,抗旱系数变化范围为 0.845 ~ 1.000,变化幅度较小,说明干旱胁迫对各品种发芽率的影响相对较小,其中桂单 203 的抗旱系数为 1.000,说明其在干旱胁迫下的发芽率与正常对照情况下的相当,具有较强的抗旱性;排在前列的桂单 203、桂单 671 和兆玉 215 等 8 个品种之间均无显著性差异。

萌发指数方面,抗旱系数变化范围为 0.617 ~ 0.915,兆玉 215 达到 0.915,显著高于其他品种;最低的为桂单 658,与桂单 668 和桂单 662 无显著差异,显著低于其他品种。种子萌发指数越高,其萌发能力越强。兆玉 215 萌发指数最高,说明其在干

旱胁迫下相比对照仍然具有较强的萌发能力,能很好地适应干旱环境。

胚根长方面,抗旱系数变化范围为 0.650 ~ 0.940,较高的为桂单 203、兆玉 215、兆玉 200、桂单 671 和桂单 662,它们之间无显著性差异;较低的为桂单 658、桂单 673 和桂单 668。根是玉米吸收水分的重要器官,干旱胁迫不同程度抑制了各品种对水分的吸收。

胚芽长方面,抗旱系数变化范围为 0.539 ~ 0.845,较高的为桂单 662、桂单 671、兆玉 215 和桂单 203,它们间无显著性差异;较低的为桂单 669、桂单 668、桂单 660、桂单 658 和桂单 673。干旱胁迫对根吸收水分的抑制,体现到了胚芽上,但胚根长与胚芽长在不同品种上反映并不一致,在伸长方面胚芽对干旱胁迫的反应相比胚根更敏感。

胚根干质量方面,抗旱系数变化范围为 0.582 ~ 0.891,较高的为桂单 671、桂单 662、兆玉 215、桂单

666 和桂单 203;较低的为桂单 658 和桂单 673。干旱胁迫抑制了胚根的生长发育,导致其质量降低,对干旱胁迫敏感的品种桂单 658 和桂单 673 降低较多。

胚芽干质量方面,抗旱系数变化范围为 0.575 ~ 0.932,较高的为兆玉 215、桂单 203、桂单 662、桂单 671 和桂单 669,它们间无显著性差异;较低的为桂单 668、桂单 658 和桂单 673。胚芽干质量和胚根干质量抗旱系数整体上差别不大,说明干旱胁迫对胚根和胚芽物质发育方面的影响相近。

贮藏物质转运率方面,抗旱系数变化范围为 0.611 ~ 0.905,兆玉 215 最高,与桂单 666 和桂单 671 无显著性差异,显著高于其他 9 个品种;最低的为桂单 663,与桂单 662、桂单 668、桂单 658 和桂单 673 无显著性差异。贮藏物质转运率可以反映各品种对种子内贮藏物质的利用速率、效率和体内能量供应的水平,兆玉 215 在干旱胁迫下对种子内物质仍有较高的利用。

表 1 不同玉米品种萌发期各项指标的抗旱系数

品种	抗旱系数							
	发芽势	发芽率	萌发指数	胚根长	胚芽长	胚根干质量	胚芽干质量	贮藏物质转运率
桂单 663	0.567de	0.845d	0.729cd	0.763cd	0.684bc	0.751cd	0.688ef	0.611g
兆玉 215	0.831a	0.978ab	0.915a	0.912a	0.771ab	0.856abc	0.932a	0.905a
桂单 660	0.551de	0.948abc	0.703cde	0.813bc	0.572d	0.729d	0.736de	0.775bcd
桂单 666	0.808ab	0.944abcd	0.832b	0.726def	0.715b	0.848abc	0.812bcd	0.856ab
桂单 668	0.527e	0.857cd	0.635ef	0.650f	0.585d	0.698de	0.657efg	0.672efg
桂单 669	0.701bc	0.895bcd	0.778bc	0.754cde	0.618cd	0.758bcd	0.847abc	0.745cde
桂单 671	0.744abc	0.989ab	0.820b	0.875ab	0.841a	0.891a	0.865ab	0.844abc
桂单 673	0.622cde	0.923abcd	0.713cde	0.679ef	0.539d	0.582e	0.575g	0.634fg
兆玉 200	0.658cd	0.944abcd	0.755bc	0.890ab	0.621cd	0.768bcd	0.748cde	0.736def
桂单 203	0.838a	1.000a	0.727cd	0.940a	0.768ab	0.791abcd	0.882ab	0.789bcd
桂单 658	0.535de	0.852cd	0.617f	0.698def	0.558d	0.609e	0.609fg	0.639fg
桂单 662	0.838a	0.967ab	0.651def	0.866ab	0.845a	0.875ab	0.875ab	0.706defg

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

2.2 不同玉米品种萌发期各性状指标抗旱系数间的相关性分析

将干旱胁迫下 8 个指标性状的抗旱系数利用双变量 Pearson 简单相关系数法进行相关性分析。由表 2 可知,各项指标抗旱系数间相关性均呈现正相关,除萌发指数与发芽率、胚根长和胚芽长无显著相关外,其他指标间的相关性均达到了显著或极显著水平。发芽势与胚芽干质量的相关系数最大,为 0.858;发芽率与胚根长、胚根长与发芽率相关系数互为最大,为 0.796;萌发指数与贮藏物质转运率、贮藏物质转运率与萌发指数相关系数互为最大,为

0.802;胚芽长与胚根干质量、胚根干质量与胚芽长相关系数互为最大,为 0.900;胚芽干质量与胚根干质量相关系数最大,为 0.897。

2.3 不同玉米品种萌发期各性状隶属函数值抗旱性评价

将 8 个指标抗旱系数通过公式换算成隶属函数值,根据各指标的变异系数占有所有指标变异系数之和的比例来确定各指标所占的权重系数,计算每个自交系的综合隶属函数 *D* 值,*D* 值越大,综合抗旱性越强。由表 3 隶属函数值评价结果可知,兆玉 215、桂单 671、桂单 203 和桂单 662 这 4 个品种的 *D*

表2 不同玉米品种萌发期各指标抗旱系数的相关性

指标	相关系数							
	发芽势	发芽率	萌发指数	胚根长	胚芽长	胚根干质量	胚芽干质量	贮藏物质转运率
发芽势	1.000							
发芽率	0.788 **	1.000						
萌发指数	0.578 *	0.512	1.000					
胚根长	0.661 *	0.796 **	0.444	1.000				
胚芽长	0.814 **	0.653 *	0.431	0.691 *	1.000			
胚根干质量	0.764 **	0.639 *	0.587 *	0.680 *	0.900 **	1.000		
胚芽干质量	0.858 **	0.727 **	0.626 *	0.777 **	0.819 **	0.897 **	1.000	
贮藏物质转运率	0.693 *	0.753 **	0.802 **	0.586 *	0.557 *	0.731 **	0.798 **	1.000

注：*、** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著相关。

表3 不同玉米品种萌发期抗旱系数隶属函数值抗旱性分类

品种	各指标隶属函数值								D 值	排名	抗旱类型
	发芽势	发芽率	萌发指数	胚根长	胚芽长	胚根干质量	胚芽干质量	贮藏物质转运率			
桂单 663	0.130	0.000	0.374	0.389	0.473	0.546	0.315	0.000	0.295	9	弱
兆玉 215	0.978	0.856	1.000	0.903	0.757	0.885	1.000	1.000	0.925	1	强
桂单 660	0.078	0.662	0.290	0.562	0.106	0.474	0.451	0.557	0.356	8	弱
桂单 666	0.904	0.636	0.721	0.260	0.574	0.861	0.663	0.834	0.694	5	中
桂单 668	0.000	0.076	0.062	0.000	0.148	0.375	0.228	0.209	0.139	10	弱
桂单 669	0.558	0.320	0.541	0.359	0.255	0.568	0.763	0.457	0.492	7	中
桂单 671	0.700	0.928	0.680	0.774	0.985	1.000	0.813	0.794	0.828	2	强
桂单 673	0.304	0.503	0.325	0.099	0.000	0.000	0.000	0.079	0.138	11	弱
兆玉 200	0.421	0.641	0.464	0.827	0.267	0.603	0.485	0.426	0.494	6	中
桂单 203	0.999	1.000	0.369	1.000	0.745	0.674	0.862	0.607	0.782	3	强
桂单 658	0.024	0.047	0.000	0.165	0.060	0.087	0.095	0.097	0.071	12	弱
桂单 662	1.000	0.785	0.114	0.745	1.000	0.948	0.842	0.323	0.748	4	强
变异系数	18.186	5.854	11.789	12.354	16.278	12.956	15.261	12.753			
权重系数	0.172	0.056	0.112	0.117	0.154	0.123	0.145	0.121			

值大于 0.7,属于抗旱性强的品种;桂单 666、兆玉 200 和桂单 669 3 个品种的 D 值大于 0.4 小于 0.7,属于抗旱性中等品种;桂单 660、桂单 663、桂单 668、桂单 673 和桂单 658 5 个品种,D 值小于 0.4,属于抗旱性弱的品种。

2.4 不同玉米品种萌发期抗旱性主成分分析

将本试验中 12 个玉米品种的 8 个指标所得抗旱系数经加权平均后进行主成分分析,所得结果如表 4、表 5。由表 4、表 5 可知,第 1 主成分的贡献率为 74.021%,其中胚芽干质量、胚根干质量和发芽势具有较高的载荷,分别为 0.391、0.372 和 0.370;第 2 主成分的贡献率为 10.154%,其中萌发指数和贮藏物质运转率具有较高的载荷,分别为 0.708 和 0.468。前 2 个主成分的累计贡献率达到 84.175%,

表4 各主成分的特征值和贡献率

主成分	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
1	5.922	74.021	74.021
2	0.812	10.154	84.175
3	0.536	6.703	90.879
4	0.304	3.798	94.677
5	0.208	2.595	97.272
6	0.149	1.864	99.136
7	0.044	0.552	99.689
8	0.025	0.311	100.000

两者足以代表变量绝大多数信息,符合主成分分析的要求。将变量发芽势、发芽率、萌发指数、胚根长、胚芽长、胚根干质量、胚芽干质量和贮藏物质转

运率分别设为 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 和 X_8 ，根据表 5 结果，得出主成分分析表达式：

$$Y_1 = 0.370X_1 + 0.351X_2 + 0.293X_3 + 0.338X_4 + 0.353X_5 + 0.372X_6 + 0.391X_7 + 0.352X_8;$$
$$Y_2 = -0.113X_1 - 0.060X_2 + 0.708X_3 - 0.284X_4 -$$

$$0.405X_5 - 0.126X_6 - 0.061X_7 + 0.468X_8。$$

根据各品种 Y_1 和 Y_2 的值，得到综合评价函数为：

$$Y = 0.740\ 21Y_1 + 0.101\ 54Y_2。$$

表 5 主成分特征向量矩阵

主成分	载荷							
	发芽势 (X_1)	发芽率 (X_2)	萌发指数 (X_3)	胚根长 (X_4)	胚芽长 (X_5)	胚根干质量 (X_6)	胚芽干质量 (X_7)	贮藏物质 转运率(X_8)
1	0.370	0.351	0.293	0.338	0.353	0.372	0.391	0.352
2	-0.113	-0.060	0.708	-0.284	-0.405	-0.126	-0.061	0.468

Y 值与抗旱性呈正相关， Y 值越大，抗旱性越强。由表 6 主成分分析 Y 值可知，12 个玉米品种萌发期抗旱性大小为兆玉 215 > 桂单 671 > 桂单 203 > 桂单 666 > 桂单 662 > 兆玉 200 > 桂单 669 > 桂单 660 > 桂单 663 > 桂单 673 > 桂单 668 > 桂单 658。

将不同玉米品种 Y 值通过 WPGWA 法进行聚类分析。由图 1 可知，12 个玉米品种分为 3 类，第 1 类含 5 个品种，为桂单 203、桂单 662、桂单 666、桂单 671 和兆玉 215，属于抗旱性强品种；第 2 类含 3 个品种，为兆玉 200、桂单 669 和桂单 660，属于抗旱性中等品种；第 3 类含 4 个品种，为桂单 658、桂单 673、桂单 668 和桂单 663，属于抗旱性弱品种。

表 6 不同玉米品种主成分 Y 值及抗旱性排序

品种	Y_1 值	Y_2 值	Y 值	抗旱性排序
桂单 663	-1.822	-0.417	-1.391	9
兆玉 215	3.532	1.157	2.732	1
桂单 660	-0.797	0.363	-0.553	8
桂单 666	1.537	1.114	1.251	4
桂单 668	-2.957	-0.072	-2.196	11
桂单 669	-0.128	0.654	-0.028	7
桂单 671	2.810	-0.010	2.079	2
桂单 673	-2.883	0.491	-2.084	10
兆玉 200	0.143	0.041	0.110	6
桂单 203	2.309	-0.932	1.614	3
桂单 658	-3.566	-0.287	-2.668	12
桂单 662	1.822	-2.103	1.135	5

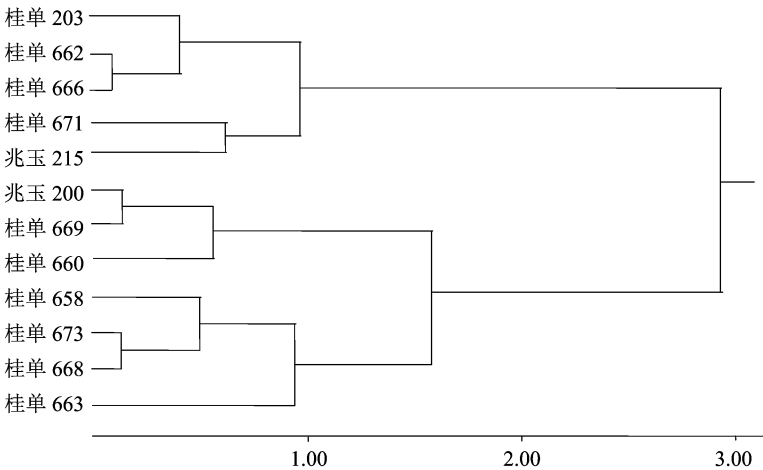


图1 玉米品种抗旱性聚类分析

3 讨论与结论

玉米的抗旱性属于数量遗传性状，且由多个微效基因控制，易受环境因素影响^[26]。通过单一指标对玉米抗旱性进行评价存在一定的局限性，需要多个指标来综合评价^[27]。陈波等研究认为，玉米种子

萌发期抗旱指标应以萌发抗旱指数为主，其他指标为辅^[17]。成锴等研究表明，抗旱能力的主要鉴定指标为发芽势、发芽率、发芽指数与耐旱萌发指数，间接抗旱鉴定指标为种子吸水率与胚根胚芽长、贮藏物质运转率^[28]。本研究在参考前人研究的基础上测定了 8 个玉米萌发特性指标，这些指标间多数存

在极显著或显著相关性,可用于评价各玉米品种的抗旱性。各指标在 PEG-6000 模拟干旱胁迫下与对照相比均有不同程度降低,说明干旱胁迫延缓了玉米种子的发芽时间,降低了发芽能力,限制了胚根、胚芽的生长发育,使贮藏物质运转率降低^[25]。由于品种之间内在特性的不同,为消除品种间的固有差异,本试验将各个指标均用干旱胁迫处理比上对照处理的相对值,即用抗旱系数来表达,这也是很多研究者普遍采用的方法^[29]。

玉米抗旱性较为复杂,除需要测定较多指标外,还需要综合利用不同的评价方法来判断。抗旱系数、抗旱指数、主成分分析、隶属函数法、聚类分析和灰色关联度分析等方法均可用于评价玉米品种的抗旱性^[30]。抗旱系数反映了该品种的稳产性,抗旱指数在考虑稳产性的基础上同时兼顾了一定的高产性^[31],但两者通常用在产量指标上较多。隶属函数法、主成分和聚类分析等在评价玉米综合抗旱性上效果较好,使用也较多,但这些方法基于的原理不同。为使结果准确并得到相互验证,本研究同时采用了隶属函数法和主成分分析对不同玉米品种进行抗旱性评价。2 种方法评价结果之间的相似性达到了 0.995 的极显著正相关,说明 2 种方法在评价玉米品种抗旱性上具有非常好的一致性。兆玉 215、桂单 671、桂单 203 和桂单 662 综合隶属函数 D 值分别为 0.925、0.828、0.782 和 0.748,均大于 0.7;主成分结合聚类分析中归为同一类型且 Y 值较高的为兆玉 215、桂单 671、桂单 203、桂单 666 和桂单 662, Y 值分别为 2.732、2.079、1.614、1.251 和 1.135。因此综合 2 种评价方法判断兆玉 215、桂单 671、桂单 203 和桂单 662 属于抗旱性强品种。

尽管本试验测定的萌发特性指标较多、较全面,并综合运用了隶属函数法和主成分分析来进行抗旱性评价,但测定的指标均为农艺性状,因此相应的评价结果仅体现了玉米品种在农艺性状方面的抗旱性,未涉及相关生理生化方面的抗旱性状。郭效龙等研究认为,脯氨酸(Pro)含量、丙二醛(MDA)含量和超氧化物歧化酶(SOD)活性均可作为鉴定自交系抗旱性的指标^[15]。鲁晓民等的研究表明,与正常水分处理相比,PEG 胁迫后,玉米自交系叶片相对含水量均呈下降趋势,但脯氨酸(Pro)含量、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性均呈升高趋势^[32]。可见干旱胁迫会导致玉米萌发期生理生化指标一系列的变化,因此本试验结

果能否全面代表各品种萌发期的抗旱性还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 彭云玲,李伟丽,王坤泽,等. NaCl 胁迫对玉米耐盐系与盐敏感系萌发和幼苗生长的影响[J]. 草业学报,2012,21(4):62-71.
- [2] 忽雪琦,李东阳,严加坤,等. 干旱胁迫下外源茉莉酸甲酯对玉米幼苗根系吸水的影响[J]. 植物生理学报,2018,54(6):991-998.
- [3] Chen F, Jia H C, Pan D H. Risk assessment of maize drought in China based on physical vulnerability[J]. Journal of Food Quality, 2019,2019:9392769.
- [4] Chaves M M, Maroco J P, Pereira J S. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant[J]. Functional Plant Biology, 2003,30(3):239-264.
- [5] 李运朝,王元东,崔彦宏,等. 玉米抗旱性鉴定研究进展[J]. 玉米科学,2004,12(1):63-68.
- [6] 山 崙. 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.
- [7] 安永平,强爱玲,张媛媛,等. 渗透胁迫下水稻种子萌发特性及抗旱性鉴定指标研究[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(4):421-426.
- [8] 张 凯,马兰英,马丽媛. 不同温度条件下模拟干旱胁迫对小麦种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(20):79-82.
- [9] 高小宽,高汝勇. 干旱胁迫对野大豆种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(9):328-329.
- [10] 呼凤兰,李泽英,王晓晶,等. 聚乙二醇模拟干旱胁迫对花生种子萌发的影响[J]. 种子,2017,36(5):29-31.
- [11] 蔡 鹏,蒋 馨,李跃进,等. 不同理化处理对托鲁巴姆种子萌发的影响[J]. 西南农业学报,2015,28(2):728-732.
- [12] 杨小英,许莹莹,赵美爱,等. 模拟干旱条件下玉米品种萌发期抗旱性评价[J]. 玉米科学,2019,27(6):25-30.
- [13] 姚玉波,于 莹,赵东升,等. 不同玉米自交系萌发期抗旱性鉴定[J]. 玉米科学,2020,28(1):79-85.
- [14] 赵 璞,温之雨,董文琦,等. PEG-6000 模拟干旱胁迫对 8 个玉米种质种子萌发及活力的影响[J]. 种子,2020,39(10):48-52.
- [15] 郭效龙,宋希云,裴玉贺,等. 玉米自交系萌发期和苗期抗旱性指标的筛选[J]. 植物生理学报,2018,54(11):1719-1726.
- [16] 康志钰,李 芬,邝 玲,等. 不同浓度 PEG 对玉米杂交种发芽特性的影响[J]. 西南农业学报,2013,26(5):1764-1768.
- [17] 陈 波,张 燕,蔡光泽,等. 攀西地区玉米地方品种萌芽期抗旱性研究[J]. 中国农学通报,2011,27(21):58-63.
- [18] 余贵海,起雪宏,王正启,等. 14 个玉米杂交种萌发期抗旱性评价[J]. 西南农业学报,2016,29(7):1499-1505.
- [19] 庄克章,胡晓君,吴荣华,等. 18 个玉米杂交种萌发期抗旱性评价[J]. 种子,2020,39(3):68-71,85.
- [20] 李晶晶,贾腾蛟,王丽艳,等. PEG 胁迫下玉米自交系萌芽期抗旱性鉴定与评价[J]. 东北农业科学,2021,46(4):6-10.
- [21] 文景茹,柯永培,余学杰,等. 20% PEG-6000 胁迫下 54 个玉米自交系苗期抗旱性评价[J]. 玉米科学,2021,29(1):46-53.

马军韬,张国民,张丽艳,等. 黑龙江省不同积温带水稻品种抗穗颈瘟能力分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(13):13-19.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.13.003

黑龙江省不同积温带水稻品种抗穗颈瘟能力分析

马军韬¹, 张国民¹, 张丽艳¹, 邓凌韦¹, 王永力¹, 高洪儒¹, 王南博¹, 宫秀杰²

(1. 黑龙江省农业科学院生物技术研究所,黑龙江哈尔滨 150028; 2. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所,黑龙江哈尔滨 150028)

摘要:为明确黑龙江省不同积温带水稻品种的抗穗颈瘟能力,以 69 份水稻品种为寄主,210 株稻瘟病菌菌株为接种体,按照积温带通过人工接种方式完成鉴定。结果显示,以抗性频率 80.00% 为阈值,共筛选到松 836、中科 804 等抗穗颈瘟品种 11 份。应用联合抗病性分析,共预测出中科 804 & 中科发 5 号、中科发 5 号 & 松 836 等 10 个组合适合搭配种植。以相似系数 0.70 为阈值,黑龙江省第一积温带、第二积温带和第三积温带及以上品种分别划分为 3、2、3 个抗性类群;各积温带抗性相似度最高的品种分别为中科 804 和中科发 5 号、绥粳 8 和龙粳 21、龙粳 3047 和龙粳 3407。

关键词:水稻品种;穗颈瘟;人工接种;抗性频率;联合抗病性

中图分类号: S435.111.4⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)13-0013-07

水稻稻瘟病是由稻瘟病菌 (*Magnaporthe oryzae*) 引起的一种世界性水稻病害^[1],也是黑龙江省的主要病害之一,严重制约着当地水稻生产。其中,穗颈瘟造成的产量损失最为直接和严重。2005 年、2006 年黑龙江省水稻稻瘟病大面积发生,其绝大部分损失是由穗颈瘟造成的^[2]。近年来,随着植保无人机技术的普遍推广及农民防病意识的提高,大规模、多频次的药剂防控措施得以实现,杀菌剂的使用量猛增,在控制住稻瘟病大流行的同时,也对环境造成了巨大污染,过度用药现象频繁,并不

是病害的最佳解决途径。综合研究表明,合理利用品种的自身抗性可以有效控制病害,且操作轻简、生态环保。而品种合理利用的前提条件则是对其抗穗颈瘟能力进行区域化精准鉴定。

关于水稻品种的抗稻瘟病鉴定,从鉴定类型来说,多数研究是进行的苗期叶瘟鉴定,如徐志健等的研究^[3-5]。少数研究进行的是成株期穗颈瘟鉴定,韩豪杰等于 2018—2019 年应用田间自然感病的鉴定方式分析了 24 个水稻品种在鄂西南 10 个地点的抗穗颈瘟情况,结果显示,24 个品种中,只有荣优华占 2 年在不同地点都没有发生穗颈瘟;只有荣优华占和中 9 优恩 66 2 年在不同地点的抗、感反应型表现一致^[6]。王小秋等应用注射接种混合菌株的鉴定方式分析了江苏省 158 份粳稻新品种/系的抗穗颈瘟情况,结果显示,158 份品种中,病级在 7 级

收稿日期:2021-08-18

基金项目:黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(编号:HNK2019CX14);国家重点研发计划(编号:2018YFD0200202-5)。

作者简介:马军韬(1979—),男,吉林东丰人,硕士,副研究员,主要从事水稻病害及抗病育种研究。E-mail:mmmjjt@163.com。

[22] 张述宽. 广西玉米育种目标及种质改良对策[J]. 广西农业科学,2004,35(2):108-110.

[23] 时成俏. 广西玉米生产发展历程、存在问题及对策[J]. 中国种业,2019(4):24-29.

[24] 邹成林,谭华,郑德波,等. 广西玉米品种开花期抗旱性鉴定与评价[J]. 干旱地区农业研究,2019,37(2):136-143.

[25] 邹成林,翟瑞宁,钦洁,等. 不同浓度 PEG 模拟干旱胁迫对玉米种子萌发特性的影响[J]. 玉米科学,2021,29(6):68-75.

[26] Zhao X Q, Peng Y L, Zhang J W, et al. Identification of QTLs and meta-QTLs for seven agronomic traits in multiple maize populations under well-watered and water-stressed conditions[J]. Crop Science, 2018, 58(2):507-520.

[27] Betrán F J, Beck D, Bänziger M, et al. Secondary traits in parental

inbreds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize[J]. Field Crops Research, 2003, 83(1):51-65.

[28] 成锴,苏晓慧,栗建枝,等. PEG-6000 胁迫下玉米品种萌发期抗旱性鉴定与评价[J]. 玉米科学,2017,25(5):85-90.

[29] 王艺陶,周宇飞,李丰先,等. 基于主成分和 SOM 聚类分析的高粱品种萌发期抗旱性鉴定与分类[J]. 作物学报,2014,40(1):110-121.

[30] 吴文荣. 玉米不同品种芽苗期抗旱性及指标的研究[D]. 北京:中国农业科学院,2008:12.

[31] 兰巨生,胡福顺,张景瑞. 作物抗旱指数的概念和统计方法[J]. 华北农学报,1990,5(2):20-25.

[32] 鲁晓民,曹丽茹,张新,等. PEG 胁迫下玉米自交系苗期抗旱性鉴定及评价[J]. 河南农业科学,2017,46(5):39-44.