

# PEG 模拟干旱胁迫对不同品种玉米萌发期的影响

许健<sup>1</sup> 于海林<sup>1</sup> 孙善文<sup>1</sup> 王俊强<sup>1</sup> 韩业辉<sup>1</sup> 于运凯<sup>1</sup> 周超<sup>1</sup> 兰宏宇<sup>1</sup> 丁昕颖<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院, 齐齐哈尔 161000; <sup>2</sup> 黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院, 齐齐哈尔 161002)

**摘要:**为探索玉米抗旱性生长机制,采用不同生态区的玉米品种,对玉米萌发期的抗旱特性进行测定和分析。结果表明,干旱胁迫降低了玉米种子的发芽率、发芽势,抑制了胚根和胚芽的生长以及干物质的积累,使贮藏物质转化率下降;3个玉米品种的抗旱性存在差异,由强到弱依次为嫩单23>绥玉23>合玉29;相关性分析得出,各个特性之间均呈正相关,其中发芽势与发芽率、贮藏物质转化率与胚芽长呈极显著正相关,发芽指数与贮藏物质转化率和胚芽长呈显著正相关。

**关键词:**玉米;抗旱性;指标;相关性分析

近年来玉米已成为黑龙江省第一大粮食作物,在粮食生产中占有举足轻重的地位<sup>[1]</sup>。黑龙江省农业生产主要是以“雨养农业”为主,玉米全生育期需水量较大,遇到干旱气候条件玉米产量受降雨影响明显<sup>[2]</sup>。玉米种子从萌发期至出苗期对水分变化较为敏感,水分不足将会抑制种子萌发,出苗延缓,破坏幼苗正常的生长发育所需的能量来源,导致成熟期产量严重下降<sup>[3]</sup>。黑龙江省地处中高纬度,气候变化对玉米产量影响较明显<sup>[4]</sup>。近些年,气候变化出现温度升高与降雨减少的现象,且未来有进一步加剧的趋势<sup>[5]</sup>。自然降水是限制黑龙江省玉米生产的主要因素,特别是黑龙江省西部半干旱地区,十年九春旱,播种期降雨量的多少严重影响玉米的生长及产量形成。聚乙二醇(PEG-6000)水溶液作为一种高渗溶液调节剂,可模拟田间干旱条件<sup>[6]</sup>,采用不同浓度的聚乙二醇溶液来模拟田间干旱胁迫<sup>[7]</sup>,进而分析不同生态区玉米品种对于干旱胁迫萌发特性的响应,研究玉米种子萌发抗旱性机制,旨在为抗旱栽培、节水灌溉及抗旱育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 玉米品种为嫩单23(黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院提供)、绥玉23(黑龙江省农业科学院绥化分院提供)和合玉29(黑龙江省农业科学院佳木斯分院提供),聚乙二醇(PEG-6000)由天津天泰精细化学品有限公司提供。

**1.2 试验方法** 本试验设置4个溶液梯度,分别为0(清水对照CK)、15%PEG-6000溶液(A1)、20%PEG-6000溶液(A2)、25%PEG-6000溶液(A3),3次重复,放置于25℃恒温培养箱中,进行种子萌发试验。人工挑选符合试验标准的玉米种子,1%次氯酸钠溶液浸泡10min进行消毒处理,再用蒸馏水冲洗1min,浸泡12h<sup>[8]</sup>。发芽床由2层滤纸铺在培养皿底部构成,选取50粒玉米种子均匀摆放在其底部,每天在同一时间更换滤纸和PEG-6000溶液,以确保种子萌发环境渗透势保持不变。

**1.3 测定指标** 定时观察并统计种子发芽数,萌发截止采取标准为连续4d不再有种子发芽。在第4天调查计算发芽势,第7天调查计算发芽率,在萌发截止后,取胚芽和胚根测量其长度,然后烘干并称量胚芽干重、胚根干重、籽粒干重,计算贮藏物质转化率。相对发芽势、相对发芽率、相对胚根长和相对胚芽长按照相对性状指标=PEG胁迫下各性状测定值/对照各性状测定值计算。种子萌发抗旱指数依照王学智等<sup>[8]</sup>和葛云侠等<sup>[9]</sup>的测算方法。

发芽势=(前4d内发芽的种子数/供试种子总数)×100%

发芽率=(发芽的种子数/供试种子总数)×100%

贮藏物质转化率=[(芽+根)干重量/(芽+根+籽粒)干重量]×100%

种子萌发抗旱指数(GDRI)=PEG胁迫下种子萌发指数(PIS)/对照种子萌发指数(PIC)×100%

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFD0300303)

通信作者:于海林

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

其中 PIS 为 PEG 胁迫下种子萌发指数, PIC 为对照种子萌发指数。nd2、nd4、nd6、nd8 分别为第 2 天、第 4 天、第 6 天、第 8 天种子的萌发率, 1.00、0.75、0.50 和 0.25 分别为相应萌发天数所对应的抗旱系数。

**1.4 数据分析** 试验数据采用 Excel 2010 和 DPS v7.05 版软件进行分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同浓度 PEG-6000 处理对玉米种子发芽势、发芽率、抗旱指数的影响** 发芽势是衡量供试种子的发芽快慢和整齐度的重要指标, 由表 1 可知, 随着 PEG 溶液干旱胁迫加重, 发芽势总体呈下降趋势, 不同玉米品种降低程度不同。在 A3 处理条件下, 绥玉 23 和合玉 29 发芽势已经降到 60% 以下, 说明重度胁迫条件下对其发芽势影响较大。由方差分析可知, 绥玉 23 和合玉 29 在 A1 处理下与 A2、A3 处理下发芽势差异显著, 说明这 2 个品种对高浓度干旱胁迫表现较为明显。嫩单 23 在不同浓度 PEG-6000 处理下发芽势均在 90% 以上, 说明该品种对干旱胁迫反应较小。

表 1 不同浓度 PEG-6000 处理对发芽势的影响

品种	发芽势(%)				相对值		
	CK	A1	A2	A3	A1	A2	A3
嫩单 23	99 ± 2a	95 ± 3a	94 ± 2a	90 ± 2a	96	95	91
绥玉 23	94 ± 3a	89 ± 3a	84 ± 2b	60 ± 4b	95	89	64
合玉 29	93 ± 2b	75 ± 4b	63 ± 5c	50 ± 5c	81	68	54

不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著; ± 前后的数据分别为平均数、标准差, 下同

由表 2 可知, 不同浓度 PEG-6000 处理条件下, 3 个品种发芽率表现较为一致, 均随着 PEG-6000 浓度的增大呈下降趋势。在 A1 处理条件下, 嫩单 23 和绥玉 23 影响较小, 合玉 29 降为 75%; 在 A3 处理条件下, 绥玉 23 发芽率降为 65%, 合玉 29 降为 53%, 只有嫩单 23 在各个处理下发芽率均在 90% 以上, 说明嫩单 23 耐旱性较强, 合玉 29 较为敏感, 绥玉 23 居中。由方差分析可知, 在各干旱胁迫处理下, 绥玉 23 和合玉 29 这 2 个品种与对照(CK)发芽率差异显著, 说明这 2 个品种受干旱胁迫

影响较大, 其中合玉 29 对干旱更敏感一些; 嫩单 23 差异不显著, 说明该品种受干旱胁迫影响不明显, 耐旱性较强。

表 2 不同浓度 PEG-6000 处理对发芽率的影响

品种	发芽率(%)				相对值		
	CK	A1	A2	A3	A1	A2	A3
嫩单 23	99 ± 2a	97 ± 2a	96 ± 1a	92 ± 2a	98	97	93
绥玉 23	95 ± 3a	92 ± 3b	86 ± 3b	65 ± 3b	97	91	68
合玉 29	96 ± 2a	75 ± 3b	65 ± 3b	53 ± 4c	78	68	55

萌发抗旱指数是种子萌发期抗旱性的重要指标<sup>[10]</sup>。由表 3 可知, 随着 PEG-6000 浓度加大, 萌发抗旱指数呈下降趋势。在 A1 处理下, 3 个品种萌发抗旱指数变化较小, 合玉 29 降为 86%, 其他 2 个品种均在 90% 以上, 说明嫩单 23 的抗旱性最强, 合玉 29 对干旱较为敏感。3 个品种的萌发抗旱指数大小顺序为嫩单 23 > 绥玉 23 > 合玉 29。

表 3 不同浓度 PEG-6000 处理对萌发抗旱指数的影响

品种	萌发指数				萌发抗旱指数(%)		
	CK	A1	A2	A3	A1	A2	A3
嫩单 23	1.21 ± 0.12a	1.20 ± 0.14a	1.19 ± 0.05a	1.15 ± 0.13a	99	98	95
绥玉 23	1.12 ± 0.14b	1.01 ± 0.54c	0.90 ± 0.10c	0.85 ± 0.13c	90	80	76
合玉 29	1.02 ± 0.05c	0.88 ± 0.05d	0.79 ± 0.07d	0.62 ± 0.06d	86	77	61

**2.2 不同浓度 PEG-6000 处理对胚芽、胚根长度以及贮藏物质转化率的影响** 由表 4 可知, 在不同浓度 PEG-6000 溶液处理下, 3 个品种贮藏物质转化率呈下降趋势, 降幅由大到小依次为合玉 29 > 绥玉 23 > 嫩单 23; 伤害率呈上升趋势。A3 处理条件下, 3 个品种伤害率均在 50% 以上, 说明重度胁迫抑制了玉米种子的分解代谢, 导致有效物质积累受阻, 生长受限。

表 4 不同浓度 PEG-6000 处理对玉米种子贮藏物质转运率的影响

品种	贮藏物质转运率(%)				伤害率(%)		
	CK	A1	A2	A3	A1	A2	A3
嫩单 23	13.6 ± 0.5a	12.2 ± 0.3a	10.2 ± 0.4a	6.1 ± 0.7a	10.29	25.00	55.15
绥玉 23	12.4 ± 0.6b	9.1 ± 0.8b	6.5 ± 0.3b	4.7 ± 0.2c	26.61	47.58	62.10
合玉 29	11.7 ± 0.5c	9.1 ± 0.6c	5.8 ± 0.4d	3.9 ± 0.5d	22.22	50.43	66.67

由表5可知,在不同浓度PEG-6000溶液影响下,3个玉米品种胚芽长均减小,伤害率增加,且在A3处理下,3个玉米品种胚芽长均小于1cm,说明该浓度下其生长受到严重抑制,绥玉23和合玉29与其他处理胚芽长度差异显著。在A1处理条件下,3个品种伤害率均低于40%,而在其他处理(A2和A3)条件下,伤害率均在60%以上,其中绥玉23和合玉29最高达到90%左右,说明不同程度的干旱胁迫对玉米种子胚芽生长影响较大。

表5 不同浓度PEG-6000处理对玉米种子胚芽生长的影响

品种	胚芽长(cm)				伤害率(%)		
	CK	A1	A2	A3	A1	A2	A3
嫩单23	3.9±0.9b	2.4±0.3b	1.2±0.2b	0.5±0.9b	38.46	69.23	87.18
绥玉23	4.4±0.8a	2.9±0.6b	0.9±0.5c	0.4±0.1d	34.09	79.55	90.91
合玉29	3.2±0.5c	2.1±0.7c	1.2±0.2c	0.3±0.2d	34.38	62.50	90.63

由表6可知,不同浓度PEG-6000溶液干旱胁迫对胚根长的影响与胚芽长相似,胚根长度均随着干旱胁迫程度的增加而降低,伤害率增加。其中嫩单23胚根长和伤害率受影响较小,且没达到显著水平,在重度干旱胁迫条件下,伤害率仍在50%以下;而绥玉23在各个处理下与CK均差异显著,合玉29在A2与A3处理下与CK达到显著差异。在A3处理条件下,绥玉23与合玉29伤害率均大于50%,说明嫩单23较耐旱,绥玉23与合玉29为干旱敏感型品种。

表6 不同浓度PEG-6000处理对玉米种子胚根生长的影响

品种	胚根长(cm)				伤害率(%)		
	CK	A1	A2	A3	A1	A2	A3
嫩单23	7.9±1.5a	6.7±1.0a	5.8±0.7a	4.2±1.8a	15.19	26.58	46.84
绥玉23	7.3±1.9a	5.8±1.2b	4.6±1.4b	3.1±0.5c	20.55	36.99	57.53
合玉29	6.5±1.7c	5.4±0.8c	3.2±1.2d	1.8±0.1d	16.92	50.77	72.31

**2.3 不同PEG-6000浓度下玉米种子的发芽势、发芽率等相关性分析** 由表7可知,不同PEG-6000浓度下,各性状均呈正相关。其中发芽势与发芽率呈极显著正相关,萌发指数与贮藏物质转化率、胚芽长呈显著正相关,贮藏物质转化率与胚芽长呈极显著正相关。

表7 不同浓度PEG-6000处理下玉米种子的

发芽势、发芽率等相关性分析

性状	发芽势	发芽率	萌发指数	贮藏物质转化率	胚芽长	胚根长
发芽势	1.000	1.000**	0.987	0.975	0.962	0.421
发芽率		1.000	0.976	0.947	0.924	0.402
萌发指数			1.000	0.988*	0.989*	0.614
贮藏物质转化率				1.000	1.000**	0.648
胚芽长					1.000	0.634
胚根长						1.000

\*\*代表相关性极显著,\*代表相关性显著

### 3 结论与讨论

种子萌发期是评价玉米初期生长抗旱性强弱的重要生育时期<sup>[10]</sup>,已有研究表明,不同程度干旱胁迫条件下,玉米叶片水分含量下降,导电率、脯氨酸、脱落酸(ABA)等物质增加,重度干旱胁迫导致玉米有毒物质丙二醛等积累,进而抑制玉米幼苗的正常生长<sup>[11]</sup>。本试验采用PEG-6000模拟干旱胁迫条件进行研究,与前人相关研究方法相同<sup>[12-13]</sup>。所选用的3个玉米品种为不同生态区选育品种,对这些品种的研究具有重要的代表性。结果表明,当PEG-6000溶液浓度为15%时,干旱胁迫对3个品种影响较小,随着PEG-6000溶液浓度增加,干旱胁迫降低玉米种子的发芽率、发芽势,抑制了胚根和胚芽的生长以及干物质的积累,使贮藏物质转化率下降。由相关性分析得出,发芽势与发芽率、贮藏物质转化率与胚芽长呈极显著正相关,萌发指数与贮藏物质转化率、胚芽长呈显著正相关。各指标测定结果表明,3个玉米品种抗旱性存在差异,嫩单23的抗旱性最强,合玉29对于干旱胁迫的抗性最弱。

### 参考文献

- [1] 许健,马宝新,刘海燕,孙善文,韩业辉,于运凯,周超,孙培元,于海林.玉米新品种嫩单22的选育.中国种业,2019(9):73-74
- [2] 付立新,杨剑飞,李春霞,龚士琛,苏俊,李国良,扈光辉,王明泉,任洪雷,胡少新,刘畅,梁虹.玉米新品种江单10的选育及丰产增效栽培技术要点.中国种业,2020(9):76-77
- [3] 徐明慧,关义新,马兴林,张宝石.玉米芽苗期抗旱性研究进展综述.玉米科学,2002,10(4):35-38
- [4] 马建勇,许吟隆.东北地区作物生长季干旱时空分布特征及其环境背景.中国农业气象,2013,34(1):81-87
- [5] 张淑杰,张玉书,孙龙戔,纪瑞鹏,蔡福,武晋雯,李广霞.东北地区

# 基于灰色关联度法的黄淮南片 小麦新品种综合评判

杜晓宇 李顺成 韩玉林 王丽娜 吕永军 李楠楠 邹少奎 张倩 黄峰

(河南省周口市农业科学院, 周口 466001)

**摘要:**为科学合理评价小麦新品种(系)品质情况,全面了解新品种的综合表现,本研究采用灰色关联度法分析 2019–2020 年度国家黄淮南片区试 16 个新品种的综合表现。结果表明,关联度排序与产量排序有部分差异,关联度较高的品种有漯河 68、涡麦 169 和周麦 37 号,综合表现与实际相符。7 个性状对产量影响的大小依次为:容重、千粒重、株高、全生育期、穗粒数、穗数、成穗率。灰色关联度法一定程度上补充了单一产量评价的不足,但受到权重赋值比例及品种适应性的制约,尚有优化空间,在未来的品种筛选及实际应用时,应结合实际进行评价指标优化和性状指标细化。

**关键词:**小麦新品种;灰色关联度法;产量影响因素

小麦是黄淮流域的主要粮食作物,近年来其产量和品质均得到稳步提升。小麦品质是由多重因素共同构成的,不同品种间性状有较大差异<sup>[1]</sup>。小麦新品种试验主要应用 DPS 等统计软件对产量进行方差分析和多重比较,对多个其他性状评价不够全面,分析过于直观,缺少联系。灰色系统理论可以充分利用全生育期、株高、容重、基本苗、产量等与品种表现有重要关系的性状进行分析,更全面地选择出综合农艺性状优良的品种,该分析方法在多种农作物和经济作物上均有应用<sup>[2–5]</sup>。本研究应用灰色关联度分析法,对小麦新品种的产量等多种性状进行综合分析,以期品种推广及育种改良提供参考<sup>[6–9]</sup>。

**基金项目:**国家重点研发计划(2017YFD0100700);河南省重大科技专项(181100110200);国家小麦产业技术体系(CARS-03-02-33)  
**通信作者:**韩玉林

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 采用 2019–2020 年度国家黄淮南片水地组区试早播 1 组的 18 个(含 2 个对照)小麦新品种(系):漯河 68、涡麦 169、周麦 37 号、中育 1686、丰工 38、富麦 701、泛育麦 20、阜麦 13、徽研 66、郑麦 162、安科 1604、郑麦 158、泛麦 26、隆平麦 3 号、周麦 18(CK1)、淮核 16132、郑大 171、百农 207(CK2)。

**1.2 试验方法** 试验于 2019–2020 年在辉县、洛阳、漯河、商丘、濮阳、新乡、荥阳、原阳、周口、阜阳、涡阳、新马桥、宿州、淮安、连云港、射阳、宿迁、徐州、宝鸡、富平、华阴、杨凌共 22 个试点进行。前茬大部分为玉米和大豆。田间试验采用随机区组设计,重复 3 次,小区面积 13.5m<sup>2</sup>。田间调查和室内考种按照国家黄淮南片区试方案统一进行,本研究所用的各性状数值均取 22 个区试点的平均值。

玉米生育期干旱分布特征及其成因分析. 中国农业气象, 2013, 34 (3): 350–357

[6] 吴晨, 葛锦, 张少斌. PEG 模拟干旱胁迫处理辽宁省主栽玉米品种的萌发特性. 贵州农业科学, 2017, 45 (2): 26–30

[7] 李鹏鹏, 张文辉. 干旱胁迫与不同储藏时间对杠柳种子萌发的影响. 植物研究, 2012, 32 (5): 567–572

[8] 王学智, 曹敏建, 蒋文春. 抗旱剂处理对玉米种子的萌发及苗期抗旱力的影响. 玉米科学, 2005, 13 (2): 84–89

[9] 葛云侠, 王建民, 王志斌. 氯化胆碱提高玉米幼苗抗旱性研究. 种子, 2009, 28 (8): 28–30

[10] Bouslama M. Stress tolerance in soybeans. Evaluation Crop Science, 1984, 24: 933–937

[11] 周巧玲, 徐庆国. PEG-6000 对不同黑麦草品种萌发期抗旱性的影响. 作物研究, 2014, 28 (2): 159–161

[12] 余贵海, 起雪宏, 王正启, 赵自仙, 杨久. 14 个玉米杂交种萌发期抗旱性评价. 西南农业学报, 2016, 29 (7): 1499–1505

[13] 江绪文, 李贺勤, 王晓琨, 张文健, 王建华. PEG-6000 模拟干旱胁迫对 5 个玉米品种种子萌发及活力的影响. 种子, 2015, 34 (5): 5–8

(收稿日期: 2020-10-21)