

谷子品种抗旱性评价

高汝勇¹, 时丽冉¹, 崔兴国¹, 李明哲^{2*}

(1. 衡水学院 生命科学系, 河北 衡水 053000; 2. 河北省农林科学院 旱作农业研究所, 河北 衡水 053000)

摘要: 为鉴定黑龙港地区 12 个谷子品种的抗旱性, 以 10%、15%、20% 3 种质量分数的聚乙二醇 (PEG)-6000 模拟干旱胁迫, 研究各品种的发芽率、发芽指数、根长、苗高、鲜质量、活力指数, 并用模糊隶属函数进行了综合评价。结果表明, 3 种质量分数的干旱胁迫对以上 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。10%、15%、20% PEG 3 种干旱胁迫处理对谷子种子发芽率的抑制率分别为 4%、11%、26%, 发芽指数抑制率分别为 12%、24%、44%, 根长抑制率分别为 21%、44%、61%, 苗高抑制率分别为 8%、19%、39%, 鲜质量抑制率分别为 22%、34%、51%, 活力指数抑制率分别为 31%、50%、73%。干旱胁迫主要影响谷子种子的发芽速率和幼苗的健壮程度。抗旱性评价结果表明, 赤谷 16 是强抗品种, 晋谷 31、冀谷 19、豫谷 1 号、晋谷 51、龙谷 27、晋谷 52、衡谷 0902、龙谷 11 属于较抗品种, 衡谷 10 号、长农 38 属于弱抗品种, 晋谷 46 属于不抗品种。

关键词: 谷子; 抗旱性; 种子萌发; 幼苗生长; 模糊隶属函数

中图分类号: S515 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)12-0028-05

Assessment of Drought Resistance of *Setaria italica* Varieties

GAO Ru-yong¹, SHI Li-ran¹, CUI Xing-guo¹, LI Ming-zhe^{2*}

(1. Department of Life Science, Hengshui University, Hengshui 053000, China;

2. Dry Land Farming Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Hengshui 053000, China)

Abstract: In order to study the drought resistance of 12 *Setaria italica* varieties in Heilonggang area, the germination percentage, germination index, and root length, shoot height, fresh weight, vigor index were measured under the simulated drought conditions with PEG-6000 (10%, 15% and 20%), and the ability of drought resistance was comprehensively evaluated using the fuzzy subordinate function. The results showed that the six indicators measured all declined in the three drought-stress treatments, and the inhibition effect was enhanced as the PEG concentration increased. With regard to the three drought treatments (10%, 15%, 20%), the inhibition rate was, respectively, 4%, 11% and 26% for germination percentage, 12%, 24% and 44% for germination index, 21%, 44% and 61% for root length, 8%, 19% and 39% for shoot height, 22%, 34% and 51% for fresh weight, and 31%, 50% and 73% for vigor index. The drought stress mainly influenced the germination rate and the robust degree of seedlings. Chigu16 was a high drought-resistant variety. Jingu31, Jigu19, Yugu 1, Jingu 51, Longgu 27, Jingu 52, Henggu 0902 and Longgu 11 belonged to medium drought-resistant varieties. Henggu 10 and Changnong 38 were weak drought-resistant varieties, while Jingu 46 was a drought-sensitive variety.

Key words: *Setaria italica*; drought resistance; seed germination; seedling growth; fuzzy subordinate function

收稿日期: 2013-06-18

基金项目: 河北省科学技术研究与发展计划项目 (12226309)

作者简介: 高汝勇 (1973-), 女, 河北枣强人, 副教授, 硕士, 主要从事遗传学及植物抗逆性研究。E-mail: gaoruyong@126.com

* 通讯作者: 李明哲 (1976-), 男, 河北饶阳人, 副研究员, 硕士, 主要从事谷子育种研究。E-mail: limingzhe1976@yahoo.com

谷子是我国北方的主要粮食作物之一,营养价值很高,每 100 g 小米中蛋白质含量 9.7 g,脂肪含量 1.7 g,碳水化合物含量 76.1 g,胡萝卜素含量达 0.12 mg,维生素 B1 含量位居所有粮食之首,还含有少量无机盐^[1]。因此,谷子是近年来兴起的世界性杂粮热的主要作物^[2]。另外,谷子抗旱耐瘠薄性强,适应性广,具有其他禾谷类作物所不具有的抗逆特性^[3]。黑龙港地区位于河北东部低平原区,是河北省重要的粮食产区。该区属于半干旱大陆性季风气候带,年均降水量 500~600 mm,比南北邻近地区少^[4],年均蒸发量 1 800~2 000 mm,地表水和地下水比较缺乏,是华北平原中最干旱的地区,也是我国较为缺水的地区之一^[5]。该区土壤盐碱化程度高,肥力和保蓄性差,土质贫瘠^[6]。因此,大力推广谷子种植是该区实现农业可持续发展的途径之一。实践证明,谷子品种的抗旱性有一定差异。有资料表明,当苗期土壤含水量降至 3%~4%时,降雨后不同品种幼苗存活率相差 2 倍以上,产量相差 1 倍^[7]。所以进行谷子品种抗旱性鉴定,筛选出适宜在黑龙港地区推广种植的抗旱性强的谷子品种具有重要意义。

1 材料和方法

1.1 材料

12 个谷子品种为豫谷 1 号、晋谷 31、晋谷 46、晋谷 51、晋谷 52、长农 38、冀谷 19、衡谷 0902、衡谷 10 号、龙谷 11、龙谷 27、赤谷 16,分别来自河南、山西、河北、黑龙江、内蒙古等地,由河北省农林科学院旱作农业研究所提供。

1.2 方法

干旱胁迫处理分别采用质量分数 10%、15%、20%的聚乙二醇(PEG)-6000 处理,以蒸馏水处理作为对照(CK)。

选取饱满的种子,用 1% HgCl_2 消毒 10 min,蒸馏水冲洗 3 次,置于培养皿中,每皿 100 粒。向培养皿中加入处理溶液 10 mL,3 次重复。于 25 °C 培养箱中进行培养。每天观察种子萌发情况,统计发芽种子数,8 d 后从各处理中随机挑选 10 株幼苗测量根长、苗高,称鲜质量,求平均值,并把鲜质量扩大 100 倍即折算成 100 株幼苗质量,以下所指鲜质量均指 100 株幼苗质量。

1.3 数据分析

统计发芽率、发芽指数、活力指数,并计算各性状指标的抑制率。发芽率=发芽种子数/种子总数 $\times 100\%$ 。发芽指数= $\sum(Gt/Dt)$, Gt 表示在第 t 天种子的发芽数, Dt 表示相应的发芽天数。活力指数

=发芽指数 \times 幼苗鲜质量。抑制率=(1-处理值/对照值) $\times 100\%$ 。

1.4 抗旱性综合评价

采用模糊数学中隶属法进行抗旱性综合评价。抗旱系数=胁迫处理值/对照值,抗旱指数=抗旱系数 \times 胁迫处理值/所有品种胁迫处理平均值。按照公式 $F_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$, 计算各品种每个指标在各种处理时的隶属值,其中 F_{ij} 为 i 品种 j 性状指标测定的具体隶属值, X_{ij} 为 i 品种 j 性状的抗旱指数值, $X_{j\min}$ 和 $X_{j\max}$ 分别为所有品种的 j 性状中抗旱指数值的最小值和最大值。求出各品种每个性状指标在所有处理下的平均值,计算各品种 6 个性状指标的平均值,即该品种的具体隶属度。隶属度按四级制划分标准:隶属度 >0.7 为强抗,定为 I 级;隶属度在 $0.7\sim0.4$ 为较抗,定为 II 级;隶属度在 $0.3\sim0.4$ 为弱抗,定为 III 级;隶属度 <0.3 为不抗或易感,定为 IV 级^[8]。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对谷子种子发芽的影响

在 PEG 质量分数为 10% 时,各品种的种子发芽率为 76%~96%,低于各自对照,与对照相比差异均不显著,抑制率在 1%~9%(表 1),平均值为 4%,因此 10% PEG 对谷子种子发芽率影响不大。10% PEG 处理发芽指数为 24.94~39.94,发芽指数抑制率为 0~24%,平均值为 12%,其中衡谷 10 号、冀谷 19、晋谷 52、龙谷 27 这 4 个品种发芽指数比各自对照下降显著(表 2)。当 PEG 质量分数为 15% 时,各品种种子发芽率为 69%~91%,均低于同品种 10% 质量分数处理,发芽率抑制率为 3%~23%,平均值为 11%,与对照相比,衡 0902、赤谷 16、晋谷 46、衡谷 10 号、冀谷 19、龙谷 27 这 6 个品种的发芽率下降达到显著水平。15% PEG 处理的发芽指数为 21.48~35.24,发芽指数抑制率为 6%~43%,平均值为 24%,其中衡谷 0902、豫谷 1 号、赤谷 16、龙谷 11、晋谷 46、衡谷 10 号、冀谷 19、晋谷 52、龙谷 27 这 9 个品种发芽指数比对照下降显著。当 PEG 质量分数为 20% 时,各品种种子发芽率为 44%~84%,与同品种的 15% PEG 处理相比,除豫谷 1 号、长农 38、冀谷 19 外其余品种种子发芽率急剧下降,发芽率抑制率为 10%~50%,平均值为 26%,除豫谷 1 号外,其余品种和对照的差异均达到显著水平。当 PEG 质量分数为 20% 时,发芽指数为 12.12~26.24,发芽指数抑制率为 11%~67%,平均值为 44%,除晋谷 31 外,其余品种 20% PEG

处理发芽指数均比对照显著降低。

对比发芽率抑制率和发芽指数抑制率,绝大多数品种的发芽指数抑制率大于发芽率抑制率,因此,干旱胁迫处理对谷子种子萌发的影响主要是影响发

芽速率和发芽的整齐程度。综合来看,赤谷 16、冀谷 19、晋谷 31、豫谷 1 号萌发较好,晋谷 46、衡谷 0902、衡谷 10 号、龙谷 27 表现较差,而晋谷 51、晋谷 52、长农 38、龙谷 11 表现中等。

表 1 干旱胁迫对谷子发芽率的影响

%

品种	各处理发芽率				各处理抑制率			
	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG
衡 0902	90a	84a	69b	52c	0	7	23	42
豫谷 1 号	93a	92a	86a	79a	0	1	8	15
赤谷 16	99a	96a	91b	81c	0	3	8	18
长农 38	79a	76a	69ab	57b	0	4	13	28
龙谷 11	89a	87a	81a	70b	0	2	9	21
晋谷 46	88a	82a	71b	44c	0	7	19	50
晋谷 51	90a	82a	79a	73b	0	9	12	19
衡谷 10 号	98a	94a	84b	66c	0	4	14	33
冀谷 19	93a	92a	87b	84b	0	1	6	10
晋谷 52	91a	87a	86a	69b	0	4	5	24
晋谷 31	80a	79a	78a	68b	0	1	3	15
龙谷 27	86a	80ab	75b	54c	0	7	13	37
平均	90	86	80	66	0	4	11	26

注:不同字母表示同一个品种在 4 种处理下的差异达到 0.05 显著水平,下同。

表 2 干旱胁迫对谷子发芽指数的影响

品种	各处理发芽指数				各处理抑制率/%			
	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG
衡谷 0902	35.96a	35.73a	24.98b	17.7c	0	1	31	51
豫谷 1 号	39.64a	34.46a	29.21b	22.00c	0	13	26	45
赤谷 16	39.74a	36.61ab	32.89b	26.24c	0	8	17	34
长农 38	32.79a	32.78a	28.25a	17.06b	0	0	14	48
龙谷 11	30.68a	28.59a	23.10b	18.20c	0	7	25	41
晋谷 46	36.64a	30.24a	25.84b	12.12c	0	17	29	67
晋谷 51	35.39a	27.72ab	27.69ab	20.69b	0	22	22	42
衡谷 10 号	37.38a	28.40b	21.48c	15.32d	0	24	43	59
冀谷 19	33.18a	29.05b	25.55c	21.05d	0	12	23	37
晋谷 52	34.44a	29.07b	26.68b	22.06c	0	16	23	36
晋谷 31	25.84a	24.94a	24.20a	22.94a	0	3	6	11
龙谷 27	48.11a	39.94b	35.24b	22.97c	0	17	27	52
平均	35.82	31.46	27.09	19.86	0	12	24	44

2.2 干旱胁迫对谷子幼苗生长的影响

10% PEG 处理时,谷子根长 4.0~7.0 cm,谷子根长抑制率 7%~48%,平均值为 21%,其中豫谷 1 号、长农 38、晋谷 46、晋谷 52、龙谷 27 的根长和对照差异显著(表 3);苗高 2.9~4.6 cm,苗高抑制率为 2%~16%,平均值为 8%,只有品种龙谷 11 苗高和对照差异显著(表 4)。当 PEG 质量分数提高到 15%时,根长为 2.6~5.3 cm,苗高 2.6~4.1 cm,根长抑制率为 30%~64%,平均值为 44%,所有品种根长均和对照差异显著;苗高抑制率 9%~33%,平均值为 19%,除赤谷 16、长农 38、冀谷 19 外其余 9 个品种苗高显著低于对照。PEG 质量分数为 20%时,根长最

小,1.8~4.1 cm,抑制率达 45%~78%,平均值高达 61%;苗高 1.7~3.3 cm,抑制率为 28%~55%,平均值 39%。因此,干旱胁迫对幼苗根长影响较大。

PEG 处理对幼苗鲜质量和活力指数的影响趋势同根长、苗高,即干旱胁迫抑制鲜质量和活力指数,随着 PEG 质量分数的增加,抑制作用也越明显(表 5、表 6)。3 种胁迫处理下,12 个品种的鲜质量抑制率分别为 22%、34%、51%,活力指数抑制率分别为 31%、50%、73%。在根长、苗高、鲜质量、活力指数 4 个指标中,活力指数的抑制率最大,因此,PEG 干旱胁迫对谷子幼苗生长的影响主要是抑制活力指数,即影响幼苗的健壮程度。

表 3 干旱胁迫对谷子根长的影响

品种	各处理根长/cm				各处理抑制率/%			
	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG
衡 0902	7.2a	6.3a	2.6b	1.8b	0	12	64	75
豫谷 1 号	4.7a	4.0b	2.8c	1.8d	0	15	40	62
赤谷 16	6.3a	5.3a	3.1b	2.6b	0	16	51	59
长农 38	6.9a	4.7b	3.6b	2.0c	0	32	48	71
龙谷 11	7.2a	5.6ab	4.6b	3.0b	0	22	36	58
晋谷 46	9.8a	5.1b	3.6bc	2.2c	0	48	63	78
晋谷 51	6.9a	6.4a	4.8b	3.8b	0	7	30	45
衡谷 10 号	5.5a	4.4ab	3.4b	2.4b	0	20	38	56
冀谷 19	5.8a	5.4a	3.8b	2.6b	0	7	34	55
晋谷 52	8.2a	5.9b	4.8b	4.1b	0	28	41	50
晋谷 31	8.0a	7.0a	5.3b	3.4c	0	13	34	58
龙谷 27	7.4a	5.5b	3.5c	3.0c	0	26	53	59
平均	7.0	5.5	3.8	2.7	0	21	44	61

表 4 干旱胁迫对谷子苗高的影响

品种	各处理苗高/cm				各处理抑制率/%			
	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG
衡 0902	4.8a	4.6 a	3.2 b	2.5 b	0	4	33	48
豫谷 1 号	3.3a	3.1ab	2.8b	1.9c	0	6	15	42
赤谷 16	4.3a	4.2a	3.7a	2.3b	0	2	14	47
长农 38	3.8a	3.2a	3.0a	1.7b	0	16	21	55
龙谷 11	3.6a	3.1b	3.1b	2.3c	0	14	14	36
晋谷 46	3.1a	2.9ab	2.6b	2.0c	0	6	16	35
晋谷 51	4.3a	3.8a	3.1b	2.3c	0	12	28	47
衡谷 10 号	4.1a	3.6a	3.2b	2.7b	0	12	22	34
冀谷 19	4.5a	4.4a	4.1a	3.1b	0	2	9	31
晋谷 52	3.7a	3.5a	2.7b	2.4b	0	5	27	35
晋谷 31	4.6a	4.2a	3.9b	3.3b	0	9	15	28
龙谷 27	4.2a	3.9ab	3.6b	2.8c	0	7	14	33
平均	4.0	3.7	3.3	2.4	0	8	19	39

表 5 干旱胁迫对谷子鲜质量的影响

品种	各处理鲜质量/g				各处理抑制率/%			
	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG
衡 0902	2.88a	2.02b	1.48c	1.25c	0	30	49	57
豫谷 1 号	1.67a	1.53ab	1.31b	0.98c	0	8	22	41
赤谷 16	2.27a	1.69b	1.51b	1.07c	0	26	33	53
长农 38	2.13a	1.64b	1.22c	0.99d	0	23	43	54
龙谷 11	2.24a	1.58b	1.44b	0.94c	0	29	36	58
晋谷 46	1.83a	1.37b	1.24b	0.93c	0	25	32	49
晋谷 51	2.04a	1.56b	1.44b	1.01c	0	24	29	50
衡谷 10 号	1.85a	1.54b	1.29b	0.90c	0	17	30	51
冀谷 19	1.69a	1.39a	1.26b	0.95c	0	18	25	44
晋谷 52	1.77a	1.40ab	1.28b	0.85c	0	21	28	52
晋谷 31	2.15a	1.64b	1.33b	1.15b	0	24	38	47
龙谷 27	2.17a	1.78b	1.23c	0.90d	0	18	43	59
平均	2.06	1.60	1.34	0.99	0	22	34	51

表 6 干旱胁迫对谷子活力指数的影响

品种	各处理活力指数				各处理抑制率/%			
	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG
衡 0902	103.53a	72.01b	36.90c	22.12d	0	30	64	79
豫谷 1 号	66.37a	52.83b	38.35c	21.37d	0	20	42	68
赤谷 16	91.25a	62.17b	49.50b	28.15b	0	32	46	69
长农 38	69.47a	53.85b	34.46c	16.96d	0	22	50	76
龙谷 11	79.52a	43.64b	39.85b	19.07c	0	45	50	76
晋谷 46	68.43a	38.90b	26.71c	14.24d	0	43	61	79

续表 6 干旱胁迫对谷子活力指数的影响

品种	各处理活力指数				各处理抑制率/%			
	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG	CK	10%PEG	15%PEG	20%PEG
晋谷 51	98.03a	62.28b	50.66c	23.41d	0	36	48	76
衡谷 10 号	68.19a	46.44b	33.41b	11.02c	0	32	51	84
冀谷 19	52.09a	39.88b	29.11c	17.08d	0	23	44	67
晋谷 52	58.62a	40.88b	32.50b	17.98c	0	30	45	69
晋谷 31	74.26a	50.31b	35.54c	25.42c	0	32	52	66
龙谷 27	56.13a	44.23b	29.59c	20.63d	0	21	47	63
平均	73.82	50.62	36.38	19.79	0	31	50	73

2.3 各品种的抗旱性综合评价

采用隶属函数法综合评价各品种抗旱性(表 7)。赤谷 16 的隶属度 >0.7 ,抗旱性最强,属于强抗品种;晋谷 31、冀谷 19、豫谷 1 号、晋谷 51、龙谷 27、

晋谷 52、衡谷 0902、龙谷 11 的隶属度在 $0.4\sim 0.7$,属于较抗品种;衡谷 10 号、长农 38 的隶属度在 $0.3\sim 0.4$,属于弱抗品种;晋谷 46 隶属度 <0.3 ,为不抗品种。

表 7 谷子抗旱性的综合评价

品种	指标隶属值						品种隶属度
	发芽率	发芽指数	活力指数	根长	苗高	鲜质量	
赤谷 16	0.94	0.89	0.91	0.44	0.61	0.66	0.74
晋谷 31	0.55	0.62	0.61	0.88	0.81	0.63	0.68
冀谷 19	0.94	0.44	0.40	0.67	0.96	0.56	0.66
豫谷 1 号	0.87	0.57	0.72	0.34	0.21	0.90	0.60
晋谷 51	0.43	0.37	0.71	0.97	0.31	0.62	0.57
龙谷 27	0.23	0.72	0.53	0.42	0.64	0.32	0.48
晋谷 52	0.66	0.46	0.41	0.71	0.29	0.34	0.48
衡谷 0902	0.14	0.54	0.53	0.31	0.46	0.58	0.43
龙谷 11	0.63	0.37	0.35	0.61	0.27	0.31	0.42
衡谷 10 号	0.63	0.05	0.23	0.46	0.44	0.48	0.38
长农 38	0.20	0.63	0.48	0.25	0.09	0.30	0.33
晋谷 46	0.11	0.21	0.06	0.05	0.15	0.30	0.14

3 结论与讨论

大量研究结果表明,在进行抗旱性研究时,可以利用高渗溶液进行干旱模拟来代替土壤水分胁迫处理。种子萌发也是抗旱性研究的一项重要内容。因此,本研究采用 PEG-6000 高渗溶液来处理谷子种子,对其造成生理干旱,从而测定谷子的发芽率、发芽指数、根长、苗高、鲜质量、活力指数 6 个指标,用来评价谷子品种的抗旱性,筛选抗性强的品种。研究结果表明,干旱胁迫抑制种子萌发和幼苗生长,且随着 PEG 处理质量分数的升高,抑制作用增强。并且干旱胁迫对各指标的影响程度不同,抑制作用的顺序为活力指数 $>$ 根长 $>$ 鲜质量 $>$ 发芽指数 $>$ 苗高 $>$ 发芽率,因此,干旱胁迫主要使谷子的发芽速率降低、出苗不齐、根系生长缓慢、幼苗纤弱。由于作物抗旱节水性是复杂的数量性状,既受多基因遗传控制,又与外界环境条件变化息息相关^[9],所以单用个别指标难以全面反映品种的抗性水平,因此,本试验采用模糊隶属函数进行综合评价,结果表明,大部分品种属于较抗品种,少数品种抗旱性差。河北省是谷子生产大省,而黑龙港地区又是主要的生产基地,因此,在黑龙

港地区,可以大力推广赤谷 16、晋谷 31、冀谷 19、豫谷 1 号、晋谷 51、龙谷 27、晋谷 52、衡谷 0902、龙谷 11 等品种,这对于黑龙港地区谷子的增产具有重要意义,同时大力推广谷子这种低耗水、高效益的作物也是应对黑龙港地区水资源缺乏的最有效途径。

参考文献:

- [1] 张敏,刘辉.基于主成分分析法的小米食用品质评价模型的建立[J].东北农业大学学报,2011,42(8):7-12.
- [2] 程黔.我国杂粮产业发展现状及对策[J].粮食与食品工业,2008,15(4):1-5,8.
- [3] 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.
- [4] 王道龙,韩湘玲.黑龙港易旱地区不同作物的水分生态适应性研究[J].农业气象,1986(2):11,19-23.
- [5] 李明哲,郝洪波,谢楠,等.黑龙港地区谷一草一年两作种植模式的可行性研究[J].河北农业科学,2010(12):5-7.
- [6] 王滨.黑龙港地区水土资源综合质量评价与耦合协调关系研究[D].北京:中国地质科学院,2011.
- [7] 李荫梅.谷子育种学[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [8] 祁娟,徐柱,王海清,等.披碱草与老芒麦苗期抗旱性综合评价[J].草地学报,2009,17(1):36-42.
- [9] 景蕊莲.作物抗旱节水研究进展[J].中国农业科技导报,2007,9(1):1-5.