

以活力抗旱指数作为玉米萌芽期 抗旱性评价指标的初探

张 健^{1,2}, 池宝亮², 黄学芳², 张冬梅^{1,2}, 郭志华¹

(1. 山西大学 生物工程学院, 山西 太原 030031; 2. 山西省农业科学院旱地农业研究中心, 山西 太原 030031)

摘要: 首次提出了活力抗旱指数, 并以此为指标, 在 PEG 人工模拟水分胁迫的条件下, 对 18 个不同的玉米品种进行抗旱性研究。结果表明: 活力抗旱指数和常用的萌发抗旱指数有很高的相关性, 且能更好的反映不同品种幼苗水分胁迫下的差别, 可以作为玉米萌发阶段抗旱性鉴定的筛选方法。

关键词: 玉米; 水分胁迫; 萌芽期; 活力抗旱指数; 萌发抗旱指数

中图分类号: S513.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)01-0022-04

Primary Study on the Vigour Index of Drought Resistance as the Appraise Index in Corn Germination Stage

ZHANG Jian^{1,2}, CHI Bao-liang², HUANG Xue-fang², ZHANG Dong-mei^{1,2}, GUO Zhi-hua¹

(1. Department of Bioengineering, Shanxi University, Taiyuan 030031, China;

2. Dryland Farming Research Centre, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

Abstract: Vigor index of drought resistance which was used as the index in this study was put forward firstly. Drought resistance of eighteen maize varieties was conducted through adopting PEG solution simulating soil drought treatment. The results showed that: There was a significant correlation between the vigor index of drought resistance and sprout index of drought resistance. The vigor index of drought resistance could better reflect the differences among different maize seedling varieties under water stress and could be used as a filtrating method appraising drought resistance in maize germination stage.

Key words: Maize; Water stress; Germination stage; Vigor index of drought resisting; Sprout index of drought resisting

玉米不同品种对土壤和大气干旱条件所具有的适应性和抵御能力是不同的, 它们在形态结构特征、生理生化特性、生长发育等方面, 形成了一系列抗御干旱的机制和对逆境的适应反应, 研究这些反应并寻找其中重要指标, 无疑是抗旱育种鉴定和筛选耐旱品种的前提。而对玉米萌芽期抗旱性的鉴定方法和指标的研究仅有零星的报道^[1-3]。Bouslama^[4]等根据种子在高渗溶液或在不同渗透势的土壤中的发芽势和发芽率来评价萌发期的抗旱性, 并提出了用种子萌发抗旱指数来反映种子在高渗溶液中的发芽势和发芽率, 认为种子萌发抗旱指数是评价种子萌芽期抗旱性的可靠指标。大量研究结果也表明, 用高渗溶液进行干旱模拟可代替土壤水分胁迫处理获

得比较可靠的结果。发芽率、发芽势、渗透胁迫下的苗、根长和干重的伤害率及贮藏物质运转率均与萌发抗旱指数有较强的相关性^[5,6]。

种子发芽势、发芽率是指种子在适宜条件下, 在规定时间内发芽量以百分比表示的发芽指标, 常与田间成苗率有一定的差异。由于其不能代表种子的真正活力, 故种子的健壮度需要由种子活力来加以说明, 因此, 萌发出苗期抗旱性以水分胁迫下种子活力大小来评价更为科学^[7]。为了反映种子萌发抗旱指数与种子活力的关系, 本研究用种子活力抗旱指数进行评价。幼苗的根、苗的平均长或干鲜质量均可反映幼苗的活力。考虑到幼苗长测量简便, 与种子萌发特性、根系吸水能力以及品种抗旱性都

收稿日期: 2006-10-16

基金项目: 山西省“十一五”科技攻关重大专项(2006031040-1)

作者简介: 张 健(1982-), 男, 河南新乡人, 在读硕士, 主要从事水土资源管理与荒漠化防治研究工作

通讯作者: 池宝亮(1956-), 男, 山西定襄人, 博士, 研究员, 主要从事节水农业和土壤退化防治研究工作。

有密切关系,并且会影响到幼苗的破土能力,在实际生产应用中有较大的价值,故本研究选择其作为活力标准。

本试验用聚乙二醇(PEG-6000)配制的高渗溶液模拟干旱胁迫条件,初步研究了胁迫条件下不同杂交玉米品种活力抗旱指数与萌芽期抗旱性的关系,以进一步探讨活力抗旱指数作为萌发期抗旱性鉴定指标的可行性。

1 材料和方法

1.1 试验材料

植物材料选用山西省新近育成和经常使用的18个玉米杂交种:晋单42号、品玉3号、晋玉811、农大108、先锋3号、强盛9号、沈玉18号、中玉9号、东单60号、农大84号、富友一号、大丰2号、鲁单6006、屯玉38、三北6号、晋单48、濮单4号、旱玉5号。

渗透试剂选用PEG-6000(化学纯,平均分子量6000~8000,天津天泰精细化学品有限公司从日本进口分装),模拟水分胁迫。

1.2 试验处理

配制PEG-6000胁迫溶液,浓度为178 g/kg,渗透势为-0.4 MPa。对PEG溶液的水势计算采用Michel^[8]等1983年推导的经验公式: $\phi_{\text{PEG}} = 1.29 [\text{PEG}]^2 T - 140 [\text{PEG}]^2 - 4 [\text{PEG}]$,式中 ϕ_{PEG} 为PEG溶液的水势,单位为bar;[PEG]为PEG浓度,单位为g/g(H₂O);T为温度,单位为℃。

种子水分胁迫萌发根据《国际种子检验规程》^[9]进行种子萌发试验。在9 cm培养皿内铺2层滤纸作为发芽床,选取18个品种的均匀饱满种子,经称重、消毒(70%乙醇溶液浸泡2 min后洗净)分别摆放于滤纸上,种子间距离为粒长的1~2倍,分别注入20 mL胁迫溶液或去离子水,以去离子水作为对照。控温范围25~30℃,每品种共2组,每组各设3个重复。培养皿外用纸盒遮光,每天补充适量蒸馏水,以保持渗透势不变。

1.3 测定方法

用于萌芽期抗旱性鉴定的种子,调查发芽数每隔2 d 1次(以胚根长2 mm为发芽标准),直至第8天。在第4天调查发芽势,第7天调查发芽率,第8天剪下胚芽、胚根,测量胚芽长(在每个培养皿中随机抽取10粒测量,求平均值),把各部分分别用滤纸包好,置于105℃烘箱中杀青5 min后于70℃恒温烘干称质量。

种子萌发抗旱指数= 水分胁迫下种子萌发指数

(PIS)/对照种子萌发指数(PIC)。

$$\text{PI} = (1.00) \text{nd}_2 + (0.75) \text{nd}_4 + (0.50) \text{nd}_6 + (0.25) \text{nd}_8$$

nd₂, nd₄, nd₆, nd₈分别为第2, 4, 6, 8天的种子萌发率。

种子活力抗旱指数= 水分胁迫下种子活力指数(VIS)/对照种子活力指数(VIC)。

活力指数VI= PI × S_x。其中S_x为第8天芽平均长度。

相对发芽率= (处理发芽率/对照发芽率) × 100%。

相对发芽势= (处理发芽势/对照发芽势) × 100%。

伤害率= [(CK- T)/CK] × 100%。(CK为对照值, T为处理值)。

贮藏物质运转率= [(芽+ 根)干质量/(芽+ 根+ 子粒)干质量] × 100%。

1.4 数据分析

采用Spss13.0统计软件进行有关参数相关性分析。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对萌发抗旱指数和活力抗旱指数的影响

表1表明,不同杂交种间的萌发抗旱指数差异显著,在0.864 1和0.143 7之间变动,先锋3号的萌发抗旱指数最高,说明具有较强的抗旱性,东单60号、品玉3号、农大108号的抗旱性较强,而富友一号较弱,表明不抗旱。活力抗旱指数差异较萌发抗旱指数更显著,在0.657 7和0.008 0之间变动且与萌发抗旱指数有较显著的相关性($r = 0.794^{**}$)。其中,先锋3号活力抗旱指数最高,农大108号为第2位,说明其渗透胁迫下幼苗长势较好,这从苗长及苗干重上也可很好地反映出来。活力抗旱指数可以更好地反映出品种抗旱性和品种萌发特性,但萌芽期抗旱性较差品种的活力抗旱指数的值都较低,差别较小,不宜作为这些品种之间抗旱性评价的主指标。

2.2 水分胁迫对发芽势、发芽率的影响

水分胁迫对各杂交种的萌发产生了明显的影响。从表1可看出,随着萌发抗旱指数的下降,供试品种的相对发芽势和相对发芽率显著降低。但对发芽势的影响大于发芽率,说明干旱胁迫对种子萌发初期的影响更大。各品种相对发芽势和相对发芽率与萌发抗旱指数和活力抗旱指数之间具有较好的一致性。

表 1 水分胁迫下各个品种的相对发芽势、相对发芽率、活力抗旱指数和萌发抗旱指数

Tab.1 Germination vigor, germination rate, vigor index and sprout index of drought resisting of different maize varieties under water stress

品种 Variety	相对发芽势/ % Germination vigor	相对发芽率/ % Germination rate	活力抗旱指数 VIS/ VIC	萌发抗旱指数 PIS/ PIC
先锋 3 号 Xianfeng 3	71. 43	100. 00	0. 657 7	0. 864 1
东单 60 号 Dongdan 60	92. 11	85. 96	0. 240 2	0. 789 2
品玉 3 号 Pinyu 3	52. 27	88. 33	0. 277 2	0. 711 8
农大 108 号 Nongda 108	59. 18	96. 61	0. 436 3	0. 711 3
沈玉 18 号 Shenyu 18	70. 00	92. 98	0. 209 5	0. 689 2
三北 6 号 Sanbei 6	69. 44	75. 93	0. 112 2	0. 663 2
晋单 42 号 Jindan 42	65. 00	89. 66	0. 192 8	0. 661 7
中玉 9 号 Zhongyu 9	48. 28	95. 00	0. 155 0	0. 629 8
鲁单 6006 Ludan 6006	71. 43	65. 52	0. 251 5	0. 605 5
强盛 9 号 Qiangsheng 9	38. 64	73. 68	0. 126 5	0. 457 7
屯玉 38 Tunyu 38	35. 85	78. 33	0. 084 7	0. 456 9
晋玉 811 号 Jinyu 811	40. 48	68. 42	0. 083 5	0. 425 9
濮单 4 号 Pudan 4	26. 83	64. 91	0. 081 6	0. 407 8
大丰 2 号 Dafeng 2	51. 79	66. 10	0. 054 4	0. 400 0
旱玉 5 号 Hanyu 5	43. 48	40. 35	0. 061 6	0. 366 7
农大 84 号 Nongda 84	30. 56	25. 93	0. 047 4	0. 209 8
晋单 48 号 Jindan 48	17. 07	25. 00	0. 041 1	0. 197 4
富友一号 Fuyou 1	6. 90	21. 15	0. 008 0	0. 143 7

2.3 水分胁迫对幼苗生长及贮藏物质运转率的影响

表 2 表明, 水分胁迫对萌发后幼苗生长及贮藏物质运转率均产生不同程度的影响。在水分胁迫

下, 胚芽长和干质量均有所降低, 并与抗旱指数有较强的相关性。抗旱指数高的杂交种的幼苗生长及贮藏物质运转率受到的影响明显低于萌发抗旱指数低的组合。

表 2 水分胁迫对幼苗生长及贮藏物质运转率的影响

Tab. 2 The effect of water stress on seedling growth and transformation rate of stored substance

品种 Variety	苗长/ cm Length of seedling			胚芽干质量/ g Dry weight of seedling			贮藏物质运转率/ % Transformation rate		
	CK	T	伤害率/ % Damage rate	CK	T	伤害率/ % Damage rate	CK	T	伤害率/ % Damage rate
先锋 3 号 Xianfeng 3	18. 0	13. 7	23. 89	0. 65	0. 63	3. 08	58. 33	44. 13	24. 35
东单 60 号 Dongdan 60	13. 8	4. 2	69. 57	0. 60	0. 24	60. 00	38. 30	13. 51	64. 71
品玉 3 号 Pinyu 3	11. 3	4. 4	61. 06	0. 44	0. 17	61. 36	34. 35	11. 15	67. 54
农大 108 Nongda108	12. 8	7. 9	38. 67	0. 35	0. 29	17. 14	38. 22	21. 28	44. 33
沈玉 18 Shenyu 18	12. 5	3. 8	69. 60	0. 51	0. 23	54. 90	43. 46	18. 78	56. 79
三北 6 Sanbei 6	13. 0	2. 2	83. 08	0. 45	0. 12	73. 33	32. 94	9. 73	70. 47
晋单 42 号 Jindan 42	8. 8	2. 6	70. 86	0. 43	0. 17	60. 47	26. 79	15. 23	43. 13
中玉 9 号 Zhongyu 9	13. 0	3. 2	75. 38	0. 56	0. 19	66. 07	45. 70	16. 26	64. 42
鲁单 6006 Ludan	12. 4	5. 2	58. 47	0. 38	0. 20	47. 37	28. 10	16. 67	40. 69
强盛 9 Qiangsheng 9	12. 3	3. 4	72. 36	0. 56	0. 21	62. 50	35. 61	15. 09	57. 63
屯玉 38 Tunyu 38	17. 8	3. 3	81. 46	0. 52	0. 19	63. 46	41. 34	12. 77	69. 12
晋玉 811 Jinyu 811	14. 8	2. 9	80. 41	0. 54	0. 15	72. 22	40. 65	9. 42	76. 83
濮单 4 号 Pudan 4	13. 0	2. 6	80. 00	0. 55	0. 15	72. 73	39. 78	11. 29	71. 63
大丰 2 号 Dafeng 2	10. 3	1. 4	86. 41	0. 53	0. 10	81. 13	38. 87	6. 60	83. 03
旱玉 5 号 Hanyu 5	11. 9	2. 0	83. 19	0. 47	0. 08	82. 98	33. 20	4. 33	86. 95
农大 84 号 Nongda 84	7. 3	1. 7	77. 40	0. 29	0. 06	79. 31	19. 34	4. 91	74. 60
晋单 48 号 Jindan 48	9. 6	2. 0	79. 17	0. 39	0. 11	71. 79	31. 54	7. 67	75. 69
富友一号 Fuyou 1	15. 2	0. 9	94. 41	0. 44	0. 03	93. 18	39. 56	2. 53	93. 61

2.4 水分胁迫对幼苗发根力的影响

根系参数与不同玉米品种抗旱性的关系密切^[10]。从表 3 可看出, 水分胁迫对各杂交种的发根力产生了明显的影响。在水分胁迫下, 胚根长和干质量均有所降低, 并与抗旱指数之间具有较好的相关性。

2.5 水分胁迫下活力抗旱指数、萌发抗旱指数和其

他抗旱性状的相关性分析

表 4 结果表明, 除萌发抗旱指数与根长及其伤害率为显著负相关外, 活力抗旱指数、萌发抗旱指数与抗旱性的其他指标均为极显著相关。活力抗旱指数在苗性状、发根力、运转率上的相关系数高于萌发抗旱指数。萌发抗旱指数在相对发芽势、相对发芽率的相关性上高于活力抗旱指数。

表 3 水分胁迫对幼苗发根力的影响

Tab. 3 The effect of water stress on rooting capacity

品种 Variety	胚根干质量/g Dry weight of root		根长/cm Length of root			
	CK	T	伤害率/% Damage rate	CK	T	伤害率/% Damage rate
先锋 3 Xianfeng 3	0.47	0.46	2.13	105.5	87.0	17.54
东单 60 号 Dongdan 60	0.30	0.11	63.33	36.7	13.4	63.49
品玉 3 号 Pinyu 3	0.46	0.15	67.39	55.9	14.6	73.88
农大 108 号 Nongda 108	0.38	0.21	44.74	28.0	23.1	17.50
沈玉 18 号 Shenyu 18	0.32	0.20	37.50	35.5	16.9	52.39
三北 6 号 Sanbei 6	0.39	0.20	48.72	27.0	13.0	51.85
晋单 42 号 Jindan 42	0.32	0.29	9.38	29.4	10.4	64.63
中玉 9 号 Zhongyu 9	0.45	0.21	53.33	56.8	22.8	59.86
鲁单 6006 Ludan 6006	0.39	0.26	33.33	33.2	26.5	20.18
强盛 9 号 Qiangsheng 9	0.38	0.22	42.11	67.7	25.4	62.48
屯玉 38 Tunyu 38	0.53	0.17	67.92	56.2	14.3	74.56
晋玉 811 号 Jinyu 811	0.59	0.19	67.80	55.5	15.2	72.61
濮单 4 号 Pudan 4	0.56	0.21	62.50	30.0	16.8	44.00
大丰 2 号 Dafeng 2	0.50	0.09	82.00	39.5	6.8	82.78
旱玉 5 号 Hanyu 5	0.36	0.05	86.11	21.8	5.1	76.61
农大 84 号 Nongda 84	0.24	0.08	66.67	27.0	8.0	70.37
晋单 48 号 Jindan 48	0.43	0.11	74.42	24.1	9.1	62.24
富友一号 Fuyou 1	0.45	0.04	91.11	31.5	3.5	88.89

表 4 水分胁迫下活力抗旱指数 萌发抗旱指数和
其他抗旱性状的相关性分析

Tab. 4 Corrdation analysis of vigor index and sprout index
of drought resisting under water stress

抗旱指标 Index of drought resisting	活力抗旱指数 Vigor index	萌发抗旱指数 Sprout index
相对发芽势 Germination vigor	0.609**	0.886**
相对发芽率 Germination rate	0.676**	0.919**
苗长(CK) Length of seedling	0.966**	0.697**
苗长伤害率 Damage rate of length of seedling	- 0.973**	- 0.706**
胚根干质量(CK) Dry weight of seedling	0.925**	0.720**
胚根干质量伤害率 Damage rate of dry weight of seedling	- 0.956**	- 0.732**
运转效率(CK) Transformation rate	0.920**	0.729**
运转效率伤害率 Damage rate of transformation rate	- 0.851**	- 0.749**
根长(CK) Length of root	0.845**	0.559*
根长伤害率 Damage rate of length of root	- 0.758**	- 0.579*
胚根干质量(CK) Dry weight of root	0.764**	0.673**
胚根干质量伤害率 Damage rate of weight of root	- 0.722**	- 0.710**

注: * 表示 P< 5%; ** 表示 P< 1%; n= 18; CK 表示 PEG 处理组
Notes: * Means P< 5%; ** Means P< 1%; n= 18; CK Means PEG groups

3 结论

由于不同玉米品种对干旱条件所具有的适应性和抵御能力是不同的, 干旱胁迫使有的品种幼苗生长受阻, 发根量少且根短, 苗弱, 萌发活力弱。有的品种幼苗生长受影响较小, 根量多且根长, 苗旺, 萌发活力强, 活力抗旱指数在萌发抗旱指数的基础上增加了苗长因子, 可以很好地反映品种间干旱胁迫下种子活力

及幼苗生长的差别。所以种子活力抗旱指数可以作为玉米萌发阶段抗旱性鉴定的筛选方法。

苗长能很好地反映品种间抗旱性与活力的差别, 且测量简单无破坏性, 适合作为活力抗旱指数的计算因子, 对于苗长较短的小颗粒种子可采用其他能反映活力的指标来计算。

参考文献:

[1] 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.

[2] 宋 碧, 曾永德, 左乾勇, 等. 不同玉米品种萌芽期抗旱性研究[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(1): 17– 19.

[3] 赵丽英, 邓西平, 山 仑. 渗透胁迫对玉米幼苗水分状况及生长的影响[J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 33– 35.

[4] Bouslama M. Stress tolerance in soybeans[J]. Evaluation crop Sci, 1984, 24: 933– 937.

[5] 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.

[6] 李玉玲, 刘华山, 台国琴, 等. 玉米不同基因型种子发芽及幼苗性状分析[J]. 华北农学报, 1998, 13(3): 53– 58.

[7] 徐明慧, 关义新, 马兴林, 等. 玉米芽苗期抗旱性研究进展综述[J]. 玉米科学, 2002, 10(4): 35– 38.

[8] Michel B E, Wiggins O K, Outlaw Jr WH. A guide to establishing water potential of aqueous two phase solutions (polyethylene plus dextran) by amendment with mannitol[J]. Plant Physiology, 1983, 72: 60– 65.

[9] ISTA. 国际种子检验规程[M]. 颜启传, 毕新华, 译. 北京: 农业出版社, 1985: 20– 26, 166– 248.

[10] 孙彩霞, 沈秀瑛. 玉米根系生态型及生理活性与抗旱性关系的研究[J]. 华北农学报, 2002, 17(3): 21– 25.