

文章编号: 1005-0906(2007)05-0104-04

春玉米不同灌溉定额条件下 抗旱指数的运用研究

张 健¹, 池宝亮², 黄学芳², 樊修武³, 张冬梅^{1,2}, 郭志华¹

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

3. 山西省农科院作物遗传研究所, 太原 030031)

摘 要: 以 18 个玉米品种为材料, 研究了不同灌溉定额条件下不同品种玉米产量特性和抗旱指数的关系。结果表明: 不同水分和不同品种间的产量差异均极显著。不同灌溉定额条件下抗旱指数均和无灌溉条件下产量显著相关。中玉 9 号抗旱指数最高。干旱条件下有限灌溉可使玉米产量有较大幅度增长。抗旱指数较高的沈玉 18、屯玉 38 在中灌溉条件下产量已达到或接近试验条件下的高点。

关键词: 玉米; 水分条件; 产量; 抗旱指数; 收获指数

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

The Study of Index of Drought Resistance for Maize Under Different Water Stress

ZHANG Jian¹, CHI Bao-liang², HUANG Xue-fang², FAN Xiu-wu³, et al.

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

2. Dryland Farming Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan 030031;

3. Crop Genetics Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan 030031)

Abstract: The relation between yield characteristic and index of drought resistance of 18 maize varieties on different irrigation ration was studied. The results showed that there were obvious differences on drought resistance among the varieties and different soil water conditions. The index of drought resisting on different irrigation ration was obvious correlation with the yield without irrigation. The index of drought resisting of Zhongyu9 was the biggest. Greater increase of corn yield could be achieved by finite irrigation in drought condition. The yield of Shengyu18 and Tunyu38 whose index of drought resisting was higher could be reached or approached to the highest point in this experiment on the middling irrigation ration and the purpose of water economizing and high yield was obtained.

Key words: Maize; Water stress; Yield; Index of drought resisting; Index of harvest

玉米是北方雨养农业地区春播及夏复播的主栽作物之一。干旱是玉米生产主要限制因子, 不同玉米品种对水分亏缺的反应存在明显差异^[1~3], 对不同玉米品种抗旱性进行分析评价, 筛选出节水又高产的玉米品种是现实可行的生物节水措施, 对缓解

我国粮食安全和用水安全有十分重要的意义。兰巨生^[4]等提出了抗旱指数(DRI)的概念, 从而弥补了 Chionoy 提出的抗旱系数及 Fischer^[5]提出的敏感指数的不足, 使农作物抗旱性鉴定的产量指标在生物学意义上有了实质性的改进。抗旱指数已有较多应用^[6~9], 在玉米抗旱性评价方面也有报道^[10, 11]。以收获经济产量为目的抗旱性评价试验经常会设定不同的灌溉定额。DRI 基于某水分阶段两端产量来评价其抗旱性。每个品种的水分适应范围不同, 对于品种而言, 不同的灌溉定额既可引起增产, 又可以导致减产。不同灌溉定额条件下玉米产量和 DRI 的关系需要进一步研究。

收稿日期: 2007-02-06; 修回日期: 2007-07-13

基金项目: 国家 863 计划(2006AA100220), 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, 研究方向: 水土资源管理与荒漠化防治。

池宝亮为本文通讯作者。

1 材料和方法

1.1 试区概况

试验于 2006 年 5~12 月在山西省农科院旱农中心中试基地进行。属暖温带半干旱季风气候,年平均降水 461 mm,积温 3 500℃·d,无霜期 165 d。前茬作物为玉米。土壤为碳酸盐褐土,肥力中等。种植作物为玉米。

1.2 试验材料

植物材料选用山西省新近育成和应用的 18 个玉米杂交种:晋单 42、品玉 3 号、晋玉 811、农大 108、先锋 3 号、强盛 9 号、沈玉 18、中玉 9 号、东单 60、农大 84、富友 1 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。

1.3 试验设计

试验采用裂区设计。灌水为主区,品种为副区。每个小区长 5 m,宽 2 m,不同水分处理小区中间有 2 m 的隔离带。播种前施 900 kg/hm² 硝酸磷肥。播种行距 50 cm,株距 40 cm,出苗后留苗 48 000 株/hm²。田间管理采用常规方法。播种日期为 5 月 14 日,收

获日期 10 月 7 日。试验年份降水量偏高,生育期降水 416.4 mm,但时间分布不均匀。玉米生育前期降水稀少,7 月 1~30 日仅降水 6.9 mm。生育后期 8、9 月降水丰沛。根据降水情况拔节期灌溉,做 3 种不同灌溉处理,灌溉量高量 1 125 m³/hm²,中量 750 m³/hm²,低量 400 m³/hm²,对照不灌溉组。重复 3 次,各品种在每种处理中随机排列,共 216 个小区。

1.4 测定指标

产量测定:穗长、穗粗、穗粒数、穗粒重(百粒重)、经济产量、地上部生物产量。

抗旱指数(DRI)=(Y_a/Y_m)×(Y_a/Y_{a^*}),其中 Y_a , Y_m , Y_{a^*} 分别表示基因型旱地产量、水浇地产量和鉴定试验中供鉴基因型在旱地产量的均值,收获指数=经济产量/地上部生物产量。

1.5 数据分析

采用 DPS V-7.55 统计软件进行产量双因素方差分析和字母比较。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对供试玉米品种经济产量的影响

表 1 不同水分条件下各品种玉米经济产量
Table 1 Economic yield in different maize varieties under different water stress

品 种 Variety	经济产量(kg/hm ²) Economic yield				
	无灌溉条件	低灌溉条件	中灌溉条件	高灌溉条件	平 均
	No irrigation	Low irrigation	Middle irrigation	High irrigation	Average
沈玉 18	4 873 A	6 431 AB	7 836 A	7 816 A	6 739 A
屯玉 38	4 997 A	6 125 BCD	7 670 A	7 551 AB	6 585 B
先锋 3 号	4 552 B	6 001 BCD	7 653 A	7 905 A	6 528 B
强盛 9 号	4 912 A	6 645 A	6 877 BC	7 346 ABC	6 445 B
晋玉 811	3 810 D	6 144 BCD	7 527 A	7 201 BCD	6 171 C
富友 1 号	4 123 C	6 037 BCD	7 633 A	6 773 CDE	6 141 CD
鲁单 6006	3 861 CD	5 956 CD	7 400 AB	6 848 CDE	6 016 D
东单 60	4 495 B	6 084 BCD	6 704 CD	6 721 DEF	60 01 D
中玉 9 号	5 029 A	5 270 FG	6 525 CDEF	6 535 EFG	5 840 E
农大 108	3 319 EF	6 212 ABC	6 844 BCD	6 684 DEFG	5 765 E
品玉 3 号	3 318 EF	5 164 FG	6 665 CDE	7 205 BCD	5 588 F
农大 84	3 356 E	5 426 EF	6 283 DEFG	6 543 EFG	5 402 G
三北 6 号	3 789 D	5 764 DE	5 810 G	6 169 FG	5 383 G
晋单 48	3 033 F	5 041 FG	6 892 BC	6 526 EFG	5 373 G
大丰 2 号	3 794 D	5 431 EF	6 111 EFG	6 109 G	5 361 G
晋单 42	3 676 D	5 266 FG	5 739 GH	6 446 EFG	5 282 G
濮单 4 号	3 877 CD	4 965 G	5 233 H	6 372 EFG	5 112 H
旱玉 5 号	2 521 G	4 913 G	6 043 FG	6 632 DEFG	5 027 H
平 均	3 963	5 715	6 747	6 855	5 820

注:数据后的不同字母表示在 0.01 水平上差异显著。
Note: Data followed by different letters within a column are significantly different at 0.01 probability level.

表 1 表明, 各个处理的经济产量均有显著差异。不同水分、不同品种和不同处理的 F 值分别为 3981.57、187.72、29.62(P 值为 0.000 1)。无灌溉条件下品种间经济产量差异最大, 高灌溉条件下差异最小。高、中、低、无灌溉条件下平均产量分别为 6 855 kg/hm²、6 747 kg/hm²、5 715 kg/hm²、3 963 kg/hm²。无灌溉—低灌溉、低灌溉—中灌溉、中灌溉—高灌溉, 平均产量分别增加 44%、18%、1.6%, 表明干旱条件下的有限灌溉就可使产量有较大幅度的增加, 高灌溉条件下产量增加并不明显。沈玉 18、屯玉 38、先锋 3 号和富友 1 号在中灌溉条件下产量已达到或接近试验条件下的高点。

不同品种在不同水分条件下的产量次序并不相同。中玉 9 号在无灌溉条件下产量最高, 强盛 9 号在低灌溉条件下产量最高, 沈玉 18 在中灌溉条

件下产量最高, 先锋 3 号在高灌溉条件下产量最高, 表明这些总体表现较好的品种仍有特定水分适应范围。富友 1 号、鲁单 6006 在中灌溉条件下产量较高, 而在高灌溉条件下产量反而较中灌溉条件下有所降低, 表明该品种水分适应范围较窄, 属于节水型品种, 适合较低水分条件, 可在灌溉水源较缺乏的地区种植。沈玉 18、屯玉 38、农大 108 和晋单 48 亦有类似表现。先锋 3 号、强盛 9 号等品种在每种水分梯度下均有较大的增长, 属于耗水型品种, 在较好的土壤水分条件下才会有较高的产量。三北 6 号、晋单 42、濮单 4 号、旱玉 5 号亦有类似表现。农大 108 是公认的较抗旱型品种, 而本次试验 6~7 月间降水稀少, 超过其所能忍受的极限, 造成减产。只要进行低量灌溉其产量便可以达到较高的水平。

2.2 不同水分条件下玉米品种的抗旱指数

表 2 不同水分条件下各品种玉米抗旱指数
Table 2 Index of drought resisting in different maize varieties under different soil water condition

品 种 Variety	抗 旱 指 数 DRI			平 均 Average
	无 - 低灌溉条件 No- Low irrigation	无 - 中灌溉条件 No-Mid irrigation	无 - 高灌溉条件 No-High irrigation	
沈玉 18	0.932	0.765	0.767	0.821
屯玉 38	1.029	0.821	0.834	0.895
先锋 3 号	0.871	0.683	0.662	0.739
强盛 9 号	0.916	0.885	0.829	0.877
晋玉 81	0.596	0.487	0.509	0.531
富友一号	0.710	0.562	0.633	0.635
鲁单 6006	0.632	0.508	0.549	0.563
东单 60	0.838	0.760	0.758	0.786
中玉 9 号	1.211	0.978	0.976	1.055
农大 108	0.447	0.406	0.416	0.423
品玉 3 号	0.538	0.417	0.385	0.447
农大 84	0.524	0.452	0.434	0.470
三北 6 号	0.629	0.624	0.587	0.613
晋单 48	0.460	0.337	0.356	0.384
大丰 2 号	0.669	0.594	0.595	0.619
晋单 42	0.648	0.594	0.529	0.590
濮单 4 号	0.764	0.725	0.595	0.695
旱玉 5 号	0.326	0.265	0.242	0.278
平均	0.708	0.604	0.592	0.634

表 2 表明, 不同玉米品种间的 DRI 差异显著, 在 0.242~1.211 之间变动, 不同水分条件下计算的 DRI 的次序并无明显变化, 均与无灌溉条件下产量显著相关, 无 - 低、无 - 中、无 - 高灌溉条件下 r 值分别为 0.960**、0.940**、0.973**(** 表示 $P<5\%$, ** 表示 $P<1\%$, $n=18$)。随着灌溉量的加大, DRI 有变小

的趋势, 这是因为大部分品种的产量因灌溉量的增大而增加, DRI 的第二个因子变小导致。根据平均 DRI 值将供试材料划分为 3 个类型:

耐旱型(>0.8): 中玉 9 号、沈玉 18、屯玉 38、强盛 9 号。

较耐旱型($0.8 \sim 0.6$): 先锋 3 号、富友一号、鲁单

6006、东单 60、濮单 4 号、三北 6 号。

一般耐旱型(<0.6):晋玉 811、农大 108、农大 84、品玉 3 号、晋单 42、大丰 2 号、晋单 48、旱玉 5 号。

通过对 DRI 的计算公式分析,可以发现 DRI 中含有两个因子。抗旱系数因子,反映了同一品种两种生境条件下产量的接近程度。产量系数因子,反映了不同品种在干旱条件下的产量差异。DRI 与待测品种旱地产量和抗旱系数乘积呈直线函数关系。DRI 偏向于选择不同生境条件下稳产的品种,并兼顾了干旱条件下高产性。同为耐旱型品种,中玉 9 号在各种水分条件下 DRI 均为最高。这是因为其旱地产量最高,而水浇地产量稳定。沈玉 18、屯玉 38 和强盛 9 号旱地产量与中玉 9 号相近,而水浇地产量明显高于中玉 9 号。但对应 DRI 低于中玉 9 号。DRI 侧重于对稳产型品种的筛选,这对于以育种为

目的材料筛选很有意义。对于以收获经济产量为目的的抗旱品种筛选,在旱地条件下产量较高,灌溉又可以实现大幅度增产的品种显然是更好。在进行品种推广试验中抗旱指数应和不同水分条件下的产量结合使用。

2.3 不同水分条件下各品种玉米生物产量

表 3 表明,不同水分条件下玉米品种间的生物产量差异小于经济产量差异,随着水分梯度的增加,玉米干物质积累有所增加,但小于经济产量的增加幅度。这说明了灌溉既增加了玉米净干物质积累,也增加了玉米干物质向子粒转化的比例,也就是提高了收获指数。相同水分条件下品种间生物产量差异较少,说明同一条件下供试玉米品种净干物质积累相差并不大。品种间收获指数的差异也是造成品种间经济产量差异的一个原因。

表 3 不同水分条件下各品种玉米生物产量
Table 3 Biology yield in different maize varieties under different water stress

品 种 Variety	生物产量(kg/hm ²) Biology yield				
	无灌溉条件	低灌溉条件	中灌溉条件	高灌溉条件	平 均
	No irrigation	Low irrigation	Middle irrigation	High irrigation	Average
沈玉 18	13 391	14 388	16 227	16 861	15 217
屯玉 38	14 514	15 479	17 709	15 586	15 822
先锋 3 号	13 533	13 805	16 170	16 514	15 006
强盛 9 号	12 981	14 960	16 134	18 276	15 588
晋玉 811	11 686	14 410	16 558	16 455	14 777
富友一号	12 673	13 248	16 224	15 493	14 410
鲁单 6006	10 252	13 266	15 020	15 071	13 402
东单 60	12 258	14 457	14 159	14 618	13 873
中玉 9 号	11 862	12 512	13 852	14 869	13 273
农大 108	9 849	14 158	14 784	15 981	13 693
品玉 3 号	8 763	14 864	16 911	13 548	13 522
农大 84	10 231	12 151	14 886	14 365	12 908
三北 6 号	10 800	13 158	15 451	14 831	13 560
晋单 48	12 270	14 477	18 556	15 916	15 305
大丰 2 号	9 293	13 086	14 762	13 681	12 706
晋单 42	9 939	11 186	12 400	13 643	11 792
濮单 4 号	12 312	11 213	11 241	12 596	11 841
旱玉 5 号	8 138	11 840	12 944	13 651	11 643
平均	11 375	13 481	15 222	15 109	13 796

3 结 论

本研究测量了 18 个玉米品种在不同水分梯度条件下的产量特性和 DRI 值。结果表明,不同品种的抗旱指数和水分适应范围有显著差异。不同水分条件下的 DRI 次序并无差异,均仅与旱地条件下的

产量显著相关。DRI 偏向于选择稳产型品种,而干旱条件下的抗旱性与不同水分条件下的丰产性并不完全重合。以收获经济产量为目的的抗旱品种筛选和区试中,还应结合品种的水分适应范围和不同水分条件下的产量综合考虑。本次试验中抗旱指数高、水分适宜范围靠前的品种沈玉 18(下转第 110 页)

(上接第 107 页) 和屯玉 38 在中灌溉条件下产量已达到或接近试验条件下的高点, 达到了既节水又高产的目的。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Fisher R A, Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars re-

sponses[J]. Aust. J. Agrlc. Re., 1978, 29: 897-902.

- [6] 黎 裕. 作物抗旱鉴定方法与指标[J]. 干旱地区农业研究, 1993 (1): 95-103.
- [7] 兰巨生. 农作物综合抗旱性评价方法的研究[J]. 西北农业学报, 1998, 7(3): 85-87.
- [8] 崔四平, 刘子会, 李运朝, 等. 冬小麦根系干重对水分的反应类型[J]. 华北农学报, 2006, 21(4): 59-61.
- [9] 赵洪亮, 马瑞崑, 刘恩才, 等. 不同冬小麦品种产量和节水性状差异及对供水的反应[J]. 华北农学报, 2006, 21(02): 70-74.
- [10] 张凤路, 孙国伟, 郭 江, 等. 常用玉米杂交种的耐旱性研究[J]. 玉米科学, 2004(1): 17-18.
- [11] 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(1): 64-69.

(责任编辑: 尹 航)