

陇中半干旱区抗旱玉米品种筛选试验

雷康宁^{1,2}, 张绪成^{1,2}, 方彦杰^{1,2}, 柳燕兰^{1,2}, 姜振东³, 侯慧芝^{1,2}, 王红丽^{1,2}, 张国平^{1,2}, 马一凡^{1,2}, 尹嘉德^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省种子总站, 甘肃 兰州 730030)

摘要: 干旱是影响旱作区玉米产量的主要因素之一, 而选择抗旱品种是保障玉米产量的有效措施。选取 13 个玉米品种在陇中半干旱区进行了抗旱玉米品种筛选试验, 测定干旱胁迫和补灌条件下各玉米品种农艺性状、叶片整齐度、SPAD 值、干物质积累量、水分利用效率、折合产量及其构成因素等指标, 以产量为基准计算抗旱系数和抗旱指数, 评价不同玉米品种的抗旱性。结果表明: 中种 8 号、先玉 335、晋单 81 号、吉祥 1 号抗旱指数高, 分别为 1.25、1.18、1.23、1.14, 说明这 4 个品种抗旱能力较强, 且在干旱胁迫后平均折合产量较高, 分别为 6 682.35、6 310.20、6 438.40、6 339.60 kg/hm², 较对照品种郑单 958 分别增产 10.55%、6.51%、4.88%、4.39%, 可作为适宜在陇中半干旱区种植的抗旱玉米品种在生产上加以推广应用。

关键词: 玉米; 品种; 抗旱指数; 产量; 抗旱性评价; 筛选试验; 陇中半干旱区

中图分类号: S513

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2022)04-0036-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2022.04.008

Screening Test of Drought-resistant Maize Varieties in Semi-arid Area of Central Gansu

LEI Kangning^{1,2}, ZHANG Xucheng^{1,2}, FANG Yanjie^{1,2}, LIU Yanlan^{1,2}, JIANG Zhendong³, HOU Huizhi^{1,2}, ZHANG Guoping^{1,2}, MA Yifan^{1,2}, YIN Jiade^{1,2}

(1. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Gansu Province Key Laboratory of High Water Utilization on Dryland, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Gansu General Station of Plant Seed, Lanzhou Gansu 730030, China)

Abstract: Drought is one of the main factors affecting maize yield in dry farming areas, and selecting drought-resistant varieties is an effective measure to ensure maize yield. 13 maize varieties were selected to screen drought-resistant maize varieties in the Semi-arid Area of Central Gansu, and the agronomic traits, leaf uniformity, SPAD value, dry matter accumulation, water use efficiency, equivalent yield and its constituent factors were used as the benchmark to calculate the drought resistance coefficient and drought resistance index to evaluate the drought resistance of different maize varieties. The results showed that Zhongzhong 8, Xianyu 335, Jindan 81 and Jixiang 1 had high drought resistance index which was 1.25, 1.18, 1.23 and 1.14, respectively, indicating that these four varieties had strong drought resistance, and the average drought resistance after drought stress The equivalent yields were 6 682.35, 6 310.20, 6 438.40, 6 339.60 kg/hm², respectively, which were 10.55%, 6.51%, 4.88%, and 4.39% higher than that of the control variety Zhengdan 958, respectively. It can be popularized and applied in production as a drought-resistant maize variety suitable for planting in the Semi-arid Area of Central Gansu.

Key words: Maize; Variety; Drought resistance index; Yield; Evaluation of drought resistance; Screening test; Semi-arid Area of Central Gansu

收稿日期: 2022-03-14

基金项目: 甘肃省农业科技创新与推广项目(GNCX-2016-2); 甘肃省科技计划项目-创新基地和人才计划(20JR10RA464)。

作者简介: 雷康宁(1988—), 男, 甘肃静宁人, 研究实习员, 硕士, 主要从事旱地作物栽培与生理生态研究工作。Email: 673756857@qq.com。

通信作者: 张绪成(1973—), 男, 甘肃民勤人, 研究员, 博士, 主要从事植物生理生态及早地农业研究工作。Email: gszhxuch@163.com。

[7] 贺峰. 在甘肃推广玉米双垄沟播栽培技术的必要性分析[J]. 农业科技与信息, 2008(13): 12-14.

[9] 李文春. 甘肃地区鲜食玉米高产栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2019(5): 89-92.

[8] 周文期, 杨彦忠, 连晓荣, 等. 18个适宜甘肃种植的鲜食玉米新品种[J]. 甘肃农业科技, 2018(7): 92-95.

[10] 葛亮, 蒲建刚, 王云. 5个鲜食玉米品种在天水市的引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2017(2): 3-5.

玉米是甘肃省主要的粮食作物之一,发展玉米产业是保障区域粮食持续供给的关键^[1-3]。干旱胁迫是该区域玉米生产的最大制约因素,但随着全膜双垄沟播栽培技术的推广,旱作区玉米面积和单产都大幅提高,然而目前此栽培技术配套下玉米品种的抗旱性不突出,导致干旱年和降水极端不均年份下玉米产量稳定性和保障性受到严重影响,急需引进筛选一批抗旱性优良、丰产稳产性较好的玉米新品种来保障粮食的持续供给。为此,我们对引进的13个玉米品种在全膜双垄沟播栽培技术模式下进行其抗旱性鉴定,最终筛选出抗旱性、稳产性较强的优良玉米品种,旨在为陇中旱作区玉米生产“芯片”的选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试玉米新品种共13个,其中中种8号,由中国种子集团有限公司选育并提供;陕单618、陕单609,由西北农林科技大学选育并提供;晋单81号,由山西益田农业科技有限公司、山西省农业科学院农业环境与资源研究所选育并提供;伟科702,由郑州伟科作物育种科技有限公司、河南金苑种业有限公司选育并提供;登海605,由山东登海种业股份有限公司选育并提供;吉祥1号,由甘肃省武威市农业科学院、武威甘鑫物种有限公司选育并提供;金穗36,由重庆市农业科学院玉米研究所、重庆金穗种业有限责任公司选育并提供;吉单50,由吉林省农业科学院玉米研究所选育并提供;辽单588,由辽宁省农业科学院玉米研究所、辽宁东方农业科技有限公司选育并提供;先玉335,由敦煌种业先锋良种有限公司选育并提供;郑单1002、郑单958(CK),由河南省农业科学院粮食作物研究所选育并提供。

1.2 试验区概况

试验于2021年在位于定西市安定区团结镇唐家堡村的甘肃省农业科学院定西试验站(农业农村部西北黄土高原地区作物栽培科学观测实验站/国家土壤质量安定观测实验站,地理位置104°36'E,35°35'N)进行。年均降水量415mm,年蒸发量1500mm,属于典型的半干旱区。当地海拔1970m,年均气温6.2℃,年辐射总量5898MJ/m²,年日照时数2500h,≥10℃积温2075.1℃,无霜

期140d,属中温带半干旱气候。

1.3 试验方法

试验采取随机区组设计,每品种均设置灌水和不灌水2个处理,其中灌水处理均为在玉米吐丝后(7月30日)及灌浆期(8月19日)分别灌水1次,每次灌水量为750m³/hm²。3次重复,小区面积11.0m²(2.2m×5.0m)。种植方式采用全膜双垄沟播,每小区种4行,行长5.0m,双粒播种,密度67500株/hm²。播种前结合整地施P₂O₅150kg/hm²、N135kg/hm²,玉米拔节期(6月25日)追施N90kg/hm²。试验于4月22日播种,10月12日按小区取样并及时收获,其余田间管理方式同当地大田。

1.4 测定内容及方法

1.4.1 生育期 观测和记载各品种播种、出苗、抽雄、吐丝和成熟日期。

1.4.2 形态指标 记载抽雄期和吐丝期,计算雌雄穗开花间隔时间(ASI)。

$ASI = \text{吐丝期} - \text{抽雄期}$

1.4.3 SPAD值测定 在晴朗天气的上午(10:00—12:00时),分别于玉米拔节期、小喇叭期、大喇叭口期、抽雄期、灌浆期用手持SPAD分析仪(SPAD-5200)测定各品种功能叶片的SPAD值,每小区测10次数值。

1.4.4 干物质的测定 采用烘干称重法进行测定,在玉米苗期,选择长势一致且具有代表性的植株进行标记,在苗期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、灌浆期和成熟期每小区各取3株,105℃杀青30min后75℃恒温烘干,然后进行称重。

1.4.5 产量及其构成因素 成熟期收获小区中间2行全部果穗,统计穗数并称其鲜重,计算单穗平均鲜重,折算单位面积的产量,并计算水分利用效率($WUE = \text{单位面积产量} / \text{单位面积耗水量}$)。籽粒含水量用水分测定仪测定,并对晒干后的果穗进行考种。

1.4.6 抗旱系数和抗旱指数计算 参照赵刚等^[4]的方法,用不灌水和正常灌水下的产量计算抗旱系数和抗旱指数。

抗旱系数(DC)=不灌水某玉米品种产量/灌水该玉米品种产量

抗旱指数(DI)=[(测试材料不灌水产量/对照品

种不灌水产量) × 测试材料抗旱系数] / 对照品种产量

1.5 数据分析 采用 Excel 2010 软件进行数据整理并绘图, 运用 SPSS 软件进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 物候期及生育期

由表 1 可知, 不同玉米品种营养生长阶段各生育时期相差不明显, 出苗期为相隔 1 d, 拔节期和大喇叭口期相隔 1 ~ 2 d, 抽雄到吐丝间隔时间 (ASI 值) 不同玉米品种表现不同。结合田间长势观测可知, 除晋单 81 号 (ASI 值为 -0.33 d) 外, 其余品种均抽雄早于吐丝, ASI 值范围为 0 ~ 2.33 d。其中金穗 36 的 ASI 值较高, 大于 2.00 d; 吉祥 1 号、陕单 609、陕单 618 的 ASI 值次之, 介于 1.00 ~ 1.17 d; 先玉 335、郑单 958(CK)、伟科 702、

登海 605 的 ASI 值较小, 为 0 ~ 0.17 d。ASI 值作为玉米抗旱性表现鉴定指标, 除品种本身特性外, ASI 值越小, 表明品种受到干旱胁迫程度越低, 即抗旱性越强。可见, 先玉 335、郑单 958(CK)、伟科 702、登海 605 抗旱性较强。

2.2 干物质积累

从表 2 可以看出, 不同玉米品种生育期内的干物质积累均呈逐渐增长趋势。不灌水处理成熟期干物质积累量最大的品种是辽单 588, 为 517.28 g/株; 陕单 618 最低, 为 244.34 g/株; 先玉 335、伟科 702、郑单 958(CK) 成熟期干物质积累量较低, 均低于 300 g/株; 其余品种为 315.07 ~ 488.68 g/株。灌水处理成熟期干物质积累量最大的也是辽单 588, 为 558.74 g/株; 郑单 958(CK) 最低, 为 327.93 g/株。经花期和灌浆期分别灌水之后, 干物

表 1 不同玉米品种的物候期及生育期

品种	播种期 /(日/月)	出苗期 /(日/月)	拔节期 /(日/月)	大喇叭口期 /(日/月)	抽雄期 /(日/月)	吐丝期 /(日/月)	成熟期 /(日/月)	生育期 /d	ASI /d
先玉335	22/4	7/5	12/6	9/7	23/7	23/7	9/10	155	0.17
中种8号	22/4	7/5	11/6	9/7	22/7	23/7	9/10	155	0.67
陕单609	22/4	8/5	12/6	9/7	18/7	19/7	8/10	153	1.00
晋单81号	22/4	7/5	13/6	9/7	22/7	21/7	8/10	154	-0.33
伟科702	22/4	7/5	13/6	9/7	21/7	22/7	9/10	155	0.17
郑单958(CK)	22/4	7/5	12/6	9/7	20/7	19/7	7/10	153	0
登海605	22/4	7/5	12/6	10/7	22/7	22/7	5/10	151	0.17
陕单618	22/4	7/5	13/6	9/7	23/7	24/7	6/10	152	1.00
吉祥1号	22/4	7/5	12/6	9/7	17/7	19/7	5/10	151	1.17
金穗36	22/4	7/5	13/6	9/7	22/7	25/7	6/10	152	2.33
吉单50	22/4	7/5	13/6	10/7	23/7	24/7	7/10	153	0.83
辽单588	22/4	7/5	13/6	10/7	25/7	26/7	9/10	155	0.67
郑单1002	22/4	7/5	12/6	9/7	17/7	18/7	9/10	155	0.83

表 2 不同品种玉米生育期的干物质变化

品种	苗期	拔节期	大喇叭口期	抽雄期	灌浆期			成熟期		
					不灌水	灌水	干物质差	不灌水	灌水	干物质差
先玉335	0.93	7.94	25.37	204.15	222.93	398.09	175.16	270.06	482.25	212.19
陕单609	0.99	16.61	30.51	150.38	202.16	442.46	240.30	340.79	445.88	105.09
中种8号	0.99	13.95	61.83	197.88	304.97	446.41	141.44	443.67	549.43	105.76
晋单81号	1.01	10.41	44.86	147.04	163.24	229.87	66.63	315.07	443.67	128.60
伟科702	1.07	17.11	43.99	162.45	182.78	383.39	200.61	263.63	552.98	289.35
郑单958(CK)	0.78	12.48	49.78	177.33	252.19	285.82	33.63	289.35	327.93	38.58
登海605	1.45	15.43	73.70	176.46	220.77	327.07	106.30	347.22	514.40	167.18
陕单618	0.83	14.55	30.58	147.86	173.79	306.42	132.63	244.34	430.81	186.47
吉祥1号	1.08	27.71	46.93	144.90	236.94	311.97	75.03	385.80	507.97	122.17
金穗36	0.89	9.18	73.74	174.25	211.64	302.34	90.70	369.08	527.26	158.18
吉单50	1.05	7.61	74.31	152.43	180.03	207.97	27.94	372.94	430.81	57.87
辽单588	0.66	5.38	57.48	156.88	241.97	297.42	55.45	517.28	558.74	41.46
郑单1002	0.90	18.22	69.06	170.53	208.72	227.94	19.22	488.68	533.69	45.01

质都有不同程度增加,但不同品种灌浆期干物质差值较大,说明灌水对参试品种的干物质影响很大,土壤水分对玉米生殖生长阶段干物质的影响显著,适量补灌能够有效缓解陇中旱作区季节性干旱。

2.3 SPAD 值

SPAD 值可以反映玉米叶片相对叶绿素含量,与叶片叶绿素含量呈密切正相关关系。从表 3 可知,灌水后,参试玉米品种的 SPAD 值明显高于不灌水处理。灌浆期不灌水条件下,以辽单 588 的 SPAD 值最高,为 53.3,较郑单 958(CK)增加 44.84%;伟科 702 最低,为 36.1,较郑单 958(CK)减少 1.90%;其余品种较郑单 958(CK)增加 0.27%~23.64%。

灌浆期灌水条件下,参试各品种以陕单 618 的 SPAD 值最高,为 64.5,较郑单 958(CK)增加 26.72%;郑单 958(CK)最低,为 50.9。SPAD 值差最大的是陕单 618,为 23.9,较郑单 958(CK)增加 69.50%;最小的是辽单 588,仅为 4.2,较郑单 958(CK)减少 70.21%。SPAD 值差可以认为植株叶片对突发性季节性干旱适应性的一种表现,SPAD 值差越大说明抗旱性弱,说明对季节性干旱的适应能力弱。辽单 588 的 SPAD 值表现最优,抗旱能力最强;中种 8 号、郑单 958(CK)、登海 605、金穗 36、吉单 50、郑单 1002 等品种 SPAD 值表现较优,抗旱能力较强。

2.4 穗部经济性状

从表 4 可以看出,灌水处理的各品种穗长均

优于不灌水处理。在不灌水条件下,穗长以金穗 36 最长,为 19.0 cm,较郑单 958(CK)长 4.0 cm;晋单 81 号次之,为 18.0 cm,较郑单 958(CK)长 3.0 cm;郑单 1002 最短,为 13.9 cm,较郑单 958(CK)短 1.1 cm;其余品种为 14.7~17.7 cm,较郑单 958(CK)长 -0.3~2.7 cm。灌水条件下,穗长以辽单 588 最长,为 21.9 cm,较郑单 958(CK)长 3.6 cm;其次为晋单 81 号、登海 605、先玉 335,分别较郑单 958(CK)长 3.3、2.3、2.4 cm;陕单 609 最短,为 16.7 cm,较郑单 958(CK)短 1.6 cm。灌水处理各品种的穗粗均优于不灌水处理。在不灌水条件下,穗粗以郑单 958(CK)最粗,为 17.9 cm,其余品种较郑单 958(CK)细 0.2~1.8 cm。灌水条件下,穗粗以辽单 588 最粗,为 20.3 cm,较郑单 958(CK)粗 2.1 cm;其次为登海 605,穗粗为 19.2 cm,较郑单 958(CK)粗 1.0 cm;陕单 618 居第 3 位,穗粗为 19.1 cm,较郑单 958(CK)粗 0.9 cm。灌水处理和不灌水处理对不同玉米品种秃尖长的影响没有规律性。在不灌水条件下,秃尖长陕单 609、郑单 958(CK)、吉祥 1 号、金穗 36、郑单 1002 最短,均为 0;其余品种为 0.1~2.0 cm,较郑单 958(CK)长 0.1~2.0 cm。灌水条件下,秃尖长晋单 81 号、金穗 36 最短,均为 0,较郑单 958(CK)短 2.5 cm;郑单 958(CK)最长,为 2.5 cm;其余品种为 0.2~2.0 cm,较郑单 958(CK)短 0.5~2.3 cm。穗行数、行粒数均是构成玉米产量的最主要因素,灌水处理同样增加了大部分品种穗行数,行粒数则表现为灌水处理均多于不灌水处理,表现与穗

表 3 不同品种玉米生育期的 SPAD 变化

g/株

品种	拔节期	小喇叭口期	大喇叭口期	抽雄期	灌浆期		SPAD 差
					不灌水	灌水	
先玉335	48.6	53.5	57.5	60.8	39.2	60.3	21.1
中种8号	51.3	57.0	54.6	63	43.9	61.0	17.1
陕单609	47.3	50.3	49.8	57.9	36.7	57.2	20.5
晋单81号	46.1	47.9	53.5	58.3	37.7	59.9	22.2
伟科702	45.3	52.6	52.4	55.1	36.1	53.7	17.6
郑单958(CK)	43.2	48.9	50.4	50.4	36.8	50.9	14.1
登海605	51.7	56.2	56.2	62.4	40.3	55.3	15.0
陕单618	51.5	51.9	54.3	58.6	40.6	64.5	23.9
吉祥1号	49	54.5	54.6	64	38.5	56.2	17.7
金穗36	44.5	54.5	58.2	60.8	45.5	62.7	17.2
吉单50	42.7	49.5	57.2	61.1	42.7	55.1	12.4
辽单588	46	54.6	59.1	56.4	53.3	57.5	4.2
郑单1002	47.4	53.3	51.7	61.8	40.2	56.1	15.9

表 4 不同玉米品种的穗部经济性状

品种	穗长/cm		穗粗/cm		秃尖长/cm		穗行数/行		行粒数/粒	
	不灌水	灌水	不灌水	灌水	不灌水	灌水	不灌水	灌水	不灌水	灌水
先玉335	17.7	20.7	16.1	17.5	2.0	0.2	16.1	17.0	34.8	42.0
中种8号	15.7	20.3	16.1	17.7	0.1	0.5	17.8	16.7	28.6	38.6
陕单609	14.7	16.7	16.3	16.8	0	0.5	17.6	18.6	29.2	32.6
晋单81号	18.0	21.6	16.9	18.5	1.1	0	16.4	18.4	32.6	40.5
伟科702	16.5	20.5	17.6	17.8	1.3	0.6	16.4	16.4	28.6	33.2
郑单958(CK)	15.0	18.3	17.9	18.2	0	2.5	15.5	15.8	30.1	33.0
登海605	17.7	20.6	16.8	19.2	1.5	0.5	17.2	17.6	33.2	35.7
陕单618	15.9	17.6	17.4	19.1	1.1	1.2	18.0	18.0	29.3	32.7
吉祥1号	16.5	20.0	16.9	17.9	0	0.2	16.2	15.0	30.3	37.9
金穗36	19.0	19.7	16.2	17.4	0	0	14.0	13.0	38.2	42.0
吉单50	14.8	17.0	17.1	18.0	0.1	2.0	14.2	15.3	29.3	34.5
辽单588	17.0	21.9	17.7	20.3	1.5	1.4	15.8	16.4	27.9	38.8
郑单1002	13.9	18.9	17.1	18.4	0	0.9	15.8	15.4	27.1	33.8

长、穗粗一致。在不灌水条件下，穗行数以陕单 618 最多，为 18.0 行，较郑单 958(CK)多 2.5 行；金穗 36 最少，为 14.0 行，较郑单 958(CK)少 1.5 行；其余品种较郑单 958(CK)多 -1.3 ~ 2.3 行。灌水条件下，穗行数以陕单 609 最多，为 18.6 行，较郑单 958 (CK)多 2.8 行；金穗 36 最少，为 13.0 行，较郑单 958(CK)少 2.8 行；其余品种较郑单 958(CK)多 -0.8 ~ 2.6 行。在不灌水条件下，行粒数以金穗 36 最多，为 38.2 粒，较郑单 958(CK)多 8.1 粒；郑单 1002 最少，为 27.1 粒，较郑单 958(CK)少 3.0 粒；其余品种较郑单 958(CK)多 -2.2 ~ 4.7 粒。灌水条件下，行粒数以金穗 36、先玉 335 最多，均为 42.0 粒，均较郑单 958 (CK)多 9.0 粒；陕单 609 最少，为 32.6 粒，较郑单 958 (CK)少 0.4 粒；其余品种较对照品种郑单 958(CK)多 -0.3 ~ 7.5 粒。灌水处理的穗长、穗粗、行粒数等指标均较不灌水处理呈增加趋势。

2.5 产量及水分利用效率(WUE)

2.5.1 产量 由表 5 可以看出，不同玉米品种灌水处理的平均折合产量均明显高于不灌水处理，增幅为 76.57% ~ 253.67%，不灌水条件下，较郑单 958(CK)增产的品种为中种 8 号、晋单 81 号、吉祥 1 号、先玉 335，其中以中种 8 号最高，为 6 682.35 kg/hm²，较郑单 958(CK)增产 10.55%；晋单 81 号次之，为 6 438.40 kg/hm²，较郑单 958 (CK)增产 6.51%；吉祥 1 号居第 3 位，为 6 339.60

kg/hm²，较郑单 958(CK)增产 4.88%；先玉 335 居第 4 位，为 6 310.20 kg/hm²，较郑单 958(CK)增产 4.39%。其余品种均较郑单 958(CK)减产，减幅为 4.74% ~ 41.33%。灌水条件下，较郑单 958(CK)增产的品种为郑单 1002、金穗 36、辽单 588，其中以郑单 1002 最高，为 13 786.5 kg/hm²，较郑单 958(CK)增产 11.87%；金穗 36 次之，为 12 574.90 kg/hm²，较郑单 958(CK)增产 2.04%；辽单 588 居第 3 位，为 12 543.30 kg/hm²，较郑单 958 (CK)增产 1.78%。其余品种均较郑单 958(CK)减产，减幅为 1.57% ~ 20.87%。在 2021 年的干旱情况下，灌水处理可以平均提高玉米产量 133.33%，充分说明在关键生育期季节性干旱发生时适量补充土壤水分，可以显著提高玉米产量，花期适量补灌可以作为甘肃中东部玉米栽培的关键技术。

2.5.2 水分利用效率(WUE) 从表 5 可以看出，除中种 8 号外各品种灌水处理的水分利用效率(WUE)均高于不灌水处理。不同品种间水分利用效率(WUE)在不灌水条件下以中种 8 号最高，为 29.00 kg/(hm²·mm)，较郑单 958(CK)提高 10.14 kg/(hm²·mm)；其次为晋单 81 号、伟科 702、先玉 335，分别较郑单 958(CK)提高 5.60、3.97、3.68 kg/(hm²·mm)；吉单 50 的 WUE 最低，为 11.70 kg/(hm²·mm)，较郑单 958(CK)降低 7.16 kg/(hm²·mm)；其余品种为 12.25 ~ 21.88 kg/kg/(hm²·mm)，较郑单 958(CK)提高 -6.61 ~ 3.02 kg/(hm²·mm)。在灌水条

件下 WUE 以金穗 36 最高, 为 $33.41 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$, 较郑单 958(CK)提高 $6.31 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$; 其次为吉祥 1 号、郑单 1002、晋单 81 号, 分别较郑单 958(CK)提高 3.91 、 2.47 、 $1.70 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$; 陕单 618 的 WUE 最低, 为 $22.81 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$, 较郑单 958(CK)降低 $4.29 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$; 其余品种为 $23.63 \sim 28.13 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$, 较郑单 958(CK)提高 $-3.47 \sim 1.03 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$ 。说明随着在玉米关键生育期补灌可使土壤水分得到更有效地利用, 从而提高了水分利用效率。

2.6 抗旱性评价

从表 5 可知, 先玉 335、中种 8 号、陕单 609、晋单 81 号、吉祥 1 号抗旱系数均大于 0.50, 分别为 0.55、0.55、0.57、0.57、0.53, 其余品种的抗旱系数均小于 0.50, 为 0.28~0.49。先玉 335、中种 8 号、晋单 81 号、陕单 609、吉祥 1 号抗旱指数相对较高, 分别为 1.18、1.25、1.23、1.11、1.14, 说明这 5 个品种抗旱能力较强, 且在干旱胁迫后产量较高。其余品种除郑单 958(CK)外抗旱指数均小于 1.00, 为 0.34~0.93。根据产量计算出的抗旱系数和抗旱指数结果不一致, 抗旱系数侧重反映作物的稳产性, 而抗旱指数不仅反映作物的稳产性且兼顾了丰产性^[5], 因此以抗旱指数作为评价指标, 依据兰巨生等^[6]划分抗旱作物类型的划分, 先玉 335、中种 8 号、晋单 81、吉祥 1 号、陕单 609 抗旱指数大于 1.0, 属于抗旱

性极强的品种; 伟科 702 抗旱指数为 0.93, 属于抗旱性强的品种, 其余各品种的抗旱指数都小于 0.80, 抗旱性较弱。

3 结论与讨论

在陇中半干旱区对 13 个玉米品种进行了抗旱玉米品种筛选试验, 研究结果表明, 不同玉米品种产量在干旱胁迫下和补灌下表现出明显的差异, 不灌水条件下, 中种 8 号、晋单 81 号、吉祥 1 号、先玉 335 平均折合产量较高, 分别为 $6\ 682.35$ 、 $6\ 438.40$ 、 $6\ 339.60$ 、 $6\ 310.20 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 较郑单 958(CK)分别增产 10.55% 、 6.51% 、 4.88% 、 4.39% , 说明中种 8 号、晋单 81 号、吉祥 1 号、先玉 335 对干旱的适应性较强。灌水条件下(玉米吐丝后及灌浆期分别灌水 $750 \text{ m}^3/\text{hm}^2$), 郑单 1002、金穗 36、辽单 588 平均折合产量较高, 分别为 $13\ 786.50$ 、 $12\ 574.90$ 、 $12\ 543.30 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 较对照品种郑单 958 分别增产 11.87% 、 2.04% 、 1.78% 。综合评价产量和抗旱性表现考虑认为先玉 335、中种 8 号、晋单 81 号、吉祥 1 号可作为适宜在陇中半干旱区种植的抗旱玉米品种在生产上进一步验证和应用。同时由于灌水条件下各玉米品种产量均明显高于不灌水条件下的玉米产量, 说明在玉米关键生育期发生季节性干旱时适量补充土壤水分, 可以显著提高玉米产量。花期是玉米生产临界期, 花期适量补灌可以作为甘肃中东部玉米栽培中的关键技术。

表 5 不同品种玉米的产量和水分利用效率

品种	平均折合产量/(kg/hm ²)		抗旱系数 (DC)	抗旱指数 (DI)	水分利用效率(WUE)/[kg/(hm ² ·mm)]	
	不灌水处理	灌水处理			不灌水处理	灌水处理
先玉335	6 310.20	11 407.20	0.55	1.18	22.54	27.99
中种8号	6 682.35	12 042.70	0.55	1.25	29.00	24.84
陕单609	5 758.20	10 111.80	0.57	1.11	21.54	24.44
晋单81号	6 438.40	11 368.50	0.57	1.23	24.46	28.80
伟科702	5 787.00	12 131.10	0.48	0.93	22.83	28.13
郑单958(CK)	6 044.80	12 324.10	0.49	1.00	18.86	27.10
登海605	3 772.60	10 669.50	0.35	0.45	12.25	26.32
陕单618	3 569.80	9 751.50	0.37	0.44	15.37	22.81
吉祥1号	6 339.60	11 859.00	0.53	1.14	21.88	31.01
金穗36	4 666.50	12 574.90	0.37	0.58	15.14	33.41
吉单50	3 766.50	10 778.20	0.35	0.44	11.70	23.63
辽单588	3 546.60	12 543.30	0.28	0.34	15.17	26.92
郑单1002	5 437.65	13 786.50	0.39	0.72	17.38	29.57

玉米的抗旱性是指玉米在水分胁迫下的适应性和抵抗能力,是品种自身经过一系列外部因素影响的一种复杂综合表现^[7],对玉米抗旱性的研究能够降低玉米遭遇极端天气受到的伤害^[8]。产量是玉米抗旱性强弱最直接的鉴定指标,也是最切实际的抗旱性鉴定指标^[9]。在本研究的灌水条件下(玉米吐丝后及灌浆期分别灌水 750 m³/hm²),各玉米品种的农艺性状较干旱胁迫处理均呈现不同程度的升高,尤其折合产量较不灌水条件下平均提高 133.3%,充分说明采取补灌措施是缓解玉米生长过程中遇到季节性干旱胁迫问题的有效手段之一。抗旱指数(DI)和抗旱系数(DC)是玉米抗旱性鉴定的主要指标^[10-12],抗旱系数反应品种的稳产性,是衡量作物产量变化程度的重要指标,而抗旱指数在反应品种产量稳定性的同时,能够反应供试品种的抗旱能力大小^[13-15]。刘雪艳^[16]用抗旱指数、耐旱指数、胁迫敏感指数等指标,对不同基因型玉米品种经过 3 a 的抗旱性评价,综合产量和农艺性状分析得出,抗旱指数、耐旱指数高,稳定性好的抗旱品种有先玉 335、中种 8 号,晋单 81 号、陕单 609,这与本试验的结果一致;徐田军等^[17]对 18 个不同基因型玉米品种的抗旱性鉴定中,在产量结果基础上,分析鉴定出先玉 335 为中等抗旱型品种,这也基本与本试验一致;浦军等^[18]经过对不同基因型玉米 ASI、保绿性形态指标和产量性状分析,鉴定出郑单 958、先玉 335 等抗旱性强的品种,也与本试验结果一致。

本研究结果表明,中种 8 号、先玉 335、晋单 81 号和吉祥 1 号在甘肃中东部半干旱区稳产高效及抗旱性表现较好,可作为适宜该区域种植的抗旱玉米品种加以推广。此外,本试验设置的在玉米关键生育期进行补充灌水(玉米吐丝后及灌浆期分别灌水 750 m³/hm²),使得各玉米品种的平均折合产量和水分利用效率得到明显提高,因此,在遭遇特殊干旱气候时,可以采取适时补灌的措施来缓解旱灾。但上述数据仅为 2021 年的试验结果,尚需结合多年多位点试验来加以验证,以期为陇中旱作区玉米生产“芯片”的选择提供科学依据。

参考文献:

[1] 柴宗文,刘健,李福,等. 甘肃省玉米产业的发

展现状及对策[J]. 甘肃农业科技, 2008(6): 43-46.

- [2] 黄海琴,李公平,汪海英,等. 金凯 5 号玉米全膜双垄沟播适宜密度试验 [J]. 甘肃农业科技, 2016(4): 10-12.
- [3] 周玉乾,寇思荣,何海军,等. 甘肃省玉米产业发展现状及对策[J]. 甘肃农业科技, 2017(9): 72-75.
- [4] 赵刚,樊廷录,李尚中,等. 不同品种冬小麦冠层温度与抗旱性和水分利用效率的关系研究[J]. 农业现代化研究, 2010, 31(3): 334-337.
- [5] 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.
- [6] 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(2): 20-25.
- [7] 杨瑞哈,许海涛,王文文. 玉米抗旱性指标研究进展[J]. 大麦与谷类科学, 2021, 38(2): 1-7.
- [8] 崔巧爱. 玉米抗旱性研究进展[J]. 农业与技术, 2015, 35(20): 2.
- [9] 孙彩霞,武志杰,张振平,等. 玉米抗旱性评价指标的系统分析 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2004(1): 43-47.
- [10] 李凤海. 玉米抗旱性指标的筛选及其遗传特性研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2011.
- [11] 黎裕,王天宇,刘成,等. 玉米抗旱品种的筛选指标研究[J]. 植物遗传资源学报, 2004(3): 210-215.
- [12] 李凤海,朱敏,吕香玲. 常用玉米自交系抗旱性及抗旱性鉴定指标研究[J]. 种子, 2011, 30(1): 31-34.
- [13] 冀天会,张灿军,谢惠民,等. 小麦品种抗旱性鉴定产量指标的比较研究[J]. 中国农学通报, 2006(1): 103-106.
- [14] 殷婷,余青兰,赵志刚. 油菜抗旱性产量指标及品种筛选[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(3): 450-463.
- [15] 赵霞,刘诗慧,张国方,等. 16 个玉米杂交种的抗旱性评价[J]. 河南农业科学, 2017, 46(12): 24-28.
- [16] 刘雪艳. 不同基因型玉米品种抗旱性评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
- [17] 徐田军,吕天放,赵久然,等. 不同基因型玉米品种对 3 个关键时期干旱胁迫的响应及抗旱性鉴定[J]. 农学报, 2017, 7(12): 12-17.
- [18] 浦军,张仁和,张兴华,等. 不同基因型玉米品种抗旱性田间鉴定研究[J]. 西北农业学报, 2012, 21(5): 84-91.