



新疆地区马铃薯品种抗旱性比较及筛选

孙 慧,王亚玲,刘 易,李江涛,邢斌德,罗正乾,冯怀章

(新疆农业科学院 综合试验场,乌鲁木齐 830012)

摘 要 为了筛选出适宜新疆地区种植的马铃薯耐旱、耐瘠薄品种,分别于2018年、2019年对‘陇薯6号’‘陇薯10号’‘陇薯11号’‘陇薯13号’‘冀张薯12号’‘中薯19号’‘中薯20号’‘中薯22号’‘晋薯16号’共9个马铃薯供试品种分别采用正常灌水和干旱胁迫处理,每个处理的小区安装水表、球阀控制小区灌水用量。在生育期内对马铃薯田间农艺性状、单株产量、667 m²产量方面进行综合比较,进一步进行抗旱性评价。结果表明,在干旱胁迫下,‘中薯22号’‘陇薯13号’较其他品种生长势强,叶绿素含量对干旱胁迫不敏感。干旱对叶面积的抑制性较小。根干质量减幅较其他品种小,根含水率增幅较其他品种高。单株块茎质量较正常浇水差异不显著。‘中薯22号’2018年和2019年每667 m²产量分别达到2 296.81 kg、2 378.06 kg,‘陇薯13号’2018年和2019年每667 m²产量为2 154.74 kg、2 154.82 kg,2 a产量均高于其他7个品种。因此,‘中薯22号’‘陇薯13号’表现出较好的适应性、抗旱性和丰产性,适宜新疆半干旱地区推广种植。

关键词 马铃薯;品种;产量;抗旱指数

中图分类号 S532

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2021)12-1787-10

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是仅次于水稻,小麦和玉米的第四大粮食作物^[1];马铃薯可食用的块茎部分不仅风味佳、味道好,而且富含蛋白质、铁、锌等多种人体需要的营养物质,是一种非常好的粮食蔬菜兼用食材;马铃薯也是加工企业的主要生产原料,如:薯条、薯片、粉条、粉丝、淀粉等;且种植周期短、产量高;新疆2017—2018年总播种面积累计3.44万hm²,总产量达到23.8万t^[2],作为新疆南疆地区精准扶贫工作的重要作物之一,具有广阔的发展前景。

新疆属于温带大陆性气候,全年干旱少雨,日照充足,蒸发性强,气候凉爽,马铃薯是典型的喜凉性温带气候性作物,因缺乏有效的耐旱机理,对水分亏缺和高温敏感。Tian等^[3]表明干旱是西北地区马铃薯生产的关键限制因素。针对影响马铃薯产业发展的最大的自然制约因素—干旱问题,进行马铃薯抗旱性研究显得尤为重要,开展马铃薯品种的抗旱研究对于选育优良的抗旱品种有很大的指导意义^[4]。

近年来,国内外学者在马铃薯抗旱方面进行

了大量的研究并且取得重要进展,筛选与鉴定出多个马铃薯抗旱性综合评价方法,分别有抗旱系数法^[5],它是水分胁迫下产量与正常供水条件下产量的比值,常与多种生理生化指标相结合用于马铃薯抗旱性鉴定;抗旱隶属函数值法^[6-7]是通过计算马铃薯植株抗旱相关性状的隶属值,对马铃薯抗旱育种和筛选进行综合、精确的评价方法;主成分分析法^[8-9](PCA)是一种降维数学变换方法,其基本思想是设法将原先众多且有一定相关性的指标转化成少数几个综合指标,结果可靠、准确。聚类分析方法^[10]有很多种,根据应用所涉及的数据类型、聚类的目的以及具体要求来选择合适的聚类方法。杜培兵等^[5]依据抗旱系数和抗旱指数筛选出抗旱性强品种‘中薯19号’‘同薯23号’;王谧^[11]利用隶属函数法和主成分分析的方法,对19份马铃薯资源的抗旱性进行了综合评价;武新娟^[12]利用抗旱系数结合隶属函数值法对30份马铃薯材料进行抗旱性综合评价,判断不同资源的抗旱性。杨宏宇^[10]借助聚类分析法对88份马铃薯材料的抗旱性进行聚类分析,区分不同品种马

收稿日期:2021-02-25 **修回日期:**2021-09-25

基金项目:国家马铃薯产业技术体系-乌鲁木齐综合试验站(CARS-09-ES36)。

第一作者:孙 慧,女,农艺师,研究方向为马铃薯育种及栽培技术。E-mail:2412965956@qq.com

通信作者:冯怀章,男,硕士,研究员,研究方向为马铃薯新品种选育及栽培技术。E-mail:feng9968@126.com

铃薯的抗旱性。因此根据试验需求,选择适宜的抗旱性评价方法对马铃薯种质资源筛选以及其抗旱性的研究有着重要的意义。

本试验通过对不同马铃薯品种抗旱性的研究,初步筛选出适合新疆地区种植且丰产性好、抗旱性强的品种,为抗旱性马铃薯品种在新疆的推广应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于新疆乌鲁木齐北郊,东经 $87^{\circ}28'$,北纬 $45^{\circ}56'$,海拔 590 m,该地区属于温带半干旱大陆性气候区,无霜期 174 d,年平均日照时数 2 733.6 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 3 063.3 $^{\circ}\text{C}$,年平均降水量 260~290 mm。试验地土壤为沙壤土,有机质 17.6 g/kg,全氮 1.2 g/kg,全磷 0.88 g/kg,全钾 1.8%,pH 8.8。

1.2 试验材料

供试马铃薯品种 9 个:‘陇薯 6 号’‘陇薯 10 号’‘陇薯 11 号’‘陇薯 13 号’‘冀张薯 12 号’‘中薯 19 号’‘中薯 20 号’‘中薯 22 号’‘晋薯 16 号’,以上均为一级种薯。

1.3 试验方法

试验于 2018—2019 年在新疆农业科学院综合试验场进行,试验采用随机区组排列,每个品种设置 2 个处理,处理 1:正常灌水(全生育期灌水为 $240\text{ m}^3/667\text{ m}^2$)作为对照。处理 2:干旱胁迫(全生育期灌水为 $120\text{ m}^3/667\text{ m}^2$)。每个处理的小区安装水表、球阀控制小区灌水用量,2018 年乌鲁木齐主城区夏季平均降雨量 29.4 mm,2019 年乌鲁木齐主城区夏季平均降雨量 27.3 mm,7—8 月晴热少雨,出现中度干旱,因此,自然降雨忽略不计。试验分别于 2018 年 4 月 25 日、2019 年 4 月 22 日一次性播种完,每个品种种植 5 行区,小区面积 20 m^2 ,每行 20 株,每小区 100 株,行长 6.67 m,行距 60 cm,株距 33.3 cm,每个处理设 3 次重复。

试验地每 667 m^2 施农家肥 20 00~3 000 kg,磷酸二铵 15 kg,硫酸钾 10 kg 做底肥一次性施入土中。幼苗期结合中耕培土追肥尿素 $8\text{ kg}/667\text{ m}^2$,马铃薯结薯期一次施入氮、磷复合肥 $10\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 。定期除草。马铃薯出苗后 40 d 调查田间数据,收获期按小区收获,装袋挂标签称量并记录。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 生长指标 株高、茎粗:在马铃薯开花期、块茎膨大期用卷尺测量单株株高,用游标卡尺测量单株茎粗,以上指标随机选取 3 株测定,重复 3 次,测量结果均取同一处理的平均值。

1.4.2 叶绿素 在马铃薯开花期、块茎膨大期将各品种每个处理的每个重复选取 3 株,使用 TYS-B 型叶绿素测定仪,取健康植株倒三叶为测量点测定 SPAD 值。

1.4.3 叶面积 在马铃薯开花期、块茎膨大期将各品种每个处理的每个重复选取 3 株,使用 YMJ-CH 型智能叶面积测量系统,取健康植株倒四叶测量叶面积。

1.4.4 产量 成熟期,试验小区每个处理的每个重复各选 3 株,分别测定每个植株地下部分结薯数、结薯质量。收获时,按小区测产,取 3 次重复的平均值,折合成 667 m^2 产量。

1.4.5 根系 收获时,将植株地下部分挖出,清洗根系,用直尺测量根长,利用电子天平称量根鲜质量。根系 105°C 杀青 30 min 后, 80°C 烘干至恒量,称量根干质量。

根含水率 = (根鲜质量 - 根干质量) / 根干质量 $\times 100\%$

1.4.6 抗旱指标计算^[5] 抗旱系数 = 旱地产量 / 水地产量 $\times 100\%$

抗旱指数 = 抗旱系数 \times 该材料旱地产量 / 所有材料平均旱地产量

1.5 数据统计与分析

使用 Microsoft Excel 2007 以及 DPS 软件处理数据,采用 Duncan's 新复极差法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对马铃薯株高和茎粗的影响

由表 1 可以看出,2018 年和 2019 年在干旱胁迫条件下,不同马铃薯品种的株高、茎粗较正常浇水均有所降低,说明干旱胁迫对马铃薯株高、茎粗产生了一定的影响,干旱对不同品种的影响不同,抗旱能力越强的马铃薯品种通常降低幅度越小^[5]。关于株高多重比较表明,2018 年和 2019 年‘中薯 22 号’‘陇薯 10 号’‘陇薯 13 号’3 个品种的株高均较正常灌水差异不显著,说明干旱对这 3 个品种的株高影响较小。‘中薯 20 号’‘冀张薯 12 号’这 2 个品种 2 a 试验的株高均较正常灌水差异显著,说明这些品种株高对干旱胁迫较

敏感。

关于茎粗多重比较表明,2018 年和 2019 年在干旱胁迫条件下,‘中薯 22 号’‘陇薯 6 号’‘陇薯 13 号’‘晋薯 16 号’4 个品种的茎粗较正常灌水差异均不显著,其中 2019 年‘陇薯 13 号’较正常灌水降幅最小仅为 6.57%,其次为‘中薯 22 号’降低 6.59%,说明干旱对这 2 个品种的茎粗

影响最小。‘中薯 20 号’‘陇薯 10 号’‘陇薯 11 号’‘冀张薯 12 号’这 5 个品种在 2 年试验中茎粗均较正常灌水差异显著,其中 2019 年分别较正常灌水降低 10.24%、18.87%、10.42%、7.11%。说明这些品种茎粗对于干旱胁迫较敏感。综上所述,‘种薯 22 号’‘陇薯 13 号’在株高茎粗方面均表现优良。

表 1 2 种处理下马铃薯不同品种株高、茎粗对比

Table 1 Comparison of plant height and stem thickness of different potato varieties under two treatments

年份 Year	品种 Variety	株高/cm Plant height		茎粗/mm Stem diameter	
		正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress
2018	中薯 19 号 Zhongshu 19	65.23 a	53.67 b	15.22 a	14.31 a
	中薯 20 号 Zhongshu 20	59.23 a	50.33 b	14.76 a	13.12 b
	中薯 22 号 Zhongshu 22	58.56 a	54.33 a	15.67 a	14.33 a
	陇薯 6 号 Longshu 6	67.67 a	62.33 a	13.05 a	11.98 a
	陇薯 10 号 Longshu 10	72.56 a	60.24 a	15.15 a	13.24 b
	陇薯 11 号 Longshu 11	69.33 a	58.67 b	15.83 a	14.21 b
	陇薯 13 号 Longshu 13	74.67 a	66.23 a	17.33 a	16.15 a
	晋薯 16 号 Jinshu 16	59.48 a	53.35 a	16.87 a	15.33 a
2019	冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	64.33 a	50.67 b	14.78 a	13.24 b
	中薯 19 号 Zhongshu 19	60.89 a	52.48 a	14.91 a	13.82 b
	中薯 20 号 Zhongshu 20	57.89 a	49.06 b	14.94 a	13.41 b
	中薯 22 号 Zhongshu 22	55.443 a	47.39 a	15.03 a	14.04 a
	陇薯 6 号 Longshu 6	70.89 a	60.66 b	13.84 a	12.46 a
	陇薯 10 号 Longshu 10	70.78 a	57.56 a	15.9 a	12.90 b
	陇薯 11 号 Longshu 11	72.00 a	57.89 a	16.32 a	14.62 b
	陇薯 13 号 Longshu 13	73.33 a	64.33 a	16.90 a	15.79 a
晋薯 16 号 Jinshu 16	56.55 a	48.67 b	17.78 a	16.44 a	
冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	60.45 a	48.34 b	14.35 a	13.33 b	

注:不同小写字母代表 $P < 0.05$ 水平上同一品种不同处理的差异性,下同。

Note: Different lowercase letters indicate differences under treatment of the same variety at $P < 0.05$ level, the same below.

2.2 不同处理对马铃薯叶绿素含量、叶面积的影响

干旱胁迫一方面使叶绿素的生物合成过程减弱,另一方面会使叶绿素分解加快,导致叶片绿色变淡,进而影响马铃薯的光合作用。因此叶绿素含量的高低会影响马铃薯产量的形成。由表 2 可知,2018 年和 2019 年在干旱胁迫条件下,各品种叶绿素含量较正常灌水条件下均有所下降。2 年试验中,‘陇薯 10 号’‘中薯 20 号’‘中薯 19 号’‘陇薯 6 号’4 个品种叶绿素含量均较正常灌水差异显著,其中 2019 年分别较正常灌水下降 15.50%、12.38%、12.24%、11.19%。‘陇薯 13 号’‘中薯 22 号’‘晋薯 16’‘冀张薯 12 号’叶绿素

含量较正常灌水差异均不显著,2019 年降幅仅在 5.94%~12.75%。‘陇薯 13 号’降幅最低,较正常灌水仅下降 5.94%、其次为‘中薯 22 号’较正常降低 6.92%。说明‘陇薯 13 号’‘中薯 22 号’的叶绿素含量对于干旱胁迫不敏感。

2018 年和 2019 年在干旱胁迫条件下,各品种叶面积较正常灌水条件下均有所下降,表明干旱胁迫抑制叶片的生长。多重比较表明,‘陇薯 11 号’‘陇薯 6 号’‘冀张薯 12 号’叶面积在 2 a 试验中均较正常灌水差异显著,在 2019 年试验中分别较正常灌水降低 23.72%、12.78%、9.36%。‘晋薯 16 号’‘中薯 19 号’‘中薯 22 号’‘陇薯 13

号’叶面积在 2 a 试验中均较正常灌水差异不显著,在 2019 年试验中分别较正常灌水降低 2.94%、3.58%、6.02%、8.24%。说明干旱胁迫

对这 4 个品种的抑制性较小。综上,‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’在干旱胁迫下,叶绿素含量和叶面积均表现良好。

表 2 2 种处理下不同马铃薯品种叶绿素含量、叶面积对比

Table 2 Comparison of chlorophyll and leaf area of different potato varieties under two treatments

年份 Year	品种 Variety	叶绿素含量(SPAD) Chlorophyll		叶面积/cm ² Leaf area	
		正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress
2018	中薯 19 号 Zhongshu 19	47.24 a	43.21 b	25.78 a	23.67 a
	中薯 20 号 Zhongshu 20	47.35 a	41.62 b	26.85 a	22.33 b
	中薯 22 号 Zhongshu 22	48.42 a	44.36 a	29.45 a	28.31 a
	陇薯 6 号 Longshu 6	46.67 a	42.31 b	24.34 a	20.58 b
	陇薯 10 号 Longshu 10	46.89 a	40.85 b	24.37 a	20.45 b
	陇薯 11 号 Longshu 11	47.36 a	44.52 a	23.26 a	19.48 b
	陇薯 13 号 Longshu 13	49.24 a	45.33 a	25.72 a	24.11 a
	晋薯 16 号 Jinshu 16	46.21 a	42.58 a	36.75 a	27.28 a
	冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	45.98 a	42.23 a	27.55 a	23.46 b
2019	中薯 19 号 Zhongshu 19	48.60 a	42.65 b	28.20 a	27.19 a
	中薯 20 号 Zhongshu 20	48.79 a	42.75 b	27.60 a	26.55 a
	中薯 22 号 Zhongshu 22	49.01 a	45.62 a	31.25 a	29.37 a
	陇薯 6 号 Longshu 6	49.08 a	43.59 b	23.70 a	20.67 b
	陇薯 10 号 Longshu 10	48.84 a	41.27 b	22.74 a	19.52 a
	陇薯 11 号 Longshu 11	45.98 a	39.86 b	21.25 a	16.21 b
	陇薯 13 号 Longshu 13	53.33 a	46.53 a	23.80 a	21.84 a
	晋薯 16 号 Jinshu 16	47.27 a	43.70 a	38.04 a	36.92 a
	冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	47.63 a	44.80 a	29.50 a	26.74 b

2.3 不同处理对马铃薯根部的影响

由表 3 可知,2018 年和 2019 年在干旱胁迫条件下,各品种马铃薯的单株根长均小于正常浇水处理。说明干旱抑制地下根系的生长。其中 2018 年‘陇薯 13 号’‘陇薯 11 号’‘中薯 22 号’根长较其他品种长,分别达到 27.97 cm、27.21 cm、26.34 cm。2019 年‘陇薯 13 号’‘中薯 22 号’‘中薯 19 号’根长较其他品种长,分别达到 28.33 cm、27.45 cm、26.67 cm。在干旱胁迫下,2018 年所有参试品种根干质量减幅为 9.46%~32.54%。其中‘中薯 22 号’减幅最小,为 9.46%,其次是‘中薯 19 号’和‘陇薯 13 号’,分别为 12.55%和 14.35%,2019 年所有参试品种根干质量减幅为 18.72%~32.17%。其中‘陇薯 13 号’减幅最小,为 18.72%,其次是‘晋薯 16 号’和‘中薯 22 号’,分别为 19.72%,21.33%。2018 年所有参试品种根含水率增幅为 18.11%~

35.39%。其中‘中薯 22 号’增幅最大,为 35.39%,其次是‘中薯 20 号’和‘陇薯 13 号’,分别为 32.61%、30.92%。2019 年所有参试品种根含水率增幅为 19.39%~35.84%。其中‘中薯 22 号’增幅最大,为 35.84%,其次是‘中薯 20 号’和‘陇薯 13 号’,分别为 34.36%、33.39%。综上可看出‘陇薯 13 号’‘中薯 22 号’根干质量减幅较其他品种小,根含水率增幅较其他品种高。

2.4 不同处理对马铃薯单株块茎质量的影响

从表 4 可以看出,2018 年和 2019 年在干旱胁迫条件下,不同品种的单株结薯数和单株块茎质量均较正常灌水有所降低,然而干旱对不同品种的影响不同。其中,2018 年‘中薯 19 号’‘陇薯 6 号’‘陇薯 10 号’‘冀张薯 12 号’单株结薯数,单株块茎质量均较正常浇水处理下差异显著,‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’单株结薯数,单株块茎质量均较正常浇水处理下差异不显著,干旱胁迫下‘冀张

表 3 2 种处理下不同马铃薯品种根长、根干质量及根含水率对比
Table 3 Comparison of root length, root dry mass and root water content of different potato varieties under two treatments

年份 Year	品种 Variety	根长/cm Root length		根干质量/g Root dry mass			根含水率/% Root water content		
		正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	减幅/% Decrease	正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	减幅/% Decrease
2018	中薯 19 号 Zhongshu 19	30.58 a	25.87 a	2.31	2.02	12.55	10.65	13.67	28.36
	中薯 20 号 Zhongshu 20	27.73 a	22.56 b	2.26	1.93	14.6	10.64	14.11	32.61
	中薯 22 号 Zhongshu 22	28.42 a	26.34 a	2.22	2.01	9.46	11.33	15.34	35.39
	陇薯 6 号 Longshu 6	27.55 a	22.84 b	1.98	1.52	23.23	10.98	13.58	23.68
	陇薯 10 号 Longshu 10	26.83 a	21.49 b	2.10	1.61	23.33	10.57	13.43	27.06
	陇薯 11 号 Longshu 11	29.75 a	27.21 a	2.21	1.53	30.77	12.15	15.31	26.01
	陇薯 13 号 Longshu 13	32.84 a	27.97 a	2.23	1.91	14.35	12.97	16.98	30.92
	晋薯 16 号 Jinshu 16	31.83 a	23.78 b	2.15	1.68	21.86	12.81	15.13	18.11
	冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	26.79 a	20.86 b	2.09	1.41	32.54	11.33	13.66	20.56
2019	中薯 19 号 Zhongshu 19	32.11 a	26.67 a	2.2	1.58	28.19	10.87	14.31	31.65
	中薯 20 号 Zhongshu 20	28.78 a	24.223 a	2.36	1.71	27.54	11.41	15.33	34.36
	中薯 22 号 Zhongshu 22	31.89 a	27.45 a	2.11	1.66	21.33	11.69	15.88	35.84
	陇薯 6 号 Longshu 6	28.11 a	24.00 b	2.02	1.37	32.17	10.06	12.43	23.56
	陇薯 10 号 Longshu 10	28.00 a	22.78 b	2.06	1.41	31.55	9.18	10.96	19.39
	陇薯 11 号 Longshu 11	28.44 a	26.22 a	2.27	1.61	29.07	10.61	13.62	28.37
	陇薯 13 号 Longshu 13	34.00 a	28.33 a	2.19	1.78	18.72	12.58	16.78	33.39
	晋薯 16 号 Jinshu 16	32.44 a	25.67 b	2.13	1.71	19.72	11.95	15.86	32.72
	冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	27.67 a	21.11 b	2.17	1.54	29.04	10.32	12.89	24.9

表 4 2 种处理下马铃薯不同品种单株块茎质量差异对比
Table 4 Comparison of tuber mass differences between different potato varieties under two treatments

年份 Year	品种 Variety	单株结薯数 Number of tubers per plant		单株块茎质量/g Tuber mass per plant		单薯质量/g Single potato mass	
		正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress
2018	中薯 19 号 Zhongshu 19	7.24 a	5.32 b	870.25 a	235.42 b	120.20	44.25
	中薯 20 号 Zhongshu 20	6.36 a	5.32 a	984.32 a	324.56 b	154.77	61.01
	中薯 22 号 Zhongshu 22	7.87 a	6.89 a	1 038.22 a	589.67 a	131.92	85.58
	陇薯 6 号 Longshu 6	10.76 a	6.48 b	752.33 a	298.34 b	69.92	46.04
	陇薯 10 号 Longshu 10	8.22 a	4.36 b	783.56 a	367.32 b	95.32	84.25
	陇薯 11 号 Longshu 11	7.43 a	6.54 a	782.45 a	356.63 b	105.31	54.53
	陇薯 13 号 Longshu 13	10.24 a	9.32 a	996.38 a	628.33 a	97.30	67.42
	晋薯 16 号 Jinshu 16	6.36 a	5.42 a	1 039.25 a	405.11 b	163.40	74.74
	冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	7.52 a	4.23 b	894.33 a	412.25 b	118.93	97.46
2019	中薯 19 号 Zhongshu 19	6.65 a	4.56 b	999.00 a	271.11 b	150.23	59.45
	中薯 20 号 Zhongshu 20	6.62 a	5.46 a	1 011.74 a	417.00 b	152.83	76.37
	中薯 22 号 Zhongshu 22	8.56 a	6.45 a	1 062.33 a	604.00 a	124.1	93.64
	陇薯 6 号 Longshu 6	12.44 a	5.56 a	861.11 a	315.56 b	69.22	56.76
	陇薯 10 号 Longshu 10	7.63 a	5.40 b	754.99 a	399.47 b	98.95	73.98
	陇薯 11 号 Longshu 11	8.78 a	8.11 a	764.45 a	454.44 a	87.07	56.03
	陇薯 13 号 Longshu 13	11.00 a	9.44 a	1 049.45 a	660.00 a	95.4	69.92
	晋薯 16 号 Jinshu 16	5.56 a	4.89 a	1 116.67 a	433.34 a	200.84	88.62
	冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	8.18 a	4.67 b	1 022.22 a	525.55 b	124.97	112.54

薯 12 号’、‘中薯 22 号’单薯质量最大,分别达到 97.46 g 和 85.58 g。2019 年‘中薯 19 号’、‘陇薯 10 号’、‘冀张薯 12 号’单株结薯数,单株块茎质量均较正常浇水处理下差异显著,单株结薯数较正常浇水降低 29.23%~42.91%,单株块茎质量较正常浇水降低 47.09%~72.86%。‘中薯 22 号’、‘陇薯 11 号’、‘陇薯 13 号’、‘晋薯 16 号’单株结薯数和单株块茎质量均较正常浇水处理下差异不显著。单株结薯数较正常浇水降低 7.63%~24.65%。单株块茎质量较正常浇水降低 37.11%~61.19%。干旱胁迫下的‘冀张薯 12 号’、‘中薯 22 号’单薯质量最大,分别达到 112.54 g 和 93.64 g。

2.5 不同处理对马铃薯产量的影响

从表 5 可以看出,2018 年和 2019 年在干旱胁迫条件下,各品种马铃薯的产量较正常灌水量均有所下降,干旱胁迫对不同品种影响不同,多重比较表明,2018 年‘中薯 19 号’、‘中薯 22 号’、‘陇薯 11 号’、‘陇薯 13 号’每 667m² 产量较正常灌水差异不显著。其余品种较正常灌水差异显著。干旱胁迫处理下,‘中薯 22 号’、‘陇薯 13 号’

较其他品种减产幅度小,分别减产 37.20% 和 37.61%。各品种马铃薯的商品率较正常灌水有所下降,其中,‘陇薯 6 号’、‘陇薯 13 号’、‘陇薯 10 号’商品薯率减幅小于 25%,分别为 20.38%、21.44%、24.60%。‘中薯 19 号’、‘中薯 20 号’、‘中薯 22 号’、‘陇薯 11 号’、‘晋薯 16 号’、‘冀张薯 12 号’商品薯率减幅均大于 25%,分别为 34.77%、37.47%、25.63%、39.53%、30.94%、26.11%。2019 年‘中薯 19 号’、‘中薯 22 号’亩产量较正常灌水差异不显著。其余品种较正常灌水差异显著。干旱胁迫处理下,‘中薯 22 号’、‘陇薯 13 号’较其他品种减产幅度小,分别减产 36.54%、37.60%。干旱胁迫处理下,各品种马铃薯的商品率较正常灌水有所下降,其中,‘陇薯 13 号’、‘陇薯 10 号’、‘中薯 22 号’、‘冀张薯 12 号’商品薯率减幅小于 25%,分别为 19.82%、20.15%、22.36%、24.49%。‘中薯 19 号’、‘中薯 20 号’、‘陇薯 6 号’、‘陇薯 11 号’、‘晋薯 16 号’商品薯率减幅均大于 25%,分别为 32.79%、33.12%、30.35%、41.39%、31.61%。

表 5 2 种处理下马铃薯不同品种产量差异对比

Table 5 Comparison of yield differences of different potato varieties under two treatments

年份 Years	品种 Variety	小区平均产量/kg Average yield		产量/(kg/667m ²) Yield		减产/% Decrease production	商品薯率/% Commodity potato rate		商品薯率 减幅/% Decrease in commodity potato rate
		正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress		正常灌水 Normal irrigation	干旱胁迫 Drought stress	
2018	中薯 19 号 Zhongshu 19	69.10	35.32	2 304.49 a	1 177.92 a	48.89	68.71	44.82	34.77
	中薯 20 号 Zhongshu 20	80.12	39.63	2 672.00 a	1 321.66 b	50.54	64.82	40.53	37.47
	中薯 22 号 Zhongshu 22	109.86	68.87	3 657.16 a	2 296.81 a	37.20	63.55	47.26	25.63
	陇薯 6 号 Longshu 6	70.45	37.46	2 349.51 a	1 249.29 b	46.83	42.63	33.94	20.38
	陇薯 10 号 Longshu 10	81.72	46.53	2 725.36 a	1 551.77 b	43.06	56.83	42.85	24.60
	陇薯 11 号 Longshu 11	67.82	36.45	2 261.80 a	1 215.61 a	46.25	57.48	34.76	39.53
	陇薯 13 号 Longshu 13	103.55	64.61	3 453.39 a	2 154.74 a	37.61	68.14	53.53	21.44
	晋薯 16 号 Jinshu 16	112.21	47.48	3 742.20 a	1 583.46 b	57.69	73.66	50.87	30.94
	冀张薯 12 Jizhangshu 12	87.35	39.23	2 913.12 a	1 308.32 b	55.09	60.81	44.93	26.11
2019	中薯 19 号 Zhongshu 19	74.05	37.44	2 469.71 a	1 248.70 a	49.44	73.8	49.6	32.79
	中薯 20 号 Zhongshu 20	83.99	43.23	2 800.96 a	1 441.72 b	48.53	62.53	41.82	33.12
	中薯 22 号 Zhongshu 22	112.37	71.31	3 747.46 a	2 378.06 a	36.54	66.24	51.43	22.36
	陇薯 6 号 Longshu 6	63.34	39.35	2 112.42 a	1 312.07 b	37.89	49.78	34.67	30.35
	陇薯 10 号 Longshu 10	79.54	42.02	2 652.55 a	1 401.25 b	47.17	58.52	46.73	20.15
	陇薯 11 号 Longshu 11	70.78	34.16	2 360.35 a	1 139.34 b	51.73	52.64	30.85	41.39
	陇薯 13 号 Longshu 13	103.55	64.61	3 453.43 a	2 154.82 b	37.60	71.74	57.52	19.82
	晋薯 16 号 Jinshu 16	103.1	41.43	3 438.45 a	1 381.64 b	59.82	78.43	53.64	31.61
	冀张薯 12 Jizhangshu 12	78.69	41.06	2 624.42 a	1 369.38 b	47.82	63.37	47.85	24.49

2.6 不同处理马铃薯抗旱评价

抗旱系数反映干旱对产量影响的敏感程度,数值越大,表明抗旱能力越强。由表 6 可知,参试品种中,2018 年和 2019 年抗旱系数均大于 0.600 的有‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’。2018 年和 2019 年抗旱系数均在 0.500~0.600 的有‘中薯 19 号’‘陇薯 10 号’。2018 年和 2019 年抗旱系数均小于 0.500 的有‘晋薯 16 号’。抗旱指数不仅反映了

干旱环境对产量的影响,还能反映基因型差异对产量的影响,抗旱指数越大,表明抗旱能力越强,在干旱胁迫处理下,2018 年和 2019 年抗旱指数较高的均为‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’,其中 2019 年抗旱指数分别为 0.982、0.875。依据抗旱指数可以看出抗旱能力强的品种有‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’。

表 6 干旱胁迫处理下不同马铃薯品种抗旱系数和抗旱指数

Table 6 Drought resistance coefficient and drought resistance index of potato varieties under drought stress

年份 Years	品种 Variety	抗旱系数 Drought resistance coefficient	抗旱指数 Drought resistance index	
2018	中薯 19 号 Zhongshu 19	0.511	0.391	
	中薯 20 号 Zhongshu 20	0.495	0.425	
	中薯 22 号 Zhongshu 22	0.628	0.937	
	陇薯 6 号 Longshu 6	0.532	0.432	
	陇薯 10 号 Longshu 10	0.569	0.573	
	陇薯 11 号 Longshu 11	0.537	0.424	
	陇薯 13 号 Longshu 13	0.624	0.873	
	晋薯 16 号 Jinshu 16	0.423	0.435	
	冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	0.449	0.381	
	2019	中薯 19 号 Zhongshu 19	0.506	0.411
		中薯 20 号 Zhongshu 20	0.515	0.483
		中薯 22 号 Zhongshu 22	0.635	0.982
陇薯 6 号 Longshu 6		0.621	0.530	
陇薯 10 号 Longshu 10		0.528	0.482	
陇薯 11 号 Longshu 11		0.483	0.358	
陇薯 13 号 Longshu 13		0.624	0.875	
晋薯 16 号 Jinshu 16		0.402	0.361	
冀张薯 12 号 Jizhangshu 12		0.522	0.465	

3 讨论

马铃薯通常被认为是对干旱敏感的作物,干旱胁迫是限制马铃薯产量和品质的重要瓶颈之一^[13],引进新型马铃薯品种,评价品种抗旱性,可为新疆抗旱马铃薯新品种的利用和推广奠定理论和实践基础。与此同时,学者们对减轻干旱对马铃薯生产的影响的方法进行了大量研究,例如基于遗传^[14]、节水灌溉^[15]、耕作制度^[16]等方法选育抗旱品种,及马铃薯生产地区的干旱时空分析和干旱预测^[17]。

干旱胁迫会抑制植株的株高、主茎、叶面积、根系、产量等性状^[18],有研究表明^[19],干旱胁迫指数与株高成反比。本研究发现干旱胁迫对‘中

薯 22 号’‘陇薯 13 号’株高和茎粗影响较小,较正常灌水处理差异不显著,抗旱能力较强;Monneveux 等^[20]研究表明干旱限制叶片的生长,降低叶面积指数及单位叶面积的光合作用速率,本试验中‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’叶面积较正常灌水差异不显著,‘陇薯 13 号’‘中薯 22 号’叶绿素含量较正常灌水差异不显著,并且分别较正常灌水下较少;马铃薯不耐干旱主要归因于一段时间的水分胁迫后其根系浅和恢复能力低^[21],耐旱品种具有更深的根系、更多的根表面积和更多的根尖数^[22]。杜培兵等^[23]研究发现,干旱胁迫下,根干质量减幅越小根含水率增幅越大越抗旱,本试验中‘陇薯 13 号’根干质量减幅最小,其次是‘晋薯 16 号’和‘中薯 22 号’;根含水率‘中薯 22 号’增

幅最大,其次是‘中薯 20 号’和‘陇薯 13 号’。综合对根干质量及根含水率的比较,表明‘陇薯 13 号’‘中薯 22 号’抗旱性较强;干旱严重影响着马铃薯的产量,严重时可能造成减产 50% 以上,此外还可引起一系列的不良反应,如马铃薯薯块品质的下降、形态畸形、代谢紊乱等^[4]。‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’在干旱胁迫下生长势好,产量在所有品种中最高。本试验通过应用抗旱系数和抗旱指数 2 个指标,更直观地筛选出抗旱性强的品种为‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’。这与通过对长势和产量分析筛选的结果一致。

4 结论

中国是世界上最大的马铃薯生产国,中国 60% 的马铃薯作物都在干旱和半干旱气候下种植^[24]。中国只有少数具有高抗旱性的品种被推广应用^[25]。因此加快抗旱品种的筛选对农业生产非常重要。本试验以正常灌水为对照,对 9 个马铃薯品种进行株高、茎粗、叶绿素、叶面积、根系、单株结薯数、单株块茎质量、单薯质量和产量方面进行综合比较,初步筛选出‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’各方面抗旱能力优良,并且在抗旱系数和抗旱指数两个指标中,‘中薯 22 号’‘陇薯 13 号’均表现最好。因此本试验认为‘中薯 22 号’和‘陇薯 13 号’宜作为抗旱品种在新疆地区推广应用。

参考文献 Reference:

- [1] WANG C C, WANG X Y, WANG K X, *et al.* Manipulating aeroponically grown potatoes with gibberellins and calcium nitrate [J]. *American Journal of Potato Research*, 2018, 95(4): 351-361.
- [2] 国家统计局. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017—2018.
National Bureau of Statistics. China Rural Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2017—2018.
- [3] TIAN Y, SU D, LI F, *et al.* Effect of rainwater harvesting with ridge and furrow on yield of potato in semiarid areas [J]. *Field Crops Research*, 2003, 84(3): 385-391.
- [4] 李梦迪, 杨媛媛, 周平, 等. 马铃薯抗旱性研究进展[J]. 中国马铃薯, 2020, 34(5): 304-308.
LI M D, YANG Y Y, ZHOU P, *et al.* Research progress on drought resistance of potato [J]. *Chinese Potato*, 2020, 34(5): 304-308.
- [5] 杜培兵, 张永福, 白小东, 等. 主成分分析和隶属函数法对马铃薯品种抗旱性的评价 [J]. 种子, 2019, 38(8): 120-126.
DU P B, ZHANG Y F, BAI X D, *et al.* Evaluation of drought resistance of potato varieties by principal component analysis and membership function method [J]. *Seed*, 2019, 38(8): 120-126.
- [6] 李志燕. PEG-6000 胁迫下马铃薯耐旱指标的筛选[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.
LI ZH Y. In vitro selection for traits related to drought tolerance under PEG-6000-induced water stress in potatoes [D]. Harbin: Northeast Agriculture University, 2015.
- [7] 韩德鹏, 尹智宇, 杨蓓, 等. 干旱胁迫对冬播马铃薯现蕾期生理生化指标的影响[J]. 中国马铃薯, 2020, 34(2): 78-85.
HAN D P, YIN ZH Y, YANG B, *et al.* Effects of drought stress on physiological and biochemical indexes of winter sowing potato at bud flower stage [J]. *China Potato*, 2020, 34(2): 78-85.
- [8] 刘建新, 李清超, 王锦, 等. 主成分分析在玉米区域试验中的应用[J]. 农业科技通讯, 2015(11): 42-45.
LIU J X, LI Q CH, WANG J, *et al.* Application of principal component analysis in corn regional test [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2015(11): 42-45.
- [9] 赵媛媛. 马铃薯抗旱资源的筛选及抗旱相关基因的鉴定[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017.
ZHAO Y Y. Screening of potato drought resistance resources and identification of drought resistance genes [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017.
- [10] 杨宏羽. 马铃薯种质资源的抗旱性评价和抗旱机理研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
YANG H Y. Evaluation drought resistance and mechanism of potato germplasm resources [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2016.
- [11] 王谧. 马铃薯抗旱指标研究及抗旱性鉴定[D]. 西宁: 青海大学, 2011.
WANG M. The research of drought resistance indexes and drought resistance identification in potato [D]. Xining: Qinghai University, 2011.
- [12] 武新娟. 马铃薯不同品种的抗旱性评价及 Fe-SOD 基因的研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
WU X J. Evaluation of drought tolerance and clone of gene Fe-SOD in potato varieties [D]. Harbin: Northeast Agriculture University, 2008.
- [13] OBIDIEGWU J, BRYAN G, JONES H, *et al.* Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2015, 6: 542.
- [14] 康乐, 可庆波. 过表达马铃薯气孔密度调节因子 StEPFL 增强拟南芥抗旱性 [J]. 分子植物育种, 2021, 19(11): 3698-3708.
KANG L, KE Q B. Overexpressing potato stomatal density regulator StEPFL enhances arabidopsis drought tolerance [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2021, 19(11): 3698-3708.
- [15] YACTAYO W, RAM REZ D A, GUTI RREZ R, *et al.* Effect of partial root-zone drying irrigation timing on pota-

- to tuber yield and water use efficiency [J]. *Agricultural Water Management*, 2013, 123: 65-70.
- [16] HU Q, PAN F, PAN X, *et al.* Effects of a ridge-furrow micro-field rainwater-harvesting system on potato yield in a semi-arid region [J]. *Field Crops Research*, 2014, 166: 92-101.
- [17] XIE K, WANG X X, ZHANG R, *et al.* Partial root-zone drying irrigation and water utilization efficiency by the potato crop in semi-arid regions in China [J]. *Scientia Horticulturae*, 2012, 134: 20-25.
- [18] 杨宏羽, 平海涛, 王 蒂, 等. 不同倍性马铃薯品种的抗旱性[J]. 中国沙漠, 2016, 36(4): 1041-1049.
YANG H Y, PING H T, WANG D, *et al.* Drought resistance of different ploidy potato varieties [J]. *China Desert*, 2016, 36(4): 1041-1049.
- [19] 王 燕, 杨克俭, 龚学臣, 等. 全国主栽马铃薯品种的抗旱性评价[J]. 种子, 2016, 35(9): 82-85.
WANG Y, YANG K J, GONG X CH, *et al.* Evaluation of drought resistance in major potato cultivars [J]. *Seeds*, 2016, 35(9): 82-85.
- [20] MONNEVEUX P, RAM REZ D A, PINO M T. Drought tolerance in potato (*S. tuberosum* L.); can we learn from drought tolerance research in cereals? [J]. *Plant Science*, 2013, 205/206: 76-86.
- [21] WANG F X, KANG Y, LIU S P. Effects of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in North China Plain [J]. *Agriculture Water Manage*, 2006, 79(3): 248-264.
- [22] 杨再强, 邱译萱, 刘朝霞, 等. 土壤水分胁迫对设施番茄根系及地上部生长的影响 [J]. 生态学报, 2016, 36(3): 748-757.
YANG Z Q, QIU Y X, LIU ZH X, *et al.* The effects of soil moisture stress on the growth of root and above-ground parts of greenhouse tomato crops [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(3): 748-757.
- [23] 杜培兵, 杨文静. 马铃薯抗旱品种筛选及鉴定试验 [J]. 中国蔬菜, 2018(9): 29-34.
DU P B, YANG W J. Screening and identification test of drought resistant potato varieties [J]. *China Vegetables*, 2018(9): 29-34.
- [24] 徐建飞, 刘 杰, 卞春松, 等. 马铃薯资源抗旱性鉴定和筛选 [J]. 中国马铃薯, 2011, 25(1): 1-6.
XU J F, LIU J, BIAN CH S, *et al.* Evaluation of drought tolerance in potato germplasm [J]. *China Potato*, 2011, 25(1): 1-6.
- [25] QIN J, BIAN C, LIU J, *et al.* An efficient greenhouse method to screen potato genotypes for drought tolerance [J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 253: 61-69.

Comparison and Selection of Drought Resistance of Potato Varieties in Xinjiang

SUN Hui, WANG Yaling, LIU Yi, LI Jiangtao, XING Binde,
LUO Zhengqian and FENG Huaizhang

(Comprehensive Test Field of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830012, China)

Abstract In order to screen out drought-tolerant and barren-tolerant potato varieties suitable for planting in Xinjiang, Nine tested varieties including ‘Longshu 6’ ‘Longshu 10’ ‘Longshu 11’ ‘Longshu 13’ and ‘Jizhangshu 12’ ‘Zhongshu 19’ ‘Zhongshu 20’ ‘Zhongshu 22’ and Jinshu 16 were treated with normal irrigation and dry stress in 2018 and 2019. Water meters and ball valves were installed in each treatment plot to control the water consumption. During the growth period, the potato field agronomic traits, yield per plant, and yield per 667m² were done, and drought resistance were comprehensively compared and further evaluated. The results showed that under drought stress, ‘Zhongshu 22’ and ‘Longshu 13’ were better than others. The variety had strong growth potential and the chlorophyll content was not sensitive to drought stress. Drought had less inhibitory effect on leaf area. The reduction of root dry mass was smaller than that of other varieties, and the increase of root water content was higher than that of other varieties. The tuber mass per plant was not significantly different from normal watering. The yield per 667m² of ‘Zhongshu 22’ in 2018 and 2019 reached 2 296.81 kg and 2 378.06 kg, respectively, and the yield of ‘Longshu 13’ per 667m² in 2018 and 2019 was 2 154.74 kg and 2 154.82 kg, respectively. The two-year yield was higher than the other 7 varieties. Therefore, ‘Zhongshu 22’ and ‘Longshu 13’ show good adaptability, drought resistance and high yield, and it is suitable for popularization in semi-arid areas of Xinjiang.

Key words Potato; Variety; Yield; Drought resistance index

Received 2021-02-25

Returned 2021-09-25

Foundation item National Potato Industry Technology System-Urumqi Comprehensive Experimental Station(No. CARS-09-ES36).

First author SUN Hui, female, agronomist. Research area: potato breeding and cultivation technology. E-mail: 2412965956@qq.com

Corresponding author FENG Huaizhang, male, master, researcher. Research area: new potato variety breeding and cultivation technology research. E-mail: feng9968@126.com

(责任编辑:成敏 Responsible editor: CHENG Min)