

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)02-0125-08

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.02.004

栽培生理

不同纬度和土壤类型对马铃薯加工品质的影响

韩忠才¹, 张 川², 徐 飞¹, 王中原¹, 孙 静¹, 梁金平²,
邱博妍¹, 牟 彬¹, 李鹏广³, 张胜利^{1*}

(1. 吉林省蔬菜花卉科学研究院, 吉林 长春 130033; 2. 福建省龙岩农业科学研究所, 福建 龙岩 364000;

3. 内蒙古兴安盟奥特奇农业资源开发有限公司, 内蒙古 兴安盟 137400)

摘 要: 马铃薯加工性状是受多基因控制的数量性状, 其表现与生态环境具有一定相关性。为研究马铃薯干物质、淀粉等主要加工品质性状在不同纬度和土壤类型的变异, 选用6个马铃薯品种, 在8个生态点进行试验, 分析不同纬度、气候因子和土壤类型下马铃薯主要加工品质的变化规律。马铃薯干物质、淀粉、还原糖和粗蛋白的生态点(环境)、基因型×环境互作效应均在0.01水平上达到显著。在8个生态试验点, 内蒙古自治区扎兰屯市试验点干物质和淀粉含量最高、吉林省公主岭市试验点最低; 还原糖和粗蛋白含量吉林省通榆县试验点最高、吉林省公主岭市试验点最低。单株结薯数、单株块茎重和产量的基因型×环境互作效应均达0.01水平显著, 单株结薯数和产量的环境效应0.01水平显著。综上, 马铃薯加工品质和产量性状受环境效应影响较大。试验结果对于高蛋白、高干物质和高淀粉马铃薯区域化种植和新品种选育具有一定的理论指导意义。

关键词: 纬度; 土壤类型; 马铃薯; 加工品质

Effects of Different Latitudes and Soil Types on Potato Processing Quality

HAN Zhongcai¹, ZHANG Chuan², XU Fei¹, WANG Zhongyuan¹, SUN Jing¹, LIANG Jinping²,

QIU Boyan¹, MU Bin¹, LI Pengguang³, ZHANG Shengli^{1*}

(1. Jilin Institute of Vegetables and Flowers, Changchun, Jilin 130033, China;

2. Longyan Institute of Agricultural Sciences, Longyan, Fujian 364000, China;

3. Aoteqi Agricultural Resource Development Co., Ltd., Hinggan League, Inner Mongolia 137400, China)

Abstract: Potato processing traits are quantitative traits controlled by multiple genes, and their performance has a certain correlation with ecological environments. In order to study the variation of tuber dry matter, starch and other major processing quality traits at different latitudes and soil types, six potato varieties were selected to conduct experiments in eight ecological sites to analyze the variation of potato major processing qualities under different latitudes, climate factors and soil types. The effects of ecological sites (environments) and genotype × environment were highly significant on the contents of tuber dry matter, starch, reducing sugar and crude protein at the level of 0.01. In

收稿日期: 2023-04-13

基金项目: 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系(CARS-09-ES07); 吉林省科技厅重点研发项目(20230203167SF)。

作者简介: 韩忠才(1981-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事马铃薯遗传育种和优质高效栽培技术研究。

*通信作者(Corresponding author): 张胜利, 研究员, 主要从事薯类育种、栽培和病虫害防治, E-mail: jlpotato@163.com。

eight test sites, the contents of dry matter and starch in Zhalantun of Inner Mongolia Autonomous Region was the highest; those in Gongzhuling of Jilin Province was the lowest. The contents of reducing sugar and crude protein in Tongyu of Jilin Province was the highest; those in Gongzhuling of Jilin Province was the lowest. The effects of genotype $\times$ environment were highly significant on tuber number per plant, tuber yield per plant and yield at the level of 0.01, and the effects of environment were highly significant on tuber number per plant and yield at the level of 0.01. In conclusion, the processing quality and yield traits of potatoes are greatly influenced by environmental effects. The experimental results have certain theoretical guidance significance for the regional planting and new variety breeding of high protein, high dry matter, and high starch potatoes.

Key Words: latitude; soil type; potato; processing quality

马铃薯是仅次于小麦、水稻和玉米, 位居全球第四大重要的粮食作物。中国是世界马铃薯总产量最高和种植面积最大的国家。截至2021年, 中国马铃薯种植面积约为460.6万 hm^2 、总产量为1 830.9万 t ^[1]。不同地区的生态环境是影响马铃薯生长发育、产量和品质的重要因素之一。因此, 在当今农业提质增效的背景下, 筛选和培育优质、广适型马铃薯新品种尤为重要。马铃薯产量高低和品质好坏不仅与品种本身特性有关(基因型效应), 还与不同生态区的经度、纬度、气候因子、土壤条件等也有重要影响^[2,3](环境效应及环境与基因型互作效应)。以往研究发现, 随着海拔升高, 马铃薯干物质、淀粉和还原糖等品质指标均增加, 但蛋白质含量下降, 而产量指标因品种不同表现不一致^[4-6]。李欣^[7]指出单薯重、还原糖和钾含量受环境效应影响, 而蛋白质含量差异不明显。不同作物间的表现具有一定相似性, 如向日葵的蛋白质、油酸等品质性状在贵州省6个生态区域表现出基因型、环境及基因型 $\times$ 环境互作效应显著^[8]; 小麦的淀粉含量环境效应及基因型 $\times$ 环境互作效应均显著、基因型效应不显著^[9]; 甘薯的淀粉含量、还原糖和类胡萝卜素含量与纬度变化无关, 而蛋白质含量则随着纬度的升高而呈上升趋势^[10]。在黑龙江省, 大豆随着纬度升高, 蛋白质和脂肪含量呈显著负相关、与亚油酸和亚麻酸呈显著正相关^[11]。现有研究条件均以本地区不同纬度为研究对象, 部分作物品质和产量差异变化不明显。马铃薯多数性状为数量性状, 基因型对环境条件具有一定敏感性, 导致主产区主栽

品种各异, 如山东、河北省种植面积最大的品种是‘荷兰15’, 东北地区(吉林、黑龙江和辽宁省)是‘尤金’, 西部地区[宁夏、甘肃、青海、贵州省(自治区)]是‘青薯9号’, 西南地区(云南、四川省)是‘丽薯6号’。主产区气候因子及土壤类型等具有较大差异, 因此, 针对大范围种植区域环境筛选优质、高产和广适性品种具有紧迫性, 且跨区域研究不同纬度地区马铃薯主要性状的影响鲜有报道。本研究以吉林省6个主栽品种为试验材料, 在北方一季作区甘肃省白银市、内蒙古自治区武川县、河北省张家口市、吉林省公主岭市和通榆县、内蒙古自治区扎兰屯市、黑龙江省克山县和大兴安岭地区加格达奇区开展马铃薯产量和品质的差异性研究, 以期对不同纬度地区马铃薯优质、广适高效育种, 不同品种的广适性和生产栽培提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2019年在甘肃省白银市、内蒙古自治区武川县、河北省张家口市、吉林省公主岭市和通榆县、内蒙古自治区扎兰屯市、黑龙江省克山县和大兴安岭地区加格达奇区开展, 具体地理环境见表1。播种前在8个试验地点随机取土样, 对土壤理化性状进行测定, 3次重复, 取平均值(表2)。

1.2 试验材料与设计

试验材料‘春薯10号’‘春薯12号’‘延薯4号’‘大西洋’‘东农310’和‘早大白’由吉林省蔬菜花

卉科学研究院薯类研究所提供(原种)。所有试验地点种薯重 25~50 g, 整薯播种。试验采用随机区组设计, 3 次重复, 行距 80 cm、株距 25 cm、小区面积 24 m²。所有试验地点均采用膜下滴灌, 生物质炭基肥(总养分 N:P₂O₅:K₂O = 13:12:20, N +

P₂O₅ + K₂O ≥ 45%, 生物质炭 ≥ 6%) 作为基肥施入, 各试验点田间管理措施保持一致。8 月下旬至 9 月中旬, 根据不同地区生长情况开始收获, 收获时测量单株产量和单株结薯数, 然后折算产量, 收获后 1 周内开始品质测定。

表 1 试验地点地理环境

Table 1 Geographical environments of the test site

地点 Site	海拔(m) Altitude	经度 Longitude	纬度 Latitude	降水量(mm) Precipitation	日均温(℃) Daily mean temperature	日照时数(h) Sunshine duration	栽培类型 Cultivation type
白银 Baiyin	2 235	103°45′	35°37′	365.3	15.4	1 872	中温带半干旱气候
武川 Wuchuan	865	109°16′	39°37′	325.1	17.8	2 352	中温带大陆性季风气候
张家口 Zhangjiakou	1 300	115°83′	41°65′	348.7	13.53	1 836	温带大陆性季风气候
公主岭 Gongzhuling	137	124°18′	43°05′	506.75	17.16	1 840	中温带湿润地区气候
通榆 Tongyu	146	122°84′	45°52′	350.13	16.39	2 327	中温带半干旱气候
扎兰屯 Zhalantun	364	120°28′	47°5′	337	12.09	2 508	中温带大陆性季风气候
克山 Keshan	198.7	125°10′	48°11′	483.17	13.37	2 219	寒温带大陆性季风气候
加格达奇 Jiagedaqi	472	123°45′	50°9′	457.56	12.72	1 369	寒温带大陆性季风气候

表 2 试验地点土壤理化性状

Table 2 Soil physical and chemical properties of the test site

地点 Site	pH	有机质(%) Organic matter	全氮(mg/kg) Total nitrogen	速效磷(mg/kg) Available P	速效钾(mg/kg) Available K	土壤类型 Soil type
白银 Baiyin	8.2	1.09	1.40	3.37	151.09	草甸土
武川 Wuchuan	7.1	1.05	1.69	3.81	188.12	草甸土
张家口 Zhangjiakou	7.6	0.90	2.43	3.42	152.07	风沙土
公主岭 Gongzhuling	6.5	2.91	2.37	7.70	126.33	灰钙土
通榆 Tongyu	7.9	1.13	2.81	11.29	154.71	栗钙土
扎兰屯 Zhalantun	5.8	4.67	2.46	15.33	272.61	淋溶黑钙土
克山 Keshan	6.0	4.64	2.57	6.71	126.43	草甸黑土
加格达奇 Jiagedaqi	6.5	4.38	2.43	12.17	135.76	栗钙土

1.3 试验方法

产量性状: 按小区随机取样 10 株, 取平均值; 在挖取单株后对块茎查数记为单株结薯数、单株块茎称重记为单株块茎重, 再结合小区面积和保苗数换算成亩产^[12]。

品质性状: 采用烘干法测定干物质含量, 采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量, 采用蒽酮比色法测定淀粉含量, 采用凯氏定氮法测

定粗蛋白含量, 采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素 C 含量^[12]。

生态区地理及气象条件: 海拔、经度、纬度、生育期月总降水量、生育期日平均温度以及总日照时数气象数据通过当地气象局进行调取。

1.4 数据处理

利用 Excel 2016 进行数据前期处理, DPS 7.5 进行多点联合方差分析, SPSS 19.0 做描述性统计

分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 马铃薯品质和产量性状的变异来源

除维生素C外, 品质其余4种性状在环境和基因型×环境互作中差异均达到0.01水平显著; 维生素C环境效应达0.05水平显著, 基因型和基

因型×环境互作效应不显著; 单株结薯数、单株块茎重和产量的基因型×环境互作效应达0.01水平显著, 基因型效应达0.05水平显著, 单株结薯数和产量的环境效应0.01水平显著, 单株块茎重的环境效应0.05水平显著(表3)。表3数据表明, 在所研究的性状当中基因型×环境互作效应广泛存在, 环境效应对品质有显著影响。

表3 马铃薯品质和产量性状方差分析(*F*值)

Table 3 Analysis of variance for quality and yield traits of potato (*F* value)

因素 Source	干物质 Dry matter	淀粉 Starch	还原糖 Reducing sugar	粗蛋白 Crude protein	维生素C Vitamin C	单株结薯数 Tuber number per plant	单株块茎重 Tuber yield per plant	产量 Yield
基因型 Genotype	1.09	0.76	0.76	0.45	0.66	0.77*	1.22*	0.71*
环境 Environment	273.24**	189.99**	17.40**	15.67**	2.64*	18.32**	1.27*	0.13**
基因型×环境 Genotype×Environment	2.75**	2.19**	4.60**	3.04**	0.98	2.41**	2.40**	1.75**

注: *和**表示0.05和0.01水平差异显著。下同。

Note: * and ** indicate significant differences at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively. The same below.

2.2 马铃薯品质和产量性状的差异

不同生态条件下, 还原糖变异系数较大, 变异系数均超过20%(河北省张家口市除外), 产量变异系数最小, 均不超过10%。河北省张家口市试验点所有产量性状变异系数均最高, 而粗蛋白和还原糖变异系数最小。吉林省通榆县试验点的干物质变异系数最大, 而淀粉和单株块茎重变异系数最小, 单株块茎重与变异系数最高的河北省张家口市试验点相差4.8倍(表4)。

由于不同地区马铃薯品质性状存在显著的环境效应(表3), 因此, 本试验进一步对不同纬度地区品质性状进行了多重比较。干物质和淀粉含量均以内蒙古自治区扎兰屯市试验点最高, 吉林省公主岭市试验点最低; 还原糖含量吉林省通榆县试验点最高、吉林省公主岭市试验点最低; 维生素C含量河北省张家口市试验点最高、内蒙古自治区武川县试验点最低; 粗蛋白含量吉林省通榆县试验点最高、吉林省公主岭市试验点最低(表5)。说

表4 马铃薯品质和产量性状变异系数

Table 4 Coefficients of variation for quality and yield traits of potato

地点 Site	干物质 Dry matter	淀粉 Starch	还原糖 Reducing sugar	粗蛋白 Crude protein	维生素C Vitamin C	单株结薯数 Tuber number per plant	单株块茎重 Tuber yield per plant	产量 Yield
白银 Baiyin	19.45	20.07	25.08	9.44	8.47	18.15	18.49	6.80
武川 Wuchuan	20.30	24.78	24.60	10.44	22.79	29.26	24.11	2.63
张家口 Zhangjiakou	18.84	23.19	19.55	9.34	9.24	33.76	44.08	7.69
公主岭 Gongzhuling	17.09	19.93	30.07	11.08	10.45	11.54	11.30	4.83
通榆 Tongyu	21.60	18.60	21.31	12.55	10.22	13.74	9.19	5.29
扎兰屯 Zhalantun	20.54	24.95	30.03	10.72	15.76	29.68	23.90	4.27
克山 Keshan	18.88	22.31	29.86	18.28	11.65	26.82	16.37	5.88
加格达奇 Jiagedaqi	16.28	21.31	31.34	15.36	9.78	32.24	21.12	3.32

明上述品质性状随纬度和不同土壤类型变化的规律不明显。但是, 对于产量性状中的单株结薯数, 从数据分析中可以看出, 随着纬度的升高, 单株结薯数呈下降趋势(表6)。由于产量性状为数量遗传性状, 因此, 受环境影响较大。

2.3 经纬度与马铃薯品质和产量性状的关系

对不同生态区经纬度进行描述性统计分析显示(表7), 经度跨度为 $103^{\circ}5' \sim 125^{\circ}10'$, 纬度跨度为 $35^{\circ}37' \sim 50^{\circ}9'$, 均值分别为 $118^{\circ}4'$ 和 $43^{\circ}83'$ 。

变异系数均较小, 偏度系数和峰度系数均大于0, 呈正向偏态峰。

从品质和产量性状描述性统计分析可以看出(表7), 粗蛋白和维生素C偏度系数小于0, 呈负向偏态峰; 其余性状偏度系数均大于0, 呈正向偏态峰。干物质、淀粉和3个产量性状峰度系数小于0, 为平阔峰分布, 数据分布较为分散; 其余指标的峰度系数大于0, 呈尖峭峰分布, 数据多集中于均值附近。

表5 马铃薯品质性状表现
Table 5 Performance of quality traits of potato

地点 Site	干物质(%) Dry matter	淀粉(%) Starch	还原糖(g/100 g) Reducing sugar	粗蛋白(%) Crude protein	维生素C(mg/100 g) Vitamin C
白银 Baiyin	22.41 ± 0.75 abcA	16.82 ± 0.54 bcAB	0.16 ± 0.05 deDE	10.98 ± 0.32 cBC	13.47 ± 0.17 abA
武川 Wuchuan	22.62 ± 0.46 abA	17.26 ± 0.71 abA	0.19 ± 0.05 bcC	11.53 ± 0.02 bBC	11.37 ± 1.62 bA
张家口 Zhangjiakou	22.34 ± 0.48 abcA	17.30 ± 1.16 abA	0.22 ± 0.04 bBC	11.86 ± 0.27 bB	14.16 ± 0.22 aA
公主岭 Gongzhuling	20.93 ± 0.82 cA	14.94 ± 0.09 eB	0.14 ± 0.06 eE	10.28 ± 0.14 cC	12.14 ± 0.26 abA
通榆 Tongyu	23.67 ± 1.01 abA	16.85 ± 0.96 bcAB	0.24 ± 0.04 aA	13.10 ± 1.01 aA	11.77 ± 0.20 bA
扎兰屯 Zhalantun	24.51 ± 0.92 aA	17.68 ± 0.42 aA	0.18 ± 0.06 cCD	10.35 ± 0.60 cC	12.00 ± 0.96 abA
克山 Keshan	21.14 ± 0.38 bcA	16.04 ± 0.78 deAB	0.17 ± 0.05 cdCDE	10.55 ± 0.03 cC	11.91 ± 0.39 bA
加格达奇 Jiagedaqi	21.70 ± 0.45 bcA	16.22 ± 0.29 cdeAB	0.23 ± 0.07 abAB	11.81 ± 0.21 bB	12.19 ± 0.20 abA

注: 数据为均值 $\pm$ 标准误差, 粗蛋白数据为干基数据。不同小写和大写字母分别表示0.05和0.01水平差异显著性, 采用Duncan方法。下同。

Note: Data are mean $\pm$ standard error. Crude protein data is based on dry weight. Means in the same column followed by different lowercase and uppercase letters indicate significant differences at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively, as tested using Duncan multiple range test method. The same below.

表6 马铃薯产量性状变化
Table 6 Changes of yield traits of potato

地点 Site	单株结薯数(No.) Tuber number per plant	单株块茎重(g) Tuber yield per plant	产量(kg/667m ²) Yield
白银 Baiyin	6.72 ± 0.22 aA	796.00 ± 0.15 deCD	$2\,226.05 \pm 0.54$ cB
武川 Wuchuan	6.56 ± 0.95 aA	880.39 ± 0.17 bcAB	$2\,342.19 \pm 0.36$ bcB
张家口 Zhangjiakou	6.33 ± 0.73 abA	849.12 ± 0.49 cdBC	$2\,375.17 \pm 0.63$ bB
公主岭 Gongzhuling	6.28 ± 0.85 abA	$1\,124.77 \pm 0.62$ abA	$3\,294.34 \pm 0.90$ aA
通榆 Tongyu	5.89 ± 0.89 abA	$1\,181.57 \pm 0.04$ aA	$3\,066.55 \pm 0.68$ aA
扎兰屯 Zhalantun	5.84 ± 0.76 abA	814.90 ± 0.75 deCD	$2\,358.95 \pm 0.43$ bcB
克山 Keshan	5.61 ± 0.46 abA	815.90 ± 0.05 cdBC	$2\,328.77 \pm 0.09$ cB
加格达奇 Jiagedaqi	5.17 ± 0.65 bA	491.06 ± 0.13 eD	$2\,373.86 \pm 0.44$ bB

表7 经纬度、马铃薯品质和产量性状描述性统计分析

Table 7 Descriptive statistical analysis of longitude and latitude, quality and yield traits of potato

项目 Item	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Mean	标准偏差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	偏度系数 Coefficient of skewness	峰度系数 Coefficient of kurtosis
经度 Longitude	103°5′	125°10′	118°4′	7.94	6.73	1.12	0.24
纬度 Latitude	35°37′	50°9′	43°83′	4.94	11.27	0.52	0.51
干物质 Dry matter	16.44	30.12	21.51	3.94	18.30	0.42	-1.21
淀粉 Starch	11.09	22.09	15.72	3.16	20.14	0.22	-1.56
还原糖 Reducing sugar	0.12	0.36	0.18	0.06	33.97	0.27	0.24
粗蛋白 Crude protein	6.21	13.69	10.52	1.27	12.04	-0.02	0.16
维生素C Vitamin C	6.13	14.76	11.67	1.56	13.37	-0.36	0.25
单株结薯数 Tuber number per plant	2.50	8.60	5.72	1.39	24.32	0.02	-0.45
单株块茎重 Tuber yield per plant	243.00	1 372.00	781.60	259.48	33.20	0.01	-0.92
产量 Yield	1 822.00	3 171.00	2 320.88	398.82	17.18	1.06	-0.51

从表8可以看出,干物质含量与淀粉含量和单株结薯数在0.01水平上显著正相关,淀粉含量

与单株结薯数在0.01水平上显著正相关,其余各性状间相关性不显著。

表8 不同纬度与马铃薯品质和产量性状相关性分析

Table 8 Correlation analysis of quality and yield traits of potato at different latitudes

项目 Item	淀粉 Starch	还原糖 Reducing sugar	粗蛋白 Crude protein	维生素C Vitamin C	单株结薯数 Tuber number per plant	单株块茎重 Tuber yield per plant	产量 Yield
纬度 Latitude	0.352	0.261	0.108	0.099	-0.008	0.415	0.364
干物质 Dry matter	0.984**	-0.413	-0.203	-0.455	0.852**	0.540	0.589
淀粉 Starch		-0.388	-0.100	-0.485	0.870**	0.658	0.602
还原糖 Reducing sugar			0.580	0.421	-0.658	-0.420	0.307
粗蛋白 Crude protein				0.006	-0.339	0.117	0.166
维生素C Vitamin C					-0.347	-0.325	-0.347
单株结薯数 Tuber number per plant						0.665	0.327
单株块茎重 Tuber yield per plant							0.110

3 讨 论

马铃薯的品质性状和产量性状是数量性状,受微效多基因控制,推广种植过程中受基因型、

环境及基因型×环境互作效应多重影响。而基因型与环境互作效应是作物自身生物学特性和生态环境因子互作的结果,在新品种选育过程中选择优质、高产和广适性品种具有重要意义^[13]。以往

不同生态区方面的研究多集中于新品种育成地本省范围内,对于跨区域大纬度地区的研究报道较少。如李梅等^[14]在甘肃省4个生态区、王玉萍等^[15]在甘肃省2个生态区、张凤军等^[6]在西北地区7个不同生态区研究发现,马铃薯干物质含量和还原糖含量等基因型和环境效应差异显著。还有更多的研究集中于引进马铃薯新品种在本地区开展产量和品质性状的适应性试验,以期筛选出优良新品种在本地区示范推广^[16-18]。本研究分别在东北4个地区(黑龙江省齐齐哈尔市、黑龙江省加格达奇区、吉林省公主岭市和吉林省通榆县)、华北3个地区(河北省张家口市、内蒙古自治区武川县和内蒙古自治区扎兰屯市)和西北甘肃省白银市共8个地区开展,经度跨度为 $103^{\circ}5' \sim 125^{\circ}10'$,纬度跨度为 $35^{\circ}37' \sim 50^{\circ}9'$ 。本研究发现,马铃薯的干物质、淀粉、粗蛋白和还原糖含量的环境效应和基因型 $\times$ 环境互作效应在0.01水平显著(表3),与前人研究相一致。与前人研究观点不同的是,本试验所有品质性状基因型效应达0.05水平显著。

马铃薯块茎干物质含量、淀粉含量是全粉加工和淀粉加工的重要经济指标,含量的多少决定着全粉和淀粉产出,以及加工企业的经济效益。本研究中,干物质含量和淀粉含量位居前3位的地区分别是:内蒙古自治区扎兰屯市、吉林省通榆县、内蒙古自治区武川县和内蒙古自治区扎兰屯市、河北省张家口市、内蒙古自治区武川县,变异系数的变化趋势与之大体相同,说明干物质和淀粉含量受生态环境因素影响较大。综合以上地区气象因子和土壤理化性状分析发现,干物质含量和淀粉含量高的地区普遍存在生育期日照时数明显高于其他地区、降水量少于其他地区。块茎是光合作用产物的贮藏器官,主要是淀粉的积累和贮藏^[19]。

本研究还发现,淀粉含量高的地区土壤中速效钾较高,内蒙古自治区扎兰屯市272.61 mg/kg、内蒙古自治区武川县188.12 mg/kg、河北省张家口市152.07 mg/kg。尤其是内蒙古自治区扎兰屯市试验点速效磷和有机质也是最高的。随着施肥

量的增加,甘薯SPAD值、净光合速率和最大光化学效率呈上升趋势,显著提高直链淀粉含量和直链淀粉/支链淀粉^[20];在不施钾条件下,水稻耐低钾型品种较低钾敏感型品种淀粉含量有所增加^[21]。

综上所述,本研究发现,马铃薯加工品质(干物质、淀粉、还原糖和粗蛋白)在8个试验点表现出环境和基因型 $\times$ 环境互作效应达0.01水平显著,产量性状单株结薯数、单株块茎重和产量的基因型 $\times$ 环境互作效应达0.01水平显著。该试验结果对于高蛋白、高干物质和高淀粉马铃薯区域化种植和新品种选育具有一定的理论指导意义。

[参 考 文 献]

- [1] 中商产业研究院. 2021年中国马铃薯市场运行情况总结及2022年发展趋势预测 [EB/OL]. [2022-03-08]. <https://www.163.com/dy/article/H1UH76AL05198SOQ.html>.
- [2] 张胜. 遗传因素和环境条件对马铃薯产量、品质、养分吸收影响的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [3] 莫庆忠, 罗凯岳, 永贵, 等. 马铃薯产量与主要农艺性状的相关性及灰色关联度分析 [J]. 耕作与栽培, 2017(1): 17-18, 23.
- [4] 黄绍军, 杨志雄, 张晓莹, 等. 海拔高度对马铃薯品种适应性及产质量的影响 [J]. 贵州农业科学, 2020, 48(12): 21-27.
- [5] 池再香, 潘徐燕, 张普宇, 等. 影响贵州西部马铃薯产量的主要气候因子分析 [J]. 安徽农业科学, 2010(34): 19623-19625, 19640.
- [6] 张凤军, 张永成, 田丰. 不同生态环境马铃薯淀粉含量分析 [J]. 青海大学学报: 自然科学版, 2007, 25(1): 59-61.
- [7] 李欣. 不同生态条件对马铃薯主要性状的影响及遗传分析 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
- [8] 奉斌, 李慧琳, 杨航, 等. 生态环境因子对不同基因型向日葵材料主要品质性状的影响 [J]. 种子, 2020, 39(3): 82-85.
- [9] 乔祥梅, 王志伟, 黄锦, 等. 不同基因型和生态条件对小麦品质和氮素利用效率的影响 [J]. 西南农业学报, 2020, 33(11): 2572-2576.
- [10] 后猛, 李强, 唐忠厚, 等. 不同生态环境对甘薯主要品质性状的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(9): 1180-1184.
- [11] 王雪峰, 陈胜勇, 王继安. 不同纬度气象因子对大豆品质的

- 影响[J]. 东北农业大学学报, 2006, 37(6): 39-74.
- [12] 张永成, 田丰. 马铃薯试验研究方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [13] 陆国权, 黄华宏, 何腾弟. 甘薯维生素C和胡萝卜素含量的基因型、环境及基因型与环境互作效应的分析[J]. 中国农业科学, 2002, 35(5): 482-486.
- [14] 李梅, 田世龙, 胡新元, 等. 不同生态区马铃薯品种(系)营养品质的灰色关联度分析[J]. 中国马铃薯, 2021, 35(3): 222-232.
- [15] 王玉萍, 隋景航, 梁延超, 等. 甘肃省两个生态区马铃薯加工品质差异和加工品系筛选[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(5): 39-45.
- [16] 王鑫. 不同生态型马铃薯新品种在陇西不同区域的筛选试验[J]. 现代农业科技, 2009(17): 109-110.
- [17] 余帮强, 余萍, 张国辉, 等. 马铃薯淀粉加工品种庄薯3号最佳生态区域的筛选[J]. 中国种业, 2013(3): 55-56.
- [18] 凌永胜, 沈清景, 叶贻勋, 等. 加工专用型马铃薯品种在泉州的生态适宜性研究[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 228-231.
- [19] 张振贤, 程智. 高级蔬菜生理学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008.
- [20] 密扬, 陈剑秋, 王瑞霞, 等. 不同施钾量对淀粉型甘薯光合特性、淀粉含量及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2020(12): 68-74.
- [21] 杨丽, 刘清, 黄志刚, 等. 耐低钾基因型水稻成熟期籽粒淀粉与蛋白质含量变化[J]. 作物研究, 2011, 25(3): 202-204, 208.