

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)05-0385-11

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.05.001

遗传育种

## 晋北地区引进马铃薯品种营养品质分析与评价

卢瑶, 毛向红, 沈日敏, 杜培兵, 齐海英, 白小东\*

(山西农业大学高寒区作物研究所, 山西 大同 037000)

**摘要:** 山西北部种植的马铃薯品种比较单一, 难以满足快速发展的马铃薯产业需求。为了丰富晋北地区马铃薯品种类型并筛选适宜晋北地区种植的主食化马铃薯品种, 研究选取了全国10个主栽品种和山西省内自主选育的4个品种, 2019~2021年在山西省北部地区进行种植, 田间测产后对其块茎的蛋白质、淀粉、干物质、维生素C、还原糖含量进行测定和分析, 随后采用隶属函数法对各品种马铃薯块茎主要营养品质和产量进行了综合评价。不同品种马铃薯块茎的干物质、淀粉含量在试验期间变异程度低, 而维生素C和还原糖含量差异大, 其中还原糖含量的变异系数达到0.53。根据淀粉加工、鲜食和油炸加工的不同需求, 对供试的14个品种进行评估, 适用于淀粉加工和鲜食的品种有3个, 分别是‘同薯20号’‘中薯19号’‘同薯23号’; 适宜油炸加工型马铃薯品种的‘希森6号’需要提供合适的水肥条件才能在晋北地区获得高产。研究结果为筛选出适合晋北地区种植的主食化马铃薯品种提供参考依据。

**关键词:** 马铃薯品种; 蛋白质; 淀粉; 干物质; 维生素C; 还原糖; 产量

## Analysis and Evaluation of Nutritional Quality of Introduced Potato Varieties in Northern Shanxi Province

LU Yao, MAO Xianghong, SHEN Rimin, DU Peibing, QI Haiying, BAI Xiaodong\*

(High Latitude Crop Research Institute, Shanxi Agricultural University, Datong, Shanxi 037000, China)

**Abstract:** The potato varieties cultivated in northern Shanxi Province are relatively limited, which are difficult to meet the requirements of the rapidly developing potato industry. In order to enrich the types of potato varieties and select staple potato varieties suitable for planting in northern Shanxi Province, 10 main cultivated varieties in China and four independently bred varieties in Shanxi Province were selected and planted in northern Shanxi Province from 2019 to 2021. After field test, the protein, starch, dry matter, vitamin C and reducing sugar contents of potato tubers were measured and analyzed. And then the main nutritional quality and yield of potato tubers of each variety were comprehensively evaluated by the subordinate function method. The dry matter and starch contents of potato tubers of different varieties had low degree of variation during the test period, while the variation in vitamin C and reducing sugar contents was great, with coefficient of variation of reducing sugar content reaching 0.53. According to the different requirements of starch processing, fresh consumption and fried processing, the 14 varieties tested were evaluated, and the results showed that there were three varieties suitable for starch processing and fresh consumption, which were

收稿日期: 2022-07-18

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-09); 山西省重点研发计划项目(202102140601004); 山西省农科院特色产业重点研发专项(YCX2019T02); 山西农业大学生物育种工程(YZGC082); 农业产业发展科技引领工程(CYYZ-04); 山西省种业创新(马铃薯)良种联合攻关。

作者简介: 卢瑶(1993-), 女, 研究实习员, 研究方向为马铃薯遗传育种。

\*通信作者(Corresponding author): 白小东, 研究员, 主要从事马铃薯遗传育种、栽培耕作等实用技术研究, E-mail: bxd5561@126.com。

'Tongshu 20', 'Zhongshu 19' and 'Tongshu 23'. 'Xisen 6', which is suitable for fried processing, needs to be provided with suitable water and fertilizer conditions to achieve high yield in northern Shanxi Province. The results provide a reference basis for screening staple potato varieties suitable for cultivation in northern Shanxi Province.

**Key Words:** potato variety; protein; starch; dry matter; vitamin C; reducing sugar; yield

不断增长的人口和日益增长的食物需求, 给全球粮食安全带来前所未有的压力<sup>[1]</sup>。马铃薯块茎作为人类消费粮食作物的重要组成部分<sup>[2]</sup>, 目前全球估计有1 900万 hm<sup>2</sup>的农田种植马铃薯, 全世界的马铃薯产量为3.78亿 t<sup>[3]</sup>。马铃薯适应性强、耐瘠薄、产量高, 且与其他主要粮食作物相比, 增产潜力大, 因此在保障全球粮食安全中逐步占据重要地位<sup>[4,5]</sup>。中国是全球最大的马铃薯生产国, 大力发展马铃薯生产及深入推进马铃薯主粮产品产品化对保障中国粮食安全、缓解中国食品安全压力、满足居民膳食结构升级和促进乡村振兴, 将产生重要而深远的影响<sup>[6]</sup>。

根据用途马铃薯品种大致可分为3类: 鲜食型品种、油炸加工型品种和淀粉加工型品种<sup>[7,8]</sup>。在许多发展中国家, 特别是在中国城市地区, 鲜薯消费已经下降, 而马铃薯加工产品却越来越受欢迎<sup>[6]</sup>。随着马铃薯成为越来越多人的主食, 马铃薯营养成分的微小差异将对居民健康产生重大影响<sup>[2]</sup>。多项研究已经表明, 马铃薯是碳水化合物<sup>[9,10]</sup>、抗性淀粉<sup>[11-14]</sup>、优质蛋白质<sup>[2,10,15]</sup>、维生素C<sup>[16,17]</sup>和B<sub>6</sub><sup>[18,19]</sup>以及钾<sup>[20,21]</sup>的重要来源。目前干物质、淀粉、蛋白质、维生素C、还原糖等仍是评价马铃薯品质性状的主要指标<sup>[22]</sup>。

关于不同马铃薯品种营养品质分析评价的研究已有大量报道<sup>[23-25]</sup>, 而由于受不同地质地貌、气候、土壤等环境及施肥水平的影响, 种植在不同地区的同一马铃薯品种, 其品质存在较大差异<sup>[26]</sup>。2020年, 山西省开展“土豆革命”项目, 旨在加强山西省马铃薯产业发展, 而山西省现有主栽品种主要是‘晋薯16号’和‘青薯9号’, 品种比较单一, 难以满足快速发展的马铃薯产业需求<sup>[27-29]</sup>, 同时山西北部属于半干旱区, 对马铃薯品种耐旱性要求较高。本研究为了筛选适宜晋北地区种植的优良马铃薯品种, 选取全国10个主栽品种和山西省内自主

选育的4个品种, 在山西省北部地区连续3年种植, 试验期间统计其生育期, 在收获期进行田间测产并对其块茎的营养成分进行分析, 为丰富晋北地区马铃薯品种类型、选择合适的主食化马铃薯品种提供参考依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

供试品种及其来源见表1。

### 1.2 试验地及方法

试验地位于山西省朔州市怀仁毛皂试验基地(E 113°15'14", N 39°55'16"), 海拔1 003.55 m。年平均气温7.3℃, 年平均降水量315~459 mm, 全年无霜期150 d左右。2019年试验地前茬作物为谷子, 2020~2021年试验地前茬作物为黍子, 土壤为栗钙土, 质地为壤土。供试品种播种采取随机排列, 不设重复, 单垄双行种植, 小区长75 m, 宽8 m, 每小区种植8垄, 小区面积600 m<sup>2</sup>。采用机械起垄、机械点播方式种植, 行距90 cm, 株距25 cm。2019年播种前施2 m<sup>3</sup>/667m<sup>2</sup>牛粪和复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 18:18:18)750 kg/hm<sup>2</sup>, 2020~2021年播种前施复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 18:18:18)750 kg/hm<sup>2</sup>, 马铃薯整个生育期内滴灌6次, 追肥5次, 苗期共追施尿素(N 46%)112.5 kg/hm<sup>2</sup>, 现蕾期和开花期共追施磷酸二胺(N 18%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%)225 kg/hm<sup>2</sup>和液体肥(农技高)(N 165 g/L, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 77 g/L, K<sub>2</sub>O 258 g/L, Fe 0.6 g/L, Mn 0.6 g/L, Zn 1.1 g/L, B 1.1 g/L, Mo 0.065 g/L, 有机质 60 g/L, Mg 1.0 g/L, Ca 1.0 g/L)150 kg/hm<sup>2</sup>, 后期追施硝酸钙镁(N≥13%, CaO≥15%, MgO≥6%)150 kg/hm<sup>2</sup>, 田间病虫害统一进行管理。

### 1.3 马铃薯取样及营养成分测定

每年于5月12日播种, 于10月3~4日进行统一收获, 收获时在试验小区选3点(每个点12 m<sup>2</sup>)

进行测产, 随后选择薯形比较一致、生长健康的马铃薯块茎共 18 个装袋, 贴标签后委托中国农业机械化科学研究院食品与食品机械检测中心进行营养品质测定。干物质、淀粉、蛋白质、还原糖和维生素 C 含量的测定分别采用 GB 5009.3—2016<sup>[30]</sup>、

GB 5009.9—2016<sup>[31]</sup>、GB 5009.5—2016<sup>[32]</sup>、GB 5009.7—2016<sup>[33]</sup>和 GB 5009.86—2016<sup>[34]</sup>。

#### 1.4 熟期划分

熟期划分标准参照 Gatto 等<sup>[35]</sup>在 CIP 发表的划分方法。

表 1 供试品种来源及其块茎表型

Table 1 Source of variety tested and their tuber traits

品种 Variety	来源 Source	薯形 Tuber shape	皮色 Skin color	肉色 Flesh color	芽眼深浅 Eye depth
天薯 11 号 Tianshu 11	甘肃省天水市农业科学研究所	扁圆	黄	浅黄	较浅
天薯 12 号 Tianshu 12	甘肃省天水市农业科学研究所	扁圆	浅黄	白	浅(紫)
天薯 13 号 Tianshu 13	甘肃省天水市农业科学研究所	扁圆	浅黄	浅黄	浅
中薯 18 号 Zhongshu 18	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	椭圆	浅黄	白	浅
中薯 19 号 Zhongshu 19	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	圆	浅黄	白	浅
晋薯 24 号 Jinshu 24	山西农业大学高寒区作物研究所	圆	浅黄	白	浅
大同里外黄 Datongliwaihuang	山西农业大学高寒区作物研究所	扁圆	黄	黄	浅
同薯 20 号 Tongshu 20	山西农业大学高寒区作物研究所	圆	浅黄	浅黄	浅
同薯 23 号 Tongshu 23	山西农业大学高寒区作物研究所	扁圆	浅黄	白	深
希森 6 号 Xisen 6	乐陵希森马铃薯产业集团有限公司	椭圆	黄	浅黄	浅
冀张薯 8 号 Jizhangshu 8	河北省张家口市农业科学院	扁圆	浅黄	白	浅
冀张薯 12 号 Jizhangshu 12	河北省张家口市农业科学院	长圆	浅黄	白	中
青薯 9 号 Qingshu 9	青海省农林科学院生物技术研究所	扁圆	红	浅黄	浅
丽薯 6 号 Lishu 6	丽江市农业科学研究所	椭圆	浅黄	白	浅

#### 1.5 数据处理

采用隶属函数法和相关性分析进行综合评价, 运用的隶属函数公式为:  $R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ , 式中,  $X_i$  为供试品种某一指标测定值,  $X_{\min}$ 、 $X_{\max}$  为所有供试品种某一指标的最小值和最大值, 如果为负相关则用反隶属函数进行转换, 计算公式为  $R(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ <sup>[36]</sup>。最后将各项函数值进行累加, 求出平均数值, 平均数值越大, 综合品质越好。所有试验数据的处理均采用 Microsoft Excel 2016 软件, 试验数据分析及作图采用 GraphPad Prism 8.0 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同马铃薯品种物候期

在晋北地区‘希森 6 号’和‘冀张薯 12 号’生育期在 80~100 d 为中早熟品种; ‘天薯 12 号’‘晋薯 24 号’和‘青薯 9 号’生育期较长, 至收获时还未完全成熟, 属晚熟品种; 其余品种生育期在 101~120 d

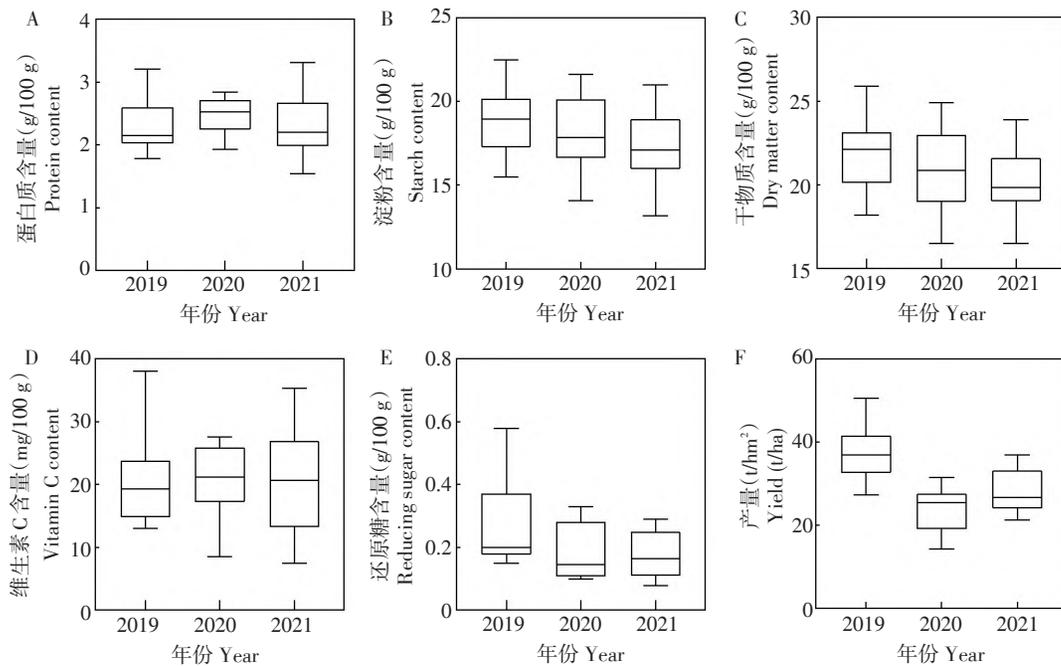
为中晚熟品种(表 2)。

### 2.2 马铃薯产量及营养成分年际间变化

2019~2021 年参试的马铃薯品种的品质性状中蛋白质含量为 1.54~3.31 g/100 g(图 1A), 淀粉含量为 13.2~22.5 g/100 g(图 1B), 干物质含量为 16.5~25.9 g/100 g(图 1C), 维生素 C 含量为 7.5~38.0 mg/100 g(图 1D), 还原糖含量为 0.08~0.58 g/100 g(图 1E), 产量为 14.38~50.57 t/hm<sup>2</sup>(图 1F)。图 2 给出了供试马铃薯 5 个品质性状和产量的变异系数为 0.11~0.53, 其中变异系数干物质(0.11)<淀粉(0.12)<蛋白质(0.17)<产量(0.26)<维生素 C(0.33)<还原糖(0.53)。结合图 1、图 2 的结果可以看出马铃薯干物质、淀粉含量在年际间变化相对比较小, 变化最大的是还原糖, 其次是维生素 C, 蛋白质和产量的变化居中, 说明维生素 C 与还原糖含量容易受马铃薯生育期内自然环境的影响。图 1F 显示了 2019 年土壤中增施农家肥后马铃薯的产量明显高于 2020 和 2021 年, 说明增施有机肥可以增产。

表2 14个马铃薯品种物候期  
Table 2 Phenology of 14 potato varieties

品种 Variety	播种期(D/M) Sowing	出苗期(D/M) Emergence	开花期(D/M) Flowering	成熟期(D/M) Maturity	收获期(D/M) Harvesting	生育期(d) Duration
天薯11号 Tianshu 11	12/05	08/06	10/07	30/09	03/10	114
天薯12号 Tianshu 12	12/05	10/06	10/07	未熟	03/10	晚熟
天薯13号 Tianshu 13	12/05	10/06	12/07	30/09	03/10	112
中薯18号 Zhongshu 18	12/05	10/06	09/07	20/09	03/10	102
中薯19号 Zhongshu 19	12/05	16/06	14/07	25/09	03/10	101
晋薯24号 Jinshu 24	12/05	10/06	16/07	未熟	03/10	晚熟
大同里外黄 Datongliwaihuang	12/05	10/06	16/07	29/09	04/10	111
同薯20号 Tongshu 20	12/05	08/06	13/07	22/09	04/10	105
同薯23号 Tongshu 23	12/05	08/06	06/07	22/09	04/10	105
希森6号 Xisen 6	12/05	10/06	15/07	12/09	04/10	94
冀张薯8号 Jizhangshu 8	12/05	10/06	25/06	20/09	04/10	102
冀张薯12号 Jizhangshu 12	12/05	10/06	12/07	12/09	03/10	94
青薯9号 Qingshu 9	12/05	08/06	06/07	未熟	04/10	晚熟
丽薯6号 Lishu 6	12/05	13/06	09/07	29/09	04/10	108



注: 箱型图用于显示一组数据分散情况, 其中误差线的上边缘代表一组数据中的上限, 下边缘代表下限, 盒子上部代表上四分位数, 下部表示下四分位数, 中间横线表示中位数。

Note: A box plot is used to show a set of data dispersions, where the upper edge of the error bar represents the upper limit in a set of data; the lower edge represents the lower limit; the upper part of the box represents the upper quartile; the lower part represents the lower quartile; and the middle horizontal line represents the median.

图1 2019~2021年马铃薯块茎的营养成分含量  
Figure 1 Nutrient content of potato tubers from 2019 to 2021

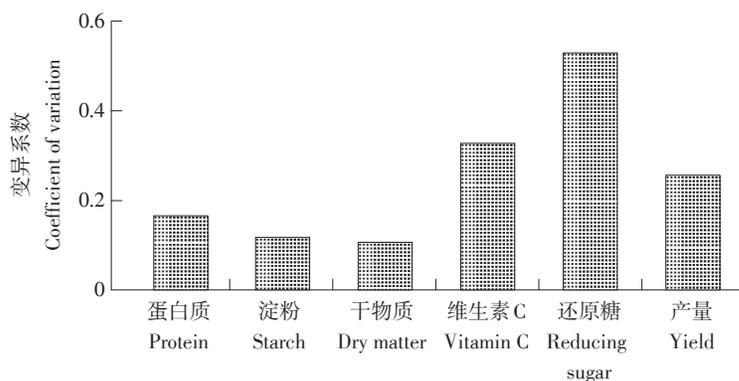


图2 马铃薯块茎的蛋白质、淀粉、干物质、维生素C、还原糖和产量的变异系数

Figure 2 Coefficient of variation of protein, starch, dry matter, vitamin C, reducing sugar and yield in potato tubers

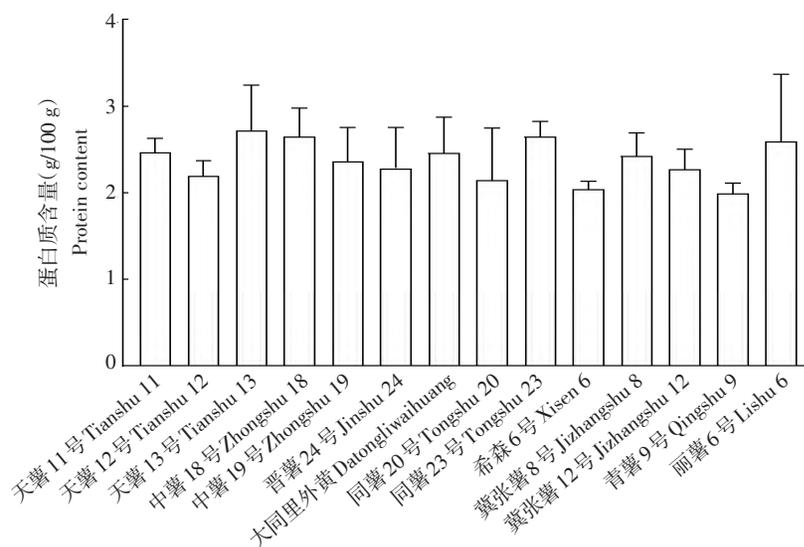
## 2.3 不同马铃薯品种营养品质及产量的分析

### 2.3.1 蛋白质含量

不同马铃薯品种间3年的蛋白质含量平均值为1.99~2.72 g/100 g, 其中‘青薯9号’的蛋白质含量最低, ‘天薯13号’的蛋白质含量最高。蛋白质含量除‘青薯9号’之外均大于2 g/100 g, 其中蛋白质含量高于2.6 g/100 g的马铃薯品种分别是‘天薯13号’(2.72 g/100 g)、‘中薯18号’(2.65 g/100 g)、‘同薯23号’(2.65 g/100 g)和‘丽薯6号’(2.60 g/100 g) (图3)。

### 2.3.2 淀粉含量

不同马铃薯品种间3年的淀粉含量平均值为16.00~20.07 g/100 g, 淀粉含量最低的是‘中薯18号’, 其中淀粉含量高于18 g/100 g的马铃薯品种分别是‘同薯20号’(20.07 g/100 g)、‘天薯12号’(19.73 g/100 g)、‘同薯23号’(18.93 g/100 g)、‘青薯9号’(18.77 g/100 g)、‘大同里外黄’(18.67 g/100 g)、‘中薯19号’(18.43 g/100 g)、‘冀张薯12号’(18.23 g/100 g)、‘天薯13号’(18.07 g/100 g)共8个品种(图4)。



注: 误差线表示标准差。下同。

Note: Error bar represents standard deviation. The same below.

图3 14个马铃薯品种的蛋白质含量

Figure 3 Protein content of 14 potato varieties

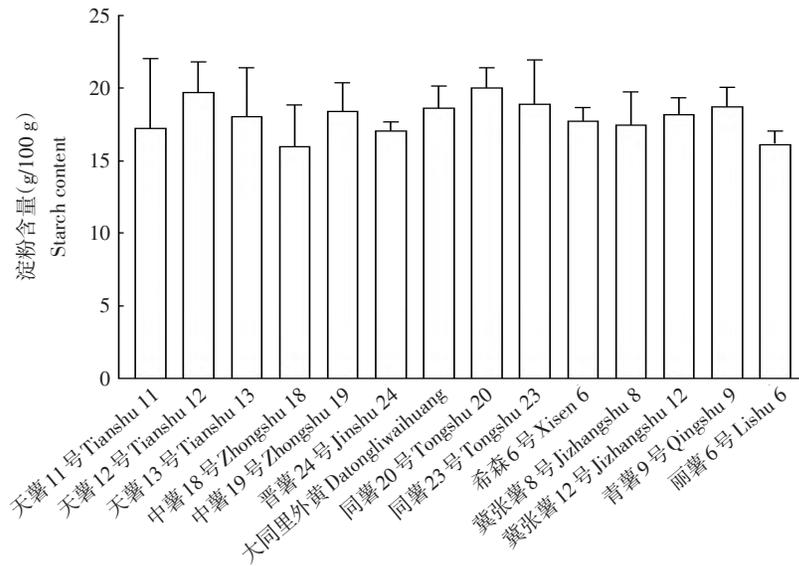


图4 14个马铃薯品种的淀粉含量  
Figure 4 Starch content of 14 potato varieties

2.3.3 干物质含量

不同马铃薯品种间3年的干物质含量平均值为19.17~22.9 g/100 g, 最低的是‘中薯18号’, 而且干物质含量高于21 g/100 g的马铃薯品种与淀粉含量高于18 g/100 g的马铃薯品种一致(图5)。

2.3.4 维生素C含量

不同马铃薯品种间3年的维生素C含量平均值

为13.33~27.77 mg/100 g, 维生素C含量最低的是‘冀张薯8号’, 最高的是‘天薯11号’, 但是‘天薯11号’的维生素C含量误差很大, 说明该品种的维生素C含量在晋北地区种植时容易受当地气候影响。这14个品种中, 除了‘冀张薯8号’和‘天薯13号’的维生素C含量低于15 mg/100 g, 其他12个品种的维生素C含量均高于15 mg/100 g(图6)。

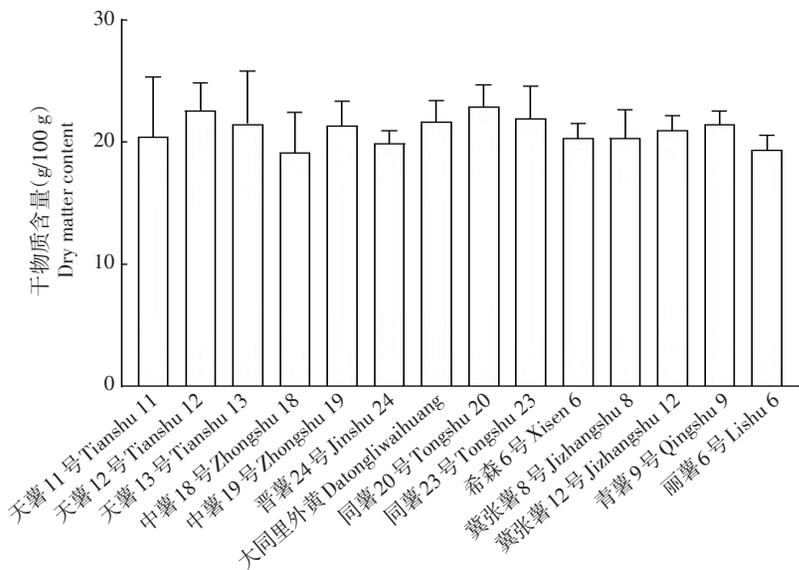


图5 14个马铃薯品种的干物质含量  
Figure 5 Dry matter content of 14 potato varieties

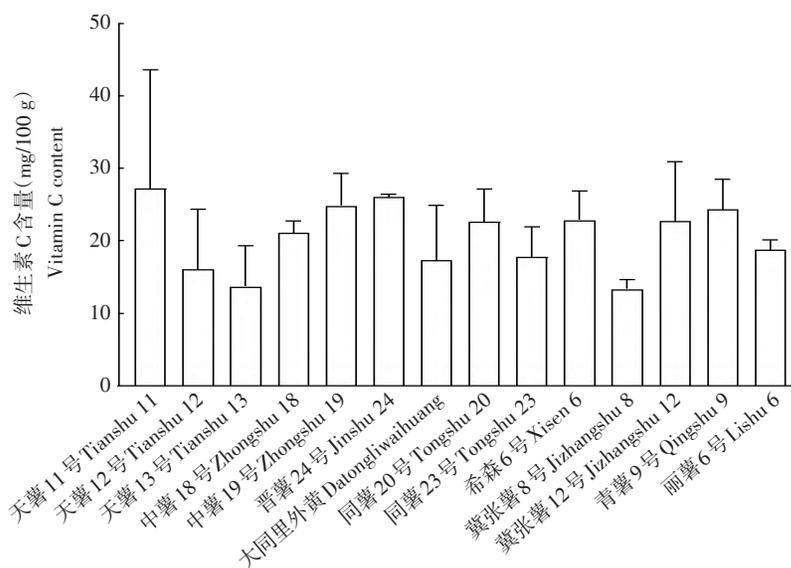


图6 14个马铃薯品种的维生素C含量

Figure 6 Vitamin C content of 14 potato varieties

### 2.3.5 还原糖含量

不同马铃薯品种间3年的还原糖含量平均值为0.13~0.34 g/100 g, 均低于0.4 g/100 g。还原糖含量最低的是‘希森6号’, 最高的是‘丽薯6号’, 其中‘晋薯24号’‘大同里外黄’和‘丽薯6号’的误差值较大, 说明这3个品种的还原糖含量在供试期间表现不稳

定, 容易受土壤条件和气候因素的影响(图7)。

### 2.3.6 块茎产量

不同马铃薯品种间3年的产量平均值为22.59~36.13 t/hm<sup>2</sup>, 产量高于30 t/hm<sup>2</sup>的有‘青薯9号’‘晋薯24号’‘中薯19号’‘冀张薯12号’‘丽薯6号’‘天薯11号’, 产量最低的是‘大同里外黄’(图8)。

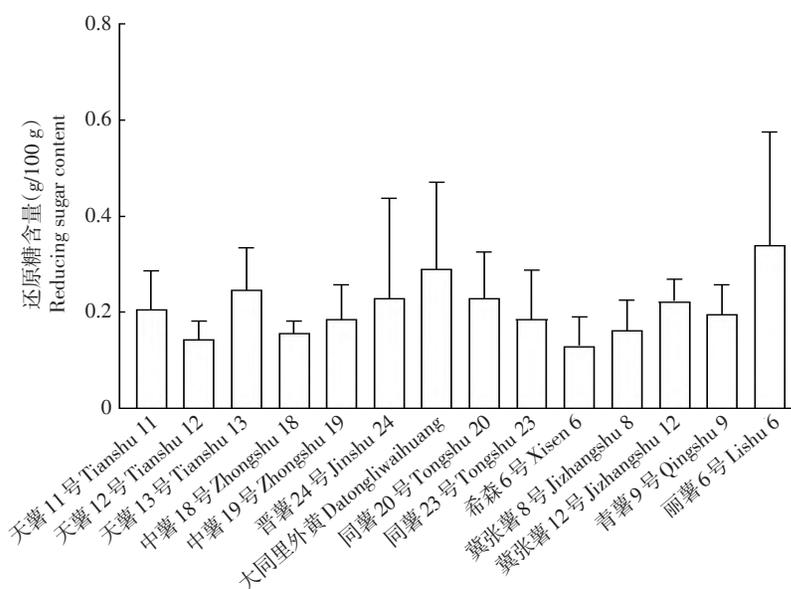


图7 14个马铃薯品种的还原糖含量

Figure 7 Reducing sugar content of 14 potato varieties

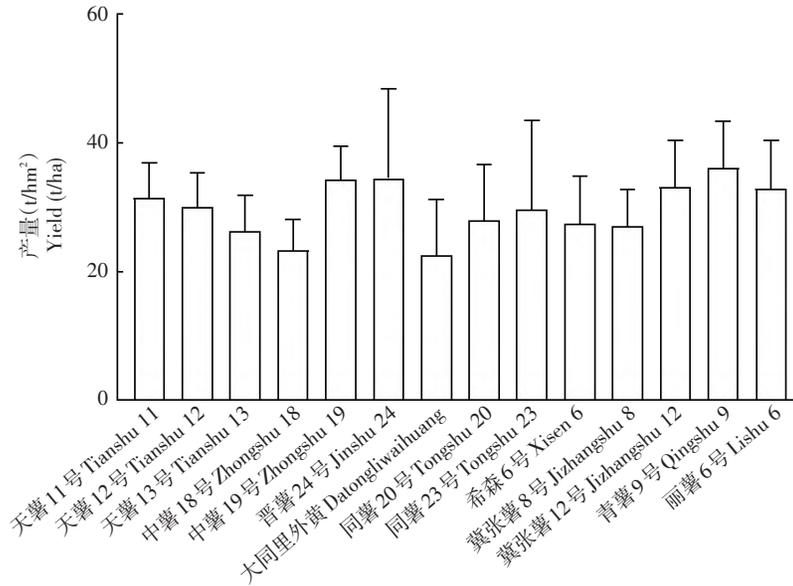


图8 14个马铃薯品种的产量  
Figure 8 Yield of 14 potato varieties

2.4 不同马铃薯品种营养品质的综合评价

平均隶属函数值为5个营养品质和产量的平均值, 平均隶属函数值越大, 说明该马铃薯品种的综合评价越好。14个品种营养品质综合评价最佳

( $X > 0.6$ )的马铃薯品种有2个, 具体为‘同薯20号’‘中薯19号’。营养品质较差的( $X \leq 0.3$ )的马铃薯品种有‘中薯18号’(0.28)和‘冀张薯8号’(0.30), 其余马铃薯品种的营养品质为0.31~0.58(表3)。

表3 马铃薯块茎各营养品质的隶属函数值及位次  
Table 3 Subordinate function value and rank of potato tuber nutrition traits

品种 Variety	蛋白质 Protein	淀粉 Starch	干物质 dry matter	维生素C Vitamin C	还原糖 Sugar	产量 Yield	平均隶属函数值 Average subordinate function value	位次 Rank
天薯11号 Tianshu 11	0.65	0.31	0.35	1.00	0.37	0.66	0.56	5
天薯12号 Tianshu 12	0.28	0.92	0.92	0.20	0.06	0.55	0.49	10
天薯13号 Tianshu 13	1.00	0.51	0.62	0.03	0.56	0.27	0.50	9
中薯18号 Zhongshu 18	0.90	0.00	0.00	0.56	0.13	0.06	0.28	13
中薯19号 Zhongshu 19	0.51	0.60	0.59	0.83	0.27	0.86	0.61	2
晋薯24号 Jinshu 24	0.40	0.27	0.20	0.91	0.48	0.88	0.52	6
大同里外黄 Datongliwaihuang	0.64	0.66	0.67	0.29	0.76	0.00	0.50	8
同薯20号 Tongshu 20	0.22	1.00	1.00	0.67	0.48	0.40	0.63	1
同薯23号 Tongshu 23	0.90	0.72	0.75	0.32	0.27	0.52	0.58	3
希森6号 Xisen 6	0.07	0.43	0.31	0.69	0.00	0.36	0.31	11
冀张薯8号 Jizhangshu 8	0.60	0.37	0.31	0.00	0.16	0.33	0.30	12
冀张薯12号 Jizhangshu 12	0.39	0.55	0.49	0.68	0.44	0.78	0.56	5
青薯9号 Qingshu 9	0.00	0.68	0.62	0.79	0.32	1.00	0.57	4
丽薯6号 Lishu 6	0.83	0.04	0.05	0.39	1.00	0.76	0.51	7

对这5个营养品质性状和产量进行相关性分析(表4)。14个品种马铃薯块茎中的干物质含量与淀粉含量呈极显著正相关( $P < 0.01$ ), 说明干物质含量高的马铃薯块茎, 其淀粉含量也一定高, 在选

择用于加工淀粉的马铃薯品种时, 可选择干物质含量高的品种; 淀粉含量与蛋白质含量呈显著负相关( $P < 0.05$ ); 维生素C含量与产量呈显著正相关( $P < 0.05$ )。

表4 马铃薯块茎各营养品质相关性分析

Table 4 Correlation analysis of nutrition traits of potato tubers

指标 Index	淀粉 Starch	干物质 Dry matter	维生素C Vitamin C	蛋白质 Protein	还原糖 Reducing sugar
干物质 Dry matter	0.981**				
维生素C Vitamin C	-0.114	0.187			
蛋白质 Protein	-0.462*	-0.310	-0.450		
还原糖 Reducing sugar	-0.183	-0.010	-0.071	0.352	
产量 Yield	0.040	-0.017	0.557*	-0.399	0.081

注: n=14, \*表示相关显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示相关极显著( $P < 0.01$ )。

Note: n=14. \* means that the correlation is significant ( $P < 0.05$ ); \*\* means that the correlation is highly significant ( $P < 0.01$ ).

### 3 讨论

自2015年农业部宣布中国启动马铃薯主食化战略以来, 马铃薯在生产、加工和消费等方面得到发展, 且根据马铃薯的不同用途, 对其品质的要求也存在差异<sup>[23,36,37]</sup>。本研究连续3年对供试的14个马铃薯品种的产量和5个品质性状进行检测, 旨在筛选出适宜山西北部地区种植的主食化马铃薯品种, 丰富山西省的马铃薯品种类型, 为居民的马铃薯消费提供多样化选择。

本研究借助箱型图和变异系数来分析2019~2021年间所测数据之间的离散情况, 结果发现马铃薯块茎的干物质、淀粉含量数据分布集中且变异系数小, 而还原糖和维生素C含量的数据比较分散且变异系数较大, 这与吴琪滢等<sup>[8]</sup>关于还原糖和维生素C的结论一致, 说明14份供试马铃薯品种营养品质的干物质、淀粉在同一气候和土壤条件下变化小, 而还原糖和维生素C则相反, 容易受生育期内环境影响。本研究也发现增施有机肥后可以增加马铃薯的产量。

按照不同用途的马铃薯品质要求, 利用品质指标分级法, 将供试的14份品种归类为淀粉加工型品种、油炸加工型品种和鲜食型品种<sup>[7,8]</sup>。其中淀粉含量在18%以上的马铃薯品种适用于淀粉加工<sup>[37-39]</sup>,

本研究中供试的14个马铃薯品种中有8个品种满足要求, 淀粉含量从高到低分别是‘同薯20号’‘天薯12号’‘同薯23号’‘青薯9号’‘大同里外黄’‘中薯19号’‘冀张薯12号’‘天薯13号’, 均可用于淀粉加工。油炸加工型品种要求块茎还原糖含量在 $< 0.15\%$ , 干物质含量 $\geq 20\%$ <sup>[8]</sup>。仅‘希森6号’满足要求, 而‘希森6号’由于需水肥高的特性, 其产量在晋北地区仅能达到 $27.43 \text{ t/hm}^2$ , 因此水肥条件达不到要求的晋北地区不适宜种植。满足蛋白质含量大于2%且维生素C含量高于 $15 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 品种适于鲜食<sup>[40]</sup>, 供试的品种中除了‘青薯9号’‘天薯13号’和‘冀张薯8号’, 其他11个品种均适用于鲜食。

前人使用隶属函数分析法综合评价甘薯薯苗耐冷性<sup>[36]</sup>, 筛选优良山药<sup>[41]</sup>、高粱种质资源<sup>[42]</sup>, 寻找综合营养品质较好的品种。因此, 本研究也利用隶属函数值来筛选适宜山西省北部种植的马铃薯品种, 其中14个参试马铃薯品种的主要营养品质从好到差依次为‘同薯20号’>‘中薯19号’>‘同薯23号’>‘青薯9号’>‘冀张薯12号’‘天薯11号’>‘晋薯24号’>‘丽薯6号’>‘大同里外黄’>‘天薯13号’>‘天薯12号’>‘希森6号’>‘冀张薯8号’>‘中薯18号’, 而隶属函数值大于0.6的综合性评价较好的品种是‘同薯20号’和‘中薯19号’。

综上所述, 本次研究所选的14个山西北部马

铃薯主栽品种中, 适用于淀粉加工和鲜食的品种有3个, 分别是‘同薯20号’‘中薯19号’‘同薯23号’; 适宜油炸加工型马铃薯品种的‘希森6号’需要提供合适的水肥条件才能在晋北地区种植, 否则影响产量。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] Wu W, Yu Q, You L, *et al.* Global cropping intensity gaps: increasing food production without cropland expansion [J]. *Land Use Policy*, 2018, 76: 515–525.
- [ 2 ] Camire M E, Kubow S, Donnelly D J. Potatoes and human health [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2009, 49(10): 823–840.
- [ 3 ] FAO. FAOSTAT [EB/OL]. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- [ 4 ] 杨宗辉, 于群, 刘合光. 近年马铃薯产业形势与2017年展望 [J]. *农业展望*, 2017, 13(9): 57–61.
- [ 5 ] Devaux A, Goffart J P, Kromann P, *et al.* The potato of the future: opportunities and challenges in sustainable agri-food systems [J]. *Potato Research*, 2021, 64(4): 681–720.
- [ 6 ] 陈萌山, 孙君茂, 郭燕枝, 等. 马铃薯简史—中国主粮 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2020: 5–6.
- [ 7 ] 张慧慧. 陕北地区不同马铃薯品种的比选及评价研究 [D]. 延安: 延安大学, 2020.
- [ 8 ] 吴琪滢, 李德明, 郭志乾, 等. 西北地区不同马铃薯种质资源产量和营养品质综合分析与评价 [J]. *中国马铃薯*, 2021, 35(6): 489–499.
- [ 9 ] King J C, Slavin J L. White potatoes, human health, and dietary guidance [J]. *Advances in Nutrition*, 2013, 4(3): 393–401.
- [ 10 ] de Haan S, Burgos G, Liria R, *et al.* The nutritional contribution of potato varietal diversity in Andean food systems: a case study [J]. *American Journal of Potato Research*, 2019, 96(2): 151–163.
- [ 11 ] Englyst H N, Kingman S M, Cummings J H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions [J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1992, 46: 33–50.
- [ 12 ] Liu Q, Tam R, Lynch D, *et al.* Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada [J]. *Food Chemistry*, 2007, 105: 897–907.
- [ 13 ] Zeeman S C, Kossmann J, Smith A M. Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants [J]. *Annual Review of Plant Biology*, 2010, 61: 209–234.
- [ 14 ] Raigond P, Ezekiel R, Raigond B. Resistant starch in food: a review [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015, 95(10): 1968–1978.
- [ 15 ] Bamberg J B, del Rio A. Conservation of potato genetic resources [M]// Razdan M K, Mattoo A K. Genetic improvement of *Solanaceous* crops. Volume I: Potato. Plymouth: Science Publishers, 2005: 476.
- [ 16 ] Han J S, Kozukue N, Young K S, *et al.* Distribution of ascorbic acid in potato tubers and in home-processed and commercial potato foods [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(21): 6516–6521.
- [ 17 ] Love S L, Pavek J J. Positioning the potato as a primary food source of vitamin C [J]. *American Journal of Potato Research*, 2008, 85(4): 277–285.
- [ 18 ] Mooney S, Chen L, Kühn C, *et al.* Genotype-specific changes in vitamin B6 content and the PDX family in potato [J]. *BioMed Research International*, 2013: 389723.
- [ 19 ] Fudge J, Mangel N, Gruissem W, *et al.* Rationalising vitamin B6 biofortification in crop plants [J]. *Current Opinion in Biotechnology*, 2017, 44: 130–137.
- [ 20 ] Nassar A M K, Sabally K, Kubow S, *et al.* Some Canadian-grown potato cultivars contribute to a substantial content of essential dietary minerals [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60(18): 4688–4696.
- [ 21 ] Bethke P C, Jansky S H. The effects of boiling and leaching on the content of potassium and other minerals in potatoes [J]. *Journal of Food Science*, 2008, 73(5): 80–85.
- [ 22 ] Sanchez P D C, Hashim N, Shamsudin R, *et al.* Applications of imaging and spectroscopy techniques for non-destructive quality evaluation of potatoes and sweet potatoes: a review [J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2020, 96: 208–221.
- [ 23 ] 刘娟. 马铃薯种质资源加工性状评价及品种筛选 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
- [ 24 ] 赵春波, 宋述尧, 张传伟, 等. 不同品种马铃薯品质分析与评价 [J]. *吉林农业科学*, 2011, 36(4): 58–60.
- [ 25 ] 王丹, 张志成, 曹兴明, 等. 乌兰察布市22份马铃薯品种的分析与评价 [J]. *北方农业学报*, 2020, 48(5): 34–42.
- [ 26 ] 闫海锋, 许娟, 李韦柳, 等. 广西冬作区不同马铃薯品种(系)品

- 质比较与综合评价 [J]. 南方农业学报, 2017, 48(2): 246–251.
- [27] 李守强, 田世龙, 李梅, 等. 主成分分析和隶属函数法综合评价 15 种(系)马铃薯的营养品质 [J]. 食品工业科技, 2020, 41(6): 272–276, 291.
- [28] 岳新丽, 王春珍, 陈云, 等. 马铃薯新品种晋薯 27 号丰产稳产及适应性分析 [J]. 种子, 2018, 37(9): 129–131.
- [29] 毛向红, 白小东, 齐海英, 等. 晋北地区引进马铃薯品种(系)适应性分析 [J]. 山西农业科学, 2020, 48(12): 1894–1899.
- [30] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [31] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.9—2016 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [32] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.5—2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [33] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.7—2016 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [34] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.86—2016 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [35] Gatto M, Hareau G, Pradel W, *et al.* Release and adoption of improved potato varieties in Southeast and South Asia [J]. Social Sciences Working Paper, 2018. DOI: 10.4160/9789290605010.
- [36] 徐舒, 李玲, 张思梦. 基于隶属函数分析的甘薯薯苗耐冷性基因型差异研究 [J]. 中国农业科学, 2019, 52(17): 2929–2938.
- [37] 刘娟, 梁延超, 隋景航, 等. 马铃薯块茎蒸煮品质、质构特性及加工型品种筛选 [J]. 中国农业科学, 2016, 49(21): 4074–4084.
- [38] 尚晋伊, 史小峰. 中国马铃薯主食产业化发展现状与前景展望 [J]. 科技资讯, 2018, 16(21): 109–111.
- [39] Driskill E P, Knowles L O, Knowles N R. Temperature-induced changes in potato processing quality during storage are modulated by tuber maturity [J]. American Journal of Potato Research, 2007, 84(5): 367–383.
- [40] 叶夕苗. 马铃薯品种(系)基因型与环境互作及品质稳定性分析 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2019.
- [41] 罗海玲, 龚明霞, 周芸伊, 等. 利用隶属函数法对山药种质资源品质和产量进行综合评价 [J]. 西南农业学报, 2018, 31(5): 911–916.
- [42] 周福平, 史红梅, 张海燕, 等. 应用模糊隶属函数法对高粱种质资源的农艺性状和品质性状进行综合评价 [J]. 种子, 2022, 41(1): 94–98.