

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2021)06-0489-11

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.06.002

## 西北地区不同马铃薯种质资源产量和营养品质 综合分析评价

吴琪滢<sup>1</sup>, 李德明<sup>2</sup>, 郭志乾<sup>3</sup>, 何萍<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/农业农村部植物营养与肥料重点实验室, 北京 100081;

2. 定西市农业科学研究院, 甘肃 定西 743099; 3. 宁夏农林科学院固原分院, 宁夏 固原 756200)

**摘要:** 对北方一作区宁夏、甘肃自主选育和引进马铃薯品种的产量和营养品质进行了综合分析评价, 为筛选出适宜当地不同用途且具备良好品质的专用型马铃薯品种提供参考依据。对159份马铃薯品种的产量、干物质、淀粉、还原糖、蛋白质和维生素C含量进行测定分析, 并利用隶属函数法进行综合评价。159份马铃薯品种的产量为1 998~87 468 kg/hm<sup>2</sup>; 块茎干物质含量为13.56%~28.88%; 淀粉含量为8.63%~21.40%; 还原糖含量为0.01%~2.67%; 蛋白质含量为0.98%~3.11%; 维生素C含量为4.03~31.80 mg/100 g。相关性分析表明, 马铃薯块茎中干物质含量与淀粉含量呈极显著正相关, 与还原糖和维生素C含量呈极显著负相关; 淀粉含量与还原糖和维生素C含量呈显著负相关; 还原糖含量与蛋白质含量呈显著负相关。对供试品种的营养品质综合分析评价表明, ‘华薯9号’‘中薯38号’和‘郑薯7号’为适宜当地的高产鲜食型品种。‘青薯9号’‘榆薯5号’‘陇薯22号’‘天薯11号’‘中薯56号’和‘宁薯18号’为适宜油炸加工型品种。适宜淀粉加工型品种共25份, 其中淀粉含量前三的为‘中薯19号’‘维拉斯’和‘凯薯1号’。隶属函数法综合评价指出, 适宜当地种植且综合营养品质最佳马铃薯品种为鲜食型品种‘华薯9号’, 油炸加工型品种‘天薯11号’‘陇薯22号’和淀粉加工型品种‘中薯19号’‘东农310’‘甘农薯9号’‘中薯31号’和‘维拉斯’。

**关键词:** 品种; 品质; 隶属函数法; 综合评价

## Comprehensive Analysis and Evaluation of Yield and Nutritional Quality of Different Potato Germplasm Resources in Northwest China

WU Qiying<sup>1</sup>, LI Deming<sup>2</sup>, GUO Zhiqian<sup>3</sup>, HE Ping<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences/  
Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China;

2. Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi, Gansu 743099, China;

3. Guyuan Branch, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Guyuan, Ningxia 756200, China)

**Abstract:** A comprehensive analysis and evaluation of the yield and nutritional quality of local and introduced potato varieties in Ningxia and Gansu Provinces in the northern one cropping region were carried out in order to provide a reference for the selection of special-purpose potato varieties suitable for different local uses and with good quality. The yield, dry matter, starch, reducing sugar, protein and vitamin C contents of 159 potato varieties were determined and

收稿日期: 2021-11-18

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金资助(CARS-09-P31)。

作者简介: 吴琪滢(1999-), 女, 硕士研究生, 从事马铃薯养分高效利用研究。

\*通信作者(Corresponding author): 何萍, 研究员, 主要从事马铃薯养分管理研究, E-mail: heping02@caas.cn。

analyzed, and the membership function method was used for comprehensive evaluation. The range of 159 potato varieties for yield, dry matter, starch, reducing sugar, protein and vitamin C contents was 1 998-87 468 kg/ha, 13.56%-28.88%, 8.63%-21.40%, 0.01%-2.67%, 0.98%-3.11% and 4.03-31.80 mg/100 g, respectively. Correlation analysis showed that the dry matter content in potato tubers was highly significantly positively correlated with starch content, while highly significantly negatively correlated with reducing sugar and vitamin C contents; the content of starch was significantly negatively correlated with the contents of reducing sugar and vitamin C, and reducing sugar content was significantly negatively correlated with protein content. The comprehensive analysis and evaluation of the nutritional quality of the tested varieties showed that 'Huashu 9', 'Zhongshu 38' and 'Zhengshu 7' were suitable for use as local high-yielding table varieties. 'Qingshu 9', 'Yushu 5', 'Longshu 22', 'Tianshu 11', 'Zhongshu 56' and 'Ningshu 18' were suitable for use as deep-frying processing varieties. There were 25 varieties suitable for starch processing, among which the top three varieties were 'Zhongshu 19', 'Veilasi' and 'Kaishu 1'. The comprehensive evaluation by membership function method indicated that the potato varieties suitable for local planting and with the best comprehensive nutritional quality were 'Huashu 9' as table variety, 'Tianshu 11' and 'Longshu 22' as deep-fried processing varieties, and 'Zhongshu 19', 'Dongnong 310', 'Gannongshu 9', 'Zhongshu 31' and 'Veilasi' as starch-processed varieties.

**Key Words:** variety; quality; membership function method; comprehensive evaluation

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.), 粮、菜、饲、药兼用, 是中国乃至全球第四大粮食作物, 具有极高的产量潜力和营养价值<sup>[1,2]</sup>。马铃薯块茎含有的营养物质十分丰富, 包括人和动物所必需的矿物质、多种维生素、还原糖、蛋白质和淀粉等, 广泛应用于马铃薯各种生产加工用途中<sup>[3-5]</sup>。在中国, 马铃薯生产长期以追求高产为目标, 而忽略对专用型品种的选育和改良<sup>[6]</sup>, 造成加工专用型马铃薯品种占比不足总量的10%, 且种植品种类型单一, 所占比例相对较高的为鲜食型和饲料型, 分别为64.66%和16.86%, 这种状况下导致鲜食品种市场过剩, 而加工型品种却供不应求, 严重制约了中国马铃薯产业的全面发展<sup>[7,8]</sup>。因此, 对不同马铃薯种质资源产量和品质进行综合分析、评价和分类, 可以为筛选出符合不同用途的专用型优质马铃薯品种提供理论依据。

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>[9]</sup>。干物质、淀粉、蛋白质、维生素C、还原糖等指标是评价马铃薯品质性状的主要指标<sup>[10]</sup>, 对于淀粉加工专用型马铃薯品种要求淀粉含量在18%以上<sup>[11,12]</sup>, 而油炸加工型品种要求还原糖含量在0.4%以下, 同时对马铃薯块茎的芽眼、薯形和薯肉颜色也有相应的要求<sup>[13,14]</sup>。满足蛋白质含量大于2%且维生素C含量高

于15 mg/100 g的马铃薯品种适宜用作鲜食<sup>[8]</sup>。原彩虹等<sup>[15]</sup>通过隶属函数法综合分析9个马铃薯品种的营养品质指标, 筛选出4个综合营养品质最佳的品种。赵春波等<sup>[16]</sup>对14个马铃薯品种的干物质、淀粉、蛋白质、维生素C和还原糖含量进行测定分析, 并通过隶属函数法对各品质指标进行综合评价, 筛选出5个综合营养品质较高的品种。王丹等<sup>[17]</sup>采用聚类分析等方法, 将22份当地主栽的马铃薯品种根据其营养品质的分析和评价, 将其划分为3种类型, 分别为鲜食类型、油炸加工类型和淀粉加工类型。闫海锋等<sup>[18]</sup>利用隶属函数法对广西冬作区25份马铃薯品种的干物质、淀粉、蛋白质、维生素C和还原糖含量进行综合分析评价, 利用系统聚类分析法将供试品种分为3大类, 最终筛选出1份鲜食型, 1份鲜食和油炸加工兼用, 2份油炸加工型和2份淀粉加工型品种。

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>[16-18]</sup>, 但不同地区的地质地貌、气候和土壤等环境因素存在较大差别, 现有研究中大部分供试品种并不适宜作为西北地区宁夏和甘肃的主栽品种种植。宁夏和甘肃作为北方一作区马铃薯种植的主要分布区域, 适合该地区种植的马铃薯种质资源通过自主选育和引进日渐丰富, 但将这些品种进行系统性分析、评价及分类的研究鲜见报道。因此,

本研究采用相关性分析和隶属函数法,对自主选育和引进的159份马铃薯品种的产量和主要营养品质指标进行分析和综合评价,明确不同马铃薯品种间产量及品质性状的差异,以期筛选出适合西北地区种植且符合不同用途且综合营养品质较好的专用型马铃薯品种提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验品种和地点

试验供试品种共159份,分别设置在经纬度和气候类型比较相近的宁夏(试验地点1,76个品种,编号1~76)和甘肃(试验地点2,83个品种,编号77~159)(表1)。

试验地点1位于宁夏回族自治区固原市西吉县马莲乡张堡塬村国家马铃薯产业技术体系固原综合试验站的试验地,介于E 105°20'~106°4'、N 35°35'~36°14',海拔1 688~2 633 m。年平均气温12.7℃,年平均降水量570.2 mm,全年无霜期198 d。试验地前茬作物为玉米,土壤为灰褐土,品种播种采取随机排列,不设重复,小区长16.5 m,宽4 m,每小区种植4行,小区面积66 m<sup>2</sup>,测产时全区收获。于2020年4月23日播种,采用机械起垄,人工点播方式种植,行距90 cm,株距25 cm。播种前施有机肥3 750 kg/hm<sup>2</sup>,复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 15:15:15)750 kg/hm<sup>2</sup>,6月10日开始滴灌2次,每次追施尿素(N 46%)75 kg/hm<sup>2</sup>,磷酸二氢钾(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52%, K<sub>2</sub>O 35%)15 kg/hm<sup>2</sup>。于2020年9月15日收获。统一进行田间管理及病虫害防治。

试验地点2位于甘肃省定西市安定区国家马铃薯产业技术体系定西试验站香泉示范基地,E 104°37', N 35°32',海拔2 020 m。年平均气温5.9℃,年平均降水量500 mm,全年无霜期128 d。试验地前茬作物为马铃薯,土壤为黄绵土,品种播种采取随机排列,不设重复,小区长30 m,宽11 m,9行区,小区面积330 m<sup>2</sup>,每个小区测产面积13.34 m<sup>2</sup>。于2020年4月28日播种,采用机械起垄,人工点播方式种植,行距90 cm,株距25 cm。播种时施复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 10:15:20)1 200 kg/hm<sup>2</sup>,马铃薯生育期灌水一次,无追肥,于2020年9月24日收获。统一进行田间管理及病虫害防治。

### 1.2 样品制备与测定方法

马铃薯成熟收获后,每个品种选取3株马铃薯的块茎,在清洗其表面泥土晾干后,放置于4℃冰箱保存。选择新鲜薯块用于测定块茎的维生素C含量,且在一周内完成其维生素C含量的测定。将块茎切片、杀青后80℃烘干至恒重,粉碎制成干样后,用于测定块茎的干物质、淀粉、还原糖和蛋白质含量。各品质指标均重复测定3次,取其平均值作为各品种的试验结果。采用烘干称重法<sup>[19]</sup>测定块茎干物质含量、蒽酮比色法<sup>[20]</sup>测定块茎淀粉含量、3,5-二硝基水杨酸比色法<sup>[19]</sup>测定块茎还原糖含量、凯氏定氮法<sup>[19]</sup>测定块茎蛋白质含量、2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[19]</sup>测定块茎维生素C含量。

### 1.3 数据处理与分析

应用Microsoft Excel 2010和Origin 2019软件完成数据整理分析与图表制作,利用隶属函数法对马铃薯块茎的产量和营养品质进行综合评价<sup>[21]</sup>。计算公式如下:

$$W_1 = (W - W_{\min}) / (W_{\max} - W_{\min})$$

$$W_2 = 1 - (W - W_{\min}) / (W_{\max} - W_{\min})$$

式中,W为马铃薯某一品种某一指标的测定值;W<sub>max</sub>、W<sub>min</sub>分别为所有供试品种中该指标的最大值和最小值。W<sub>1</sub>表示的隶属函数值是与综合营养品质呈正相关的指标(产量、干物质、淀粉、蛋白质和维生素C);W<sub>2</sub>表示的隶属函数值是与综合营养品质呈负相关的指标(还原糖)。最后以产量和各品质指标的平均隶属函数值来反映综合营养品质的高低。

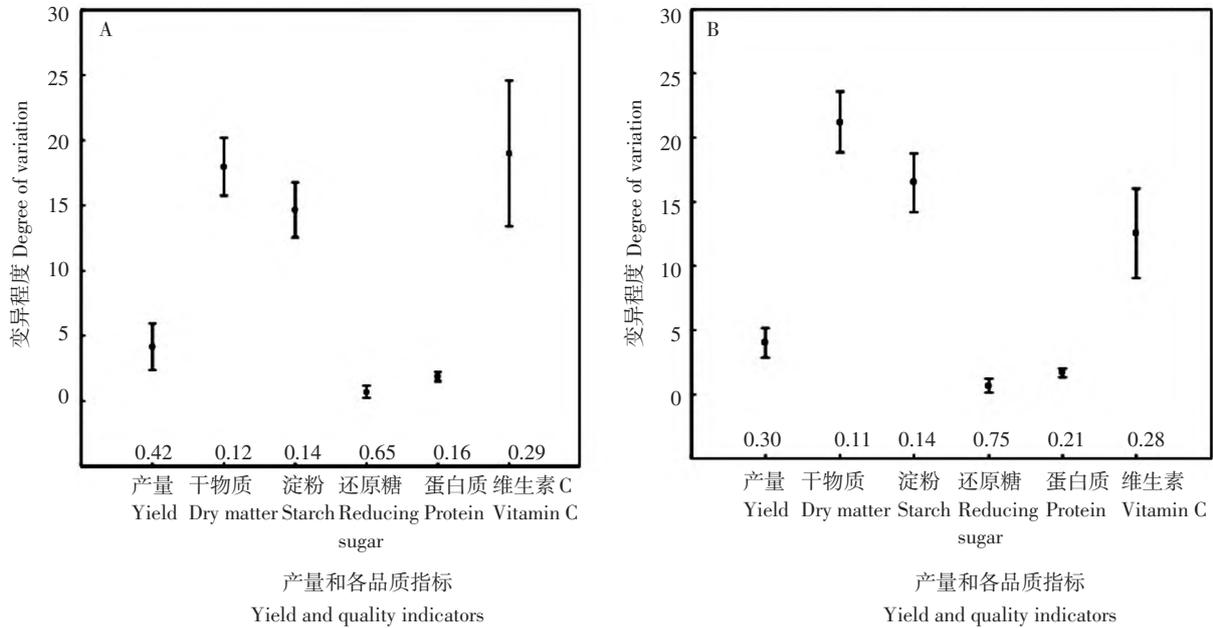
## 2 结果与分析

### 2.1 不同马铃薯品种各指标变异程度

宁夏地区马铃薯各指标变异系数中,还原糖的变异最大,其变异系数为0.65;变异最小的为干物质,其变异系数为0.12。产量与5个品质性状的变异系数大小依次为还原糖>产量>维生素C>蛋白质>淀粉>干物质(图1A)。甘肃地区马铃薯各指标变异系数中,还原糖的变异最大,其变异系数为0.75;变异最小的为干物质,其变异系数为0.11。产量与5个品质性状的变异系数大小依次为还原糖>产量>维生素C>蛋白质>淀粉>干物质(图1B)。综

表1 供试马铃薯品种(系)及编号  
Table 1 Test potato varieties (lines) and numbers

编号 No.	品种(系) Variety (line)	编号 No.	品种(系) Variety (line)	编号 No.	品种(系) Variety (line)
1	陇薯7 Longshu 7	54	宁薯19号 Ningshu 19	107	甘引8号 Ganyin 8
2	陇薯8 Longshu 8	55	定薯4号 Dingshu 4	108	云薯901 Yunshu 901
3	陇薯9 Longshu 9	56	华薯9号 Huashu 9	109	LK99
4	陇薯10 Longshu 10	57	华薯13号 Huashu 13	110	华薯1号 Huashu 1
5	陇薯11 Longshu 11	58	华薯1号 Huashu 1	111	榆薯3号 Yushu 3
6	陇薯12 Longshu 12	59	华恩2号 Huaen 2	112	榆薯5号 Yushu 5
7	冀张薯12 Jizhangshu 12	60	郑薯7号 Zhengshu 7	113	GN122
8	冀张薯14 Jizhangshu 14	61	郑薯10号 Zhengshu 10	114	宣薯4号 Xuanshu 4
9	冀张薯22 Jizhangshu 22	62	鄂薯14 Eshu 14	115	北方016 Beifang 016
10	京张薯1 Jingzhangshu 1	63	鄂薯16 Eshu 16	116	华颂34号 Huasong 34
11	晋薯16号 Jinshu 16	64	希森5号 Xisen 5	117	大丰8号 Dafeng 8
12	晋薯24号 Jinshu 24	65	希森6号 Xisen 6	118	大丰9号 Dafeng 9
13	天薯11号 Tianshu 11	66	苏兰1号 Sulan 1	119	粤薯1号 Yueshu 1
14	天薯12号 Tianshu 12	67	龙薯12 Longshu 12	120	GN99
15	天薯15号 Tianshu 15	68	龙薯4号 Longshu 4	121	陇薯22号 Longshu 22
16	宁薯16号 Ningshu 16	69	中薯37 Zhongshu 37	122	陇薯19号 Longshu 19
17	宁薯18号 Ningshu 18	70	中薯367 Zhongshu 367	123	凯薯2号 Kaishu 2
18	定薯3号 Dingshu 3	71	中薯38 Zhongshu 38	124	冀张薯22号 Jizhangshu 22
19	华恩1号 Huaen 1	72	中薯33 Zhongshu 33	125	华颂7号 Huasong 7
20	华薯2号 Huashu 2	73	中薯早45 Zhongshuzao 45	126	宣薯05-320 Xuanshu 05-320
21	华薯4号 Huashu 4	74	中薯早47 Zhongshuzao 47	127	北方009 Beifang 009
22	华渝5号 Huayu 5	75	中薯28号 Zhongshu 28	128	黔薯7号 Qianshu 7
23	维拉斯 Weilasi	76	中薯5号 Zhongshu 5	129	大丰11号 Dafeng 11
24	郑薯8号 Zhengshu 8	77	中薯早35 Zhongshuzao 35	130	大丰6号 Dafeng 6
25	本薯9号 Benshu 9	78	中薯45 Zhongshu 45	131	庄薯4号 Zhuangshu 4
26	本薯11号 Benshu 11	79	爱兰1号 Ailan 1	132	天薯11号 Tianshu 11
27	宣薯4号 Xuanshu 4	80	爱兰6号 Ailan 6	133	北方002 Beifang 002
28	宣薯8号 Xuanshu 8	81	甘引12号 Ganyin 12	134	凯薯1号 Kaishu 1
29	中薯早43 Zhongshuzao 43	82	中薯22 Zhongshu 22	135	龙薯12号 Longshu 12
30	中薯红3 Zhongshuhong 3	83	并薯26 Bingshu 26	136	东农310 Dongnong 310
31	中薯早37 Zhongshuzao 37	84	本薯13号 Benshu 13	137	东农321 Dongnong 321
32	中薯26 Zhongshu 26	85	冀张薯14号 Jizhangshu 14	138	中薯56 Zhongshu 56
33	中薯24 Zhongshu 24	86	京张薯1号 Jingzhangshu 1	139	天薯12 Tianshu 12
34	中薯25 Zhongshu 25	87	陇薯16号 Longshu 16	140	天薯13 Tianshu 13
35	中薯22 Zhongshu 22	88	闽薯4号 Minshu 4	141	定薯3号 Dingshu 3
36	中薯红1号 Zhongshuhong 1	89	黔薯8号 Qianshu 8	142	京张薯2号 Jingzhangshu 2
37	中薯15号 Zhongshu 15	90	冀张薯20号 Jizhangshu 20	143	南中101 Nanzhong 101
38	L12116-19	91	冀张薯12号 Jizhangshu 12	144	东农322 Dongnong 322
39	陇薯20号 Longshu 20	92	陇薯20号 Longshu 20	145	中薯32 Zhongshu 32
40	陇薯19号 Longshu 19	93	陇薯15号 Longshu 15	146	天薯15号 Tianshu 15
41	陇薯16号 Longshu 16	94	龙薯4号 Longshu 4	147	天薯14号 Tianshu 14
42	陇薯15号 Longshu 15	95	青薯9号 Qingshu 9	148	定薯4号 Dingshu 4
43	陇薯14号 Longshu 14	96	甘农薯7号 Gannongshu 7	149	宁薯17号 Ningshu 17
44	京张薯2 Jingzhangshu 2	97	陇薯10号 Longshu 10	150	鄂马铃薯14 Emalingshu 14
45	北方016 Beifang 016	98	陇薯7号 Longshu 7	151	丽薯13号 Lishu 13
46	北方002 Beifang 002	99	维拉斯 Weilasi	152	行选 Hangxuan
47	北方009 Beifang 009	100	青薯10号 Qingshu 10	153	中薯31 Zhongshu 31
48	青薯9号 Qingshu 9	101	甘农薯9号 Gannongshu 9	154	中薯41 Zhongshu 41
49	青薯10号 Qingshu 10	102	中薯28 Zhongshu 28	155	庄薯3号 Zhuangshu 3
50	天薯13号 Tianshu 13	103	中薯20 Zhongshu 20	156	宁薯18号 Ningshu 18
51	天薯14号 Tianshu 14	104	中薯19 Zhongshu 19	157	鄂马铃薯16 Emalingshu 16
52	宁薯15号 Ningshu 15	105	中薯18 Zhongshu 18	158	丽薯15号 Lishu 15
53	宁薯17号 Ningshu 17	106	中薯21 Zhongshu 21	159	中薯NX8 Zhongshu NX8



注：图中A和B分别表示宁夏、甘肃地区不同马铃薯品种各指标变异程度。纵坐标单位依次为kg/m<sup>2</sup>(产量)、%(干物质含量)、%(淀粉含量)、%(还原糖含量)、%(蛋白质含量)、mg/100g(维生素C含量)，黑色方格表示均值，线段表示标准差。横坐标上方的数字表示变异系数。

Note: In the figure, A and B respectively indicate the variation of various indicators of different potato varieties in Ningxia and Gansu Provinces. The units for Y axis are kg/m<sup>2</sup>, %, %, %, % and mg/100 g for tuber yield, dry matter, starch, reducing sugar, protein and vitamin C contents, respectively. The black square represents the mean, and the line segment represents the standard deviation. The number above the horizontal axis represents coefficient of variation.

图1 宁夏和甘肃不同马铃薯品种各指标变异程度

Figure 1 Variation of various indexes of different potato varieties in Ningxia and Gansu Provinces

上所述，宁夏、甘肃地区不同马铃薯品种各指标变异程度相似，可以将两地放在一起进行关于西北地区不同马铃薯种质资源产量和营养品质的综合分析评价。

### 2.2 不同马铃薯品种块茎营养品质分析

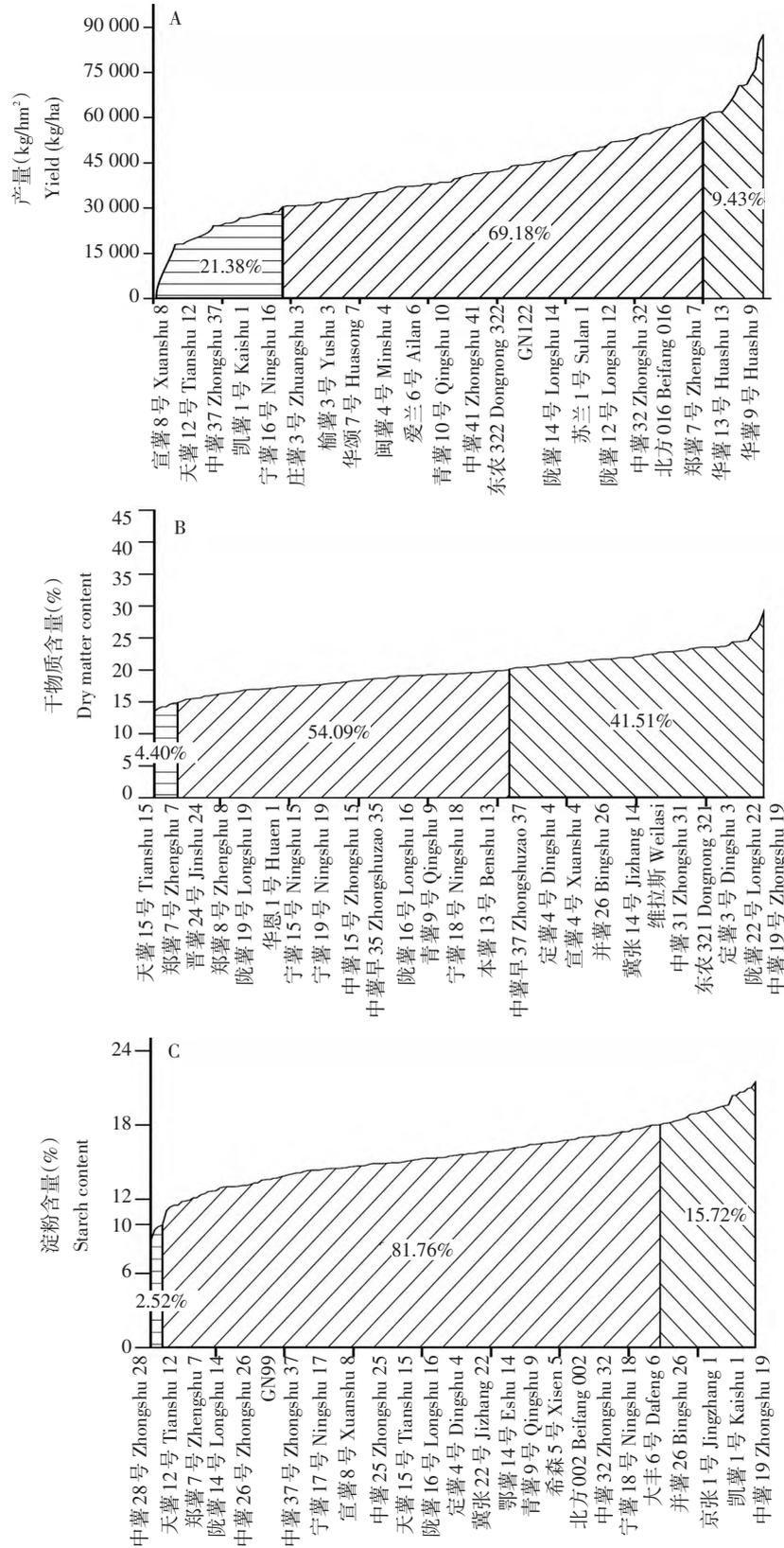
所有品种产量变化范围较大，产量最低的品种为‘宣薯8号’，其产量为1 998 kg/hm<sup>2</sup>，产量最高的品种为‘华薯9号’，其产量高达87 468 kg/hm<sup>2</sup>，全部品种平均产量为40 924 kg/hm<sup>2</sup>。进一步按照产量低、中、高进行分类，产量≤30 000 kg/hm<sup>2</sup>的品种占供试品种的21.38%，绝大多数品种产量介于30 000~60 000 kg/hm<sup>2</sup>，占供试品种的69.18%，产量>60 000 kg/hm<sup>2</sup>的占供试品种的9.43%(图2A)。

干物质含量两极分化较大，其中‘天薯15号’的干物质含量最低，为13.56%，‘中薯19号’的干物质含量最高，达28.88%，全部品种平均干物质含量为

19.65%。进一步按照干物质含量低、中、高进行分类，干物质含量≤15%的品种占供试品种的4.40%，干物质含量介于15%~20%的品种最多，占供试品种的54.09%，干物质含量超过20%的有66份，占供试品种的41.51%(图2B)。

淀粉含量变化趋势与干物质含量相似，均表现为两极分化较大，淀粉含量最低的品种为‘中薯28号’，其淀粉含量为8.63%，淀粉含量最高的品种为‘中薯19号’，其淀粉含量达21.40%，全部品种平均淀粉含量为15.60%。进一步按照淀粉含量低、中、高进行分类，淀粉含量≤10%的品种占供试品种的2.52%，供试品种的淀粉含量绝大部分介于10%~18%，占供试品种的81.76%，淀粉含量超过18%的有25份，占供试品种的15.72%(图2C)。

还原糖含量两极分化较于其他指标来说最大，其中‘宁薯18号’的还原糖含量最低，为0.01%，还



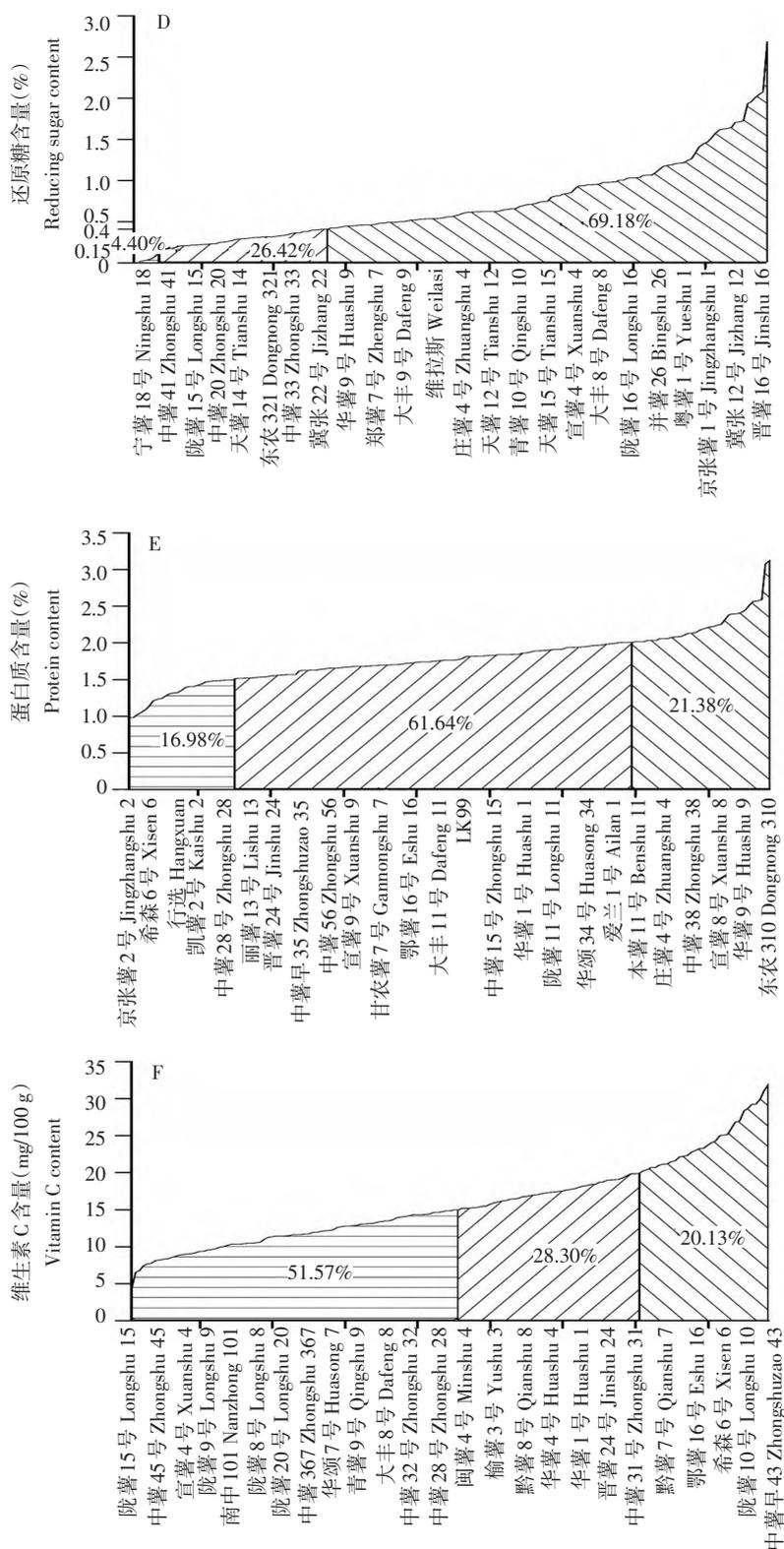


图2 不同马铃薯品种各指标含量及分布

Figure 2 Content and distribution of various indexes of different potato varieties

原糖含量最高的品种为‘晋薯16号’, 达2.67%, 全部品种平均还原糖含量为0.7%。进一步按照还原糖含量低、中、高进行分类, 还原糖含量≤0.15%的品种占供试品种的4.40%, 还原糖含量介于0.15%~0.40%的品种占供试品种的26.42%, 绝对大多数品种的还原糖含量大于0.4%, 占供试品种的69.18%(图2D)。

蛋白质含量两极分化较大, 中间分布趋势较为平缓, 其中‘京张薯2号’的蛋白质含量最低, 为0.98%, ‘东农310’的蛋白质含量最高, 达3.11%, 全部品种平均蛋白质含量为1.78%。进一步按照蛋白质含量低、中、高进行分类, 蛋白质含量≤1.5%的品种占供试品种的16.98%, 大部分品种的蛋白质含量介于1.5%~2.0%, 占供试品种的61.64%, 蛋白质含量大于2.0%的品种占供试品种的21.38%(图2E)。

维生素C含量分布范围较广, 两极相差较大, 其中‘陇薯15号’的维生素C含量最低, 为4.03 mg/100 g, 维生素C含量最高的品种为‘中薯早43号’, 达31.80 mg/100 g, 平均维生素C含量为15.62 mg/100 g。进一步按照维生素C含量低、中、高进行分类, 绝大多数品种维生素C含量≤15 mg/100 g, 占供试品种的51.57%, 维生素C含量介于15%~20 mg/100 g的品种占供试品种的28.30%, 维

生素C含量 > 20 mg/100 g 的占供试品种的20.13%(图2F)。

### 2.3 不同马铃薯品种块茎产量和质量指标相关性分析

供试马铃薯品种块茎的产量和品质指标相关性分析结果表明, 一对品质性状表现为正相关性, 其中供试马铃薯品种块茎的干物质含量与淀粉含量呈极显著正相关( $P < 0.01$ )。五对品质性状表现为负相关性, 其中干物质含量与还原糖和维生素C含量呈极显著负相关( $P < 0.01$ ), 淀粉含量与还原糖和维生素C含量呈显著负相关( $P < 0.05$ ), 还原糖含量与蛋白质含量呈显著负相关( $P < 0.05$ )。其余各项品质指标间的相关性未达到显著水平(表2)。

### 2.4 不同马铃薯品种块茎营养品质综合评价

通过隶属函数法计算各指标的隶属函数值和平均隶属函数值, 以平均隶属函数值的大小代表供试品种营养品质综合评价的高低。结果表明, 供试品种营养品质综合评价最佳( $X > 0.6$ )的马铃薯品种有14份, 其中综合营养品质排前三的依次为‘中薯19号’‘华薯9号’和‘东农310’, 其隶属函数值分别为0.79、0.73和0.69; 营养品质较差( $X < 0.30$ )的马铃薯品种依次为‘天薯12号’和‘晋薯16号’, 其隶属函数值均为0.28; 其余马铃薯品种营养品质位次居中(图3)。

表2 不同马铃薯品种各品质性状的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of various quality characters of different potato varieties

品质指标 Quality index	干物质含量 Dry matter	淀粉含量 Starch	还原糖含量 Reducing sugar	蛋白质含量 Protein	维生素C含量 Vitamin C	产量 Yield
干物质含量 Dry matter	1					
淀粉含量 Starch	0.623**	1				
还原糖含量 Reducing sugar	-0.254**	-0.157*	1			
蛋白质含量 Protein	0.029	-0.121	-0.189*	1		
维生素C含量 Vitamin C	-0.321**	-0.157*	0.072	0.141	1	
产量 Yield	0.029	-0.024	-0.143	-0.116	0.136	1

注: \*表示差异显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

Note: \* means significant difference ( $P < 0.05$ ); \*\* means highly significant difference ( $P < 0.01$ ).

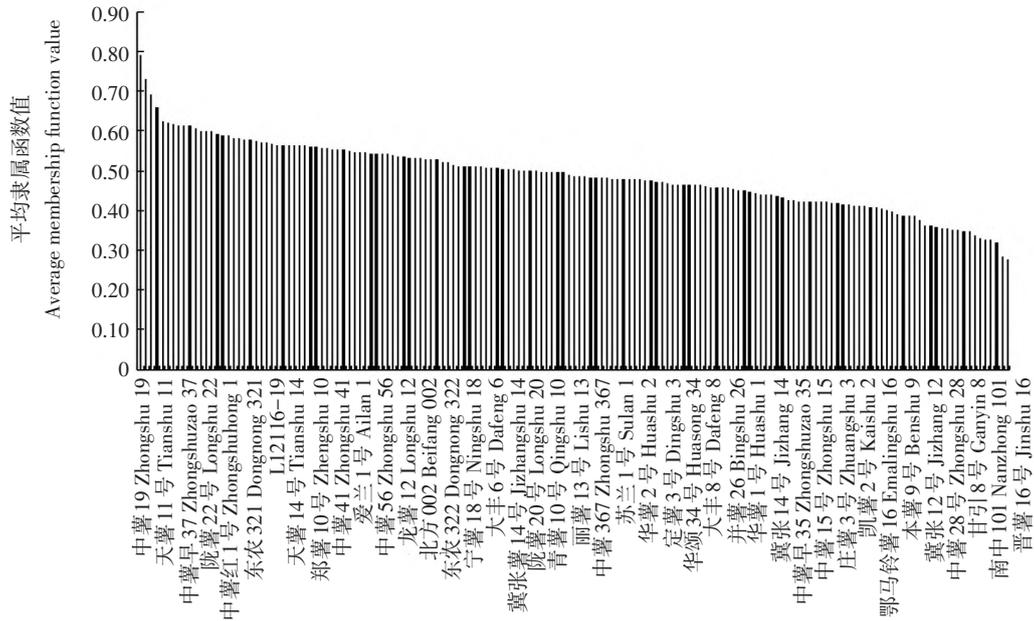


图3 宁夏、甘肃马铃薯各指标平均隶属函数值

Figure 3 Average membership function values of potato indexes in Ningxia and Gansu Provinces

### 3 讨论

近年来,随着马铃薯主食产业化发展,马铃薯被广泛应用于生产、加工和消费等方面,人们从追求温饱转向追求营养和品质<sup>[22]</sup>。由于马铃薯利用途径不同,所以对品质的要求也存在差异<sup>[23]</sup>。本研究通过对不同品种马铃薯品质进行分析、评价和分类,可以筛选出符合不同用途的专用型马铃薯,以满足人们的不同需求。

变异系数表示数据之间的离散程度,可用于分析不同马铃薯品种品质性状的遗传变异情况<sup>[24]</sup>。本研究发现,两地区之间不同马铃薯品种各指标的变异程度相似,所以将两地放到一起分析比较,但不同马铃薯品种间产量、干物质、淀粉、还原糖、蛋白质和维生素C含量存在较大差异,且两地马铃薯块茎的产量、还原糖和维生素C含量的变异系数较大,这与闫海峰等<sup>[18]</sup>对广西冬作区不同马铃薯品种品质综合评价的研究结果存在差别,这一方面表明不同地区土壤、气候等环境条件对产量和品质的影响较大,另一方面也表明供试品种这些指标的多样性指数高,遗传改良潜力较大,具有较好的品质性状改良的遗传基础。

本研究发现,块茎干物质与还原糖含量呈极显著负相关,这与颀瑞霞等<sup>[24]</sup>和潘峰<sup>[25]</sup>的研究结果一致。因此,在选用油炸加工型马铃薯时,主要以高干物质和低还原糖为基础指标,同时参考其他农艺性状<sup>[26]</sup>。此外,还发现还原糖含量与蛋白质含量呈显著负相关。薯条在加工过程中,还原糖与氨基酸中的天门冬酰胺发生美拉德反应,可以使炸条颜色变深<sup>[27]</sup>,因此蛋白质含量越高,高温油炸后炸条颜色就越深。本研究按照不同用途马铃薯品种的品质要求,利用品质指标分级法,筛选出适宜三种不同用途的马铃薯品种。一是适宜鲜食的高维生素C、高蛋白质且产量相对较高的马铃薯品种,本研究中蛋白质含量 $\geq 2.0\%$ 的品种34份,维生素C含量 $\geq 15 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 的品种76份,同时满足这两种品质要求的品种23份,其中产量 $\geq 60 \text{ 000 kg}/\text{hm}^2$ 的品种分别为‘华薯9号’‘中薯38号’和‘郑薯7号’。二是适宜油炸加工的高干物质、低还原糖的马铃薯品种,本研究中干物质含量 $\geq 20\%$ 的品种66份,还原糖含量 $< 0.15\%$ 的品种7份,同时具备两种良好品质的品种6份,分别为‘青薯9号’‘榆薯5号’‘陇薯22号’‘天薯11号’‘中薯56号’和‘宁薯18号’。三是适宜淀粉加工的高淀粉型马铃薯品种,本研究中淀粉含量 $\geq$

18%的品种25份, 其中淀粉含量排前三的分别为‘中薯19’‘维拉斯’和‘凯薯1号’, 其淀粉含量分别为21.40%、20.98%和20.88%。

对蔬菜营养品质进行客观合理的综合分析评价, 需要综合研究各品质指标<sup>[18]</sup>。隶属函数法提供了一种基于材料性状多指标基础上进行综合评价的方法, 可以克服仅用少数几个指标对品种进行评价的不足<sup>[28]</sup>。目前, 这种方法也被广泛应用在其他蔬菜上, 可行性高。徐义康等<sup>[29]</sup>利用隶属函数法对不同大白菜品种的品质性状进行分析评价, 并根据分析结果对供试品种从优到劣进行排序。罗海玲等<sup>[30]</sup>和王绍辉等<sup>[31]</sup>利用隶属函数法分别对山药和胡萝卜的综合营养品质进行分析评价, 并筛选出综合营养品质较好的品种。陈德明等<sup>[32]</sup>利用隶属函数法对不同品种小麦的抗盐性进行评价, 并根据分析评价结果对不同品种小麦的抗盐性从优到劣进行排序。李守强等<sup>[33]</sup>和白磊等<sup>[34]</sup>通过隶属函数法分析评价不同马铃薯品种的品质状况, 并筛选出具备较好营养品质的马铃薯品种。因此, 本研究利用隶属函数法对不同马铃薯品种的品质状况进行综合评价, 目的是筛选出适宜不同用途且综合营养品质最佳马铃薯品种。已筛选出马铃薯品种中隶属函数值大于0.6, 即综合营养品质最佳马铃薯品种为适合鲜食的品种‘华薯9号’; 适合油炸加工的品种‘天薯11号’和‘陇薯22号’; 适合淀粉加工的品种‘中薯19号’‘东农310’‘甘农薯9号’‘中薯31号’和‘维拉斯’。

按照品质指标分级法, 本研究从159份供试品种中筛选出3份适宜鲜食的马铃薯品种, 分别为‘华薯9号’‘中薯38号’和‘郑薯7号’; 6份适宜油炸加工的马铃薯品种, 分别为‘青薯9号’‘榆薯5号’‘陇薯22号’‘天薯11号’‘中薯56号’和‘宁薯18号’。25份适宜淀粉加工的马铃薯品种, 其中淀粉含量排前三的分别为‘中薯19号’‘维拉斯’和‘凯薯1号’。在此基础上, 按照隶属函数法分级, 筛选品种中隶属函数值大于0.6即综合营养品质最佳马铃薯品种共8份, 包括1份鲜食型品种‘华薯9号’, 2份油炸加工型品种: ‘天薯11号’和‘陇薯22号’, 5份淀粉加工型品种: ‘中薯19号’‘东农310’‘甘农薯9号’‘中薯31号’和‘维拉斯’。需要指出的是, 本研究得出的结果是在宁夏和甘肃一年田间试验条件得

出的, 其产量和品质表现可能受不同年际间水热条件的影响会有所不同。

[参 考 文 献]

[1] 杨炳南, 张小燕, 赵凤敏, 等. 不同马铃薯品种的不同加工产品适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(20): 301-308.

[2] Koch M, Naumann M, Pawelzik E, et al. The importance of nutrient management for potato production part I: plant nutrition and yield [J]. Potato Research, 2020, 63(1): 97-119.

[3] Nayak B, Berrios J, Tang J. Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products [J]. Food Research International, 2014, 56: 35-46.

[4] 文丽. 马铃薯营养价值探讨[J]. 现代农业科技, 2016(4): 293-294.

[5] 杨晓溪. 二倍体马铃薯农艺性状和品质性状配合力分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.

[6] 戴朝曦, 孙顺娣, 于品华, 等. 用生物技术培育马铃薯加工型品种的研究[C]//陈伊里. 面向21世纪的中国马铃薯产业. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2000.

[7] 秦军红, 李文娟, 卢肖平, 等. 世界马铃薯产业发展概况[C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与中国式主食. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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.

[13] Hassanpanah D, Hassanabadi H, Chakherchaman S H A. Evaluation of cooking quality characteristics of advanced clones and potato cultivars [J]. American Journal of Food Technology, 2011, 6(1): 72-79.

- [14] Ohara-Takada A, Matsuura-Endo C, Chuda Y, *et al.* Change in content of sugars and free amino acids in potato tubers under short-term storage at low temperature and the effect on acrylamide level after frying [J]. *Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry*, 2005, 69(7): 1232-1238.
- [15] 原霁虹, 韩黎明, 童丹, 等. 甘肃定西马铃薯主粮化品种引种对比试及营养品质分析 [J]. *中央民族大学学报: 自然科学版*, 2019, 28(1): 12-17.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 高俊凤. 植物生理学实验技术 [M]. 北京: 世界图书出版公司, 2000.
- [21] 徐舒, 李玲, 张思梦, 等. 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.
- [22] 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.
- [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] 颀瑞霞, 张小川, 吴林科, 等. 马铃薯种质资源主要品质性状分析与评价 [J]. *分子植物育种*, 2020, 18(20): 6828-6836.
- [25] 潘峰. 马铃薯种质资源品质性状及利用价值的评价 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [26] 余斌. 引进马铃薯种质资源表型多样性分析及块茎品质的综合评价 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
- [27] Gokmen V, Senyuva H Z. Study of colour and acrylamide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating [J]. *Food Chemistry*, 2006, 99(2): 238-243.
- [28] 魏永胜, 梁宗锁, 山仑, 等. 利用隶属函数法评价苜蓿抗旱性 [J]. *草业科学*, 2005(6): 33-36.
- [29] 徐义康, 高飞, 施柳, 等. 利用隶属函数法综合评价 8 个大白菜品种性状 [J]. *浙江农林大学学报*, 2018, 35(5): 845-852.
- [30] 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.
- [31] 王绍辉, 杨瑞, 赵金芳, 等. 不同萝卜品种几个品质性状的评价分析 [J]. *中国蔬菜*, 2006(4): 22-23.
- [32] 陈德明, 俞仁培, 杨劲松. 盐渍条件下小麦抗盐性的隶属函数法评价 [J]. *土壤学报*, 2002(3): 368-374.
- [33] 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.
- [34] 白磊, 肖继坪, 郭华春. 130 个马铃薯品种(系)的块茎营养品质评价 [J]. *中国食物与营养*, 2017, 23(2): 70-74.

书 讯

现有《中国马铃薯》杂志 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 和 2020 年精装合订本, 中国马铃薯大会论文集 2011 年《马铃薯产业与科技扶贫》, 2012 年《马铃薯产业与水资源高效利用》, 2013 年《马铃薯产业与农村区域发展》, 2014 年《马铃薯产业与小康社会建设》, 2015 年《马铃薯产业与现代可持续农业》, 2016 年《马铃薯产业与中国式主食》, 2017 年《马铃薯产业与精准扶贫》, 2018 年《马铃薯产业与脱贫攻坚》, 2019 年《马铃薯产业与健康消费》, 2020 年《马铃薯产业与美丽乡村》和 2021 年《马铃薯产业与绿色发展》, 每本定价 100 元。有需要的读者, 可与《中国马铃薯》编辑部联系。

联系电话: 0451-55190003