

DOI: 10.3969/j.issn.0488-5368.2024.01.011

15 个淀粉甘薯主要农艺性状的综合评价

左红娟¹, 曹 辉¹, 王 峰², 张晓申¹

(1. 郑州市农林科学研究所, 河南 郑州 450005; 2. 郑州市农业技术推广中心 河南 郑州 450000)

摘 要:以 15 个淀粉甘薯品种为试材, 采用灰色关联法、DTOPSIS 法对淀粉甘薯在郑州栽培的 8 个农艺性状进行综合评价及分析, 结果表明, 15 个淀粉甘薯品种的 8 个农艺性状均存在差异显著, 变异系数在 13.36%~92.01%, 产量排名前三的品种为哈密、商薯 19 和徐薯 37; 相关分析表明, 产量与商品率呈极显著正相关, 单株分枝数与商品率呈显著正相关, 7 个农艺性状对淀粉甘薯产量影响大小依次为商品率>茎直径>单株分枝数>干物质>叶面积>最长蔓长>单株结薯数。DTOPSIS 分析结果表明, 综合排序前 3 名与产量前 3 名排序一致, 仅有 4 个甘薯品种排序有所变化, 其余均与鲜薯产量排序一致。综合分析, DOTPSIS 法可作为淀粉甘薯品种综合评价的一种方法, 筛选出哈密、商薯 19 和徐薯 37 可以作为新品种在郑州进行示范推广。

关键词:淀粉甘薯; 农艺性状; 灰色关联分析; DTOPSIS 法; 综合评价

中图分类号:S531 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2024)01-0046-006

Comprehensive Evaluation of Key Agronomic Characters in 15 Starch Sweetpotato Varieties

ZUO Hongjuan¹, CAO Hui¹, WANG Feng², ZHANG Xiaoshen¹

(1. Zhengzhou Institute of Agriculture and Forestry Sciences, Zhengzhou, Henan 450005 China;

2. Zhengzhou Agricultural Technology Extension Center, Zhengzhou, Henan 450000 China)

Abstract: Using 15 starch sweetpotato varieties as test materials, the grey correlation method and DTOPSIS method were used to comprehensively evaluate and analyze eight agronomic traits of starch sweetpotato cultivated in Zhengzhou. The results showed that there were significant differences in eight agronomic traits among the 15 starch sweet potato varieties, with a coefficient of variation of 13.36% to 92.01%. The top three varieties in yield were Hami, Shangshu 19, and Xushu 37; Relevant analysis showed that there was a significantly positive correlation between yield and commodity rate, and a significantly positive correlation between branch number per plant and commodity rate. The influence order of seven agronomic traits on yield of starch sweetpotato was commodity rate>stem diameter>branch number per plant>dry matter>leaf area>longest vine length>tuber number per plant. The results of DTOPSIS analysis showed that the the top three comprehensive rankings were consistent with the ranking of the top three in yield, with only four sweetpotato varieties having changes in the ranking, and the rest were consistent with the ranking of fresh sweetpotato yield. In summary, the DOTPSIS method can be used as a comprehensive evaluation method for starch sweetpotato varieties, and Hami, Shangshu 19, and Xushu 37 can be selected as new varieties for demonstration and extension in Zhengzhou.

Key words: Starch sweetpotato; Agronomic traits; Grey correlation analysis; DTOPSIS method; Comprehensive evaluation

甘薯耐旱、耐瘠薄、适应性广, 不仅是中国第四 大粮食作物, 而且是重要的工业原料、新型能源及减

收稿日期: 2023-04-07 修回日期: 2023-05-14

基金项目: 河南省现代农业产业技术体系建设专项资金资助(HARS-22-04-G1)。

第一作者简介: 左红娟(1986-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事甘薯新品种选育及栽培技术研究。

通信作者: 张晓申。

灾作物^[1~3]。甘薯具有高产、稳产、营养丰富特点,可以作为主粮供应的重要补充,近年来,甘薯已由传统的粮食、饲料作物逐步转变为效益型经济作物和经济薄弱地区增收优势作物,成为乡村振兴的优势作物^[3]。对农作物主要农艺性状和产量的评价有很多方法,农艺性状相关分析和灰色关联度分析已经在小麦^[4]、玉米^[5]、水稻^[6]、大豆^[7]、甘薯^[8~10]等作物品种综合评价及品种选育上取得效果。DTOPSIS(逼近理想解排序法)近年来在大豆^[11]、小麦^[12]、谷子^[13]、马铃薯^[14]、甘薯^[15]等作物的综合评价上得到应用。主成分分析在甘薯^[16~18]品种评价上有所应用。本研究为了筛选出适合本地种植的淀粉甘薯品种,对引进的15个淀粉甘薯主要农艺性状的相关性分析、关联度分析和DTOPSIS分析,一方面分析出与产量相关的农艺性状,另一方面筛选出适合淀粉甘薯综合评价的方法,为综合评价淀粉甘薯的优劣特性提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为15个淀粉甘薯品种,分别是:漯苏17、秦薯121828、齐宁608、忠薯1号、苏薯28、渝薯27、漯薯16、齐徐37、阜薯17、哈密、商薯22、秦薯12480、郑红34、商薯19、徐薯37。

1.2 试验方法

淀粉甘薯为2022年5月25日定植,随机区组排列,3次重复,每小区5行,行长10 m,行距80

cm,株距25 cm,鲜薯收获中间3行,取平均值,折合成每667 m²的产量;收获前用YMJ活体叶面积测定仪测定甘薯的叶面积,每株取展开的第3片叶,每个品种取10株,计算平均值;用游标卡尺测定甘薯分枝直径,每个品种选5株,每株3个分枝并齐测定茎粗,取平均值;用卷尺测定最长蔓长,测定5株,取平均值;每个品种选10株测定单株分枝数,取平均值;收获时,每个品种选10株统计商品率,取平均值;每个品种取3块甘薯,室内烘干称量计算干物质,取平均值。

1.3 数据分析

采用Excel 2010整理数据,进行灰色关联度计算^[19~20],对淀粉甘薯主要农艺性状进行DTOPSIS分析^[11~15],运用SPSS 22.0软件,对淀粉甘薯主要农艺性状进行差异分析和主成分分析^[16~18]。

2 结果与分析

2.1 甘薯品种农艺性状分析

从表1可看出,甘薯15个品种的8个农艺性状变异系数范围在13.36%~92.01%,变异系数由大到小为产量>单株结薯数>叶面积>茎直径>干物质>商品率>最长蔓长>单株分枝数,单株分枝数变异系数最小为13.36%,变异系数最大的是产量为92.01%,表明15个甘薯品种农艺性状差异较大。商品率前三名是哈密、苏薯28和徐薯37,产量最高的是哈密,其次是商薯19,产量最低的是齐宁608。

表1 15个淀粉甘薯主要农艺性状分析

品种	叶面积 /cm ²	茎直径 /mm	单株分枝 数/个	最长蔓长 /cm	单株结薯 数/个	商品率 /%	干物质 /%	产量 (kg/hm ²)
漯苏17	129.85 a	15.01 d	8.7 a	235 bc	6.0 b	90.44 e	23.54 j	17 628.6 k
秦薯 121828	120.77 b	14.36 g	7.6 e	213 g	4.2 h	78.53 m	23.35 k	12 607.5 n
齐宁 608	100.36 f	12.45 j	7.8 e	231 cd	4.6 fg	80.71 l	23.89 g	11 134.1 o
忠薯1号	86.71 n	15.70 b	8.3 bc	241 a	5.4 c	89.45 h	27.46 a	15 070.5 l
苏薯28	104.73 d	12.29 k	7.9 de	224 e	3.2 j	93.22 b	26.56 c	18 792.4 i
渝薯27	94.53 l	15.81 a	8.2 cd	239 ab	6.3 a	83.93 k	26.32 d	14 893.5 m
漯薯16	96.83 j	14.25 h	8.4 abc	227 de	4.0 h	90.87 d	27.22 b	28 992.4 d
齐徐37	91.59 m	14.41 g	8.5 abc	218 f	5.0 de	90.12 f	25.45 e	18 717.7 j
阜薯17	109.46 c	15.71 b	7.7 e	239 ab	3.7 i	90.01 g	24.78 f	28 000.5 f
哈密	98.67 g	14.65 f	8.7 a	234 c	4.6 fg	93.57 a	22.53 l	31 648.6 a
商薯22	101.21 e	14.67 f	8.5 abc	231 cd	3.5 i	89.43 h	23.82 h	28 039.5 e
秦薯12480	97.54 i	15.24 c	8.1 d	208 h	4.1 h	85.14 j	23.68 i	21 204.3 h
郑红34	95.32 k	14.48 g	8.2 cd	224 e	5.1 d	87.72 i	27.21 b	26 298.1 g
商薯19	98.80 gh	14.17 i	8.3 bc	212 g	4.8 ef	90.15 f	21.74 m	30 875.0 b
徐薯37	98.21 h	14.72 e	8.6 ab	226 e	4.5 g	91.78 c	25.41 e	30 544.5 c
极差	43.14	3.52	1.1	33	3.1	15.04	5.72	20 514.5
平均值	101.64	14.53	8.23	226.8	4.6	88.34	24.86	22 296.48

误差/%	42.44	24.23	13.36	14.55	67.39	17.03	23.01	92.01
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

注：同列不同字母表示差异显著具有统计意义($P<0.05$)。

2.2 农艺性状之间的相关性分析

从表 2 可看出,甘薯叶面积与各农艺性状呈负相关,茎直径与各农艺性状呈正相关,单株分枝数与商品率呈显著正相关,商品率与产量呈极显著正

相关。产量与茎直径、单株分枝数、商品率呈正相关,与叶面积、最长蔓长、单株结薯数、干物质呈负相关。

表 2 农艺性状之间的相关分析

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
X ₁	1							
X ₂	-0.072	1						
X ₃	-0.183	0.266	1					
X ₄	-0.029	0.300	0.179	1				
X ₅	-0.041	0.431	0.367	0.306	1			
X ₆	-0.179	0.045	0.628*	0.233	-0.163	1		
X ₇	-0.435	0.068	-0.042	0.343	0.093	0.146	1	
X ₈	-0.186	0.166	0.457	-0.062	-0.335	0.672**	-0.164	1

注：表 2 中 * 和 ** 分别表示 0.05 和 0.01 水平(双侧)上显著相关和极显著相关。X₁ 叶面积,X₂ 茎直径,X₃ 单株分枝数,X₄ 最长蔓长,X₅ 单株结薯数,X₆ 商品率,X₇ 干物质,X₈ 产量。下同。

2.3 农艺性状与产量的关联性分析

采用平均数法对淀粉甘薯主要农艺性状及产量数据进行无量纲化处理(表 3),并计算出淀粉甘薯主要农艺性状与产量的关系矩阵(表 4)。从表 5 可看出淀粉甘薯主要农艺性状对产量影响的大小

顺次为商品率>茎直径>单株分枝数>干物质>叶面积>最长蔓长>单株结薯数,商品率对产量的影响最大,其次为茎直径,第三为单株分枝数,单株结薯数对产量的影响最小。

表 3 数据无量纲化处理结果

品种	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
漯苏 17	1.277 6	1.033 2	1.056 7	1.036 2	1.304 3	1.023 8	0.946 8	0.790 6
秦薯 12182 8	1.188 2	0.988 4	0.923 1	0.939 2	0.913 0	0.889 0	0.939 1	0.565 4
齐宁 608	0.987 4	0.857 0	0.947 4	1.018 5	1.000 0	0.913 6	0.960 8	0.499 4
忠薯 1 号	0.853 1	1.080 7	1.008 1	1.062 6	1.173 9	1.012 6	1.104 4	0.675 9
苏薯 28	1.030 4	0.846 0	0.959 5	0.987 7	0.695 7	1.055 3	1.068 2	0.842 8
渝薯 27	0.930 1	1.088 2	0.996 0	1.053 8	1.369 6	0.950 1	1.058 6	0.668 0
漯薯 16	0.952 7	0.980 9	1.020 2	1.000 9	0.869 6	1.028 7	1.094 8	1.300 3
齐徐 37	0.901 1	0.991 9	1.032 4	0.961 2	1.087 0	1.020 2	1.023 6	0.839 5
阜薯 17	1.077 0	1.081 4	0.935 2	1.053 8	0.804 3	1.018 9	0.996 6	1.255 8
哈密	0.970 8	1.008 4	1.056 7	1.031 7	1.000 0	1.059 2	0.906 1	1.419 4
商薯 22	0.995 8	1.009 8	1.032 4	1.018 5	0.760 9	1.012 4	0.958 0	1.257 6
秦薯 12480	0.959 7	1.049 0	0.983 8	0.917 1	0.891 3	0.963 8	0.952 4	0.951 0
郑红 34	0.937 8	0.996 7	0.996 0	0.987 7	1.108 7	0.993 0	1.094 4	1.179 5
商薯 19	0.972 1	0.975 4	1.008 1	0.934 7	1.043 5	1.020 5	0.874 4	1.384 7
徐薯 37	0.966 3	1.013 2	1.044 5	0.996 5	0.978 3	1.039 0	1.022 0	1.369 9

表 4 淀粉甘薯农艺性状与产量关联系数矩阵

品种	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
漯苏 17	0.486 9	0.242 5	0.266 0	0.245 5	0.513 7	0.233 1	0.156 1
秦薯 12182 8	0.622 8	0.423 0	0.357 6	0.373 7	0.3476	0.323 5	0.373 7
齐宁 608	0.488 1	0.357 6	0.448 0	0.519 2	0.500 6	0.414 3	0.461 5
忠薯 1 号	0.177 2	0.404 8	0.332 2	0.386 7	0.498 0	0.336 7	0.428 5
苏薯 28	0.187 6	0.003 1	0.116 7	0.144 8	0.147 2	0.212 4	0.225 4
渝薯 27	0.262 1	0.420 3	0.328 0	0.385 8	0.701 6	0.282 1	0.390 6
漯薯 16	0.347 6	0.319 4	0.280 1	0.299 4	0.430 7	0.271 7	0.205 6
齐徐 37	0.061 6	0.152 4	0.192 9	0.121 7	0.247 5	0.180 7	0.184 1
阜薯 17	0.178 9	0.174 5	0.320 6	0.202 0	0.451 5	0.236 9	0.259 2
哈密	0.448 7	0.411 0	0.362 8	0.387 7	0.419 4	0.360 2	0.513 3
商薯 22	0.261 8	0.247 8	0.225 2	0.239 1	0.496 7	0.245 2	0.299 6
秦薯 12480	0.008 7	0.098 0	0.032 8	0.033 9	0.059 7	0.012 8	0.001 4
郑红 34	0.241 6	0.182 8	0.183 5	0.191 8	0.070 8	0.186 5	0.085 1
商薯 19	0.412 7	0.409 4	0.376 7	0.450 0	0.341 3	0.364 2	0.510 4
徐薯 37	0.403 7	0.356 7	0.325 4	0.373 5	0.391 7	0.331 0	0.348 0

表 5 淀粉甘薯农艺性状与产量的关联度

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
关联度	0.575 9	0.587 8	0.581 0	0.575 8	0.520 7	0.588 5	0.579 5
排序	5	2	3	6	7	1	4

2.4 DTOPSIS 分析

由于淀粉甘薯农艺性状单位不一致,为保证各性状间具有等效性和同序性,需对农艺性状进行无量纲化处理,淀粉甘薯所有性状均按正向指标处理,以 15 个样本中最大值为分母,对各性状进行无量纲化处理(表 6)。将 8 个性状指标分别赋于不同权重,根据淀粉甘薯农艺性状与产量的关联度及其重要性,叶面积、茎直径、单株分枝数、最长蔓长、单株结薯数、商品率、干物质和产量按顺序赋予的权重值依次为 0.05,0.10,0.10,0.05,0.05,0.20,0.05 和 0.40,得出 8 个农艺性状的正理解值,计算出每个甘薯品种的正理解值和 S+,并根据

DTOPSIS 权重值计算得出正理解决策矩阵中选择最小值,得出 8 个农艺性状的负理解值依次为 0.033 4,0.077 7,0.087 4,0.043 2,0.025 4,0.167 9,0.039 6 和 0.140 7,根据决策矩阵计算公式得出负理解值和 S-。根据 DTOPSIS 法分析理论按照 Ci 大小对淀粉甘薯品种进行排序(表 7),Ci 值越大代表淀粉甘薯品种综合性状越优。排在前 3 名的依次是哈密、商薯 19、徐薯 37,与种植产量前 3 名排序一致,从 DTOPSIS 排序与淀粉甘薯产量排序来看,DTOPSIS 的第 4、5、8、9 名与产量的 4、5、8、9 排序有不一致的地方,其他淀粉甘薯品种的 DTOPSIS 排序与淀粉甘薯鲜薯产量排序一致。

表 6 DTOPSIS 法无量纲化处理

品种	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
漯苏 17	1.000 0	0.949 4	1.000 0	0.975 1	0.952 4	0.966 5	0.857 2	0.557 0
秦薯 121828	0.930 1	0.908 3	0.873 6	0.883 8	0.666 7	0.839 3	0.850 3	0.398 4
齐宁 608	0.772 9	0.787 5	0.896 6	0.958 5	0.730 2	0.862 6	0.870 0	0.351 8
忠薯 1 号	0.667 8	0.993 0	0.954 0	1.000 0	0.857 1	0.956 0	1.000 0	0.476 2
苏薯 28	0.806 5	0.777 4	0.908 0	0.929 5	0.507 9	0.996 3	0.967 2	0.593 8
渝薯 27	0.728 0	1.000 0	0.942 5	0.991 7	1.000 0	0.897 0	0.958 5	0.470 6
漯薯 16	0.745 7	0.901 3	0.965 5	0.941 9	0.634 9	0.971 1	0.991 3	0.916 1
齐徐 37	0.705 4	0.911 4	0.977 0	0.904 6	0.793 7	0.963 1	0.926 8	0.591 4
阜薯 17	0.843 0	0.9937	0.885 1	0.991 7	0.587 3	0.962 0	0.902 4	0.884 7
哈密	0.759 9	0.926 6	1.000 0	0.971 0	0.730 2	1.000 0	0.820 5	1.000 0
商薯 22	0.779 4	0.927 9	0.977 0	0.958 5	0.555 6	0.955 8	0.867 4	0.886 0
秦薯 12480	0.751 2	0.963 9	0.931 0	0.863 1	0.650 8	0.909 9	0.862 3	0.670 0
郑红 34	0.734 1	0.915 9	0.942 5	0.929 5	0.809 5	0.937 5	0.990 9	0.830 9
商薯 19	0.760 9	0.896 3	0.954 0	0.879 7	0.761 9	0.963 4	0.791 7	0.975 6
徐薯 37	0.756 3	0.931 1	0.988 5	0.937 8	0.714 3	0.980 9	0.925 3	0.965 1

表 7 DTOPSIS 计算结果

品种	S ⁺	S ⁻	S ⁺ 与 S ⁻ 之和	C _i	名次	产量(kg/hm ²)	产量名次
漯苏 17	0.800 3	0.086 6	0.886 9	0.097 64	11	17 628.6	11
秦薯 121828	0.671 9	0.071 3	0.743 2	0.095 91	14	12 607.5	14
齐宁 608	0.648 2	0.068 7	0.716 9	0.095 85	15	11 134.1	15
忠薯 1 号	0.752 6	0.081 3	0.833 9	0.097 48	12	15 070.5	12
苏薯 28	0.765 9	0.086 8	0.852 6	0.101 75	8	18 792.4	9
渝薯 27	0.745 8	0.079 1	0.824 9	0.095 92	13	14 893.5	13
漯薯 16	0.913 0	0.105 7	1.018 7	0.103 71	5	28 992.4	4
齐徐 37	0.784 6	0.087 2	0.871 8	0.100 04	10	18 717.7	10
阜薯 17	0.900 4	0.103 6	1.004 0	0.103 22	6	28 000.5	6
哈密	0.9567	0.111 7	1.068 4	0.104 56	1	31 648.6	1
商薯 22	0.894 1	0.103 5	0.997 6	0.1037 5	4	28 039.5	5
秦薯 12480	0.795 8	0.089 5	0.885 4	0.101 13	9	21 204.3	8
郑红 34	0.878 9	0.099 8	0.978 7	0.101 99	7	26 298.1	7
商薯 19	0.927 6	0.108 3	1.035 9	0.104 51	2	30 875	2
徐薯 37	0.940 9	0.109 2	1.050 0	0.103 95	3	30 544.5	3

3 结论与讨论

本研究中 15 个淀粉甘薯品种的 8 个农艺性状的变异系数为 13.36%~92.01%，变异系数范围较大,说明不同品种之间差异较大,尤其是产量变异系数高达 92.01%，说明不同淀粉甘薯产量差异较大。本文研究淀粉甘薯主要农艺性状的相关性表明,产量与商品率呈显著正相关,与汪宝卿等^[18]研究的结果一致;单株分枝数与商品率呈显著正相关,与兰孟焦等^[8]研究的基部分枝数与大薯率呈显著正相关结果一致,与赵大伟等^[9]研究的基部分枝数与商品率呈显著正相关结果一致。本文研究表明淀粉甘薯主要农艺性状对产量的影响可看出商品率影响最大,与鄢铮等^[10]研究的大中薯率对产量影响最大结果一致;本文得出的影响产量的主要农艺性状前 3 名为商品率、茎直径和单株分枝数,与兰孟焦等^[8]研究的影响产量的前 3 名农艺性状单株结薯数、基部分枝数、茎直径,有两个农艺性状一致;

DTOPSIS 法在大豆^[11]、小麦^[12]、谷子^[13]、马铃薯^[14]、甘薯^[15]等新品系的评价中进行应用,并且取得很好的评价效果,能够评价作物不同品系的综合能力。本文中 DTOPSIS 法各农艺性状的权重依据各农艺性状对产量的关联度相关,所以采用

DTOPSIS 法能够很好地对淀粉甘薯进行综合评价。本文采用 DTOPSIS 法对淀粉甘薯主要农艺性状进行综合评价,淀粉甘薯排名前 3 名与淀粉甘薯鲜薯产量前 3 名一致,均为哈密、商薯 19、徐薯 37,说明这 3 个淀粉甘薯表现最好。该方法对淀粉甘薯综合排名仅 4 个淀粉甘薯品种顺序稍有变化,其余均与淀粉甘薯鲜薯产量表现一致,说明 DTOPSIS 法可以作为淀粉甘薯综合评价的一种方法。

参 考 文 献:

[1] 马代夫,李强,曹清河,等. 中国甘薯产业及产业技术的发展与展望[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(5): 969-973.

[2] 马代夫,刘庆昌,张立明,等. 中国甘薯[M]. 南京:江苏凤凰科技出版社, 2021.

[3] 李强,赵海,靳艳玲,等. 中国甘薯产业助力国家粮食安全的分析和展望[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(6): 1484-1491.

[4] 杨红艳,徐肖,栾海业,等. 长江中下游小麦产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 大麦与谷类科学, 2021, 38(3): 18-22+48.

[5] 王美霞,陈保国,张之奇,等. 早熟玉米杂交组合主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 种子, 2021, 40(1): 108-111+127.

[6] 陈晖,周佳民,黄敏,等. 中粳迟熟水稻农艺性状与产

- 量的灰色关联度分析[J]. 种子, 2008, 27(11): 105-107.
- [7] 屈洋,王可珍,刘洋,等. 大豆产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 山西农业科学, 2019, 65(2): 39-41+67.
- [8] 兰孟焦,吴问胜,肖满秋,等. 江西甘薯品种资源主要农艺性状分析与综合评价[J]. 东北农业学报, 2021, 52(10): 1-10.
- [9] 赵大伟,徐宁生,李国芳,等. 不同肉色甘薯产量和农艺性状的相关性分析[J]. 云南农业学报, 2018, 31(7): 1 360-1 365.
- [10] 鄢铮,张小红,王正荣. 灰色多维综合分析在子肉甘薯品种评价中的应用[J]. 作物杂志, 2017(4): 58-62.
- [11] 咎凯,周青,张志民,等. 灰色关联度和DTOPSIS法综合分析河南区域试验中大豆新品种(系)的农艺性状表现[J]. 大豆科学, 2018, 37(5): 664-671.
- [12] 金轻,赵红,林丽萍,等. 基于灰色关联度分析和DTOPSIS法综合评价小麦新品系在云南省的适应性[J]. 南方农业学报, 2020, 51(10): 2 440-2 446.
- [13] 张晓申,韩燕丽,樊永强,等. 基于灰色关联度和DTOPSIS法对谷子区域试验的综合评价[J]. 种子, 2022, 41(9): 121-126+133.
- [14] 张秀芬,何文,莫周美,等. 基于DTOPSIS法对广西马铃薯品种(系)的综合评价[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(10): 75-80.
- [15] 何文,张秀芬,郭素云,等. DTOPSIS法在甘薯品系综合评价中的应用研究[J]. 农业研究与应用, 2021, 34(1): 27-32.
- [16] 肖富良,黄天宝,吕伟生,等. 红壤旱地食用型甘薯主要农艺性状的稳定性分析及适应性评价[J]. 江西农业学报, 2021, 33(70): 6-12.
- [17] 李思明,司成成,刘永华,等. 不同甘薯品种块根营养品质与产量综合评价[J]. 热带作物学报, 2021, 42(3): 713-719.
- [18] 汪宝卿,王鲁豫,解备涛,等. 北方区试中甘薯农艺和品质性状的相关性及主成分分析[J]. 中国农学通报, 2013, 29(2): 66-71.
- [19] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用(第八版)[M]. 北京: 科学技术出版社, 2017, 62.
- [20] 龙腾芳,郭克婷. DTOPSIS法的程序设计及其在作物评价中的应用[J]. 中国农学通报, 2004(3): 252-254.

(上接第 24 页)

参 考 文 献:

- [1] GAO Y, WANG X L, SHI Y. The types, regional distribution, and consumption trend of Chinese traditional wheat-based foods[J]. Journal of Food Quality, 2022, 10: 9986119.
- [2] 2021 年中国小麦种植面积、产量及面粉(小麦粉)供需情况分析[DB/OL] (2022-05-30) [2023-02-13]. <https://www.chyxx.com/indosery/1110467.htm>.
- [3] 常旭虹,赵广才,王德梅,等. 生态环境与施氮量协同对小麦籽粒微量元素含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 885.
- [4] 高雪峰,熬恩宝力格. 重金属 Pb、Hg 污染对 3 种小麦种子的萌发及抗氧化活性的影响[J]. 种子, 2012, 2(31): 17-20.
- [5] 唐咏,王萍萍,张宁. 植物重金属毒害作用机理研究现状[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(4): 551-555.
- [6] 王菲,费敏,韩冬锐,等. 山东省典型污灌区土壤-小麦重金属健康风险评估[J/OL]. 环境科学, 2023, 44(6): 3 609-3 618.
- [7] 张江华,徐友宁,陈华清,等. 小秦岭金矿区土壤-小麦重金属累积效应对比研究[J]. 西北地质, 2020, 53(3): 284-294.
- [8] 张语情. 污染区小麦籽粒积累重金属特性研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2020: 10-12.
- [9] 邵云,姜丽娜,李向力,等. 五种重金属在小麦植株不同器官中的分布特征[J]. 生态环境, 2005, 14(2): 204-207.
- [10] 张小茜. 临涣矿区作物重金属含量及迁移特征研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2021: 10.
- [11] 张志良,瞿伟菁,李小芳. 植物生理学实验指导(第4版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 30-31 + 98-103.
- [12] 许柱,肖昕,何莉苹,等. 小麦富集重金属 Zn 的特征分析[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(6): 1 117-1 118 + 1 127.
- [13] 常旭虹,赵广才,王德梅,等. 生态环境与施氮量协同对小麦籽粒微量元素含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 885-895.
- [14] 姜丽娜,蒿宝珍,张黛静,等. 小麦籽粒 Zn、Fe、Mn、Cu 含量的基因型和环境差异及与产量关系的研究[J]. 中国生态农业学, 2010, 18(5): 982-987.
- [15] 董粟红,于敏,程伟,等. 矿区复垦土壤种植小麦的重金属安全性[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 280-286.
- [16] 戴亮,任珺,陶玲,等. 污泥施用对土壤及小麦生理特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2): 362-368.
- [17] 何普,刘鸿雁,吴龙华,等. 高、低 Cd 积累水稻和小麦籽粒中 Cu、Zn 的富集特性[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(3): 385-391.