

网络出版时间:2013-01-14 16:29

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130114.1629.024.html>

红黄肉甘薯性状的灰色关联度分析及 营养食味评价

王晓庆^{1,2}, 徐娟^{1,2}, 黄洁¹, 甘学德^{1,2}, 刘子凡², 许瑞丽¹

(1 中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所/农业部华南作物基因资源与种质创制重点实验室, 海南 儋州 571737;

2 海南大学 农学院, 海南 儋州 571737)

[摘要] **【目的】**对 28 份供试红、黄肉甘薯的主要性状、食味及营养成分进行综合评价, 为我国南方优质食用甘薯品种的选育提供依据。**【方法】**采用灰色关联度分析方法, 分析甘薯地上部主要性状与产量性状间的关联度; 运用相关性分析方法, 分析薯块主要营养成分间及其与熟食食味间的相关性。**【结果】**桂粉 1 号、维多丽、广薯 79 和心香可作为优异食用甘薯种质; 与鲜薯产量关联度较大的性状为茎径和茎叶鲜质量, 与薯干产量关联度较大的性状为株型和大中薯率; 干物率与粗淀粉含量、粗蛋白含量呈极显著正相关; 可溶性糖含量与干物率、粗淀粉含量呈极显著负相关; 食味与 β -胡萝卜素含量、粗蛋白含量和干物率呈极显著正相关, 与粗淀粉含量呈显著正相关。**【结论】**较粗的茎径、较大的茎叶鲜质量和大中薯率, 可作为选育高产甘薯品种的重要依据; 评价甘薯块根熟食食味最主要的营养指标为淀粉含量。

[关键词] 红黄肉甘薯; 灰色关联度; 营养成分; 熟食食味

[中图分类号] S531.01

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)02-0053-08

Gray relational analysis of main traits and quality evaluation of red and yellow sweet potatoes

WANG Xiao-qing^{1,2}, XU Juan^{1,2}, HUANG Jie¹, GAN Xue-de^{1,2}, LIU Zi-fan², XU Rui-li¹

(1 Tropical Crops Genetic Resources Institute/Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement in Southern China, Ministry of Agriculture, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737, China;

2 College of Agronomy, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract: **【Objective】**The comprehensive evaluation on main traits, edible quality and nutritional quality of 28 red and yellow sweet potatoes was conducted to improve the selection and breeding of high quality edible sweet potatoes in South China. **【Method】**Gray relational analysis was carried out between the main traits and the fresh/dry storage root yield, and correlation analysis was applied to calculate the correlation coefficient between main nutritional and edible quality. **【Result】**Guifen 1, Weiduoli, Guangshu 79 and Xinxiang were high quality edible varieties. The factors that had higher gray relational degree among the main traits with fresh storage root yield were stem diameter and vine weight. The factors that had higher gray relational degree with dry storage root yield were plant type and big/medium storage root rate. Dry matter content was very significantly positive correlated to starch content and protein content, while soluble sugar content was very significantly negative correlated to dry matter content and starch content. Edible

[收稿日期] 2012-05-15

[基金项目] 国家科技基础条件平台建设项目(2005DKA21000); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(YJS-2008-S032)

[作者简介] 王晓庆(1985—), 女, 山西运城人, 在读硕士, 主要从事木薯和甘薯种质资源评价。E-mail: wxqfish@yahoo.com.cn

[通信作者] 黄洁(1966—), 男, 广东遂溪人, 研究员, 硕士生导师, 主要从事薯类作物育种与栽培研究。

E-mail: hnhjcn@yahoo.com.cn

quality was very significantly positive correlated to β -carotene content,crude protein content and dry matter content,and it was significantly positive correlated to starch content.【Conclusion】The larger stem diameter,higher vine weight and big/medium storage root were recommended to be the selecting reference for high yield sweet potato variety. Starch content was the most important nutritional index for edible quality evaluation of cooked storage root.

Key words:red and yellow sweet potato;gray relational analysis;nutritional quality;edible quality

甘薯[*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]存在白、黄、红及紫等薯肉颜色类型^[1-2],其中红、黄薯肉富含胡萝卜素,有保护心脏和血管的作用^[3-5]。余华等^[6]对橘红色、红色和黄色甘薯营养成分的研究表明,橘红色甘薯的胡萝卜素含量显著高于其他薯肉色甘薯品种。随着人们越来越注重营养保健,红、黄肉甘薯的营养价值研究和品种选育愈显重要。研究人员在春小麦^[7]、烤烟^[8]、甘薯^[9-10]、大麦^[11]和黄花蒿^[12]上应用灰色关联度分析,获得了与产量或品质关联度较大的性状,使种质的鉴定和评价更加系统化。李强等^[13]认为,灰色关联度分析方法在甘薯品种评价上也行之有效。汪宝卿等^[9]运用灰色关联度分析方法,有效选育出高产甘薯品种。林汝湘^[14]研究了我国南方甘薯品种资源的部分营养成分之间的相关

性。刘鲁林等^[15]从食品加工角度,对 35 个甘薯品种的营养成分及相关性进行了分析。胡建勋等^[16]研究了甘薯块根的主要品质及其相关性。徐娟等^[17]分析了 28 份白、黄、紫肉甘薯食味与营养成分的相关性。本研究通过对 28 份红、黄肉甘薯主要性状的灰色关联度分析,探讨了其食味与营养成分的相关性,以期为我国南方优质食用甘薯品种的选育提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

28 份参试红、黄肉甘薯种质见表 1,其中金山 57(2009 年国家甘薯品种区域试验南方薯区对照品种)为对照(CK)。

表 1 参试红、黄肉甘薯种质及其类型
Table 1 The tested sweet potato germplasms and their types

种质名称 Name	种质类型 Type	种质名称 Name	种质类型 Type
湛引 37 Zhanyin 37	地方收集 Locally collected	罗定连州 3 号 Luodinglianzhou 3	地方收集 Locally collected
天鹅薯 Tianseshu	选育品种 Cultivar	湛薯 93-16 Zhanshu 93-16	选育品种 Cultivar
湛引 17 Zhanyin 17	地方收集 Locally collected	遂溪 2 号 Suixi 2	地方收集 Locally collected
儋州 10 号 Danzhou 10	地方收集 Locally collected	临高 24 Lingao 24	地方收集 Locally collected
晋江广东薯 Jinjiangguangdongshu	地方收集 Locally collected	临高 13 Lingao 13	地方收集 Locally collected
黄流 1 号 Huangliu 1	地方收集 Locally collected	心香 Xinxiang	选育品种 Cultivar
龙薯 10 号 Longshu 10	选育品种 Cultivar	广薯 111 Guangshu 111	选育品种 Cultivar
洋青 23 Yangqing 23	地方收集 Locally collected	泉薯 76 Quanshu 76	选育品种 Cultivar
临高 36 Lingao 36	地方收集 Locally collected	郑 20 Zheng 20	选育品种 Cultivar
福薯 5 号 Fushu 5	选育品种 Cultivar	广薯 79 Guangshu 79	选育品种 Cultivar
桂粉 1 号 Guifen 1	选育品种 Cultivar	维多丽 Weiduoli	选育品种 Cultivar
湛薯 96-24 Zhanshu 96-24	选育品种 Cultivar	普薯 24 Pushu 24	选育品种 Cultivar
湛引 10 号 Zhanyin 10	地方收集 Locally collected	广薯 92-66 Guangshu 92-66	选育品种 Cultivar
广薯 87 Guangshu 87	选育品种 Cultivar	金山 57 Jinshan 57	选育品种 Cultivar

1.2 方 法

1.2.1 试验设计 试验在中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所基地开展,试验区土壤为花岗岩发育的砖红壤,0~20 cm 土层有机质含量 14.9 g/kg,全氮 0.33 g/kg,全磷 0.28 g/kg,全钾 12.9 g/kg,速效磷(P₂O₅) 14.7 mg/kg,速效钾(K₂O) 114.9 mg/kg。试验采用随机区组排列,3 次重复,每小区种植 1 份种质 3 行,每行 7 株,共 21 株,行距 1 m,株距 0.2 m,垄高 0.3 m。种植前施用 30

t/hm²的腐熟猪粪作基肥,常规管理。2009-04-23 种植,09-05 收获,全生长期 135 d。

1.2.2 性状调查和测产 从 28 份参试红、黄肉甘薯品种(系)的每重复中均随机选取 10 株,调查其顶叶色、顶叶形状、叶形、株型、结薯习性、薯形、薯皮颜色、薯肉颜色、叶柄长、叶柄直径、节间长、茎径、茎叶鲜质量、基部分枝数、最长蔓长、大中薯率等性状^[18]。收获后统计各小区的鲜薯产量和薯干产量。

1.2.3 营养品质及食味鉴定 甘薯收获后,每份种

质选取外观完好、无病虫害的中等薯块 4 kg,于 2 d 内测定鲜薯样品的各营养成分并评价其熟食食味。营养成分测定中,干物率用烘干法测定,粗淀粉含量采用氯化钙-旋光法测定,可溶性糖含量采用直接滴定法(斐林氏溶液法)测定,粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定, β -胡萝卜素含量采用丙酮提取比色法测定;食味评价时,于每份种质中取 1 个中等薯块洗净,煮熟,请 5 位专业人员和 5 位非专业人员品尝,按 5 分制逐一评价其香度、甜度、面度、黏度、纤维感等 5 项指标,最后进行综合评分^[17-18]。

表 2 供试 28 份红、黄肉甘薯质量性状的调查结果

Table 2 The investigative results on qualitative traits of 28 red and yellow sweet potato varieties

种质名称 Name	顶叶色 Top leaf color	顶叶形状 Top leaf shape	叶形 Leaf shape	株型 Plant type	结薯习性 Storage root formation	薯形 Storage root shape	薯皮颜色 Storage root peel color	薯肉颜色 Flesh storage root color
洋青 23 Yangqing 23	1	3	3	3	1	4	3	3
临高 13 Lingao 13	2	6	6	3	1	3	2	4
罗定连州 3 号 Luodinglianzhou 3	3	6	6	2	2	4	3	5
泉薯 76 Quanshu 76	1	6	6	2	1	1	3	2
桂粉 1 号 Guifen 1	2	4	3	4	2	3	8	3
郑 20 Zheng 20	2	6	6	3	1	4	4	5
广薯 92-66 Guangshu 92-66	2	4	4	3	1	3	6	3
龙薯 10 号 Longshu 10	1	3	3	3	2	3	7	2
广薯 87 Guangshu 87	2	6	6	3	1	2	7	5
广薯 79 Guangshu 79	2	4	3	3	2	5	3	5
黄流 1 号 Huangliu 1	1	3	6	3	2	2	2	2
心香 Xinxiang	2	3	3	2	1	3	8	3
湛引 17 Zhanyin 17	2	4	3	3	1	5	6	3
天鹅薯 Tianseshu	2	6	6	3	1	2	2	2
临高 24 Lingao 24	1	3	3	3	2	3	6	5
普薯 24 Pushu 24	3	4	3	3	3	5	2	2
儋州 10 号 Danzhou 10	2	6	6	3	2	3	2	5
维多丽 Weiduoli	2	2	2	3	2	2	3	5
湛薯 93-16 Zhanshu 93-16	1	3	3	2	2	2	3	5
福薯 5 号 Fushu 5	2	6	6	2	1	8	7	2
湛引 37 Zhanyin 37	3	4	4	3	1	4	4	3
广薯 111 Guangshu 111	2	6	6	2	2	3	5	5
湛引 10 号 Zhanyin 10	6	4	3	2	2	5	8/3	6/3
遂溪 2 号 Suixi 2	2	6	6	2	3	3	8	5
湛薯 96-24 Zhanshu 96-24	2	6	6	2	2	4	8	3
临高 36 Lingao 36	2	4	4	2	3	2	4	3
晋江广东薯 Jinjiangguangdongshu	3	6	3	3	2	3	4	3
金山 57 Jinshan 57 (CK)	1	4	4	2	2	3	6	3

注:顶叶色:1 浅绿,2 绿,3 紫绿,4 褐绿,5 浅紫,6 紫;顶叶形状和叶形:1 圆形,2 肾形,3 心形,4 尖心形,5 三角形,6 缺刻形;株型:1 直立型,2 半直立型,3 匍匐型,4 攀缘型;结薯习性:1 集中,2 较松散,3 松散;薯形:1 球形,2 短纺锤形,3 纺锤形,4 长纺锤形,5 上膨纺形,6 下膨纺形,7 筒形,8 弯曲形;薯皮颜色:1 白,2 淡黄,3 棕黄,4 黄,5 褐,6 粉红,7 红,8 紫红,9 紫,10 深紫;薯肉颜色:1 白,2 淡黄,3 黄,4 橘黄,5 橘红,6 粉红,7 红,8 紫红,9 紫,10 深紫。

Note:Top leaf color:1 Light green,2 Green,3 Purple green,4 Brown green,5 Light purple,6 Purple;Top leaf shape and leaf shape:1 Round,2 Kidney-shaped,3 Heart-shaped,4 Spinous heart,5 Triangle,6 Middle di-incision;Plant type:1 Erect,2 Semi-erect,3 Asprawl,4 Climbing;Storage root formation:1 Centralized,2 Little loose,3 Loose;Storage root shape:1 Spherical,2 Short spindle,3 Spindle,4 Long spindle,5 Spindle-shaped with expanded upper,6 Spindle-shaped with expanded bottom,7 Cylindric,8 Curly;Peel color:1 White,2 Light yellow,3 Tan,4 Yellow,5 Brown,6 Pink,7 Red,8 Purplish red,9 Purple,10 Dark purple;Flesh color:1 White,2 Light yellow,3 Yellow,4 Orange,5 Red orange,6 Pink,7 Red,8 Purplish red,9 Purple,10 Dark purple.

由表 2 可见,顶叶色以绿色为主,占 57.1%;顶叶形状以尖心形和缺刻形为主,分别占 32.1%和 42.9%;叶形以心形和缺刻形为主,分别占 39.3%和 42.9%;除桂粉 1 号株型为攀缘型外,其余株型均为匍匐型或半直立型。从结薯习性看,以较松散和集中为主,分别占 50.0%和 39.3%;薯形以纺锤形居多,占 39.3%。薯皮颜色以棕黄为主,占 25.0%。薯肉颜色以橘红居多,占 35.7%。湛引 10 号种质在同一植株上存在 2 种不同的薯皮和薯肉颜

色,可以作为一种特殊的育种材料进一步研究利用。

2.2 红、黄肉甘薯的数量性状

28 份红、黄肉甘薯的 8 个数量性状及统计结果见表 3。由表 3 可见,供试 28 份红、黄肉甘薯种质的叶柄长、叶柄直径和茎径的变异系数较小,说明这 3 个性状相对比较稳定,遗传变异小。28 份红、黄肉甘薯种质的大中薯率均偏低,除洋青 23 为 50.4%外,其余均小于 50%。

表 3 供试 28 份红、黄肉甘薯数量性状的调查结果

Table 3 The investigative results on quantitative traits of 28 red and yellow sweet potato varieties

种质名称 Name	叶柄 长/cm Petiole length	叶柄 直径/mm Petiole diameter	节间 长/cm Internode length	茎径/ mm Stem diameter	茎叶 鲜质量/kg Vine weight	基部 分枝数 Branches	最长 蔓长/cm Longest vine length	大中薯率/% Big/medium storage root rate
洋青 23 Yangqing 23	17.6	4.3	4.2	5.2	3.6	17.3	200.8	50.4
临高 13 Lingao 13	24.1	4.7	3.9	5.7	2.0	8.2	187.9	30.3
罗定连州 3 号 Luodinglianzhou 3	19.2	4.5	3.6	5.4	3.3	16.9	127.9	43.0
泉薯 76 Quanshu 76	21.1	4.9	3.8	6.3	3.2	8.1	171.4	26.5
桂粉 1 号 Guifen 1	18.2	4.5	6.4	5.9	3.1	6.0	313.1	33.6
郑 20 Zheng 20	20.5	4.4	3.2	5.7	3.2	8.6	214.0	26.1
广薯 92-66 Guangshu 92-66	19.6	4.7	2.9	5.9	3.9	16.3	165.3	43.1
龙薯 10 号 Longshu 10	18.0	4.6	3.1	5.9	4.2	10.2	161.1	19.4
广薯 87 Guangshu 87	19.2	4.3	2.7	5.7	5.0	9.7	149.4	15.1
广薯 79 Guangshu 79	19.7	3.7	3.0	4.7	3.7	10.0	139.6	12.9
黄流 1 号 Huangliu 1	14.9	4.3	2.9	5.4	2.4	16.6	185.4	26.5
心香 Xinxiang	21.5	4.3	3.2	5.5	7.9	8.5	119.1	15.8
湛引 17 Zhanyin 17	17.9	4.5	3.3	5.1	6.7	7.6	160.5	31.7
天鹅薯 Tianseshu	15.6	4.2	2.8	5.7	3.5	9.7	172.2	19.9
临高 24 Lingao 24	25.6	4.8	4.8	5.8	2.7	11.5	134.8	33.4
普薯 24 Pushu 24	19.2	4.0	4.2	4.6	3.8	9.0	219.2	9.7
儋州 10 号 Danzhou 10	17.9	4.4	3.0	5.3	4.4	14.3	199.3	17.5
维多丽 Weiduoli	19.5	4.4	2.8	5.7	2.8	7.7	198.6	40.7
湛薯 93-16 Zhanshu 93-16	17.1	4.6	3.4	5.8	6.3	14.1	121.9	30.0
福薯 5 号 Fushu 5	24.1	5.8	4.1	7.5	2.7	7.5	200.5	6.7
湛引 37 Zhanyin 37	16.4	4.3	3.2	5.5	3.5	11.3	173.0	28.0
广薯 111 Guangshu 111	19.6	4.1	2.5	5.3	2.9	11.3	197.6	13.7
湛引 10 号 Zhanyin 10	20.2	4.7	3.7	5.6	3.7	11.6	186.8	6.2
遂溪 2 号 Suixi 2	18.3	3.8	3.4	5.8	3.7	16.7	161.2	24.3
湛薯 96-24 Zhanshu 96-24	17.2	4.1	4.3	6.1	3.9	15.0	204.7	9.5
临高 36 Lingao 36	21.0	4.6	4.1	5.7	2.5	17.6	188.0	9.7
晋江广东薯 Jinjiangguangdongshu	16.1	3.6	3.0	5.5	2.6	14.0	179.3	5.4
金山 57 Jinshan 57 (CK)	22.1	4.5	3.8	6.0	4.0	16.2	180.0	45.8
均值 Mean	19.3	4.4	3.6	5.7	3.8	11.8	179.0	24.1
标准差 SD	2.6	0.4	0.8	0.5	1.3	3.7	38.0	13.0
变异系数/% CV	13.3	9.5	22.6	9.3	35.7	30.9	21.2	53.9

2.3 红、黄肉甘薯的产量性状、营养成分及食味评价

供试 28 份红、黄肉甘薯的产量性状、营养成分及食味评价结果见表 4。由表 4 可见,洋青 23、临高

13、罗定连州 3 号、泉薯 76、桂粉 1 号、郑 20 和广薯 92-66 等 7 份种质的鲜薯产量较对照增产 1.1%~56.0%;洋青 23、桂粉 1 号、泉薯 76、临高 13 和龙薯 10 号的薯干产量较对照增产 2.0%~40.8%。鲜薯

干物率为 21.2%~36.1%，其中，桂粉 1 号、湛引 10 号和心香显著或极显著高于对照。鲜薯粗淀粉含量为 8.6%~29.2%，桂粉 1 号、湛引 10 号、心香、湛薯 96-24、遂溪 2 号、天鹅薯、湛薯 93-16、湛引 17 和黄流 1 号等 9 份种质高于对照，其中桂粉 1 号达显著差异水平。鲜薯可溶性糖含量为 3.2%~5.8%，罗定连州 3 号和临高 36 高于其他 26 份甘薯种质。鲜薯粗蛋白含量为 1.5%~4.6%，其中，湛薯 93-16、广薯 87、维多丽和湛引 17 极显著高于对照。鲜薯 β -胡萝卜素含量为 6.3~195.9 g/kg，其中维多丽、广薯 79、普薯 24、罗定连州 3 号、广薯川、湛薯

93-16、连溪 2 号、郑 20、广薯 87、湛薯 96-24、心香和临高 24 等 12 份种质高于对照并达显著或极显著差异水平，结合表 2 的薯肉颜色结果可知，橘红肉色甘薯的 β -胡萝卜素含量远高于黄肉色甘薯。鲜薯粗淀粉产量为 0.5~5.2 t/hm²，桂粉 1 号、洋青 23 和泉薯 76 高于对照，其中桂粉 1 号达极显著差异水平。除洋青 23、临高 13、郑 20、龙薯 10 号和临高 36 的食味评价低于对照外，其他种质均与对照相当或高于对照。综合各指标后认为，桂粉 1 号、维多丽、广薯 79 和心香可作为优质食用种质。

表 4 供试 28 份红、黄肉甘薯的产量性状、营养成分及食味评价

Table 4 The evaluation of main yield traits,nutritional qualities and the eating quality of 28 red and yellow sweet potato varieties

种质名称 Name	产量/(t·hm ⁻²) Storage root yield		干物 率/% Dry matter content	粗淀粉 含量/% Starch content	可溶性糖 含量/% Soluble sugar content	粗蛋白 含量/% Crude protein content	β -胡萝卜素 含量/ (g·kg ⁻¹) β -carotene content	粗淀粉 产量/ (t·hm ⁻²) Starch yield	食味评分 (5 分制) Edible quality (5 component system)
	鲜薯 Fresh	薯干 Dry							
洋青 23 Yangqing 23	27.3	6.9							
临高 13 Lingao 13	23.8	5.0	21.2*	8.6**	5.3	1.5	31.5	2.0	2.8
罗定连州 3 号 Luodinglianzhou 3	20.5	4.5	22.0	13.3*	5.7	1.9	104.3**	2.3	3.0
泉薯 76 Quanshu 76	19.9	5.5	26.9	19.7	4.2	2.0	17.3	3.9	3.3
桂粉 1 号 Guifen 1	18.1	6.6	36.1**	29.2*	3.2	2.9	26.0	5.2**	3.2
郑 20 Zheng 20	17.9	4.6	25.7	13.0*	4.9	1.8	67.7**	2.2	2.9
广薯 92-66 Guangshu 92-66	17.7	4.4	24.2	15.4	5.5	1.9	6.3	2.8	3.0
龙薯 10 号 Longshu 10	16.7	5.0	28.2	14.2	4.6	2.5	13.6	2.6	2.8
广薯 87 Guangshu 87	16.1	4.9	30.2	18.7	4.5	3.9**	62.0**	3.0	3.3
广薯 79 Guangshu 79	16.0	4.3	27.2	14.8	5.3	2.8	171.7**	2.1	3.6
黄流 1 号 Huangliu 1	15.6	4.2	26.6	21.1	4.3	2.3	11.2	3.4	3.4
心香 Xinxiang	13.1	4.5	33.8*	24.7	3.9	2.9	38.2*	3.1	3.5
湛引 17 Zhanyin 17	12.7	4.1	31.9	21.6	4.4	3.4**	17.5	2.7	3.2
天鹅薯 Tianseshu	11.6	3.1	26.6	22.3	4.3	2.4	13.2	2.7	3.0
临高 24 Lingao 24	11.0	3.5	29.8	16.4	4.1	1.9	33.4*	1.7	3.2
普薯 24 Pushu 24	10.9	3.4	30.2	17.9	4.7	2.1	131.9**	1.8	3.4
儋州 10 号 Danzhou 10	10.7	2.9	27.3	18.2	4.5	1.9	32.5	2.0	3.2
维多丽 Weiduoli	9.7	3.2	32.2	12.7*	4.2	3.6**	195.9**	1.3*	3.6
湛薯 93-16 Zhanshu 93-16	9.7	2.6	27.2	22.2	5.3	4.6**	72.5**	2.1*	3.3
福薯 5 号 Fushu 5	9.5	2.7	28.3	17.5	4.2	1.5	13.9	1.6	3.0
湛引 37 Zhanyin 37	7.4	2.0	27.0	17.0	4.6	2.4	31.7	1.3	3.0
广薯 111 Guangshu 111	6.3	1.5	24.2	14.7	5.2	2.2	74.0**	0.9**	3.0
湛引 10 号 Zhanyin 10	6.0	2.1	34.4*	25.3	4.1	2.9	25.1	1.5*	3.5
遂溪 2 号 Suixi 2	4.7*	1.9	34.0	24.6	5.3	2.0	68.0**	1.4*	3.7
湛薯 96-24 Zhanshu 96-24	4.0*	1.2	31.6	24.7	5.4	2.4	55.4**	1.0*	3.0
临高 36 Lingao 36	3.5*	0.9*	23.0	15.5	5.8	1.6	23.9	0.5**	2.8
晋江广东薯 Jinjiangguangdongshu	2.7*	0.8*	28.0	16.5	4.5	1.8	19.5	0.5**	3.0
金山 57 Jinshan 57 (CK)	17.5	4.9	27.8	20.7	4.5	1.9	12.7	3.7	3.0

注:与对照金山 57 相比,* 表示达到 P=5%显著差异水平,** 表示达到 P=1%极显著差异水平。
Note:Compare to CK,* means significant difference at 0.05 level,** means very significant difference at 0.01 level.

2.4 红、黄肉甘薯鲜薯和薯干产量与其主要性状的灰色关联度分析

根据灰色关联理论,将 28 份红、黄肉甘薯种质及其 18 个主要性状视为一个灰色系统,将产量性状指标 $Y_i=\{Y_1,Y_2\}$ 定义为参考数列,其他性状指标 $X_i=\{X_1,X_2,\cdots,X_{16}\}$ 定为比较数列。将质量性状

进行无量纲化处理,取分辨系数 $\rho=0.5$,计算产量指标与其他性状指标的灰色关联度,结果见表 5。由表 5 可以看出,鲜薯产量与茎径、茎叶鲜质量、叶柄直径、最长蔓长和叶柄长的关联度较大;薯干产量与株型、大中薯率、叶柄直径、叶柄长和茎径的关联度较大。

表 5 红、黄肉甘薯鲜薯和薯干产量与其主要性状间的灰色关联度分析

Table 5 Correlative coefficients between fresh/dry storage root yield and the traits of red and yellow sweet potatoes									
性状指标 Index	鲜薯产量(Y_1) Fresh storage root yield		薯干产量(Y_2) Dry storage root yield		性状指标 Index	鲜薯产量(Y_1) Fresh storage root yield		薯干产量(Y_2) Dry storage root yield	
	关联度 Correlation degree r_i	排序 Rank	关联度 Correlation degree r_i	排序 Rank		关联度 Correlation degree r_i	排序 Rank	关联度 Correlation degree r_i	排序 Rank
顶叶色 X_1 Top leaf color	0.717	15	0.700	11	叶柄长 X_9 Petiole length	0.806	5	0.755	4
顶叶形状 X_2 Top leaf shape	0.706	16	0.685	14	叶柄直径 X_{10} Petiole diameter	0.807	3	0.770	3
叶形 X_3 Leaf shape	0.725	14	0.705	9	节间长 X_{11} Internode length	0.796	6	0.727	6
株型 X_4 Plant type	0.796	7	0.791	1	茎径 X_{12} Stem diameter	0.828	1	0.729	5
结薯习性 X_5 Storage root formation	0.780	9	0.691	13	茎叶鲜质量 X_{13} Vine weight	0.813	2	0.726	7
薯形 X_6 Storage root shape	0.785	8	0.701	10	基部分枝数 X_{14} Branches	0.755	11	0.682	15
薯皮颜色 X_7 Storage root peel color	0.748	13	0.712	8	最长蔓长 X_{15} Longest vine length	0.806	4	0.695	12
薯肉颜色 X_8 Flesh storage root color	0.751	12	0.672	16	大中薯率 X_{16} Big/medium storage root rate	0.763	10	0.781	2

2.5 红、黄肉甘薯营养成分与其食味的相关性分析

供试 28 份红、黄肉甘薯鲜薯营养成分与食味的相关性结果见表 6。由表 6 可见,食味与干物率、粗蛋白含量和 β 胡萝卜素含量呈极显著正相关,与粗

淀粉含量呈显著正相关。干物率与粗淀粉含量和粗蛋白含量呈极显著正相关,与可溶性糖含量呈极显著负相关。粗淀粉含量、粗淀粉产量与可溶性糖含量之间呈极显著负相关。

表 6 红、黄肉甘薯鲜薯营养成分与食味的相关性

Table 6 The linear correlation analysis between the nutritional quality and edible quality of the fresh storage root of red and yellow sweet potatoes

指标 Index	干物率 Dry matter content	粗淀粉含量 Starch content	可溶性糖含量 Soluble sugar content	粗蛋白含量 Crude protein content	β 胡萝卜素含量 β -carotene content	粗淀粉 产量 Starch yield
粗淀粉含量 Starch content	0.742 **					
可溶性糖含量 Soluble sugar content	-0.615 **	-0.459 **				
粗蛋白含量 Crude protein content	0.474 **	0.372	-0.191			
β 胡萝卜素含量 β -carotene content	0.086	-0.288	0.255	0.328		
粗淀粉产量 Starch yield	0.150	0.332	-0.509 **	0.140	-0.272	
食味 Edible quality	0.640 **	0.441 *	-0.273	0.496 **	0.490 **	0.068

注: * 表示相关性达到 $P=5\%$ 显著水平, * * 表示相关性达到 $P=1\%$ 显著水平。
Note: * means the correlation coefficient achieves a significance level of 0.05; * * means the correlation coefficient achieves a very significance level of 0.01.

3 结论与讨论

3.1 红、黄肉甘薯产量与其性状的关联度分析

灰色关联度分析结果表明,与鲜薯产量关联度

较大的性状为茎径和茎叶鲜质量,与薯干产量关联度较大的性状为株型和大中薯率,这与邱永祥^[19]研究的结果鲜薯产量与茎叶鲜质量和茎径关系较密切相符,与汪宝卿等^[9]的结论薯干产量与大中薯率密切

相关一致。由此可见,较粗的茎径、较高的茎叶鲜质量和大中薯率可作为选育高产甘薯品种的重要依据。

3.2 食味与淀粉含量、可溶性糖含量的相关性

本试验结果显示,干物率与粗淀粉含量呈极显著正相关,与前人^[14-16,20]的研究结果一致;可溶性糖含量与干物率、粗淀粉含量之间呈极显著负相关,这与刘鲁林等^[15]和胡建勋等^[16]的报道相似。可见,很难育成淀粉含量和可溶性糖含量都高的甘薯品种。本试验结果还显示,粗淀粉含量与食味呈显著正相关,可溶性糖含量与食味呈负相关,这与影响甘薯食味的主要指标是淀粉含量而不是可溶性糖含量的研究结果^[14,20]类同,因为可溶性糖含量高的品种大多干物率低,水分含量高,生食时味甜,但熟食时风味较差^[20]。因此,评价甘薯块根熟食食味的最主要营养指标为淀粉含量。

3.3 食味与 β 胡萝卜素含量、薯肉颜色的相关性

本试验结果表明,食味与 β 胡萝卜素含量呈极显著正相关,且橘红肉薯的 β 胡萝卜素含量远高于黄肉薯。蒯定运等^[21]对甘薯类胡萝卜素与薯肉色的研究发现,甘薯块根薯肉色与类胡萝卜素含量呈极显著正相关,随着类胡萝卜素含量的增加,薯肉颜色由白色、乳白色逐渐加深至黄色、橙黄色和橙红色, β 胡萝卜素是红黄肉甘薯块根的主要色素。余华等^[6]对橘红色和黄色等薯肉颜色甘薯品种的营养成分进行系统分析及比较发现,橘红肉色甘薯的 β 胡萝卜素含量高于黄肉甘薯,且达显著水平。由此可见, β 胡萝卜素含量的高低决定着甘薯薯肉色的深浅。因此,通过观察红黄肉甘薯的肉色来直观推测其 β 胡萝卜素含量的高低及食味优劣是可行的,深入研究并建立甘薯薯肉色、 β 胡萝卜素含量与食味评价之间的对应体系,将为优质食用甘薯的早期选种提供简便、直观、高效的遴选手段。

3.4 环境因素对甘薯块根蛋白质含量的影响

本试验结果显示,甘薯干物率与粗蛋白含量呈极显著正相关,这与刘鲁林等^[15]报道的结论相同,但与胡建勋等^[16]的结论相反,这是因为作物品质除受遗传规律控制外,还受环境条件和栽培技术的影响^[22]。Lin^[23]报道,甘薯的种植时间及生长季节的降水量等因素,均会影响鲜薯的蛋白质含量;陆国权^[20]研究表明,甘薯营养品质性状间的相关性是相对的,相关性的结果除受到甘薯产地、年份和品种类型的较大影响外,还受施肥、激素处理和收获期等栽培条件的影响。地理气候等差异造成的甘薯干物率与蛋白质含量相关性的不同,还有待进一步研究。

[参考文献]

- [1] Ruiz M E, Pezo D, Martinez L. The use of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) in animal feeding: I. Agronomic aspects [J]. Tropical Animal Production, 1980, 5(2): 144-152.
- [2] 谢世清, 冯毅武. 云南高原甘薯地方品种征集鉴定研究 [J]. 云南农业大学学报, 1997, 12(2): 119-123.
Xie S Q, Feng Y W. Collecting and appraising of local sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties in Yunnan Province [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 1997, 12(2): 119-123. (in Chinese)
- [3] Maoka T, Akimoto N, Ishiguro K, et al. Carotenoids with a 5, 6-dihydro-5, 6-dihydroxy- β -end group, from yellow sweet potato "Benimasari", *Ipomoea batatas* Lam [J]. Phytochemistry, 2007, 68(13): 1740-1745.
- [4] Van Jaarsveld P J, Marais D W, Harmse E, et al. Retention of β -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19(4): 321-329.
- [5] 李明, 傅玉凡, 王大一, 等. 不同肉色甘薯交互嫁接后块根 β 胡萝卜素含量的变化 [J]. 西南农业学报, 2010, 23(2): 462-468.
Li M, Fu Y F, Wang D Y, et al. Variations of β -carotene content in sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] storage roots after reciprocal grafts among 5 varieties with different flesh color [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2010, 23(2): 462-468. (in Chinese)
- [6] 余华, 宋永康, 姚清华, 等. 不同肉色甘薯营养成分分析 [J]. 福建农业学报, 2010, 25(4): 482-485.
Yu H, Song Y K, Yao Q H, et al. Nutrition composition of sweet potatoes of different colors [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2010, 25(4): 482-485. (in Chinese)
- [7] 刘宁涛, 邵立, 王岩, 等. 春小麦几个数量性状与产量的灰色关联分析 [J]. 黑龙江农业科学, 2007(6): 4-6.
Liu N T, Shao L, Wang Y, et al. Grey relevancy analysis between several quantitative characters and yield on spring wheat [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2007(6): 4-6. (in Chinese)
- [8] 冯连军, 朱列书, 杨亚, 等. 烤烟新品种主要数量性状与产量产值的灰色关联分析 [J]. 作物研究, 2011, 25(1): 47-50.
Feng L J, Zhu L S, Yang Y, et al. Grey correlation analysis of main quantitative traits and output value of new flue-cured tobacco varieties [J]. Crop Research, 2011, 25(1): 47-50. (in Chinese)
- [9] 汪宝卿, 王庆美, 张海燕, 等. 北方甘薯农艺性状与产量的相关性及其灰色关联度分析 [J]. 青岛农业大学学报: 自然科学版, 2010, 27(4): 296-299.
Wang B Q, Wang Q M, Zhang H Y, et al. Correlation and grey relation analysis between agronomic traits for yield sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) in regional trails of north China [J]. Journal of Qingdao Agricultural University: Natural Science, 2010, 27(4): 296-299. (in Chinese)
- [10] 邱才飞, 袁照年, 彭春瑞, 等. 利用灰色关联度分析法评价盆栽甘薯品种(系)观赏性研究 [J]. 江西农业学报, 2011, 23(3):

- 56-59.
- Qiu C F, Yuan Z N, Peng C R, et al. Study on evaluation of ornamental characters of potted sweetpotato varieties (lines) by gray correlative degree analysis [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2011, 23(3): 56-59. (in Chinese)
- [11] 田和彬, 汪军妹, 华 为, 等. 大麦主要农艺和品质性状的相关性及灰色关联度分析 [J]. *浙江农业学报*, 2011, 23(3): 433-438.
- Tian H B, Wang J M, Hua W, et al. Correlation and grey relational analysis of main agronomic traits and malting quality traits of barley [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2011, 23(3): 433-438. (in Chinese)
- [12] 杨丽英, 李绍平, 董志渊, 等. 黄花蒿主要数量性状的灰色关联度和聚类分析 [J]. *西南农业学报*, 2009, 22(6): 1714-1717.
- Yang L Y, Li S P, Dong Z Y, et al. Grey related degree and cluster analysis of major quantitative traits of *Artemisia annua* L. [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2009, 22(6): 1714-1717. (in Chinese)
- [13] 李 强, 马代夫, 李洪民, 等. 灰色关联度分析在甘薯品种综合评价上的应用 [J]. *杂粮作物*, 2001, 21(1): 15-18.
- Li Q, Ma D F, Li H M, et al. Grey relational analysis on the comprehensive evaluation of sweetpotato varieties [J]. *Rain Fed Crop*, 2001, 21(1): 15-18. (in Chinese)
- [14] 林汝湘. 我国南方甘薯品种资源部分营养成分分析研究 [J]. *中国农业科学*, 1995, 28(4): 39-45.
- Lin R X. A study on several nutritional compositions of sweet potato germplasm in south China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1995, 28(4): 39-45. (in Chinese)
- [15] 刘鲁林, 木泰华, 孙艳丽. 不同品种甘薯块根营养成分及相关性分析 [J]. *中国粮油学报*, 2008, 23(1): 39-43.
- Liu L L, Mu T H, Sun Y L. Nutritional composition and component correlation of sweet potato cultivars [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2008, 23(1): 39-43. (in Chinese)
- [16] 胡建勋, 刘小平, 王 钰. 甘薯块根主要品质分析及相关研究 [J]. *安徽农业科学*, 1997, 25(1): 11-12.
- Hu J X, Liu X P, Wang Y. Main quality analysis and related research on sweet potato [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 1997, 25(1): 11-12. (in Chinese)
- [17] 徐 娟, 黄 洁, 许瑞丽, 等. 28 份甘薯种质的产量和营养及食味评价 [J]. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 2012, 38(1): 8-15.
- Xu J, Huang J, Xu R L, et al. Evaluation of the yield, nutritive content and eating quality in sweet potato germplasm containing 28 cultivars [J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 2012, 38(1): 8-15. (in Chinese)
- [18] 张允刚, 房伯平. 甘薯种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- Zhang Y G, Fang B P. Norms and data standards for describing sweet potato germplasm resources [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2006. (in Chinese)
- [19] 邱永祥. 甘薯地上部若干数量性状对产量遗传的影响及选择研究初报 [J]. *广东农业科学*, 2000(5): 20-21.
- Qiu Y X. The preliminary study report on the influence and selection about several quantitative traits of sweet potato in over ground part to yield characters [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2000(5): 20-21. (in Chinese)
- [20] 陆国权. 甘薯品质性状的基因型与环境效应研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- Lu G Q. Genotype variation and environment effects on quality traits of sweet potatoes [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2003. (in Chinese)
- [21] 蔺定运, 李 炜, 刘晓阳. 甘薯块根类胡萝卜素与薯肉色的研究 [J]. *作物学报*, 1989, 15(3): 260-266.
- Lin D Y, Li W, Liu X Y. Studies on carotenoid and flesh color of root tuber in sweet potato [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1989, 15(3): 260-266. (in Chinese)
- [22] Zhu K, Zhang L, Hart W, et al. Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of northern China [J]. *Journal of Arid Environments*, 2004, 57(4): 487-505.
- [23] Lin Y H. Relationship between trypsin-inhibitor activity and water-soluble protein and cumulative rainfall in sweet potatoes [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1989, 114(5): 814-818.

(上接第 52 页)

- [25] 陈添宇, 陈 乾, 李宝梓. 用卫星资料反演中国西北地区东部蒸散量的遥感模型 [J]. *水科学进展*, 2006, 17(6): 834-840.
- Chen T Y, Chen Q, Li B Z. Remote sensing model for evapotranspiration over the eastern part of northwest China using satellite data retrieval [J]. *Advances in Water Science*, 2006, 17(6): 834-840. (in Chinese)
- [26] Su Z, Schmugge T, Kustas W P, et al. An evaluation of two models for estimation of the roughness height for heat transfer between the land surface and the atmosphere [J]. *Appl Meteor*, 2001, 40: 1933-1951.
- [27] 杜尧东, 刘作新, 张运福. 参考作物蒸散计算方法及其评价 [J]. *河南农业大学学报*, 2001, 35(1): 57-61.
- Du Y D, Liu Z X, Zhang Y F. Evaluation of two reference crop evapotranspiration calculation methods [J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2001, 35(1): 57-61. (in Chinese)
- [28] 谢贤群. 遥感瞬时作物表面温度估算农田全日蒸散总量 [J]. *环境遥感*, 1991, 6(4): 254-260.
- Xie X Q. Estiation of daily evapo-transpiration from one time-of-day remotely sensed canopy temperature [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1991, 6(4): 254-260. (in Chinese)
- [29] 李星敏, 杨文峰, 卢 玲. 基于遥感技术的两种区域蒸散估算方法的应用比较 [J]. *高原气象*, 2011, 30(1): 125-132.
- Li X M, Yang W F, Lu L. Comparison of application results of two evapotranspiration estimation methods by remote sensing [J]. *Plateau Meteorology*, 2011, 30(1): 125-132. (in Chinese)