

闫 会, 张允刚, 刘亚菊, 等. 生育期对徐紫薯 8 号品质及结薯性的影响[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(1): 9-14.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.01.002

生育期对徐紫薯 8 号品质及结薯性的影响

闫 会, 张允刚, 刘亚菊, 王 欣, 后 猛, 唐 维, 马代夫, 李 强

(江苏徐淮地区徐州农业科学研究所/农业部甘薯生物学与遗传育种重点实验室/江苏徐州甘薯研究中心, 江苏 徐州 221131)

摘要: 徐紫薯 8 号为高花青苷型甘薯新品种, 生育期影响结薯习性、产量及品质性状。本试验研究 78~188 d 共 12 个生育期下徐紫薯 8 号薯形、单株结薯数、大中薯率、产量、花青苷含量及淀粉含量等变化规律。结果表明, 不同生育期徐紫薯 8 号各个性状差异显著。大中薯率、亩鲜薯产量、淀粉含量和花青苷产量随生育期延长逐渐升高; 薯块长宽比、小薯率、还原糖和可溶性糖含量随生育期延长而下降。相关性分析结果表明, 亩鲜薯产量与单株结薯数、大中薯率、烘干率、亩薯干产量和淀粉含量呈显著或极显著正相关。生育期 148 d 甘薯单株结薯数最多, 亩鲜薯产量和花青苷产量均最高, 分别达每 667 m² 3 927.00 kg 和 4.25 kg, 大中薯率达 90%, 甘薯商品性好, 食用品质佳。

关键词: 徐紫薯 8 号; 生育期; 花青苷; 结薯习性; 品质性状; 产量性状

中图分类号: S539 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)01-0009-06

Effects of growth stage on quality and tuber traits of new sweet potato cultivar Xuzishu8

YAN Hui, ZHANG Yun-gang, LIU Ya-ju, WANG Xin, KOU Meng, TANG Wei, MA Dai-fu, LI Qiang

(Xuzhou Institute of Agricultural Sciences of the Xuhuai District of Jiangsu Province/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Sweetpotato, Ministry of Agriculture/Jiangsu Xuzhou Sweetpotato Research Center, Xuzhou 221131, China)

Abstract: Xuzishu8 is a new sweetpotato cultivar with high anthocyanidin. The growth stage affects its tuber traits, yield and quality. Changes of the ratio of length/wide, storage root per plant, yield, anthocyanidin content and starch content were studied under different growth stage from 78 d to 188 d. The results showed that the traits of Xuzishu8 in different growth stages were significantly different. Commercial sweetpotato ratio, fresh sweetpotato yield, starch content and anthocyanidin yield increased with the extension of growth stage, while the length/width ratio, small sweetpotato ratio, reducing sugar content and soluble sugar content decreased with the extension of growth stage. The results of correlation analysis showed that there was a significant positive correlation among the fresh sweet potato yield and the number of tubers per plant, commercial sweet potato ratio, dry matter content, dry yield and starch content. The maximum number of tubers, highest fresh yield and

anthocyanin yield were obtained at 148 d of growing period, the fresh yield and the anthocyanin yield were 3 927.00 kg per 667 m² and 4.25 kg per 667 m², respectively, the commercial sweetpotato ratio reached 90%. Xuzishu8 has good commodity and edible quality.

Key words: Xuzishu8; growth stage; anthocyanin; storage root trait; quality traits; yield traits

收稿日期: 2018-05-18

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(甘薯)(CARS-10); 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(17)2023, CX(18)3008]; 江苏省“333 工程”培养基金项目(BRA2016265); 江苏省基础研究计划项目(BK20161162)

作者简介: 闫 会(1988-), 女, 山东聊城人, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为甘薯遗传育种。(Tel) 0516-82189233; (E-mail) yanhui_sweetpotato@163.com

通讯作者: 李 强, (Tel) 0516-82189203; (E-mail) instrong@163.com

紫肉甘薯富含天然水溶性色素花青苷, 具有延缓

衰老、抗癌防癌、减肥瘦身等保健功能,广泛用作食品色素和保健品研发^[1-5],近年来紫肉甘薯被广泛种植和利用。徐紫薯 8 号是江苏徐淮地区徐州农业科学研究所徐紫薯 3 为母本,万紫 56 为父本,通过人工控制授粉杂交选育而成。徐紫薯 8 号为加工和鲜食兼用型甘薯品种,春薯大中薯率较高,干率达 28% 左右,适宜加工紫薯全粉,速溶全粉等。夏薯干率约 26%,蒸煮口感香、糯,适宜鲜食。徐紫薯 8 号萌芽性较好,中短蔓,薯块纺锤形,紫皮紫肉,结薯分散,薯块整齐,可溶性糖含量较高,食味较好,耐贮性好。本试验对徐紫薯 8 号在不同生育期下薯形、单株结薯数、大中薯率、产量、花青苷含量及淀粉含量等性状的积累规律进行研究,为徐紫薯 8 号推广、生产示范和加工利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2017 年在江苏徐州甘薯研究中心育种试验田进行。试验田为典型壤土,肥力中等。试验材料选取优质高花青苷型甘薯品种徐紫薯 8 号。

1.2 试验方法及测定指标

试验于 2017 年 5 月 2 日-8 月 22 日分期栽插,11 月 8 日统一收获,共设 12 个栽插期(表 1)。试验采用随机排列,5 行区种植,3 次重复,小区面积 20 m²,行距 0.85 m,行长 4.50 m,过道 0.90 m。管理措施统一按常规田间要求进行。

参考张允刚等^[6]的方法用直尺和游标卡尺测量薯块的长度和最大直径,计算长宽比(L/W),确定薯形,其中 $1.5 \leq L/W < 2.0$,薯形短纺锤形, $2.0 \leq L/W < 3.0$,薯形为纺锤形, $L/W \geq 3.0$ 为长纺锤形;收获期统计不同生育期甘薯大薯数、中薯数、小薯数和单株结薯数,分别称质量后计算大薯率、中薯率和小薯率^[6];鲜薯花青苷提取采用柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲液法^[7];薯块切丝后于 70 ℃ 烘干至恒质量,测定薯块烘干率;薯干淀粉、蛋白质、还原性糖和可溶性糖含量测定采用 VECTOR22/N 型傅立叶变换近红外反射光谱仪(德国 BRUKER 光谱仪器公司产品)^[8-9]。

1.3 数据处理与分析

用 Microsoft Excel 2007 进行数据处理及绘制图表,用 DPS V15.10 处理软件进行相关性分析^[10],处理间用 Duncan's 新复极差法进行多重比较,方差分

析采用随机模型。

表 1 徐紫薯 8 号栽插期及生育期

Table 1 Planting and growth stage of Xuzishu8

编号	生育期 (d)	栽插期 (月-日)	编号	生育期 (d)	栽插期 (月-日)
S1	78	08-22	S7	138	06-22
S2	88	08-12	S8	148	06-12
S3	98	08-02	S9	158	06-02
S4	108	07-22	S10	168	05-22
S5	118	07-12	S11	178	05-12
S6	128	07-02	S12	188	05-02

2 结果与分析

2.1 不同生育期下徐紫薯 8 号薯形

不同生育期徐紫薯 8 号 L/W 比值差异显著(图 1A), L/W 随生育期延长逐渐减小, L/W 比值最高为 10.71(S1),薯形为长纺锤形, L/W 比值最低为 1.96(S12),薯形为短纺锤形,说明在发育早期薯块先伸长然后随生育期延长薯块逐渐膨大(图 1B)。

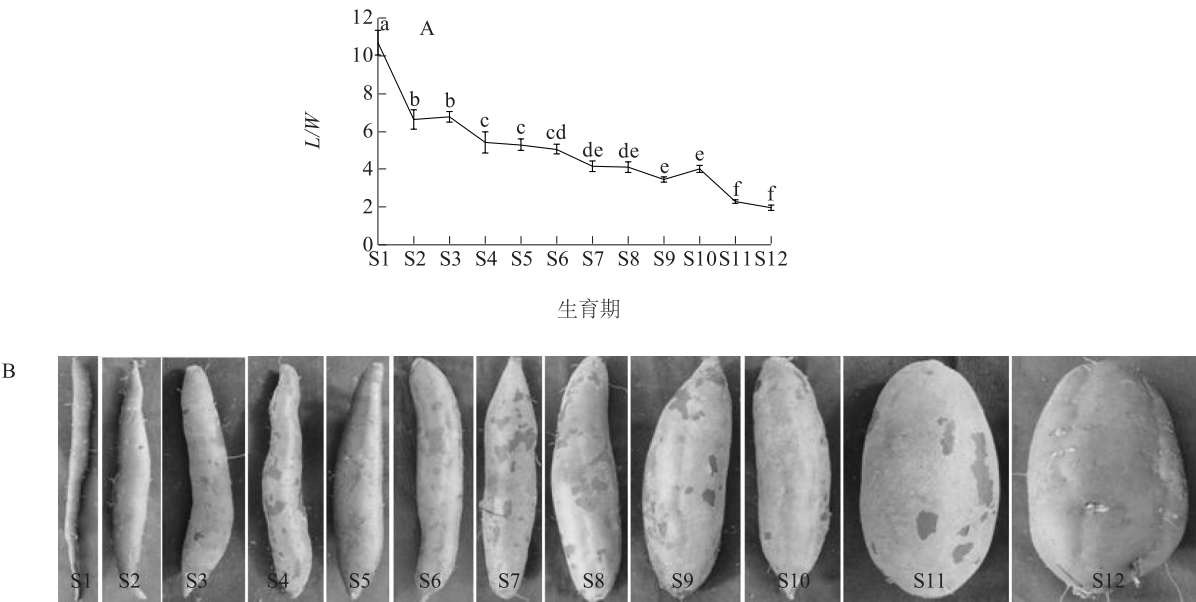
2.2 不同生育期下徐紫薯 8 号结薯习性

薯形端正、一致性是衡量甘薯商品性的主要参考指标。不同生育期徐紫薯 8 号大薯率、中薯率、小薯率、大中薯率差异达极显著水平。随着生育期延长,结薯习性基本呈大中薯率逐渐增高、小薯率逐渐降低趋势。生育期小于 118 d(S1~S5)均无大薯(图 2A);生育期 128 d(S6)中薯率最高,为 66.88%(图 2B);生育期 78 d(S1)时,所有薯块均为小薯(图 2C)。生育期 128 d 至 188 d 间(S6~S12)大中薯率无显著差异,大中薯率均达 90% 以上,138 d 大中薯率最高,为 94.67%(图 2D)。

基于不同生育期对结薯习性的显著影响,可以根据甘薯的用途选择合理的生育期进行收获,若主要用于加工,应尽量提高大中薯率,在栽培上适当延长生育期;若生产迷你鲜食甘薯,则可在较短的生育期进行收获,保证鲜食甘薯商品性。

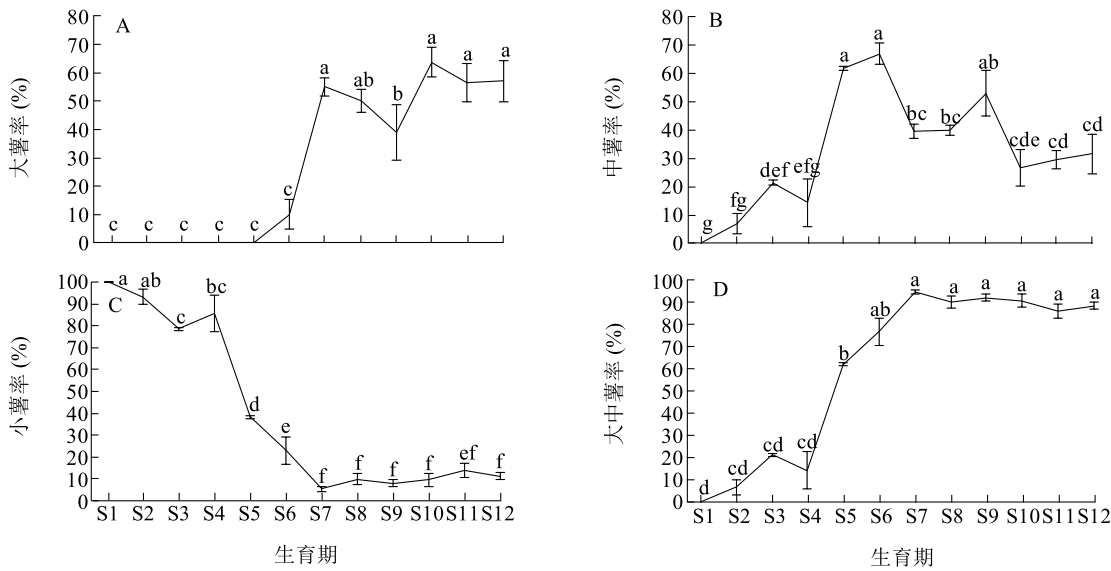
2.3 不同生育期徐紫薯 8 号产量性状

不同生育期徐紫薯 8 号烘干率差异显著,烘干率随生育期延长逐渐增高随后缓慢下降,徐紫薯 8 号平均烘干率为 23.69%~28.06%,其中生育期 168 d(S10)烘干率最高,达 28.0%(图 3A)。



A:不同生育期徐紫薯 8 号 L/W 比值差异分析;B:不同生育期徐紫薯 8 号薯形。生育期 S1~S12 见表 1。不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

图 1 不同生育期下徐紫薯 8 号薯形差异显著性分析
Fig.1 Significance analysis of sweetpotato shape in Xuzishu8 under different growth period

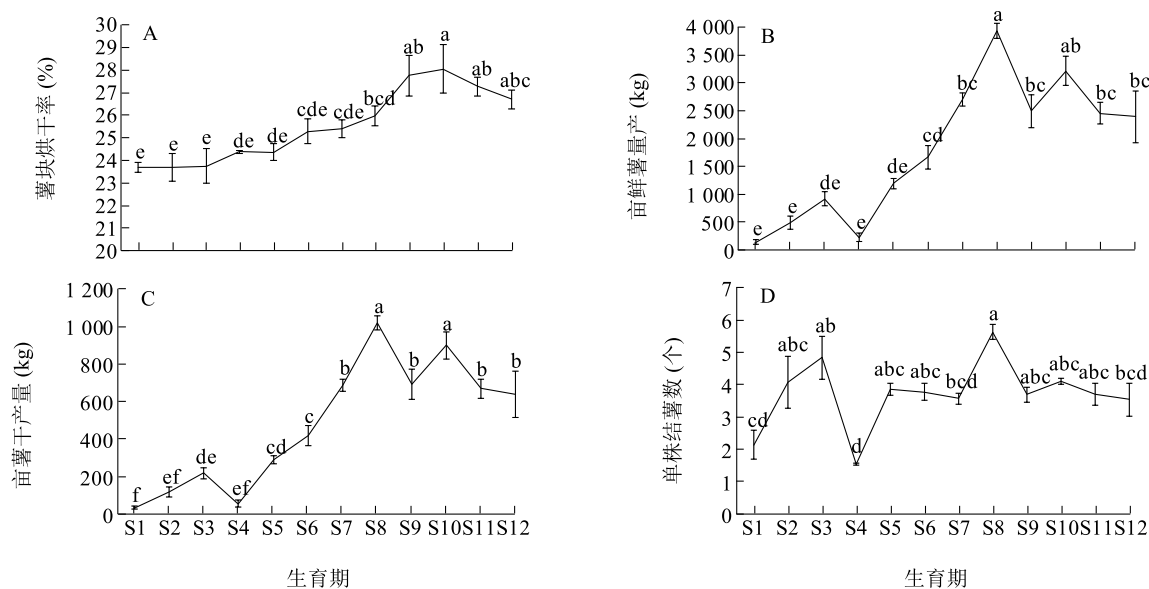


A:不同生育期大薯率差异显著性分析; B:不同生育期中薯率差异显著性分析;C:不同生育期小薯率差异显著性分析;D:不同生育期大中薯率差异显著性分析。生育期 S1~S12 见表 1。不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

图 2 不同生育期下徐紫薯 8 号结薯习性差异分析
Fig.2 Difference analysis of sweetpotato size in Xuzishu8 under different growth period

不同生育期徐紫薯 8 号亩鲜薯产量、亩薯干产量和单株结薯数差异显著,随生育期延长均呈现先增高后降低趋势,3 个性状变化规律一致。生育期 148 d (S8) 鲜薯产量、薯干产量均

达最高,667 m²产量分别为3 928 kg 和1 019 kg (图 3B,图 3C)。单株结薯数变化范围 1.53~5.63 个,生育期 148 d 单株结薯数最多,为 5.63 个(图 3D)。



A:不同生育期薯块烘干率差异显著性分析;B:不同生育期亩鲜薯产量差异显著性分析;C:不同生育期亩薯干产量差异显著性分析;D:不同生育期单株结薯数差异显著性分析。生育期S1~S12见表1。不同小写字母表示差异达0.05显著水平。

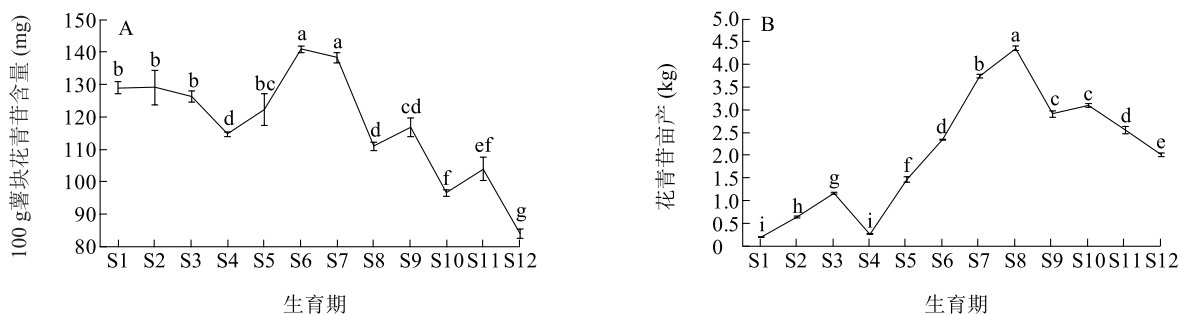
图3 不同生育期徐紫薯8号产量性状差异显著性分析

Fig.3 Significance analysis of yield traits in Xuzishu8 under different growth period

2.4 不同生育期对徐紫薯8号花青苷积累的影响

花青苷积累总体呈先升高再降低趋势,含量变化为每100 g鲜薯84.03~140.86 mg。生育期188 d(S12)花青苷含量最低,为每100 g鲜薯84.03 mg,生育期128 d(S6)花青苷含量最高,为每100 g

140.86 mg(图4A)。根据花青苷含量和亩鲜产量折算花青苷产量,不同生育期花青苷产量差异显著,花青苷产量随生育期延长先显著升高随后缓慢降低,其中生育期148 d(S8)花青苷产量最高,每667 m²可提取花青苷4.36 kg(图4B)。



A:不同生育期花青苷含量;B:花青苷亩产量。生育期S1~S12见表1。不同小写字母表示差异达0.05显著水平。

图4 不同生育期徐紫薯8号花青苷积累差异分析

Fig.4 Difference analysis of anthocyanin content in Xuzishu8 under different growth period

2.5 不同生育期徐紫薯8号品质性状

淀粉含量随生育期延长逐渐升高,生育期78 d(S1)淀粉含量最低,为43.77%,生育期188 d(S12)淀粉含量最高,为59.97%(表2);可溶性糖和还原糖含量在生育期78 d(S1)最

高,分别为8.55%和9.23%,随生育期延长呈逐渐降低趋势;不同生育期蛋白质含量差异显著,生育期188 d(S12)蛋白质含量最低,为5.34%,生育期118 d(S5)蛋白质含量最高,达8.28%。

表 2 不同生育期徐紫薯 8 号品质性状差异分析
Table 2 Difference analysis of quality traits in Xuzishu8 under different growth period

生育期	淀粉含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	蛋白质含量 (%)
S1	43.77f	8.55a	9.23a	6.99abcde
S2	49.74de	6.47b	6.26bc	7.36abcd
S3	46.89ef	6.49b	6.15bc	8.03ab
S4	47.96ef	6.58b	8.16ab	7.50abc
S5	49.26de	6.40b	5.65cd	8.28a
S6	52.81cd	5.96b	6.01c	6.63cdef
S7	55.15bc	5.88b	5.97c	6.09def
S8	55.74abc	5.93b	6.08bc	5.74ef
S9	58.28ab	5.37b	5.27cd	6.46cdef
S10	59.57ab	4.88b	4.31cd	6.46cdef
S11	55.30bc	5.11b	4.57cd	6.87bcde
S12	59.97a	5.95b	3.61d	5.34f

生育期 S1~S12 见表 1。同一列数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

2.6 徐紫薯 8 号主要性状的相关性

将徐紫薯 8 号的主要经济性状的平均值进行相关性分析,以进一步了解各个性状间的相互作用。亩鲜薯产量是衡量甘薯品种经济价值的重要指标,由表 3 可知,亩鲜薯产量和单株结薯数、大中薯率、烘干率和亩薯干产量、淀粉含量呈显著或极显著正相关,和 L/W、小薯率、还原糖含量、可溶性糖含量和蛋白质含量呈极显著负相关。相关性分析结果表明,单株结薯

数、大中薯率、烘干率和淀粉含量等越高,甘薯亩鲜薯产量越高;而薯块长宽比、小薯率、还原糖含量、可溶性糖含量和蛋白质含量等越高,甘薯亩鲜薯产量越低。因此,在甘薯品种选育上,可以将结薯习性和品质性状作为甘薯选育的参照指标,间接评估甘薯亩鲜薯产量,为甘薯品种选育提供参考。

薯块的长宽比是衡量薯形,反映生育期长短的量化指标,相关性分析结果表明,薯块长宽比与大薯率、大中薯率、烘干率、产量和淀粉含量均呈极显著负相关,说明甘薯的生育期越短,薯块长宽比值越高,薯形越长,亩鲜薯产量也越低。因此在甘薯栽培上,若以高鲜薯产量和高淀粉产量等为生产目标,应适当延长生育期,获得较高的大中薯率。长宽比与小薯率、还原糖和可溶性糖含量呈极显著正相关,利用该相关性,在生产上可适当缩短甘薯生育期,增加薯块的长宽比和小薯率,在实用品质上提高还原糖和可溶性糖含量。

徐紫薯 8 号为高花青苷甘薯品种,相关性分析结果表明,花青苷含量与 L/W、还原糖含量呈显著正相关,和大薯率、烘干率和淀粉含量呈显著负相关。说明甘薯大薯率、烘干率和淀粉含量越高,花青苷含量越低;薯形长宽比和还原糖含量越高,花青苷含量越高。因此在高花青苷甘薯品种选育上,可以将还原糖含量等品质性状和大薯率等产量性状作为品种选育时的参照指标。

表 3 徐紫薯 8 号主要性状间相关性分析
Table 3 Correlation analysis of main characteristics of Xuzishu8

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
x_1	1.00	-0.75 **	-0.51	0.83 **	-0.83 **	-0.32	-0.77 **	-0.72 **	-0.72 **	0.58 *	0.85 **	0.89 **	0.51	-0.87 **
x_2		1.00	0.20	-0.84 **	0.84 **	0.32	0.86 **	0.89 **	0.91 **	-0.59 *	-0.70 *	-0.71 **	-0.79 **	0.89 **
x_3			1.00	-0.70 *	0.70 *	0.36	0.36	0.46	0.44	0.13	-0.45	-0.49	-0.13	0.43
x_4				1.00	-1.00 **	-0.43	-0.83 **	-0.91 **	-0.91 **	0.36	0.76 **	0.79 **	0.65 *	-0.89 **
x_5					1.00	0.43	0.83 **	0.91 **	0.91 **	-0.36	-0.76 **	-0.79 **	-0.65 *	0.89 **
x_6						1.00	0.22	0.61 *	0.59 *	-0.07	-0.53	-0.46	-0.18	0.37
x_7							1.00	0.79 **	0.83 **	-0.63 *	-0.72 **	-0.80 **	-0.62 *	0.91 **
x_8								1.00	1.00 **	-0.43	-0.67 *	-0.73 **	-0.72 **	0.86 **
x_9									1.00	-0.46	-0.68 *	-0.75 **	-0.72 **	0.87 **
x_{10}										1.00	0.58 *	0.42	0.42	-0.59 *
x_{11}											1.00	0.84 **	0.41	-0.84 **
x_{12}												1.00	0.34	-0.84 **
x_{13}													1.00	-0.75 **
x_{14}														1.00

x_1 : L/W; x_2 : 大薯率; x_3 : 中薯率; x_4 : 小薯率; x_5 : 大中薯率; x_6 : 单株结薯数; x_7 : 烘干率; x_8 : 亩鲜薯产量; x_9 : 亩薯干产量; x_{10} : 花青苷含量; x_{11} : 还原糖含量; x_{12} : 可溶性糖含量; x_{13} : 蛋白质含量; x_{14} : 淀粉含量; * 和 ** 表示相关性分别达到 0.05 和 0.01 显著水平。

3 讨论

块根形成和膨大不仅受地上部和地下部源库调节,还易受环境条件的影响,因此可以对某一品种采用相应的栽培措施促使甘薯早结薯,快膨大,协调茎蔓生长和块根膨大的关系,从而达到增产的目的。不同的气候条件、土壤水分都直接或间接影响块根的形成和膨大,不同栽插期意味着块根的形成和膨大受不同环境影响。土温在 21~29℃有利于层细胞的分裂,容易形成块根,结薯早且单株结薯数多^[11]。本试验中 6 月 12 日栽插、生育期 148 d(S8)处理组,此时土温较高有利于块根膨大,单株结薯数、产量均最高,大中薯率达 90%以上。S9~S12 生育期虽长于 S8,但亩鲜薯产量均显著低于 S8,相关性分析结果表明,单株结薯数、大中薯率均与亩鲜薯产量呈显著正相关,S9~S12 间大中薯率无显著差异,S9~S12 单株结薯数显著低于 S8,说明单株结薯数是限制 S9~S12 产量提高的主要因素,5 月份地温较低,影响了块根的形成。生育期 S1~S6 大中薯率和亩鲜薯产量均较低,分析原因是生育期过短,块根未充分膨大。上述结果说明在甘薯栽培上并不是生育期越长,产量越高,栽插时期的选择直接关系到单株结薯数,进而影响甘薯产量。

徐紫薯 8 号为鲜食、加工兼用型高花青苷甘薯品种。试验结果表明,花青苷含量随生育期延长总体呈先升高后降低趋势,S6 生育期处理组花青苷含量最高,含量为每 100 g 鲜薯 140.86 mg,折合花青苷产量每 667 m² 2.34 kg;S8 生育期处理组花青苷含量虽稍低,为每 100 g 鲜薯 110.92 mg,但因亩鲜薯产量高,可提取花青苷产量最高,达每 667 m² 4.25 kg。此外,S8 生育期处理组亩鲜薯产量最高达

每 667 m² 3 927.00 kg,大中薯率达 90%,淀粉含量较高,食用品质甜、糯。因此在生产上,无论是以加工型还是鲜食为主,在徐州及周边地区,6 月中旬栽插,150 d 左右的生育期徐紫薯 8 号可获得较好的品质 and 经济效益。

参考文献:

- [1] 马代夫,刘庆昌.中国甘薯育种与产业化[M].北京:中国农业大学出版社,2005:234-240.
- [2] 武中庸,热孜万古力·赛买提,车敏娜,等.响应面法优化紫色马铃薯花青素超声波提取工艺[J].江苏农业学报,2017,33(6):1379-1385.
- [3] PHILPOTT M, GOULD K S, LIM C, et al. In situ and in vitro antioxidant activity of sweetpotato anthocyanins [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52: 1511-1513.
- [4] 张毅,钮福祥,孙健,等.不同地区紫薯的花青素含量与体外抗氧化活性比较[J].江苏农业科学,2017,45(21):205-207.
- [5] 王关林,岳静,苏冬霞,等.甘薯花青苷色素的抗氧化活性及抗肿瘤作用研究[J].营养学报,2006,28(1):71-74.
- [6] 张允刚,方伯平.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,2006:27.
- [7] 李强,王欣,张允刚,等.高花青苷高淀粉甘薯品种“徐紫薯 3 号”的创制及特性鉴定[J].西南农业学报,2014,27(4):1409-1413.
- [8] MA D F, LI Q, LI X Y, et al. Selection of parents for breeding edible varieties of sweetpotato with high carotene content [J]. Agricultural Science in China, 2009, 8(10): 1166-1173.
- [9] 唐维,李强,张允刚,等.紫心甘薯“徐紫薯 3 号”主要性状及其生物产量动态变化规律分析[J].西南农业学报,2014,27(1):47-52.
- [10] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:43-80.
- [11] 陆漱韵,刘庆昌,李惟基.甘薯育种学[M].北京:中国农业出版社,1998:66.

(责任编辑:陈海霞)