

Location and Relative Quantity of Anthocyanidin in the Aboveground Parts of Sweetpotato

Xiaolei Ma¹, Xiali Gao¹, Wenqing Ye², Dong Wu¹, Xiaohe Gu¹, Meng Kou³, Daifu Ma^{3*}, Aimin Wang^{1*}

¹College of Life Science, Jiangsu Normal University, Xuzhou Jiangsu

²School of Electronic Information Engineering, Soochow University, Suzhou Jiangsu

³Xuzhou Institute of Agricultural Science, Xuhuai District, Xuzhou Jiangsu

Email: 951238216@qq.com, *daifuma@163.com, *aiminwang@jsnu.edu.cn

Received: Feb. 27th, 2017; accepted: Mar. 17th, 2017; published: Mar. 20th, 2017

Abstract

Anthocyanidin is one of the most important groups of secondary metabolites in plants with prominent physiological activity and healthcare function. In this study, distribution of anthocyanidins in blade, petiole and stem in sweetpotato cv. Xuzhishu 3 was observed through light microscope. Relative contents of anthocyanidin and free radical scavenging activity were also measured in 20 varieties sweetpotatos. The results indicated that anthocyanidins located mainly in epidermic cells of leaves, epidermic cells and phloem parenchymal cells of petioles and stems, parenchymal cells of piths. The data of anthocyanidins contents revealed that difference existed among the aboveground parts of different cultivar sweetpotatos. This study provided the reliable scientific material for exploitation of the aboveground parts of sweetpotato.

Keywords

Aboveground Parts of Sweetpotato, Anthocyanidin Relative Contents, Freehand Section, DPPH Scavenging Activity

甘薯茎叶中花青素的定位及含量测定

马小磊¹, 高霞莉¹, 叶雯青², 吴董¹, 顾笑赫¹, 后猛³, 马代夫^{3*}, 王爱民^{1*}

¹江苏师范大学生命科学学院, 江苏 徐州

²苏州大学电子信息学院, 江苏 苏州

³江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 江苏 徐州

Email: 951238216@qq.com, *daifuma@163.com, *aiminwang@jsnu.edu.cn

*通讯作者。

收稿日期：2017年2月27日；录用日期：2017年3月17日；发布日期：2017年3月20日

摘要

花青素是植物体内一类重要的次生代谢产物，有着显著的生理活性与营养保健功能。本实验通过徒手切片制作临时装片在光学显微镜下观察了甘薯栽培品种徐紫薯3号地上各部位花青素的分布情况，并测定和比较了20种不同甘薯品种地上部分的花青素相对含量及对DPPH·自由基的清除能力。结果表明花青素主要分布于叶的表皮细胞、茎和叶柄的表皮细胞及韧皮部的薄壁细胞中，在茎的髓部薄壁细胞中也有分布；茎叶中花青素含量在基因型间存在一定差异。甘薯茎叶部可作为人们获取抗氧化活性物质的重要来源之一。

关键词

甘薯地上部，花青素相对含量，徒手切片，DPPH·自由基清除力

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

花青素因其可以呈现不同的颜色包括橙色、粉色、红色、蓝色、紫色等[1]而引起了生物学家、化学家、营养师的强烈兴趣。作为植物体内广泛存在的一类黄酮类化合物[2]，在自然状态下花青素多以花色苷的形式存在，对于植物传粉、种子散播、抵御紫外线抵御逆境胁迫及微生物入侵等有重要意义[3] [4]。花青素类化合物具有抗氧化、抗突变、预防心脑血管疾病、保护肝脏、抑制肿瘤细胞发生等多种生理功能[5] [6] [7] [8]。

甘薯(*Ipomoea batatas* L. Lam)是旋花科(Convulvaceae)甘薯属(*Ipomoea*)一年或多年生草本植物，原产于南美洲的热带地区，是我国重要的粮食、饲料、工业原料和生物能源作物。因其含有丰富的胡萝卜素、维生素、铁钙镁等矿质元素及蛋白质、粗纤维、绿原酸、多糖、黄酮类等多种成分而被称为蔬菜皇后、长寿食品[9]。我国甘薯常年种植面积在 $6.7 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 以上，居世界首位[10]。甘薯具有很大的地上部生物量[11]，但除少数用于饲料和蔬菜外，大部分甘薯茎叶被丢弃造成很大浪费。随着菜用甘薯逐步被国内外消费者接受以及新品种的不断推出[12]，针对甘薯地上部分的营养成分，包括蛋白质、脂肪、膳食纤维、矿质元素、维生素[13]、以及一些功能成分黄酮类化合物[14]、酚酸[11] [15]等已有研究。而对花青素的研究，一直以来人们更多的是关注于薯块中花青素的含量和组分[16] [17] [18] [19]。时晓东等[20]采用色价法对紫色甘薯和普通白心甘薯共 14 个品种(品系)的色素含量和分布进行了检测和比较，通过对顶叶、成熟叶、叶柄、茎、薯皮和薯肉的定性观察，及形态学上段、中段和下段的叶和茎段，块根的薯皮(周皮和韧皮部薄壁组织)、初生形成层和木质部薄壁组织的定量检测，时晓东认为在不同的紫色甘薯品种(品系)中，色素的分布存在明显的差异；同一品种不同器官的色素含量也不相同，块根是紫色甘薯色素积累的主要器官；色素在块根内呈不均匀分布。而关于花青素的组织定位及茎叶中花青素的研究很少涉及，只有 Islam [18]曾在 2002 年笼统地测定了 3 种甘薯叶片花青素含量，并通过 HPLC 分析花青素的组分，认为矢车菊素类是叶片中花青素的主要类型。本文通过徒手切片的方法观察了花青素在甘薯茎叶

中的分布情况,并测定了 20 种甘薯品种(系)地上部分花青素的含量、DPPH·自由基清除力及其基因型差异,以期为甘薯地上部高效开发利用提供参考,并为进一步研究通过遗传育种提高甘薯营养品质提供基础。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

选取在我国栽培面积较大、不同来源(长江流域薯区、南方薯区、北方薯区)、具有一定代表性的 21 种供试甘薯品种(见表 1),均于 2015 年种植于徐州市农业科学院试验田(E117°17.48', N34°16.95')。试验土壤为黄潮土,质地砂壤,基肥尿素(N 计) 150 kg·hm⁻²,磷肥(P₂O₅) 75 kg·hm⁻²,钾肥(K₂O) 112.5 kg·hm⁻²,肥料一次施入,常规管理。

2.2. 徒手切片制作

以甘薯栽培种徐紫薯 3 号为材料,选取长势一致、健康无病虫害植株,切取叶柄和茎约 2 厘米的小段或将叶片卷起,参照杨汉民[21]方法徒手切片。各挑选不少于 10 个切面完整、薄厚均匀的切片用镊子取出,放在载玻片上,加少许蒸馏水,放上盖玻片,置于光学显微镜下观察、拍照。

2.3. 花青素相对含量测定

花青素溶液的提取参照 Kim [22]方法。约 1 g 新鲜材料(从茎顶端数第一、三充分展开叶及 15 cm 长的茎顶端)加入 10 ml 1% 盐酸甲醇(V/V)提取液抽提 2 次,悬浮液 4000 g 离心 10 min,收集上清液经 0.2 μm 的尼龙过滤器过滤后于 530 nm 波长下测得吸光度 OD₅₃₀。以提取剂作为对照消除本底。光密度为 0.1 时的花青素浓度称为 1 个单位(U)。每克材料花青素相对浓度单位 U = OD₅₃₀ × 10/gFW。每个样品 3 次重复,取平均值。

Table 1. Overview of tested sweetpotato

表 1. 供试甘薯材料概况

品种名称	类型*	亲本组合	品种名称	类型	亲本组合
徐紫薯 3 号	食用紫薯	绫紫 × 徐薯 18	渝紫 7 号	食用紫薯	日紫 13 开放授粉
商徐 Z30-1	高花青素	渝紫 7 号开放授粉	桂薯 131	食用紫薯	糊薯 1 号 × 广薯 104
秦紫薯 2 号	食用紫薯	秦薯 4 号开放授粉	徐紫薯 6 号	食用紫薯	徐薯 18 × 徐薯 27
冀紫 7-9	食用紫薯	徐 35-5 开放授粉	川薯 10-15-3	食用紫薯	烟紫薯 176 放任授粉
烟紫薯 10310	食用紫薯	浙薯 81 开放授粉	QZ439	食用紫薯	浙紫薯 3 号 × 浙薯 13
济 08365	食用紫薯	Ayamurasaki 开放授粉	龙紫 6 号	食用紫薯	龙薯 14 号开放授粉
漯紫薯 3 号	食用紫薯	烟 337 开放授粉	E3588	食用紫薯	宁紫薯 1 号开放授粉
阜薯 0713-6	食用紫薯	渝紫 1 号开放授粉	徐薯 28 号	食用淀粉	徐 P616-23 放任授粉
广紫薯 9 号	高花青素	广紫薯 2 号×越南紫	徐薯 32 号	胡萝卜素	徐薯 55-2 × 红东
泉薯 9-6	食用紫薯	泉薯 10 号开放授粉	徐渝薯 34 号	高胡萝卜素	渝 06-2-9 × 渝 04-3-218
金薯 13 号	食用紫薯	福宁紫 3 号 × 金山 57			

*高花青素型:薯块花青素含量 > 40 mg/100 gFW; 食用型紫薯:薯块花青素含量 > 5 mg/100 gFW

2.4. DPPH· 自由基清除能力

参照程琤[23]方法, 稍作改进。以无水乙醇配制 0.4 mg/ml 的 DPPH·母液, 4℃避光保存, 使用前稀释成工作浓度 0.04 mg/ml。2 ml DPPH·溶液和 2 ml 样品, 充分混合, 反应 20 min 后, 无水乙醇为空白, 于 517 nm 测定吸光度。每个样品 3 次重复, 取平均值。对 DPPH·的清除率可用下式计算:

$$\text{DPPH}\cdot\text{清除率 } S(\%) = \left[1 - \frac{A - A_1}{A_0} \right] \times 100\%$$

其中, A 为加样品液反应体系的吸光值, A_0 为 2 mL 无水乙醇 + 2 mL DPPH·稀释液反应体系的吸光值, A_1 为 2 mL 无水乙醇 + 2 mL 样品液的反应体系的吸光值。

3. 结果与分析

3.1. 甘薯地上部分花青素的组织分布

甘薯栽培品种徐紫薯 3 号由江苏徐淮地区徐州农业科学研究所育成, 是绫紫和徐薯 18 的杂交后代, 2011 年通过江苏省农作物品种审定委员会鉴定, 可用于花青素提取和紫薯全粉加工的甘薯新品种, 在我国长江流域薯区和北方薯区广泛种植。因此我们选用徐紫薯 3 号为实验材料, 观察花青素的组织分布情况。

谭玲玲等[24]通过组织化学染色的方法分别定位了柴胡皂苷和黄酮类化合物在狭叶柴胡的根、茎、叶中的分布; 许虎等[25]利用激光共聚焦技术对不同年龄的罗布麻叶片中的黄酮类成分进行组织定位; 沙琴等[26]通过石蜡切片和香草醛组织化学染色方法观察紫山药营养器官花色苷分布积累状态。花青素为水溶性可见色素, 各种染色固定方法都会引起花青素的丢失或理化性质的改变而影响正常观察, 所以我们采用徒手切片法制成临时装片在光学显微镜下直接观察花青素在甘薯叶片、叶柄和茎的分布情况(具体取材部位见图 1(A), 图 1(B))。

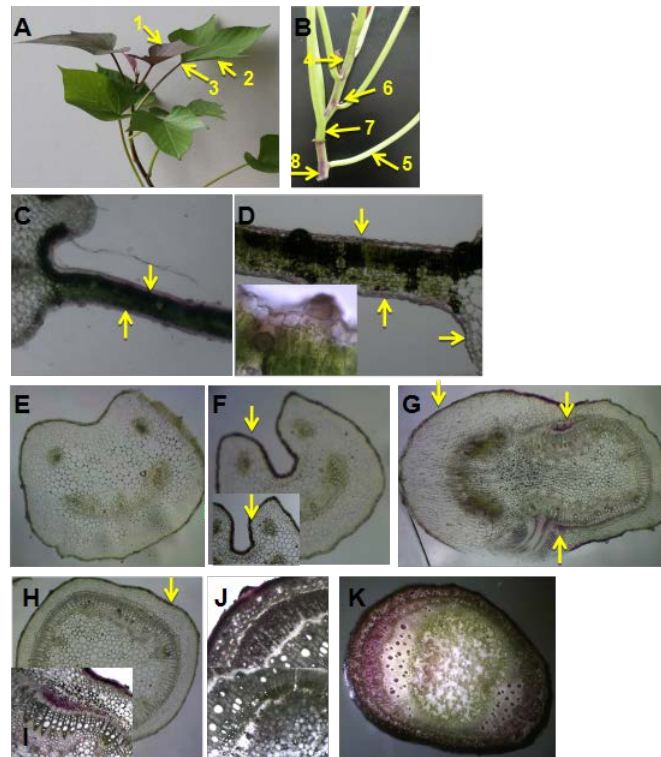
从叶横切面看, 甘薯栽培种徐紫薯 3 号在第一叶(图 1(C))和第三叶(图 1(D))的叶片和叶脉的表皮细胞中大量分布, 呈现深紫色, 表皮下组织也可见有紫色色素存在。

从叶柄的横切面看, 中部的叶柄(图 1(E))未见到明显的花青素的分布, 而靠近叶片(图 1(F))或靠近茎(图 1(G))的叶柄横切面上可以明显看到花青素的存在。叶柄顶部的横切面(图 1(F)), 花青素主要还是在表皮细胞集中分布, 表皮下第一层细胞也有少量分布, 在叶柄基部的横切面(图 1(G)), 还可看到在与茎相连的维管组织中大量分布。

从茎部的横切图, 不管是嫩茎(图 1(H)、图 1(I))、中部的茎(图 1(J))还是靠近基部的茎(图 1(K)), 都有大量花青素存在。除了表皮细胞及表皮下两层薄壁细胞积累了大量的花青素以外, 在维管组织的韧皮部细胞的细胞壁和细胞内都充满着紫色色素, 髓部薄壁细胞中也有少量分布。同时我们也观察到基部茎向光一侧的花青素分布明显对于背光一侧(图 1(K))。

3.2. 不同甘薯品种(系)叶片中花青素相对含量比较

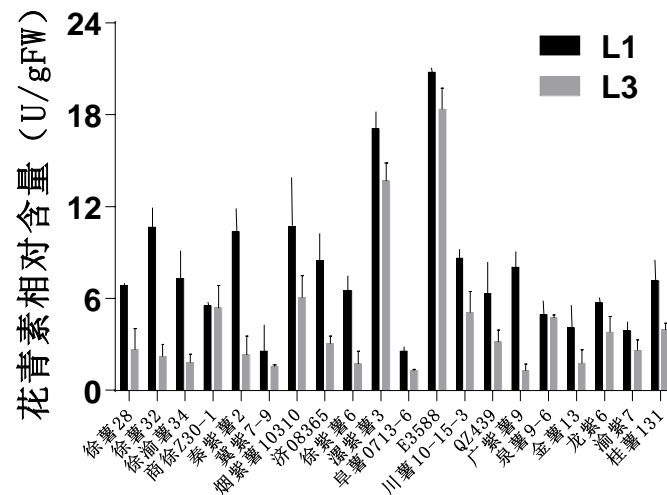
在徒手切片观察甘薯地上部分花青素的分布情况时, 我们发现不同甘薯品种(系)花青素的量存在很大差异(数据未显示)。为了进一步了解花青素在不同甘薯组织器官中的含量, 我们对参加 2014~2015 年度国家甘薯品种试验的来自南方薯区、北方薯区和长江流域薯区的共 20 种不同甘薯品种(系)充分展开的第一叶(幼叶)和第三叶(成熟叶)的花青素相对含量进行了测定。从图 2 中可以看出除商徐 Z30-1、泉薯 9-6 外, 其余品种(系)的幼叶花青素含量都明显高于成熟叶。第一叶花青素含量最低为 2.57 U/gFW, 最高达 20.77 U/gFW; 第三叶花青素含量最低 1.29 U/gFW, 最高 18.37 U/gFW。甘薯叶的花青素含量在不同基因型间存在很大的差异, 其中漯紫薯 9 和 E3588 的花青素含量较高, 而冀紫 7-9 和阜薯 0713-6 含量较低。



A, B: 徐紫薯 3 号地上部分形态。1: 第一叶; 2: 第三叶; 3: 叶柄顶部; 4: 上段茎; 5: 叶柄中部; 6: 叶柄基部; 7: 中段茎; 8: 下端茎。C: 第一叶横切面(10*10)。D: 第三叶横切面(10*10)。E: 叶柄中部横切面(10*10)。F: 叶柄顶部横切面(10*10)。G: 叶柄基部横切面(10*10)。H: 上段茎横切面(10*10)。I: 上段茎横切面(10*40)。J: 中段茎横切面(10*40)。K: 下端茎横切面(4*4) (左侧为向光面)

Figure 1. Cross sections of aboveground parts in sweetpotato cv. Xuzishu 3

图 1. 甘薯栽培种徐紫薯 3 号地上各组织器官横切面



L1: 第一叶; L3: 第三叶

Figure 2. Comparison of anthocyanidin relative content in leaves of different sweetpotato genotypes

图 2. 不同甘薯品种(系)叶中花青素相对含量比较

3.3. 不同甘薯品种(系)茎中花青素相对含量比较

对于菜用型甘薯，人们多食用茎顶端约 15 cm 左右的幼嫩部分，所以我们也测定了茎顶端 15 cm 长的嫩茎中花青素相对含量。从图 3 可以看出这 20 种甘薯品种(系)茎中花青素相对含量在基因型间亦存在明显差异。含量最低为 0.303 U/gFW，含量最高 8.18 U/gFW。商徐 Z30-1 和 E3588 的花青素相对含量分别是徐薯 28 茎中花青素相对含量的 12.46 和 9.38 倍。

3.4. 不同甘薯品种(系)地上部分 DPPH·自由基清除能力的比较

甘薯地上部分花青素的 DPPH·自由基清除能力如图 4 所示。多数甘薯品种的花青素的 DPPH·自由基清除率集中在 20%~40%之间，栽培品种 E3588 的清除率最高，达 71.9%。但整体来讲明显低于紫甘薯薯块的清除能力[19]。

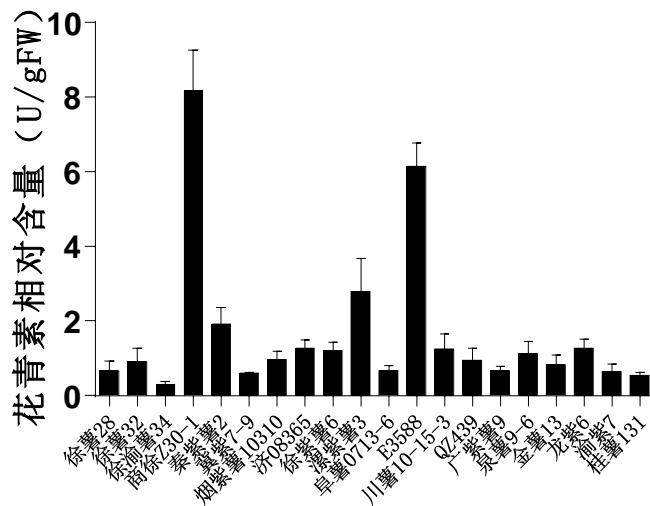


Figure 3. Comparison of anthocyanin relative content in stems of different sweetpotato genotypes

图 3. 不同甘薯品种茎中花青素相对含量的比较

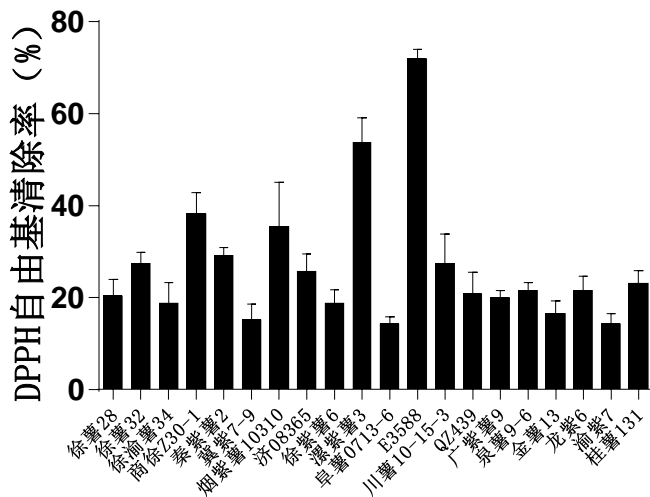


Figure 4. Different DPPH scavenging activity of anthocyanin in aboveground parts of sweetpotato

图 4. 甘薯地上部分花青素 DPPH 自由基清除率的差异性

4. 结论

我国紫甘薯的育种工作起步较晚,大致开始于20世纪90年代[27]。早期的品种多是以引进的紫甘薯品种山川紫和凌紫为亲本育成一系列的紫甘薯新品种,如由凌紫和徐薯18的杂交后代中选育出的徐紫薯3号[28]、广紫薯1号与山川紫的杂交后代中育成的新普紫[29]、凌紫与川薯69的杂交后代中选育出的宁紫薯2号[30]等等。与此同时,利用引进的紫甘薯为亲本也创新出了一批紫甘薯新种质及育种中间材料,极大地丰富了我国紫甘薯的种质资源,先后育成了一大批通过省及国家级鉴定的紫甘薯新品种。如何充分利用这些新品种改善人们的膳食结构,提高人们的健康水平是很有必要的。由于甘薯薯块是花青素积累的主要器官,所以大多数的研究都集中在薯块的花青素积累特性上,而忽视了地上部分的研究。

我们首先以长江流域广泛种植的甘薯栽培品种徐紫薯3号为材料,通过徒手切片观察了花青素在茎叶中的分布情况。从我们对地上部分的切片观察看,花青素多分布于表皮细胞、近表皮的几层薄壁细胞及韧皮部薄壁细胞,这一结果与根中分布一致[31]。并且徒手切片显示向光面的花青素分布明显多于背光面。进一步通过分光光度法相对定量了这20种区试甘薯品种茎叶中的花青素含量。结果表明花青素含量的高低主要由基因型决定,是品种固有的遗传性状之一,但环境条件对其也有一定的影响。这一结果与KOBA在紫色甘薯块根中花青素含量的结果一致[32]。从我们的结果看甘薯地上茎叶部也存在着一定量的花青素,但不同品种之间含量差异较大。尽管含量及DPPH自由基清除率都明显低于紫甘薯薯块[19],但仍可作为人们获取抗氧化活性物质的重要来源之一。

基金项目

2015年江苏省研究生创新工程项目(KYZZ15-0388);2014年江苏省大学生实践创新训练计划项目(201410320047);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-11,甘薯)。

参考文献 (References)

- [1] 胡可, 韩科厅, 戴思兰. 环境因子调控植物花青素苷合成及呈色的机理[J]. 植物学报, 2010, 45(3): 307-317.
- [2] Holton, T.A. and Cornish, E.C. (1995) Genetics and Biochemistry of Anthocyanin Biosynthesis. *Plant Cell*, **7**, 1071-1083. <https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1071>
- [3] Castellarin, S.D., Pfeiffer, A., Sivilotti, P., et al. (2007) Transcriptional Regulation of Anthocyanin Biosynthesis in Ripening Fruits of Grapevine under Seasonal Water Deficit. *Plant Cell Environment*, **30**, 1381-1399. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01716.x>
- [4] Lorenc-Kukula, K., Jafra, S., Oszmianański, J., et al. (2005) Ectopic Expression of Anthocyanin 5-O-Glucosyltransferase in Potato Tuber Causes Increased Resistance to Bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 272-281. <https://doi.org/10.1021/jf048449p>
- [5] Edi, M., Jasminka, K.K., Darko, P., et al. (2009) Anthocyanin Profile and Antioxidative Capacity of Some Autochthonous Croatian Red Wines. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, **7**, 48-51.
- [6] Jing, P., Bomser, J.A., Schwartz, S.J., et al. (2008) Structure-Function Relationships of Anthocyanins from Various Anthocyanin-Rich Extracts on the Inhibition of Colon Cancer Cell Growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**, 9391-9398. <https://doi.org/10.1021/jf8005917>
- [7] De Pascual-Teresa, S. and Sanchez-Ballesta, M.T. (2008) Anthocyanins: From Plant to Health. *Phytochemistry Reviews*, **7**, 281-299. <https://doi.org/10.1007/s11101-007-9074-0>
- [8] 陈彤, 李丽洪, 陈小河, 梁金平, 杨立明. 紫甘薯叶超声波提取工艺优化及其对小鼠肝脏保护作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(8): 1212-1218.
- [9] 王世宽, 吴平, 许艳丽, 于海光, 徐轶婷. 甘薯叶的营养成份与应用前景[J]. 四川理工学院学报(自然科学版), 2009, 22(6): 57-62.
- [10] 杨立明, 陈赐民. 浅谈甘薯综合开发利用[J]. 国外农学——杂粮作物, 1995, 2: 44-45.
- [11] 涂宗财, 温庆辉, 王辉, 张露, 傅志丰. 高效液相色谱串联质谱鉴定甘薯叶中的主要化学组成[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(7): 142-147.

- [12] 曹清河, 刘义峰, 李强, 等. 菜用甘薯国内外研究现状及展望[J]. 中国蔬菜, 2007, (10): 41-43.
- [13] 朱天文. 菜用甘薯的特性, 配套栽培和加工技术[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(6): 1176-1178.
- [14] 傅玉凡, 曾令江, 杨春贤, 廖志华, 张启堂. 叶菜型甘薯蔓尖黄酮类化合物含量在不同品种, 部位和采收期的变化[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(9): 1104-1107.
- [15] 曹清河, 魏猛, 唐君, 等. 菜用型甘薯多酚含量的测定及其基因型差异[J]. 江西农业学报, 2013, 25(4): 24-26.
- [16] He, W., Zeng, M., Chen, J., *et al.* (2016) Identification and Quantitation of Anthocyanins in Purple-Fleshed Sweet Potatoes Cultivated in China by UPLC-PDA and UPLC-QTOF-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **64**, 171-177. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04878>
- [17] 后猛, 张允刚, 刘亚菊, 等. 高花青素型甘薯新品种徐紫薯 4 号产量及营养品质性状研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(5): 1895-1898.
- [18] Islam, M.S., Yoshimoto, M., Terahara, N., *et al.* (2002) Anthocyanin Compositions in Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) Leaves. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **66**, 2483-2486. <https://doi.org/10.1271/bbb.66.2483>
- [19] 孙健, 王洪云, 钮福祥, 等. 不同品种紫甘薯花青素含量及抗氧化活性差异[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(12): 323-324.
- [20] 时晓东, 刘良勇, 李云萍, 傅玉凡, 高峰. 紫色甘薯色素分布的多样性[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2011, 36(3): 166-171.
- [21] 杨汉民, 贾敬芬. 怎样制作植物徒手切片[J]. 植物杂志, 1978, 4: 17.
- [22] Kim, H.W., Kim, J.B., Cho, S.M., *et al.* (2012) Anthocyanin Changes in the Korean Purple-Fleshed Sweet Potato, Shinzami, as Affected by Steaming and Baking. *Food Chemistry*, **130**, 966-972.
- [23] 谢小焕, 赵樱, 罗薇, 等. 不同甘薯品种苗期茎尖醇溶提取物清除 DPPH 的行为特征差异[J]. 中国农业科学, 2013, 46(2): 270-281.
- [24] 谭玲玲, 侯晓敏, 胡正海. 狭叶柴胡营养器官中柴胡皂苷和黄酮类化合物的积累部位及含量比较[J]. 西北植物学报, 2014, 34(2): 276-281.
- [25] 许虎, 王媚, 刘训红, 等. 罗布麻叶中黄酮类成分的定位与相对定量[J]. 药学学报, 2011, 46(8): 1004-1007.
- [26] 沙琴, 闫瑞霞, 王立, 等. 紫山药营养器官中花色苷组织化学定位初探[J]. 江西农业学报, 2015, 27(3): 30-32.
- [27] 谢一芝, 郭小丁, 贾赵东, 马佩勇, 边小峰. 紫心甘薯育种现状及展望[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(5): 709-713.
- [28] 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): 46-52.
- [29] 邱永祥, 胡蓉, 林武, 等. 紫肉色甘薯新品种福薯9号的选育和栽培要点[J]. 福建农业学报, 2009, 24(6): 500-503.
- [30] 吴卓生, 冯顺洪, 方贻昭. 紫色甘薯新品种新普紫的选育[J]. 广东农业科学, 2009, 8: 40-41.
- [31] Philpott, M., Ferguson, L.R., Gould, K.S., *et al.* (2009) Anthocyanidin-Containing Compounds Occur in the Periderm Cell Walls of the Storage Roots of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*). *Journal of Plant Physiology*, **166**, 1112-1117.
- [32] Koba, Y.T., Ikoma, H., Mochida, H., *et al.* (1998) Effect of Cultural Conditions on Anthocyanin Content of Purple Colored Sweet Potato. *Sweetpotato Research Front*, **6**, 3.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：br@hanspub.org