

董月, 安霞, 张辉, 等. 不同品种甘薯的生物量累积、养分吸收和分配规律[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2): 313-318.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2016.02.012

不同品种甘薯的生物量累积、养分吸收和分配规律

董月, 安霞, 张辉, 马洪波, 宁运旺, 张永春

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所/农业部江苏耕地保育科学观测实验站, 江苏 南京 210014)

摘要: 为研究不同品种甘薯的养分吸收和分配规律, 选用广薯 87、苏薯 16、南薯 88、宁紫薯 1 号和宁紫薯 2 号 5 个甘薯品种移栽于江苏省农业科学院六合基地, 在不同生育期取样并测定各品种甘薯的氮、磷、钾养分吸收及干物质分配情况。结果表明, 淀粉型甘薯南薯 88 干物质累积速率最快, 相同条件下更容易获得高产。食用型甘薯广薯 87 和苏薯 16 收获期薯比最低, 分别为 0.20 和 0.21, 表明光合产物向地下部转移比例更高。地上部旺长期, 甘薯氮、磷、钾吸收速率分别为 1 株 21.21 mg/d、8.19 mg/d 和 25.68 mg/d; 薯块膨大期, 甘薯氮、磷、钾养分吸收速率分别为 1 株 7.40 mg/d、2.83 mg/d 和 11.17 mg/d。不同品种甘薯每形成 1 000 kg 鲜薯所需要的养分不同, 其中宁紫薯 2 号和南薯 88 所需养分总量最高, 分别为 10.29 kg 和 8.98 kg。供试品种中紫甘薯对磷的需求量较其他品种高, 食用型甘薯对氮的需求量较其他品种高, 南薯 88 和宁紫薯 2 号对钾的需求量较其他品种高, 但总体来说甘薯养分吸收量大小顺序是钾>氮>磷。

关键词: 甘薯; 养分吸收和分配; 氮磷钾

中图分类号: S143.1, S531.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)02-0313-06

Biomass accumulation and nutrients uptake and distribution in sweet potato cultivars

DONG Yue, AN Xia, ZHANG Hui, MA Hong-bo, NING Yun-wang, ZHANG Yong-chun

(*Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Scientific Observation and Experimental Station of Arable Land Conservation of Jiangsu Province, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China*)

Abstract: Five sweet potato cultivars, Guangshu 87, Sushu 16, Nanshu 88, Ningzishu 1 and Ningzishu 2 were selected to study the nutrient transportation without fertilization. Sweet potato with high starch content, Nan 88, showed the fastest dry matter accumulation which made it easier to achieve high yield under the same condition. The shoot ratio of Guangshu 87 and Sushu 16, lower than other cultivars, were 0.20 and 0.21 respectively, indicating that more products of photosynthesis were transferred to root. The average daily uptake of nitrogen, phosphorus and potassium by sweet potato in

the vigorous growth period of shoots were 21.21 mg, 8.19 mg, 25.68 mg per plant respectively, which in the enlargement period of tuber were 7.40 mg, 2.83 mg and 11.17 mg per plant respectively. The amount of nutrients needed for the yield of 1 000 kg fresh tubers varied with sweet potato cultivars. The total nutrient demands of Ningzishu 2 and Nanshu 88, were 10.29 kg and 8.98 kg, more than other cultivars. Purple sweet potato needed more phosphorus than other cultivars, edible sweet potato demanded more nitrogen, and Nanshu 88 needed

收稿日期: 2015-07-29

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项基金项目 (CARS-11-B-15); 江苏省农业科学院成果导向型重大项目 [CX (14) 2005-5]; 国家自然科学基金项目 (31401337); 江苏省农业科学院基本科研业务专项 [ZX (15) 4035]

作者简介: 董月 (1989-), 女, 江苏宜兴人, 硕士, 研究实习员, 主要从事植物营养研究。

通讯作者: 张永春, (E-mail) yczhang66@sina.com

more potassium. In general, the amount of nutrients uptaken by sweet potato was $K > N > P$.

Key words: sweet potato; nutrient uptake and distribution; nitrogen-phosphorus-potassium

甘薯 (*Ipomoea batatas* L.) 是旋花科多年生蔓生草本作物, 是中国重要的粮食作物和经济作物^[1-3]。中国是世界上最大的甘薯生产国, 根据世界粮农组织统计, 中国甘薯种植面积占世界甘薯种植面积的 45% 左右^[4]。而对养分进行有效的管理是农业生产的主要目标之一。甘薯属于块根类作物, 其根系既是矿质养分的吸收器官, 又是同化产物的贮存器官。

根据淀粉含量、食味性质、营养价值等特征甘薯可以分为淀粉型、食用型、兼用型、特用型和菜叶型^[5]。甘薯根系数量众多, 分布广泛, 具有良好的耐贫瘠能力, 但是获得高产还需要较多的养分吸收^[6]。研究表明, 甘薯种植区氮、磷、钾养分投入量平均为 207 kg/hm², 养分投入量显著低于其他粮食作物, 而氮、磷、钾的投入比例为 1.00:0.68:0.66 ($n=172$)^[7], 与前人甘薯高产栽培研究结果相比, 甘薯种植区养分投入比例失衡, 钾肥投入比例过少, 而磷肥投入比例偏高。要获得甘薯高产, 必须在生长前期促进地上部生长, 生长中后期防止茎叶徒长, 促进地下部块根的膨大, 也要防止茎叶早衰^[8]。

王小晶等研究结果表明, 分期施肥能够显著提高甘薯产量和改善甘薯品质^[9]。蔡艺艺等研究发现泉薯 2 号的氮、磷、钾养分吸收比例为 1.00:0.56:1.64^[10]。吴旭银等研究结果表明, 冀审薯 200001 的氮、磷、钾吸收比例为 1.00:0.34:1.51, 并且氮、磷、钾养分吸收主要集中在生长中期^[11]。不同品种甘薯在各生育期的养分吸收规律也有所不同, 因此研究不同品种甘薯各生育期的养分吸收及分配规律, 以指导不同品种甘薯、不同生育期的施肥措施, 既可以满足甘薯各生育阶段对养分的需求, 获得高产, 又可以减少养分损失, 提高肥料利用效率。本研究选用 5 个不同品种甘薯, 探讨不同品种甘薯各生育期对养分的需求规律, 旨在为不同品种甘薯科学施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试土壤为南京地区典型的马肝土, 有机质

16.3 g/kg、碱解氮 93.3 mg/kg、有效磷 8.2 mg/kg、速效钾 108.4 mg/kg, pH 6.5。供试甘薯品种为: 紫甘薯宁紫薯 1 号和宁紫薯 2 号, 淀粉型甘薯南薯 88, 食用型甘薯广薯 87 和苏薯 16。育苗移栽, 移栽规格为 0.90 m×0.23 m, 移栽密度为 1 hm²48 309 株。

1.2 试验设计

田间试验于 2014 年 6—11 月在江苏省农业科学院六合实验基地进行, 共设置 5 个试验大区, 每个试验大区面积为 667 m², 分别种植 5 个不同品种的供试甘薯, 全年不施肥。

1.3 取样

甘薯生育期大致可分成 3 个阶段, 分别为苗期 (约移栽后 0~30 d)、地上部旺长期 (约移栽后 31~60 d)、甘薯膨大期 (约移栽后 61 d 至收获)。甘薯移栽后分别于第 15 d、31 d、45 d、63 d、84 d、100 d、139 d 取样, 以保证每个生育期内均有取样, 每次每个品种甘薯随机取 15 株植株样, 随机分成 3 份, 每份 5 株。分地上和地下部分称质量后 105 ℃ 杀青 30 min, 60 ℃ 烘干至恒质量, 将烘干样品磨细, 分析全氮、全磷、全钾含量。

1.4 分析

植株样品采样 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮法消解后进行养分含量测定, 全氮、全磷、全钾分别采用凯氏定氮法、钼锑抗比色法、火焰光度计法测定。

2 结果与分析

2.1 不同品种甘薯各生育期干物质累积及分配

不同品种甘薯地上部和地下部干物质累积差别较大, 淀粉型甘薯南薯 88 地上部干物质累积速率最快 (图 1)。第 31~45 d, 南薯 88 地上部干物质累积速率达到 3.51 g/d, 1 株, 远高于宁紫薯 1 号 (1.42 g/d, 1 株) 和宁紫薯 2 号 (2.40 g/d, 1 株), 而广薯 87 和苏薯 16 地上部干物质累积速率最低, 分别为 0.38 g/d, 1 株和 0.41 g/d, 1 株。

甘薯地下部生物量决定甘薯的最终产量。图 1 显示, 地下部干物质累积量也是淀粉型甘薯南薯 88 最高, 收获期地下部干质量达到 1 株 200.5 g, 远高于食用型甘薯广薯 87 (1 株 144.2 g) 和苏薯 16 (1 株 163.2 g), 紫甘薯宁紫薯 1 号、宁紫薯 2 号收获期地

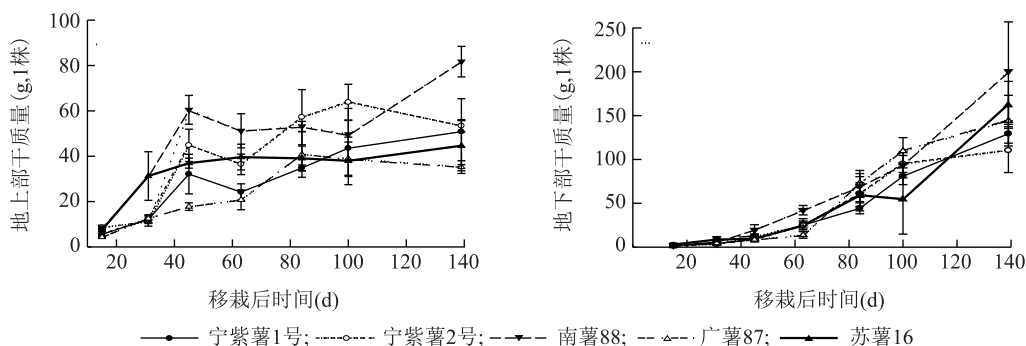


图1 不同品种甘薯各生育期地上部和地下部干物质累积量

Fig.1 Dry matter accumulated in the above-ground and underground parts of sweet potato cultivars at different growth stages

下部干质量最低,分别为1株129.4 g和1株110.3 g。表明,相同地力条件下,淀粉型甘薯地上部生长较快,并且更容易获得高产。

甘薯最终产量的形成,不仅依赖于光合产物的形成,还依赖于光合产物的运输和分配^[12]。甘薯的蔓薯比值(甘薯地上部分与地下部分的干物质质量之比)不仅能够反映甘薯地上部和地下部干物质的分配状况,也能够反映甘薯地上部与地下部生长是否协调,是甘薯栽培中采取促控措施的可靠依据^[13]。由图2可以看出,在移栽后45 d甘薯进入薯块盛长期,地上部与地下部干物质累积比例迅速下降。食用型甘薯广薯87和苏薯16在移栽后45~63 d时蔓薯比开始下降,而后蔓薯比保持较低比例,收获期广薯87和苏薯16的蔓薯比分别达到0.20和0.21。南薯88、宁紫薯1号和宁紫薯2号在收获期蔓薯比分别是0.30、0.28和0.33。

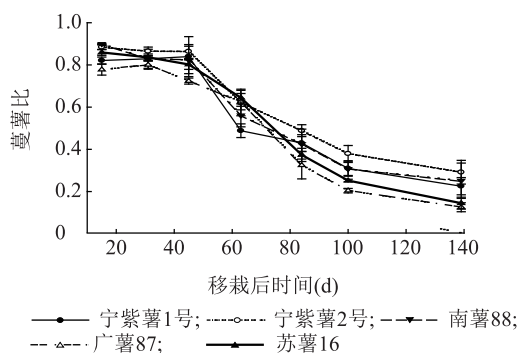


图2 不同品种甘薯各生育期干物质分配比例

Fig.2 Dry matter distribution in sweet potato cultivars at different growth stages

2.2 不同品种甘薯各生育期养分吸收和分配状况

有研究表明,氮肥是影响甘薯产量的主要

因素之一,氮素影响甘薯前期根系生长和分化,而氮肥用量过高会导致甘薯茎叶徒长,经济产量降低^[4, 14]。如图3所示,甘薯地上部氮吸收速率在生长前期(31~45 d)达到最高,平均为21.21 mg/d,1株,此时为地上部旺长期。生长前期南薯88和宁紫薯2号地上部对氮的吸收较快,分别为34.54 mg/d,1株和36.59 mg/d,1株,其次为紫甘薯宁紫薯1号,为18.50 mg/d,1株,食用型甘薯广薯87和苏薯16生长前期地上部对氮的吸收速率相对较慢,分别为9.00 mg/d,1株和7.41 mg/d,1株。

甘薯移栽后第45 d,由于薯块膨大,地上部养分向贮存器官薯块转移,以及老叶凋落等,地上部氮吸收量呈现下降趋势。随着甘薯块根不断膨大,甘薯地下部氮吸收量呈上升趋势。甘薯地下部对氮的吸收主要集中在移栽63 d后,但不同品种甘薯地下部氮吸收量和主要吸收时期不同,第63~100 d广薯87氮吸收速率较快,达到15.11 mg/d,1株,第100~139 d南薯88氮吸收速率较快,达到11.45 mg/d,1株。

甘薯对磷的需求量虽然少于氮和钾,但磷的供给状况对甘薯的生长和品质有重要影响,施用量磷肥有利于甘薯块根内物质的积累,提高甘薯产量^[15]。但是不同品种甘薯各生育期对磷的需求量不同。如图4所示,生长前期(30~45 d)甘薯地上部出现磷吸收的高峰期,达到8.19 mg/d,1株,且吸收速率淀粉型甘薯大于紫甘薯和食用型甘薯。生长中后期,甘薯地上部磷吸收量下降,可能是与地上部老叶凋落,及地上部养分向地下部转移有关。

甘薯地下部对磷的吸收随着干物质累积而增加。淀粉型甘薯南薯88地上部和地下部对磷的累积量最高,收获期地下部磷吸收量总值达到,1株

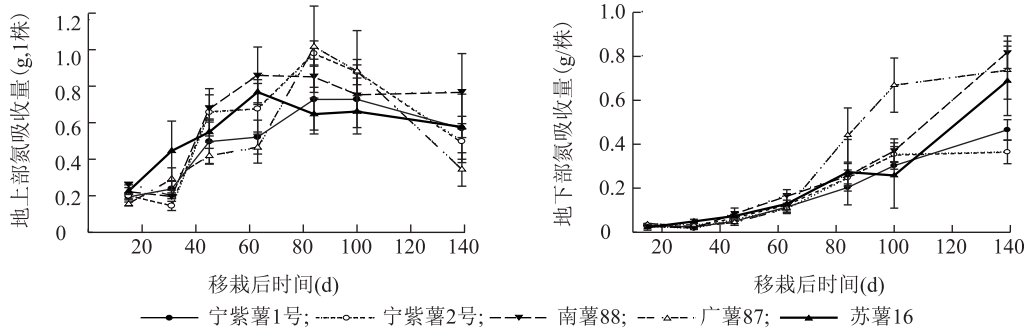


图3 不同品种甘薯各生育期地上部和地下部氮吸收量

Fig.3 Nitrogen uptake in the above-ground and underground parts of sweet potato cultivars at different growth stages

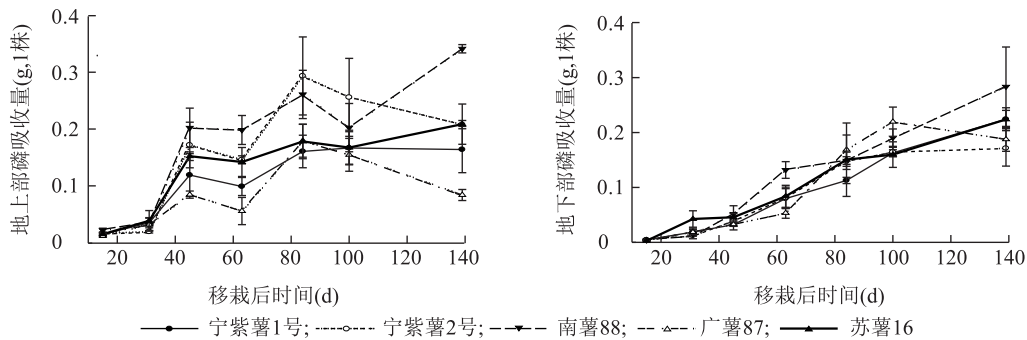


图4 不同品种甘薯各生育期地上部和地下部磷吸收量

Fig.4 Phosphorus uptake in the shoot and root of sweet potato cultivars at different growth stages

0.62 g, 高于收获期紫甘薯(平均为1株0.20 g)和食用型甘薯(1株0.21 g)。可见淀粉型甘薯对磷的吸收量相对较高。也有研究结果表明,施用磷肥能够显著提高淀粉型甘薯产量^[16]。甘薯磷吸收的高峰期主要集中在地上部旺长期和薯块膨大期,分别为9.54 mg/d, 1株和6.95 mg/d, 1株。

甘薯是典型的喜钾类作物,对钾肥需求量较大。合理施用钾肥能够提高甘薯净同化率,增加光合产物在块根中的分配比例^[17-18]。同一作物不同基因型对钾的吸收和利用能力存在显著差异,如不同甘薯品种间吸钾量的干物质累积差异可高达4.0~10.0倍^[19]。如图5所示,不同品种甘薯对钾的吸收量不同,甘薯钾吸收总量以淀粉型甘薯南薯88最高,达到1株2.85 g,显著高于其他类型甘薯;其次为宁紫薯2号和苏薯16,钾吸收总量分别为1株1.77 g和1.58 g;宁紫薯1号和广薯87钾吸收量相对较低,分别为1株1.37 g和1株1.22 g。

甘薯地上部对钾的吸收呈现先增长后下降的趋

势,在生长中期(63~100 d)达到较高水平,生长初期和收获期地上部钾含量较低。而地下部对钾的吸收量随着地下部生物量累积而逐步升高,且在生长中后期有明显上升趋势。甘薯对钾的吸收速率呈现先升高后降低的趋势,第31~45 d各品种甘薯对钾的平均吸收速率达到最高,为38.64 mg/d, 1株。

2.3 不同品种甘薯氮、磷、钾养分需求特征

甘薯在生长过程中需要吸收大量的氮、磷、钾养分,不同品种甘薯形成1 000 kg鲜薯的养分需求量和比例不同。如表1所示,不同品种甘薯每形成1 000 kg鲜薯所吸收的氮占22.3%~34.6%,磷占18.4%~24.9%,钾占45.8%~55.3%。其中宁紫薯2号和南薯88每形成1 000 kg鲜薯所需要的养分总量最高,分别为10.29 kg和8.98 kg。紫甘薯对磷的需求量相对较高,每形成1 000 kg鲜薯宁紫薯1号和宁紫薯2号吸收的磷分别占所需养分总量的24.9%和22.4%;食用型甘薯对氮的需求量较高,每形成1 000 kg鲜薯广薯87和苏薯16吸收的氮分别

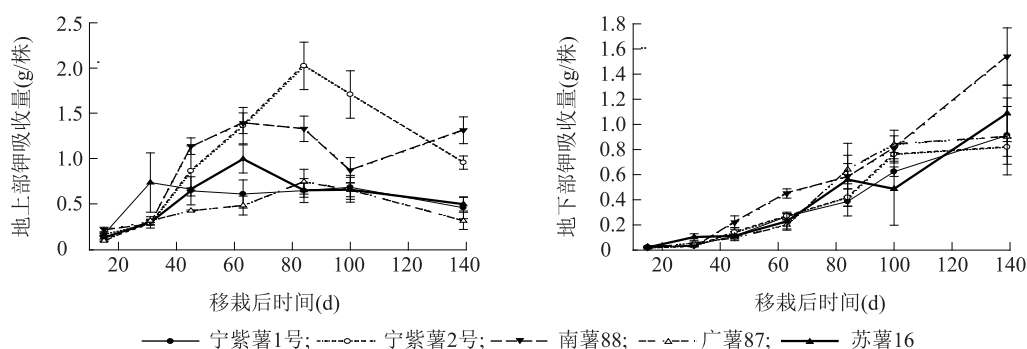


图5 不同品种甘薯各生育期地上部和地下部钾吸收量

Fig.5 Potassium uptake in the shoot and root of sweet potato cultivars at different growth stages

占养分需求总量的 34.6%和 30.4%;宁紫薯 2 号和南薯 88 对钾的需求量相对较高,分别占养分需求总量的 55.3% 和 53.2%。

表 1 形成 1 000 kg 鲜薯各品种甘薯的养分吸收量

Table 1 Nutrients uptake in sweet potato to produce 1 000 kg tubers

品种	N 吸收量 (kg)	P ₂ O ₅ 吸收量 (kg)	K ₂ O 吸收量 (kg)	养分比例
宁紫 1 号	1.93	1.66	3.08	1:0.86:1.60
宁紫 2 号	2.29	2.31	5.69	1:1.00:2.48
南薯 88	2.21	1.99	4.78	1:0.90:2.16
广薯 87	2.22	1.18	3.01	1:0.53:1.36
苏薯 16	2.16	1.69	3.26	1:0.78:1.51

3 讨 论

甘薯具有一定的耐贫瘠特性,中国甘薯种植区域分布和种植规模差异较大,主要分布于山区及其他作物难以适应的贫瘠土壤,甘薯养分投入管理不受重视^[4, 20-21]。适当施肥有利于作物干物质累积和品质的改善,但不合理施肥和养分比例不当等容易造成甘薯产量和品质下降,影响甘薯产业发展,过量施肥会造成资源浪费、土壤质量下降,进而破坏土壤生态系统平衡^[22]。

甘薯对氮、磷、钾养分的吸收随甘薯的品种和生产条件而变化,但总体来说甘薯对养分的吸收量顺序是钾>氮>磷。氮、磷、钾养分对甘薯薯块形成及产量有很大的影响^[4, 9, 23-26]。宁运旺等研究结果表

明缺氮显著降低甘薯各部位的生物量,而生长前期适度缺氮有利于甘薯不定根向块根方向发展^[23]。王小晶等研究发现,分期使用氮、磷、钾肥能够显著提高甘薯产量,甘薯膨大期增施氮、钾有利于获得高产^[9]。本研究发现甘薯地上部旺长期和薯块膨大期对氮、磷、钾养分需求量较高,生长后期对氮、磷、钾养分的吸收量较小。宁运旺等研究发现宁紫薯 1 号在不施肥土壤(有机质 16.0 g/kg,碱解氮 119.4 mg/kg,有效磷 11.4 mg/kg,速效钾 190.8 mg/kg,pH 6.6)上氮、磷、钾吸收比例为 1.00:0.80:2.51。本研究中宁紫薯 1 号氮、磷、钾吸收比例为 1:0.86:1.60,甘薯对氮、磷、钾的吸收比例随生产条件的变化而有一定差异,在不同施肥条件下的氮磷钾吸收总量和比例差异显著^[7]。

不同品种甘薯养分吸收量显著不同,养分吸收的数量和比例存在较大的差异。曹炳阁等研究结果表明苏薯 8 号在高地力条件下每生产 1 000 kg 鲜薯需要养分总量为 70.9 kg,养分吸收比例 N:P₂O₅:K₂O=1.00:0.43:1.39^[27];王殿武等研究结果表明徐薯 18 对氮、磷吸收量显著高于烟薯 64,对钾的吸收则相反^[28]。本研究发现每形成 1 000 kg 鲜薯所需要的养分总量大小顺序为宁紫薯 2 号>南薯 88>苏薯 16>宁紫薯 1 号>广薯 87;其中紫甘薯对磷的吸收比例较其他品种高,而食用型甘薯对氮的吸收比例较其他品种高。

因此,施肥时应考虑不同品种甘薯以及同一品种甘薯不同生育期的营养特性和需肥规律,采取针对性施肥方案和合理氮磷钾比例,既能够获得高产,也能减少化肥投入,建立环境友好、高产优质的施肥措施。

参考文献:

- [1] 王丽红.高寒冷凉山区红薯高产栽培技术[J].云南农业科技, 2013(5): 50-51.
- [2] 刘庆昌.甘薯在我国粮食和能源安全中的重要作用[J].科技导报, 2004(9): 21-22.
- [3] 刘明慧,王 钊,王西红,等.甘薯在西部农业经济中的重要作用[J].中国农业科技导报, 2005,7(6): 49-52.
- [4] 唐忠厚,李洪民,张爱君,等.长期定位施肥对甘薯块根产量及其主要品质的影响[J].浙江农业学报, 2010, 22(1): 57-61.
- [5] 马代夫,李洪民,李秀英,等.甘薯育种与甘薯产业发展[M].北京:中国农业大学出版社, 2005: 3-10.
- [6] 杜连起,赵永光,李润丰,甘薯茎尖营养成分分析及评价[J].中国农学通报, 2006, 22(6): 99-101.
- [7] 宁运旺,张永春,朱绿丹,等.甘薯的氮磷钾养分吸收及分配特性[J].江苏农业学报, 2011, 27(1): 71-74.
- [8] 张庆会,徐步东.试论影响甘薯块根形成和膨大的因素[J].作物杂志, 1995(2): 28-30.
- [9] 王小晶,蔡国学,王 洋,等.氮磷钾分期施用对甘薯产量和品质的影响[J].中国农学通报, 2011, 27(7): 188-192.
- [10] 蔡艺艺,陈国防,盛锦寿.氮磷钾肥对甘薯养分积累的影响[J].农技服务, 2008(11): 21-23.
- [11] 吴旭银,张淑霞.甘薯“冀审薯 200001”氮磷钾吸收特性的研究[J].河北职业技术师范学院学报, 2001, 15(3): 1-4.
- [12] 任丽花,刘文静.甘薯氮肥效应研究[J].福建农业科技, 2013(8): 59-61.
- [13] 宗学风,张建奎.甘薯品种光合生理指标与薯干产量之间关系的初步研究[J].西南农业大学学报, 2001, 23(3): 216-218.
- [14] 宁运旺,马洪波,张 辉,等.氮、磷、钾对甘薯生长前期根系形态和植株内源激素含量的影响[J].江苏农业学报, 2013, 29(6): 1326-1332.
- [15] 唐忠厚,李洪民,张爱君,等.长期施用磷肥对甘薯主要品质性状与淀粉 RVA 特性的影响[J].植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 391-396.
- [16] 张海燕,董顺旭.氮磷钾不同配比对甘薯产量和品质的影响[J].山东农业科学, 2013(3): 76-79.
- [17] 王汝娟,王振林,梁太波,等.腐植酸钾对食用甘薯品种钾吸收、利用和块根产量的影响[J].植物营养与肥料学报, 2008, 14(3): 520-526.
- [18] 陈晓光,史春余,李洪明,等.施钾时期对食用甘薯光合特性和块根淀粉积累的影响[J].应用生态学报, 2013, 24(3): 759-763.
- [19] 姜存仓,王运华,鲁剑巍,等.植物钾效率基因型差异机理的研究进展[J].华中农业大学学报, 2004, 23(4): 483-487.
- [20] 邵 侃,卜风贤.明清时期粮食作物的引入和传播——基于甘薯的考察[J].安徽农业科学, 2007, 35(22): 7002-7003.
- [21] 胡良龙,胡志超,谢一芝,等.我国甘薯生产机械化技术路线研究[J].中国农机化, 2011(6): 20-25.
- [22] 朱兆良,孙 波,杨林章,等.我国农业面源污染的控制政策和措施[J].科技导报, 2005(23): 47-51.
- [23] 宁运旺,马洪波,许仙菊,等.氮磷钾缺乏对甘薯前期生长和养分吸收的影响[J].中国农业科学, 2012, 46(3): 486-495.
- [24] 沈学善,黄 钢,屈会娟,等.施钾量对南紫薯 008 干物质生产和硝酸盐积累的影响[J].南方农业学报, 2014, 45(2): 235-239.
- [25] 林子龙.种植密度与钾肥对甘薯新品种龙薯 14 号产量的影响[J].南方农业学报, 2015, 46(6): 1002-1006.
- [26] 高璐阳,房增国.不同施氮水平对甘薯生长前期根系生物学特性的影响[J].江苏农业科学, 2015, 43(10): 122-125.
- [27] 曹炳阁,张 辉,张永春,等.不同地力条件下苏薯 8 号的养分吸收与氮肥推荐研究[J].土壤, 2013, 45(4): 598-603.
- [28] 王殿武,张建平.太行山低山丘陵区旱作甘薯吸肥规律研究[J].中国农学通报, 2000, 16(2): 17-19.

(责任编辑:张震林)