

doi:10.7668/hbnxb.2014.06.032

施氮量对鲜食型甘薯产量、品质及氮素利用的影响

高璐阳^{1,2}, 房增国¹, 史衍玺¹

(1. 青岛农业大学 资源与环境学院, 山东 青岛 266109; 2. 金正大生态工程集团股份有限公司, 山东 临沂 276700)

摘要:探讨施氮量对甘薯产量、品质及氮素利用的影响,为甘薯氮肥管理提供理论参考。以鲜食型甘薯(龙薯9和烟薯25)为试材,通过盆栽试验研究了不同施氮量对鲜食型甘薯生物学指标、产量、品质及氮素利用的影响。结果表明,鲜食型甘薯的蔓长、分枝数、节间长度、叶柄长和叶宽等生物学指标均随施氮量的增加而增加。适当增施氮肥可显著提高薯块产量、商品薯率和单株薯块数。适量的氮肥可显著提高薯块中可溶性糖和Vc含量,薯块中可溶性蛋白、粗蛋白以及硝酸盐含量均随施氮量的增加而增加。通过二次曲线模拟可知:龙薯9和烟薯25的最高产量施氮量分别为166.60,153.13 mg/kg。甘薯的氮素积累量随施氮量的增加而增加,氮素吸收效率和氮素利用效率均随施氮量的增加而下降,且品种间氮素吸收效率表现为短蔓品种(龙薯9)小于长蔓品种(烟薯25),氮素利用效率表现为短蔓品种(龙薯9)大于长蔓品种(烟薯25)。减少氮肥施用量可显著提高甘薯氮肥利用率。

关键词:氮肥;鲜食型甘薯;产量;品质;氮素利用

中图分类号:S143.1;S531 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2014)06-0189-06

Effects of Nitrogen Application on Yield, Quality and Nitrogen Utilization of Fresh-eating Sweet Potato

GAO Lu-yang^{1,2}, FANG Zeng-guo¹, SHI Yan-xi¹

(1. College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China;

2. Kingenta Ecological Engineering Group Co., Ltd., Linyi 276700, China)

Abstract: To investigate the effects of nitrogen application on yield, quality and nitrogen utilization of sweet potato to provide a theoretical reference for the sweet potato nitrogen management. The effects of nitrogen application on biological index, yield, quality and nitrogen utilization have been studied in the pot experiment. The cultivar of fresh-eating sweet potatoes (Longshu 9 and Yanshu 25) were selected as experimental materials. The results showed that the biological index such as vine length, branch number, length of internode, petiole length and so on were increased with the increase of nitrogen application. Appropriate nitrogen application could significantly increase the tuber yield, commodity rate and tuber number of per plant, and increase the tuber soluble sugar and Vc content. The tuber soluble protein, crude protein and nitrate content increased with the increase of nitrogen application. Simulated by a quadratic curve: the yields of fresh-eating sweet potato reach their maxima under 166.60 mg/kg (Longshu 9) and 153.13 mg/kg (Yanshu 25). The nitrogen accumulation increased with the increase of nitrogen application, nitrogen uptake efficiency and nitrogen use efficiency decreased with the increase of nitrogen application, the difference of cultivars on nitrogen uptake efficiency showed that short vine cultivar (Longshu 9) less than long vine cultivar (Yanshu 25), but the difference of cultivars on nitrogen use efficiency showed that short vine cultivar (Longshu 9) more than long vine cultivar (Yanshu 25). Reduce nitrogen application could increase the nitrogen use efficiency of fresh-eating sweet potato significantly.

Key words: Nitrogen; Fresh-eating sweet potato; Yield; Quality; Nitrogen utilization

甘薯 (*Ipomoea batatas* Lam.) 是世界上最重要的粮食作物之一,尤其是种植效益较高的特色鲜食型

收稿日期:2014-09-15

基金项目:国家甘薯产业技术体系营养与栽培生理岗位项目(CARS-11-B-14);山东省薯类产业创新团队栽培与土壤岗位项目(SDATI-10-011-08)

作者简介:高璐阳(1987-),男,山东菏泽人,硕士,主要从事养分资源高效利用研究。

通讯作者:房增国(1971-),男,山东兰陵人,副教授,博士,主要从事养分资源高效利用及植物营养生理生态研究。

甘薯,在高效农业发展中占有重要的地位。随着人们生活水平的提高和营养保健意识的增强,近年消费者对鲜食型甘薯及其制品的需求增加,鲜食型甘薯生产得以迅速发展,其产量和品质备受关注^[1-2]。在作物养分管理中,化肥的增产作用已获共识^[3],但农业生产上化肥的不合理施用,严重地制约着中国农业的可持续发展,其中氮肥是影响作物生长和产量的重要物质^[4-5]。合理施用氮肥是目前植物营养界研究的热点,氮肥的施用量对作物产量、品质及氮素利用有显著的影响^[6-7]。在甘薯生产上存在着氮肥盲目施用的现象,这既增加了生产成本,也影响了甘薯的产量和品质,降低了甘薯的生产效益^[8]。在保证甘薯产量和品质的前提下,提高甘薯氮素利用率,实现甘薯产量、品质和氮素利用率的协调统一是当前甘薯生产亟须解决的问题之一。目前,关于氮肥对其他作物产量、品质和氮素利用率的影响研究较多^[9-10],而氮肥对鲜食型甘薯产量、品质和氮素利用的影响研究还少见报道。本研究使用营养钵田间盆栽的种植方式,通过不同氮肥用量对鲜食型甘薯产量、品质和氮素利用影响的研究,以为鲜食型甘薯氮肥的合理施用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于2012年6-10月在青岛市城阳区百埠庄试验基地进行。土壤取自田间0~20 cm耕层土壤,其基本化学性质为:有机质 14.8 g/kg,碱解氮 47.61 mg/kg,速效磷 29.21 mg/kg,速效钾 101.67 mg/kg。采用可容纳 20 kg 土壤的营养钵栽培,钵体高 35 cm,上口径 40 cm,下口径 35 cm。供试鲜食型甘薯品种为龙薯 9(短蔓型)和烟薯 25(长蔓型)。试验所用秧苗为国家甘薯产业技术体系营养与栽培生理岗位课题组自育苗,炼苗后选取大小基本一致的秧苗于2012年6月16日栽插,甘薯生长期间采用当地常规管理,10月28日收获。

1.2 试验设计

每个营养钵栽秧 1 株薯苗。试验设置 4 个氮水平,每盆施入纯氮 0, 2.0, 4.0, 8.0 g,折合施 N 量为 0, 100, 200, 400 mg/kg,分别以 N_0 、 N_1 、 N_2 、 N_3 表示,完全随机排列,每个处理重复 4 次。各处理的磷、钾肥用量一致。每个营养钵用量为 P_2O_5 1.5 g, K_2O 3.0 g 均用作底肥一次性施入。

1.3 测定方法

收获期统一采样,测量每株主蔓长、分枝数、主蔓节间长度、叶柄长、叶宽等生物学指标,并记录每

株地上鲜质量、薯块鲜质量、单株薯块数、单薯重;选取具有代表性的薯块,洗净后晾干,一部分切成粒状,采用四分法取 200 g 样品,置于干燥箱内 105 °C 杀青 30 min, 65 °C 烘干,粉碎,用于全 N 的测定,另一部分用于品质指标测定;同时测定地上部和薯块含水量。

1.4 测定项目与计算方法

植株全氮采用半微量凯氏定氮法测定;粗蛋白采用薯块全氮含量 $\times 6.25$;维生素 C 采用 2,6-二氯靛酚滴定法^[11];可溶性糖采用蒽酮比色法^[12];可溶性蛋白采用考马斯亮蓝法^[12];硝酸盐含量采用紫外分光光度法^[13]。

有关指标的计算方法如下^[14]:

氮素积累量(N accumulation amount, g/株) = 植株干物质积累总量 \times 植株含氮量;

氮素吸收效率(N uptake efficiency, kg/kg) = 植株氮素积累量/土壤有效氮量(施入氮肥量 + 当季土壤氮供应量);

氮素利用效率(N utilization efficiency, kg/kg) = 薯块干物质质量/植株氮素积累量;

氮肥利用率(Fertilizer-N utilization efficiency) = (施氮区植株氮素积累量 - 不施氮区植株氮素积累量)/施氮量 $\times 100\%$ 。

试验数据采用 SAS 6.12 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 施氮量对鲜食型甘薯生物学性状的影响

2 个鲜食型甘薯品种蔓长、分枝数、节间长度、叶柄长和叶宽均随施氮量的增加而增加(表 1)。龙薯 9 的蔓长在处理 N_1 、 N_2 、 N_3 下分别为 N_0 的 1.64, 2.00, 2.19 倍,烟薯 25 的蔓长在处理 N_1 、 N_2 、 N_3 下分别为 N_0 的 1.33, 1.42, 1.52 倍,各个处理间差异显著;龙薯 9 的分枝数在处理 N_1 、 N_2 、 N_3 下分别为 N_0 的 1.12, 1.96, 2.00 倍,除 N_1 与 N_0 差异不显著外,其余处理与 N_0 差异显著;烟薯 25 的分枝数在处理 N_1 、 N_2 、 N_3 下分别为 N_0 的 1.06, 1.26, 1.46 倍;龙薯 9 的节间长度除处理 N_2 与 N_3 差异不显著外,其余处理差异显著,烟薯 25 则表现为施氮与不施氮差异显著,而 N_1 、 N_2 、 N_3 处理间差异不显著;2 个品种的叶柄长施氮处理均与 N_0 差异显著;2 个品种的叶宽均表现出高 N 处理(N_2 、 N_3)与 N_0 差异显著。

2.2 施氮量对鲜食型甘薯产量及产量构成的影响

由表 2 可以看出,2 个甘薯品种地上部鲜质量均随施氮量的增加而增加,各处理间差异显著。龙薯 9 在处理 N_1 、 N_2 、 N_3 下地上部鲜质量分别为 N_0 的

1.28,1.54,2.13 倍,烟薯 25 在处理 N_1 、 N_2 、 N_3 下地上部鲜质量分别为 N_0 的 1.25,1.59,1.77 倍;薯块鲜质量 2 个品种均为在处理 N_1 时达到最大,与其他处理差异显著,而后随施氮量增加薯块鲜质量下降,说明适当的增施氮肥可以提高薯块产量。

由表 2 可知,适量的施用氮肥鲜食型甘薯平均

每株薯块数增加。龙薯 9 的每株薯块数在 N_1 与其他处理差异显著,烟薯 25 的每株薯块数在 N_0 、 N_1 时最多,与其他各处理差异显著;2 个甘薯品种的商品薯率均为 N_1 时最高,由此可以看出,适当的增施氮肥,对提高鲜食型甘薯商品率和单株薯块数有一定作用,但过量施用氮肥则致其下降。

表 1 施氮量对鲜食型甘薯生物学性状的影响

Tab.1 The effects of nitrogen application on biology character of the fresh-eating sweet potato

基因型 Genotype	处理 Treatment	蔓长/cm Vine length	分枝数/个 Branching number	节间长度/cm Internode length	叶柄长/cm Petiole length	叶宽/cm Leaf width
龙薯 9 Longshu 9	N_0	84.33d	8.25b	3.17c	21.00c	12.15b
	N_1	138.31c	9.33b	3.73b	32.01b	13.67ab
	N_2	168.22b	16.35a	4.83a	36.67ab	15.33a
	N_3	184.67a	16.67a	5.17a	39.67a	16.41a
烟薯 25 Yanshu 25	N_0	196.32d	11.67b	3.90b	27.33c	14.67c
	N_1	260.43c	12.33b	5.20a	34.23b	16.67c
	N_2	278.33b	14.67ab	5.21a	38.14b	19.67b
	N_3	297.67a	17.00a	5.60a	45.33a	23.33a

注:同一列内同一品种标以不同字母表示差异达到 5% 显著水平。表 2~4 同。

Note:In each cultivar, values followed by a different letters represented significantly different at 0.05 probability level. The same as Tab.2~4.

表 2 施氮量对鲜食型甘薯产量及产量构成的影响

Tab.2 The effects of nitrogen application on yield and components of the fresh-eating sweet potato

基因型 Genotype	处理 Treatment	地上部鲜质量 /(g/plant) Shoot yield	薯块鲜质量 /(g/plant) Tuber yield	薯块数 Tuber number	商品薯率/% Commodity rate	T/R	收获指数/% HI
龙薯 9 Longshu 9	N_0	799d	1 162b	3.50b	82.13	0.69c	59.26a
	N_1	1 024c	1 408a	4.50a	93.54	0.73c	57.89a
	N_2	1 229b	1 232b	3.57b	77.62	1.00b	50.06b
	N_3	1 704a	973c	3.22b	69.19	1.75a	36.35c
烟薯 25 Yanshu 25	N_0	1 234d	1 072b	5.26a	61.84	1.15c	46.49a
	N_1	1 540c	1 203a	5.07a	96.13	1.28c	43.86a
	N_2	1 967b	1 107b	3.93b	54.59	1.78b	36.01b
	N_3	2 183a	805c	2.21c	39.46	2.71a	26.94c

甘薯地上部生长与地下薯块膨大之间的关系,可用 T/R 值来表示(即地上部产量/地下薯块产量)。T/R 值愈大,表示甘薯的同化产物在地上部分配越多,而 T/R 值愈小,则同化产物在地下薯块分配越多。鲜食型甘薯不同氮水平下 T/R 差异显著(表 2),龙薯 9 的 N_1 、 N_2 、 N_3 处理分别比 N_0 处理增长了 5.8%,44.9%,153.6%;烟薯 25 的 N_1 、 N_2 、 N_3 处理分别比 N_0 处理增长了 13.0%,54.8%,135.7%,表明适量的施用氮肥对 T/R 无显著影响,有利于产量形成;过多施用氮肥极大促进了光合产物向地上部分分配,对形成薯块不利。由表 2 可以看出,随施氮量的增加,2 个品种的收获指数(HI 即收获期薯块干物质量/植株干物质总量)逐渐减小,其中龙薯 9 的 N_1 、 N_2 、 N_3 处理分别比 N_0 处理减少了 1.37,9.20,22.91 个百分点;烟薯 25 的 N_1 、 N_2 、 N_3 处理分别比 N_0 处理减少了 2.63,10.48,19.55 个百分点,处理间差异显著,表明适量的施用氮肥对收获指数

无显著影响,过多施用氮肥极大降低了光合产物向薯块的分配,对形成薯块不利;短蔓品种龙薯 9 的收获指数大于长蔓品种烟薯 25。

将 2 个鲜食型甘薯品种的薯块产量和施氮量进行拟合(图 1),得到一元二次肥料效应方程: $Y_1 = -0.005X_1^2 + 1.666X_1 + 1 199, R^2 = 0.827$ (龙薯 9); $Y_2 = -0.004X_2^2 + 1.225X_2 + 1 087, R^2 = 0.966$ (烟薯

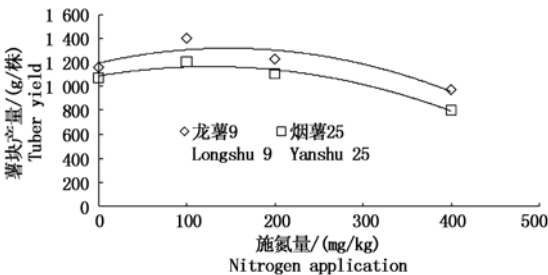


图 1 薯块产量与施氮量间的二次曲线关系
Fig.1 The conic curve of tuber yield and nitrogen application

25)。2个鲜食型甘薯品种的薯块产量和施氮量相关系数分别为0.827,0.966,说明在本试验条件下,两鲜食型甘薯品种薯块产量与施氮量之间有良好的相关性。通过肥料效应函数计算可知,龙薯9和烟薯25获得最高薯块产量时的施氮量分别为166.60,153.13 mg/kg,其最高薯块产量分别为1337.78,1180.79 g/株。

2.3 施氮量对鲜食型甘薯品质的影响

在本试验条件下,2个鲜食型甘薯可溶性糖的含量(以鲜质量计)随施氮量的增加先增加后减少(表3),2个品种均为 N_1 处理最高,与其他处理差异

显著,表明在一定范围内,土壤中氮水平增加可促进鲜食型甘薯薯块中可溶性糖积累,当氮水平较高时又产生抑制作用。可溶性蛋白(以鲜质量计)和粗蛋白含量(以干质量计)总体上均表现为随施氮量的增加而增加,施氮(N_1 、 N_2 、 N_3)与不施氮肥(N_0)差异显著;可溶性蛋白和粗蛋白品种间差异明显,总体来说,龙薯9的可溶性蛋白含量高于烟薯25。 V_c (以鲜质量计)是甘薯薯块的一个重要品质指标,尤其是鲜食型甘薯薯块。由表3可知,2个品种各处理薯块中 V_c 含量均表现为 N_1 显著高于其他处理。

表3 施氮量对鲜食型甘薯品质的影响

Tab.3 The effects of nitrogen application on quality of the fresh-eating sweet potato

基因型 Genotype	处理 Treatment	可溶性糖 /(g/100g) Soluble sugar	可溶性蛋白 /(mg/g) Soluble protein	粗蛋白 /(g/100g) Crude protein	维生素C /(mg/100g) V_c	硝酸盐 /(mg/kg) Nitrate
龙薯9 Longshu 9	N_0	3.79b	6.62c	5.88c	78.32b	103.17d
	N_1	4.00a	7.02b	7.38b	86.20a	166.76c
	N_2	3.52c	7.95a	7.69b	79.18b	248.82b
	N_3	3.33c	8.27a	8.25a	77.07b	344.64a
烟薯25 Yanshu 25	N_0	4.25b	5.05c	6.00c	91.50b	59.63d
	N_1	4.73a	6.07b	6.75b	100.63a	123.09c
	N_2	4.26b	7.15a	7.37a	94.44b	176.67b
	N_3	3.89c	7.29a	7.74a	86.38c	272.84a

薯块中硝酸盐含量(以鲜质量计)的高低是评价甘薯卫生安全品质标准的一个重要指标。通过表3可看出,与对照(N_0)相比。2个甘薯品种薯块中硝酸盐含量分别增加了61.6%~234.1%(龙薯9)和106.4%~357.6%(烟薯25),表明在低氮土壤上施用氮肥可显著地提高甘薯薯块中硝酸盐含量; N_1 、 N_2 、 N_3 之间也存在显著性差异,则表明在本试验条件下,薯块中的硝酸盐含量随施氮量的增加而增加,当施氮量为400 mg/kg时,薯块硝酸盐含量也最高,达344.64(龙薯9),272.84 mg/kg(烟薯25)。薯块中硝酸盐含量品种间存在差异,同一处理下龙薯9薯块中硝酸盐含量明显高于烟薯25;与对照

(N_0)相比,随施氮量增加,薯块中硝酸盐增加幅度表现为龙薯9略大于烟薯25。

2.4 施氮量对鲜食型甘薯氮素利用的影响

由表4可知,在本试验条件下,甘薯的氮素积累量随着施氮量的增加而增加。龙薯9在 N_1 、 N_2 、 N_3 处理分别比 N_0 处理增加29.3%,59.8%,100.9%;烟薯25在 N_1 、 N_2 、 N_3 处理分别比 N_0 处理增加33.1%,55.7%,54.0%。适量的施用氮肥对鲜食型甘薯氮收获指数(NHI即收获期薯块氮素积累量/植株氮素总积累量)无显著影响;过量的施用氮肥氮收获指数逐渐减小,品种间表现为短蔓龙薯9氮收获指数大于长蔓烟薯25。

表4 施氮量对鲜食型甘薯氮素利用的影响

Tab.4 The effects of nitrogen application on nitrogen utilization of the fresh-eating sweet potato

基因型 Genotype	处理 Treatment	氮素积累量 /(g/plant) N accumulation amount	氮收获指数/% NHI	氮素吸收效率 /(kg/kg) N uptake efficiency	氮素利用效率 /(kg/kg) N utilization efficiency	氮肥利用率/% Fertilizer-N utilization efficiency
龙薯9 Longshu 9	N_0	4.40c	54.13a	3.25a	52.85a	
	N_1	5.69c	58.19a	1.70b	49.48b	43.85c
	N_2	7.03b	43.62b	1.31c	35.03c	53.26a
	N_3	8.84a	29.54c	0.95d	22.01d	49.64b
烟薯25 Yanshu 25	N_0	5.28c	39.17a	3.90a	40.60a	
	N_1	7.03b	37.42a	2.10b	34.22b	59.37a
	N_2	8.22a	32.58b	1.54c	26.92c	59.48a
	N_3	8.13a	25.73c	0.87d	19.80d	31.87b

甘薯对氮素的吸收利用可用氮素吸收效率和氮素利用效率表征。不同施氮量对 2 个鲜食型甘薯品种氮素吸收效率、氮素利用效率的影响均达显著水平。氮素吸收效率和氮素利用效率均随施氮量的增加而下降,品种间相比较,短蔓品种龙薯 9 的氮素吸收效率总体上小于长蔓品种烟薯 25 的氮素吸收效率,短蔓品种龙薯 9 的氮素利用效率大于长蔓品种烟薯 25 的氮素利用效率。施氮量显著影响甘薯氮肥利用率,不同处理间的氮肥利用率差异较大,2 个甘薯品种的氮肥利用率均随施氮量增加先增加后减小,但品种间相比时以长蔓品种烟薯 25 的氮肥利用率大于短蔓品种龙薯 9。说明要提高甘薯氮肥利用率必须适当减少氮肥施用量。

3 讨论与结论

3.1 施氮量对鲜食型甘薯生长及产量的影响

甘薯是一种耐贫瘠作物,常种植于一些肥力低下的土壤中。地上部茎叶与地下薯块的协调生长是甘薯获得高产的关键^[15]。甘薯地上部生长与薯块膨大相互作用、相互制约,茎叶适当的生长是光合作用和薯块产量形成的有力保证,但生长过旺又会消耗过多的光合产物进而降低薯块产量^[16]。

氮肥是增加作物产量发展农业生产不可或缺的肥料^[17-19]。在同一生产条件下一定的施氮量范围内,随施氮量的增加,作物产量尽管逐步提高,但单位施氮量的增产效果却逐渐降低,当超过最高产量的施氮量后,随施氮量的增加,作物产量反而下降,原因是存在其他制约因素所导致,这符合肥料报酬递减律及限制因子定律^[20]。氮肥对甘薯的地上部生长以及薯块膨大有显著影响,当施氮量超过一定限度时,薯块膨大受到限制,其产量开始下降^[21-22]。宁运旺等^[16]认为,当施氮量超过 60 kg/hm²时,甘薯地上部干物质产量增加,地下纤维根及实际收获的薯块干物质产量下降,T/R 增加,商品率下降。温涛^[23]研究表明,甘薯在整个生育期地上部干质量随着施氮量的增加而增加,当施氮量低于 300 kg/hm²时薯块的干质量随着施氮量的增加而增大,而大于 300 kg/hm²时薯块的干物质反而减少。本研究中龙薯 9 和烟薯 25 施氮量分别超过 166.60,153.13 mg/kg 时薯块产量开始下降,两品种变化趋势相同,说明过量的施肥不利于甘薯薯块的形成。无论施肥与否,2 个甘薯品种薯块产量均表现为龙薯 9 大于烟薯 25; 2 个甘薯品种中,烟薯 25 最高产量的施氮量小于龙薯 9,且随施氮量增加,烟薯 25 的商品薯率变化较大,烟薯 25 对氮肥反应较敏感。由此可见,不同的

甘薯品种对氮肥的响应存在遗传基础上的差异。

3.2 施氮量对鲜食型甘薯品质的影响

有关氮肥施用对甘薯营养品质包括 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白等方面的影响有过一些报道。一般认为,适量施用氮肥可以显著提高甘薯中 Vc、可溶性糖的含量,但过量施用氮肥却可以降低其含量。唐忠厚等^[24]研究认为,施 N 有利于碳氮代谢,但分配到薯块中比例小,相对低氮处理比例大,对经济产量系数影响明显,氮肥处理与空白相比,明显提高了蛋白质含量。陆国权^[25]研究表明,缺氮时,会较明显的影响薯块中蛋白质的含量,在不施氮条件下,有利于碳氢化合物合成,高氮可增加光合作用强度,有利于碳氮代谢,但分配到薯块中的比例小。鲜食型甘薯薯块中 Vc、可溶性蛋白、可溶性糖、淀粉等营养物质是评价薯块品质的重要指标。本研究表明,随施氮量增加,薯块中可溶性糖和 Vc 均先增加后减少,而粗蛋白和可溶性蛋白持续升高,并且品种间差异明显。同一处理下,烟薯 25 可溶性糖和 Vc 含量均高于龙薯 9,而可溶性蛋白含量均低于龙薯 9,总体来说,烟薯 25 品质优于龙薯 9。

作物生长过程中极易富集硝酸盐,而硝酸盐是亚硝胺的前体物^[26],故有效降低作物硝酸盐含量能保证人体的健康。闵炬等^[27]研究认为,在一定范围内增施氮肥能提高番茄和黄瓜体内硝酸盐含量。本研究结果表明,随施氮量的增加,甘薯薯块硝酸盐含量也随之升高,且薯块硝酸盐含量品种间存在差异,同一处理下龙薯 9 薯块硝酸盐含量明显高于烟薯 25,其原因可能与甘薯自身的遗传特性有关;与对照(N₀)相比,随施氮量增加,薯块硝酸盐增加幅度表现为龙薯 9 大于烟薯 25,但即使是最高施氮水平(N₃),甘薯薯块硝酸盐含量仍小于 432 mg/kg 的临界值,达到了安全生食标准^[10]。

3.3 施氮量对鲜食型甘薯氮素利用的影响

氮素吸收效率、氮素利用效率和氮收获指数是作物产量高低的决定因子,任意一个因子的不足都会限制作物产量。多数作物养分的吸收、分配以及利用指标之间很难达到一致,吸收效率高的作物品种其利用效率未必高,而吸收效率与利用效率均高的作物品种其氮收获指数又未必高,且上述指标间的差异还与土壤供给养分状况有关^[28]。适量施氮可提高作物氮素吸收效率,但高氮将引起作物对氮的奢侈吸收,且吸收的氮素主要累积在茎叶,较少分配到籽粒或薯块中,降低了作物氮素利用效率和氮收获指数^[29]。在本研究的施氮量范围内,植株氮素积累量随施氮量增加而增加;适量的施用氮肥对鲜

食型甘薯氮收获指数无显著影响,过量的施用氮肥氮收获指数逐渐减小,品种间表现为短蔓的龙薯9氮收获指数大于长蔓的烟薯25;氮素利用效率和氮素吸收效率均随施氮量的增加而下降,品种间相比较,短蔓品种龙薯9的氮素吸收效率小于长蔓品种烟薯25,短蔓品种龙薯9的氮素利用效率大于长蔓品种烟薯25;2个甘薯品种的氮肥利用率均随施氮量增加先增加后减小,说明要提高甘薯氮肥利用率必须适当控制氮肥施用量。

综上所述,适量施氮有利于鲜食型甘薯提高薯块产量,改善薯块品质及提高氮肥利用率。本试验条件下,施氮量为100 mg/kg时,薯块产量最高、品质最佳,施氮量为200 mg/kg时,氮肥利用率最高。通过二次曲线模拟,在施氮量为166.60,153.13 mg/kg时,龙薯9和烟薯25分别达到最高薯块产量。针对长蔓型、短蔓型甘薯品种氮素吸收及利用效率的差异,对长蔓型品种应尽早采用化控手段,控制地上部生物量,提高氮素利用率,提高光合产物向薯块的运输,从而增加薯块产量;对短蔓型品种应适量施用氮肥,提高地上部生物量,提高氮素吸收效率,从而增加薯块产量。

参考文献:

- [1] 马代夫,邱 军,房伯平,等. 国家甘薯区试考察与产业发展建议[J]. 杂粮作物,2004,24(5):306-308.
- [2] 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]. 腐植酸,2011,14(2):44.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Fertilizer Yearbook 1998 [R]. Roma: FAO, 1999, 48:201.
- [4] 巨晓棠,张福锁. 关于氮肥利用率的思考[J]. 生态环境,2003,12(2):192-197.
- [5] Baligar V C, Fageria N K, He Z L. Nutrient use efficiency in plants[J]. Cumm Soil Sci Plant Anal, 2001, 32(7/8): 921-950.
- [6] 曹承富,孔令聪,汪建来,等. 施氮量对强筋和中筋小麦产量和品质及养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(1):46-50.
- [7] 赵 营,同延安,赵护兵. 不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(5):622-627.
- [8] 董晓霞,孙泽强,张立明,等. 山东省主要土壤类型甘薯肥料利用率研究[J]. 山东农业科学,2010(11):51-54, 59.
- [9] 徐寿军,刘志萍,张凤英,等. 氮肥水平对冬大麦产量、品质和氮肥利用效率的影响及其相关分析[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2012,33(1):66-71.
- [10] 谷永丽,杨恒山,刘艳红,等. 不同氮肥用量对绿芦笋产量及营养品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(3):631-637.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:359-362.
- [12] 张治安,张美善,蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004:65-75.
- [13] 张万杰,李志芳,张庆忠,等. 生物质炭和氮肥配施对菠菜产量和硝酸盐含量的影响[J]. 农业环境科学学报,2011,30(10):1946-1952.
- [14] 霍中洋,葛 鑫,张洪程,等. 施氮方式对不同专用小麦氮素吸收及氮肥利用率的影响[J]. 作物学报,2004,30(5):449-454.
- [15] 江苏省农业科学院,山东省农业科学院. 中国甘薯栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1984:42-53.
- [16] 宁运旺,曹炳阁,马洪波,等. 氮肥用量对滨海滩涂区甘薯干物质积累、氮素效率和钾钠吸收的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(8):982-987.
- [17] 林 葆. 我国肥料结构和肥效的演变存在的问题及对策[A]//李庆远,朱兆良,于天仁. 中国农业持续发展中的肥料问题[M]. 南昌:江西科学技术出版社,1998:12-27.
- [18] 解晓红,解红娥,李江辉,等. 富钾土壤中氮、磷肥不同水平对甘薯生长及产量的影响[J]. 山西农业科学,2014,42(6):576-580.
- [19] 何振贤,刘子卓,陈建敏,等. 豫西褐土区甘薯氮磷钾配比试验研究[J]. 河南农业科学,2007(2):66-68.
- [20] 苏有健,廖万有,丁 勇,等. 不同氮营养水平对茶叶产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(6):1430-1436.
- [21] Ankumah R O, Khan V, Mwamba K, et al. The influence of source and timing of Nitrogen fertilizers on yield and Nitrogen use efficiency of four sweet potato cultivars[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2003, 100 (2/3):201-207.
- [22] Hartemink A E, Johnston M, O'sullivan J N, et al. Nitrogen use efficiency of taro and sweet potato in the humid Lowlands of Papua New Guinea[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2000, 79(2/3):271-280.
- [23] 温 涛. 甘薯氮素利用特性及其营养诊断方法的研究[D]. 长春:吉林农业大学,2012.
- [24] 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.
- [25] 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,2003:171-173.
- [26] Gutezeit B. Yield and nitrate content of carrots (*Daucus carota* L.) as affected by nitrogen supply [J]. Acta Hort, 1999, 506:87-98.
- [27] 闵 炬,施卫明. 不同施氮量对太湖地区大棚蔬菜产量、氮肥利用率及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(1):151-157.
- [28] 夏 冰,刘清波,邓念丹. 不同基因型水稻氮素的吸收和利用效率研究综述[J]. 作物研究,2008,22(4):288-292.
- [29] 程建峰,蒋海燕,刘宜柏,等. 氮高效水稻基因型鉴定与筛选方法的研究[J]. 中国水稻科学,2010,24(2):175-182.