

安霞,董月,吴建燕,等. 氮肥形态对甘薯产量和养分吸收的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(5): 1049-1054.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2016.05.015

氮肥形态对甘薯产量和养分吸收的影响

安霞¹, 董月¹, 吴建燕^{1,2}, 宁运旺¹, 许建平¹, 李传哲^{1,2}, 张永春^{1,2}

(1. 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; 2. 南京农业大学, 江苏 南京 210095)

摘要: 为给甘薯高产栽培技术提供理论依据,在大田生产条件下,分别施用酰胺态氮、硝态氮和铵态氮肥,研究了3种不同形态氮肥对甘薯产量、养分吸收及氮素效率的影响。结果表明,3种形态氮肥均可提高单株甘薯产量、薯数及单个薯质量,其中以铵态氮肥(T3)处理的单株甘薯产量和单株结薯数最高,分别达到995.16 g、5.42个,显著高于酰胺态氮肥(T1)处理和硝态氮肥(T2)处理($P<0.05$),单个薯质量则以硝态氮处理最高,为185.87 g。叶面积指数在移栽后60 d时达到最大值,其中铵态氮肥处理(3.73)>硝态氮肥处理(3.43)>酰胺态氮肥处理(2.63)。甘薯根、干物质累积速率以铵态氮肥(T3)处理最高,其次为硝态氮肥(T2)处理。甘薯地上部对氮、磷、钾养分的吸收累积主要集中在甘薯旺长期、膨大期,其中,甘薯叶、茎柄对N的累积量T2处理>T3处理>T1处理,对P、K的累积量T3处理>T2处理>T1处理;由于块根的不断膨大,甘薯根对氮磷钾养分的吸收则随时间呈上升趋势,其中,根对N的累积量T2处理>T3处理>T1处理,对P的累积量T1处理>T2处理>T3处理,对K的累积量T3处理>T1处理>T2处理。3种形态氮肥处理中,硝态氮肥处理的氮肥利用率最高(39.23%),其次为铵态氮肥处理(29.91%),酰胺态氮肥处理最低(27.56%);但铵态氮肥处理收获指数最高,为0.67,其次为硝态氮肥和酰胺态氮肥处理,均为0.64。因此,施用铵态氮肥最利于甘薯的高产和高效。

关键词: 甘薯; 氮肥形态; 叶面积指数; 氮素生产效率

中图分类号: S143.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)05-1049-06

Effects of forms of nitrogen fertilizer on yield and nutrient uptake of sweet potato

AN Xia¹, DONG Yue¹, WU Jian-yan^{1,2}, NING Yun-wang¹, XU Jian-ping¹, LI Chuan-zhe^{1,2}, ZHANG Yong-chun^{1,2}

(1. Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Scientific Observation and Experimental Station of Arable Land Conservation, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China; 2. Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: To provide a theoretical basis for the high yield cultivation technology of sweet potato, three nitrogen forms, $\text{CONH}_4\text{-N}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$, were applied in the field culture experiments, respectively. The effects of different forms of nitrogen fertilizer on sweet potato yield, nutrient absorption and nitrogen efficiency were studied. All three forms of nitrogen fertilizer increased the yield and the number of sweet potato per plant and the weight of a single tuber, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ fertilizer treatment showing the greatest yield and potato number per plant which were 995.16 g and 5.42, respectively. The

plants treated with $\text{NO}_3^-\text{-N}$ exhibited the highest weight of a single tuber, 185.87 g. Leaf area index peaked in 60 d after planting, with the $\text{NH}_4^+\text{-N}$ treatment (3.73) > $\text{NO}_3^-\text{-N}$ treatment (3.43) > $\text{CONH}_4\text{-N}$ treatment (2.63). The dry matter accumulation rate of root and leaves in $\text{NH}_4^+\text{-N}$ treatment (T3) was the highest, followed by $\text{NO}_3^-\text{-N}$ treatment (T2) and $\text{CONH}_4\text{-N}$ treatment (T1). Uptake of nitrogen, phosphorus and potassium by sweet potato took place in the vigorous growth period of shoots and enlargement period of tubers, with the N uptake in sweet po-

收稿日期: 2016-02-09

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]; 国家自然科学基金项目(31401337); 国际植物营养研究所合作项目(JIANGSU-11)

作者简介: 安霞(1989-), 女, 山东禹城人, 硕士, 研究实习员, 从事土壤质量管理研究。(E-mail) 690993796@qq.com

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

tato leaf and stem taking the order of $T2 > T3 > T1$ and P and K uptake taking the order of $T3 > T2 > T1$. Due to the root enlargement, N, P and K nutrient absorptions in sweet potato root were on the rise over time; N uptake followed the order of $T2 > T3 > T1$, P uptake, $T1 > T2 > T3$, and K uptake, $T3 > T1 > T2$. In three forms of nitrogen treatments, NO_3^- -N treatment had the highest utilization rate of nitrogen (39.23%), followed by NH_4^+ -N treatment (29.91%), and the lowest in CONH_4 -N treatment (27.56%). The NH_4^+ -N treatment took the highest harvest index of 0.67, followed by NO_3^- -N treatment and CONH_4 -N treatment. Therefore, NH_4^+ -N fertilizer is the most suitable fertilizer for achieving high yield and high nitrogen use efficiency in sweet potato.

Key words: sweet potato; form of nitrogen fertilizer; leaf area index; nitrogen use efficiency

甘薯广泛种植于世界上 100 多个国家,中国是世界上最大的甘薯生产国。据 2012 年国家甘薯产业技术体系调查分析,2011 年中国甘薯种植面积在 $4.60 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 左右,占世界甘薯种植面积的 50% 以上,鲜薯总产量 $1.0 \times 10^8 \text{ t}$ 左右,占世界总产量的 75.3%^[1]。甘薯在中国粮食生产中总产排列第 4 位,其种植面积仅次于水稻、小麦、玉米,主产区分别在四川盆地、黄淮海平原、长江流域和东海沿岸^[2-3]。但因种植条件、管理水平等因素的不同,各地区甘薯产量存在显著差异^[4-5]。氮素形态是调控作物氮素营养的重要因素之一,可在很大程度上影响作物的生长和产量形成,其效果则因作物种类和生长环境而异^[6-8]。目前,氮素形态对作物生长的影响研究主要集中于水稻、小麦、玉米、烟草和蔬菜等作物上^[9-13],关于甘薯对不同形态氮素吸收和利用等方面的研究报道还很少。本研究旨在探讨氮肥形态对甘薯不同生育期生物量和养分累积吸收的影响,为氮肥在甘薯生产中的合理施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试土壤类型为水稻土类马肝土,质地黏,其基本理化性状为有机质 1.73%、pH 值 6.27、碱解氮 81.7 mg/kg 、有效磷 14.8 mg/kg 、速效钾 115.0 mg/kg 。供试甘薯品种为苏薯 16,由江苏省农业科学院育成。供试肥料有尿素(含 N46%)、硝酸钙(含 N12%)、硫酸铵(含 N22%)、过磷酸钙(含 P_2O_5 12%)、硫酸钾(含 K_2O 52%)。

1.2 试验处理

选用直径 40 cm、高 40 cm 的圆柱形盆钵(底部 5 个直径 1 cm 小孔),于 2014 年 6 月—2014 年 10 月在江苏省农业科学院六合实验站大田种植条件下进行。试验设不施氮肥对照(CK)、施酰胺态氮(尿

素,T1)、施硝态氮(硝酸钙,T2)、施铵态氮(硫酸铵,T3) 3 个处理,重复 12 次。除不施氮对照外,3 个处理氮、磷、钾用量相同,分别为 100 mg/kg 、 150 mg/kg 和 50 mg/kg ,全部作基肥施用。

试验实施过程中,每个盆钵首先装入已准备好的风干混匀土壤 14 kg,然后将剩余 26 kg 土壤按试验处理均匀拌入相应的肥料(N 2.6 g、 P_2O_5 1.3 g、 K_2O 3.9 g)后,装入盆钵。

1.3 试验管理与取样

取生长一致的薯苗材料剪切茎尖以下约 35 cm 长的薯蔓,于 2014 年 6 月 25 日移栽,移栽时薯苗埋入土壤内约 10 cm,每个盆钵移栽 2 株。其管理措施同一般大田。分别于甘薯苗移栽后 30 d、60 d、90 d 和 120 d 挖根取样,每次每个处理随机选取 3 个盆钵内的 6 株甘薯植株,蒸馏水洗净、晾干。地下部分调查膨大根(或块根)数量、鲜质量,地上部分分为茎柄、叶 2 部分,称量鲜质量。分别以四分法留取地下部分、叶和茎柄 3 部分的样品,105 °C 杀青、70 °C 烘干、磨碎。

1.4 测定方法与数据处理

植株用 H_2SO_4 - H_2O_2 法消煮,植株全氮含量采用凯氏定氮法测定,全磷含量采用钼锑抗比色法测定,全钾含量采用火焰光度法测定^[14]。根据盆栽试验结果计算不同时期氮、磷、钾素吸收积累量,以及收获期氮素收获指数和氮肥利用率。氮素收获指数(kg/kg)=块根吸氮量/植株总吸氮量;氮肥利用率=[(施肥处理作物收获时的吸氮量-对照处理作物收获时的吸氮量)/氮肥(N)的投入量]×100%。

通过 Excel 表格和 SPSS 19 软件处理数据。用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同形态氮肥处理下甘薯产量及产量构成

不同形态氮肥处理的甘薯产量及产量构成因素

存在差异。由表 1 可见,不同形态氮肥均可提高薯块鲜质量、单株薯数及单个薯质量。施肥处理中,薯块鲜质量、单株薯数以铵态氮肥(T3)处理最高,分别是对照(CK)的 1.44 倍($P<0.05$)和 1.20 倍($P<0.05$),其次为硝态氮肥(T2)处理,分别为 CK 的 1.25 倍($P<0.05$)和 1.02 倍($P>0.05$);单个薯质量则以硝态氮肥处理(T2)最高,其次为铵态氮肥(T3)处理,且两者差异不显著($P>0.05$),分别为 CK 的 1.24 倍($P<0.05$)、1.22 倍($P<0.05$)。表明铵态氮肥相对于硝态氮肥、酰胺态氮肥更有利于苏薯 16 的生长,提高单株结薯数。

表 1 不同氮肥形态下甘薯产量及产量构成因素

Table 1 Yield and its components of sweet potato under different forms of nitrogen fertilizer applications

处理	单株薯块鲜质量(g)	单株薯数	单个薯质量(g)
不施氮肥(CK)	693.00d	4.62b	150.00d
施尿素(T1)	790.50c	4.63b	170.73c
施硝酸钙(T2)	868.01b	4.67b	185.87a
施硫酸铵(T3)	995.16a	5.42a	183.61a

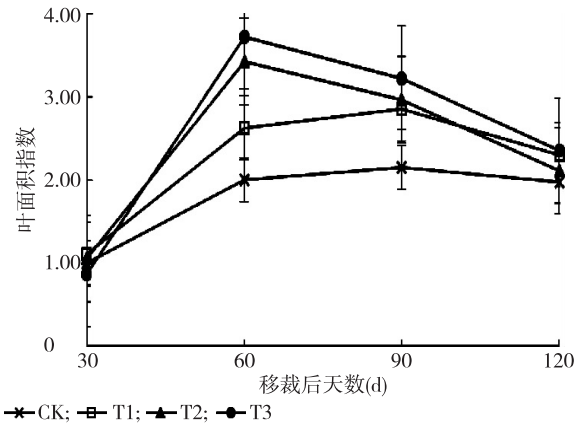
同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同形态氮肥处理下甘薯叶面积指数

作物产量主要来源于光合作用,叶片是进行光合作用、制造光合产物的主要器官,合理的叶面积指数是实现甘薯高产的重要保障。由图 1 可见,甘薯旺长期(移栽后 30~60 d),叶面积指数增长速率从大到小依次为铵态氮肥(T3)处理、硝态氮肥(T2)处理、酰胺态氮肥(T1)处理、对照(CK),60 d 时叶面积指数分别为 3.73、3.43、2.63、2.00;在整个甘薯膨大期(移栽后 60~90 d),T3 处理叶面积指数保持最大,其次为 T2 处理和 T1 处理。表明与硝态氮肥、酰胺态氮肥相比,铵态氮肥更有利于提高甘薯叶面积指数。

2.3 不同形态氮肥处理下甘薯生物量积累及分配

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。由图 2 可以看出,在甘薯移栽后 30 d,不同形态氮肥处理的甘薯干物质分配比例发生了明显变化,根干物质积累量明显上升,叶与茎柄的干物质分配比例均下降。移栽后 60~90 d 是甘薯的薯块膨大期,叶干物质所占比例大小顺序也发生改变,由移栽后 60 d 的 T2 处理>T1 处理>T3 处理>CK 转变为移栽后 90 d 的 CK>T1 处理>T2 处理>T3 处理。且甘薯移栽后 30~

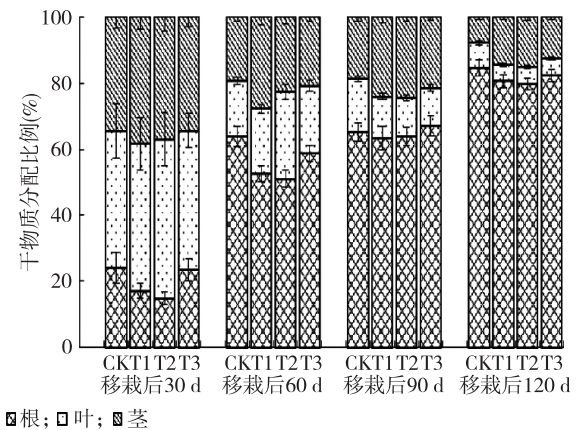


CK、T1、T2、T3 处理见表 1。

图 1 不同氮肥形态下甘薯叶面积指数

Fig.1 The leaf area index of sweet potato under different forms of nitrogen fertilizer applications

120 d, T3 处理、T2 处理、T1 处理的单株根生物量积累速率分别达到 3.37g/d、2.96g/d、2.54g/d, 分别是 CK 的 1.51 倍($P<0.05$)、1.32 倍($P<0.05$)、1.14 倍($P<0.05$)。说明不同形态氮肥改变了甘薯的干物质分配,促进了叶片光合产物向根部的运输,且促进的运输效果铵态氮肥(T3)>硝态氮肥(T2)>酰胺态氮肥(T1)。



CK、T1、T2、T3 处理见表 1。

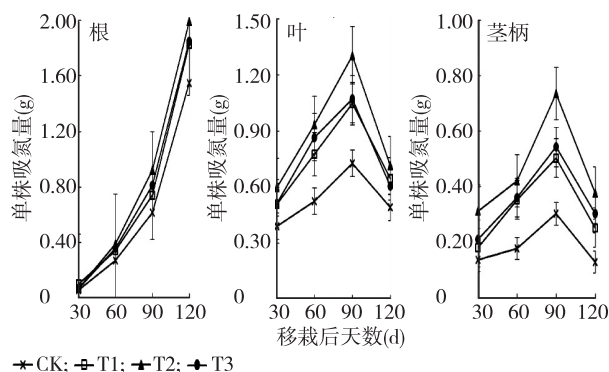
图 2 不同形态氮肥下各生育期甘薯单株干物质分配比例

Fig.2 The dry matter allocation in sweet potato plant at each development stage under different forms of nitrogen fertilizer applications

2.4 不同形态氮肥处理下甘薯养分吸收及分配

甘薯因施用不同形态氮肥,在不同器官、不同时期的氮素积累量不同。由图 3 可知,甘薯根部氮素积累随生育期的推进不断增加,3 种形态氮肥处理根氮素积

累量均高于对照。在 60~120 d 期间,单株平均氮吸收速率从大到小依次为 T2 处理 (26.67 mg/d)、T3 处理 (24.78 mg/d)、T1 处理 (24.77 mg/d),吸收速率分别为 CK 的 1.25 倍 ($P<0.05$)、1.16 倍 ($P<0.05$)、1.16 倍 ($P<0.05$);甘薯叶、茎柄部对氮的累积量随时间的变化趋势相似,氮累积主要集中在甘薯旺长期、膨大期,90 d 时,甘薯叶、茎柄部氮累积量分别达到最大值,且 T2 处理>T3 处理>T1 处理>CK,其中硝态氮肥 (T2) 处理甘薯叶、茎柄单株累积量分别为 1.30 g、0.74 g,铵态氮肥 (T3) 处理分别为 1.07 g、1.04 g,酰胺态氮肥 (T1) 处理分别为 0.54 g、0.50 g。



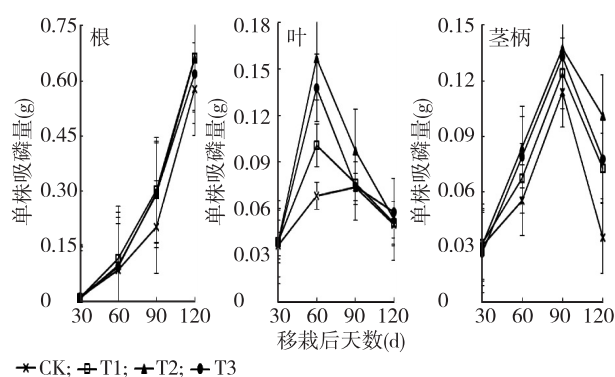
CK、T1、T2、T3 处理见表 1。

图 3 不同氮肥形态处理甘薯单株根、叶、茎柄的吸氮量

Fig.3 The nitrogen content in sweet potato root, leaf and stem per plant under different forms of nitrogen fertilizer applications

施用不同形态氮肥的甘薯不同器官、不同时期的吸磷量也存在差异。如图 4 所示,甘薯根部吸磷量随生育期的推进不断增加,叶与茎柄磷累积量则随生育期的推进呈先增后降的趋势。在甘薯收获期根对磷的吸收量明显增大,且 T1 处理>T2 处理>T3 处理>CK;60 d 时甘薯叶片磷累积量到达峰值,单株叶片磷累积量 T2 处理 (0.16 g)>T3 处理 (0.14 g)>T1 处理 (0.10 g)>CK (0.07 g),3 种形态氮肥处理分别为 CK 的 3.11 倍 ($P<0.05$)、1.92 倍 ($P<0.05$)、1.84 倍 ($P<0.05$)。移栽后 90 d 甘薯茎柄部磷累积量达到峰值,且 T2 处理>T3 处理>T1 处理>CK;移栽后 30~90 d,T2 处理、T3 处理、T1 处理、CK 的单株茎柄部磷累积速率分别达到 1.78 mg/d、1.77 mg/d、1.54 mg/d、1.39 mg/d。

在整个生育期中各处理根部对钾素的吸收累积量随时间呈上升趋势,叶、茎柄部对钾的累积量随生

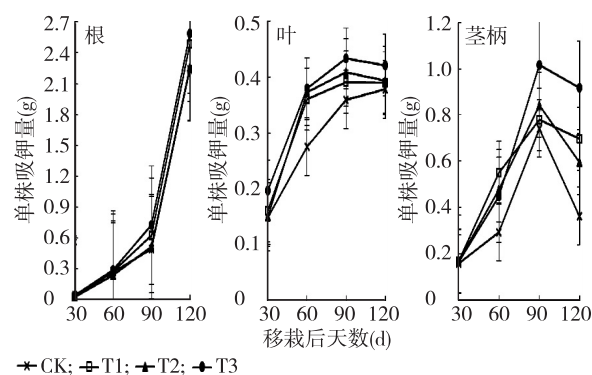


CK、T1、T2、T3 处理见表 1。

图 4 不同氮肥形态下甘薯单株根、叶、茎柄的吸磷量

Fig.4 The phosphorus content in sweet potato root, leaf and stem per plant under different forms of nitrogen fertilizer applications

育期呈先升后降的趋势,每株甘薯的叶、茎柄含钾量最高值呈现在甘薯移栽后 90 d (图 5)。甘薯进入膨大期后,甘薯根对钾的吸收量明显增加,且 T3 处理>T1 处理>T2 处理>CK,收获期 T3 处理、T1 处理、T2 处理、对照的甘薯单株钾吸收量分别为 2.59 g、2.49 g、2.26 g、2.24 g。不同氮肥形态均可促进甘薯叶、茎柄对钾的累积,且对促进叶、茎柄累积钾素的效果相似。90 d 时叶、茎柄对钾的累积量 T3 处理>T2 处理>T1 处理>CK,T3 处理叶、茎柄的累积钾量分别为 CK 的 1.20 倍 ($P<0.05$)、1.37 倍 ($P<0.05$),T2 处理分别为 CK 的 1.14 倍 ($P<0.05$)、1.14 倍 ($P<0.05$),T1 分别为 CK 的 1.09 倍 ($P>0.05$)、1.05 倍 ($P>0.05$)。



CK、T1、T2、T3 处理见表 1。

图 5 不同氮肥形态下甘薯单株根、叶、茎柄的吸钾量

Fig.5 The potassium content in sweet potato root, leaf and stem per plant under different forms of nitrogen fertilizer applications

2.5 氮肥形态对甘薯氮素效率的影响

甘薯对氮肥的吸收利用可用氮素积累量、氮收获指数和氮肥利用效率来表征。表 2 显示,硝态氮肥(T2)处理氮素积累量最大,显著高于对照(CK) 29.96% ($P < 0.05$)。3 种氮肥处理(T1、T2、T3)间氮收获指数无显著差异($P > 0.05$);硝态氮肥利用率最高,铵态氮肥次之,酰胺态氮肥最低。

表 2 不同氮肥形态下甘薯的氮素效率

Table 2 Nitrogen use efficiency of nitrogen under different forms of nitrogen fertilizer applications

处理	单株氮素积累量 (g)	氮收获指数	氮肥利用率 (%)
不施氮肥(CK)	2.37c	0.61b	—
施尿素(T1)	2.73b	0.64ab	27.65c
施硝酸钙(T2)	2.88a	0.64ab	39.23a
施硫酸铵(T3)	2.76b	0.67a	29.91b

同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 氮肥形态对甘薯产量和甘薯干物质生产特征的影响

氮是植物体内蛋白质、核酸、叶绿素、酶、维生素、生物碱和激素等重要有机化合物的组成成分^[15]。氮肥形态影响植物生理代谢过程,从而对植物生长产生不同的效应^[16-17]。植物可直接吸收的主要氮素形态为铵态氮和硝态氮,不同作物对硝态氮或铵态氮的吸收受光照、水分等的影响,因而存在生育周期甚至昼夜的变化^[18-19]。本研究结果表明,3 种形态氮肥均有利于提高甘薯的产量,在相同施氮量条件下甘薯产量因氮肥形态而异,铵态氮肥最有利于甘薯增产,增产效果达到 43.60%,其次为硝态氮肥,再次为酰胺态氮肥;3 种氮肥的增产途径不同,铵态氮肥主要是通过增加甘薯的数量,而硝态氮肥主要是通过提高单个薯质量,酰胺态氮肥则是 2 种途径兼有,其原因有待进一步研究。

甘薯光合生产是产量形成的源泉,叶面积是表征群体光合生产能力的一项重要指标,叶面积指数决定光合产物的多少,与甘薯产量密切相关。当叶面积指数不超过 4 时,叶面积指数与光能利用率呈正比例变化;当叶面积指数大于 4 时即为徒长趋势^[20]。本研究结果表明,3 种形态氮肥均有利于甘薯旺长期叶面指数的增大,且有利于甘薯膨大期叶

面积指数持续最大(最大值 <4),3 种形态氮肥的效果大小顺序为铵态氮肥>硝态氮肥>酰胺态氮肥,这可能与氮肥能够稳步促进甘薯茎叶生长发育,在甘薯膨大期促进地上部养分不断向地下部转移有关。

氮素是甘薯重要的营养元素之一,在一定范围内增施氮肥可以提高甘薯的干物质生产能力和块根产量,而施氮量过高会延迟结薯,导致地上部旺长,降低块根产量^[20-21]。宁运旺等的研究结果表明,缺氮会显著降低生长前期甘薯功能叶片的 SPAD 值和净光合速率,从而使甘薯各部位生物量均显著降低^[22]。在本试验中,3 种氮肥能促进甘薯干物质的积累,其中促进效果铵态氮肥>硝态氮肥>酰胺态氮肥,这与史春余等的研究结果^[23]一致。氮肥能促进整个生育期中甘薯根干物质的累积、旺长期叶干物质的累积和膨大期茎柄干物质的累积,可能原因是氮肥可促使甘薯地上部分在生长前期快速生长,进而塑造高效的群体结构,提高群体光合性能,保障干物质生产及其合理分配,从而提高块根产量。

3.2 氮肥形态对甘薯各器官氮、磷、钾吸收量的影响

大量研究结果表明,氮肥形态对植株养分累积吸收量有显著影响。陈小琴等^[9]在水稻上的研究结果显示,硝态氮作为氮源有利于水稻生长前期对氮钾的吸收,而在整个营养生长期,铵态氮作为氮源对于水稻吸收氮、钾更具有优越性。本试验结果表明,3 种形态氮肥均有利于甘薯根、叶、茎柄对氮的累积,其中硝态氮肥处理的苏薯 16 根、叶和茎柄的氮素累积量均最高,铵态氮处理次之,酰胺态氮处理最差。由此可知,硝态氮最有利于甘薯对氮素的累积吸收,其次是铵态氮,再次为酰胺态氮,这与史春余等^[23]的研究结果一致。

在氮、磷、钾 3 要素中,甘薯对磷的需要量最少,但磷素对甘薯各器官的生长发育有显著促进作用,能促进根系发育、光合作用增强、光合产物分配等^[24]。有研究结果表明磷素供应过高或过低均不利于植株地上和地下部分生物量积累^[22],但也有研究者认为缺磷能促进同化物向作物根部分配、使根冠比增加^[25]。在甘薯旺长期至甘薯收获期,3 种形态氮肥均能促进甘薯对磷素的累积吸收,这可能是由 N、P 间的协同互作引起的。其中,硝态氮对提高苏薯 16 叶和茎柄部磷素累积的效果最好,铵态氮次之,酰胺态氮最差;而酰胺态氮对促进苏薯 16 根部磷素累积的效果最佳,其次为硝态氮,铵态氮最低。

甘薯是一种喜钾的作物,在茎叶生长较旺情况下,钾肥能抑制地上部生长而促进薯块膨大^[26-27]。本试验结果表明,铵态氮最有利于提高苏薯16根、叶及茎柄对钾的累积,主要原因可能是铵态氮有利于促进钾的吸收,进而影响甘薯的膨大及产量;而整个生育期内硝态氮处理下甘薯根对钾的吸收累积量较铵态氮肥处理的低,这可能是导致硝态氮处理苏薯16单株结薯数较少的原因。这与刘兆凡等^[28]在花椰菜上的研究结果相反,可能是不同作物对氮肥的吸收利用存在差异造成的,具体原因有待进一步研究。

3.3 3种形态氮肥的氮素效率

氮积累值(*NAV*)、氮肥利用效率(*NUE*)和收获指数(*NHI*)是形成作物理论产量的3个基本因素,任意一个因素的不足将对作物产量产生影响。对大多数作物而言,养分的吸收、利用和分配指标之间很难达到一致,这些指标之间的差异与土壤养分状况(施肥种类、施肥量)有关^[2]。在本试验中,铵态氮肥的氮收获指数最高,而其氮积累量、氮肥利用率却低于硝态氮肥;硝态氮肥的氮素生产效率低于铵态氮肥,其氮素积累量、氮肥利用率却最高,主要原因可能是硝态氮肥使甘薯氮素累积量过大(氮生理效率提高)造成氮素利用率提高,同时由于氮素的累积量过大而不利于甘薯的膨大和收获指数的提高,也可能是硝态氮使甘薯地上部分旺长导致地上部氮素累积量增大,其具体原因有待进一步研究。

总之,铵态氮肥有利于甘薯对氮、磷、钾养分的吸收(促进甘薯对钾的吸收效果最明显),有利于提高甘薯干物质产量、叶面积指数、氮素积累量和氮肥利用率,有利于提高块根产量。因此,苏薯16以铵态氮作为氮肥最有利于高产和高效。

参考文献:

- [1] 农业部科技教育司,财政部教科文司. 中国农业产业技术发展报告(2010年度)[M]. 北京:中国农业出版社,2010:54-57.
- [2] 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.
- [3] 马代夫,李强,曹清河,等. 中国甘薯产业及产业的发展与展望[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):969-973.
- [4] 张辉,朱绿丹,宁运旺,等. 土壤水分条件对甘薯水分利用效率和稳定性碳同位素影响[J]. 土壤,2014,46(5):806-813.
- [5] 宁运旺,马洪波,张辉,等. 甘薯源库关系建立、发展和平衡对氮肥用量的响应[J]. 作物学报,2015,41(3):432-439.
- [6] HAI M R, KUBOTA F. The effects of drought stress and leaf ageing on leaf photosynthesis and electron transport in photosystem 2 in sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) cultivars[J]. Photosynthetica,2003,41:253-258.
- [7] 彭福田,张青,姜远茂,等. 不同施氮处理草莓氮素吸收分配及产量差异的研究[J]. 植物营养与科学学报,2006,12(3):400-405.
- [8] 焦峰,王鹏,翟瑞常. 氮肥形态对马铃薯氮素积累与分配的影响[J]. 中国土壤与肥料,2012(2):39-44.
- [9] 陈小琴,周健民,王火焰,等. 氮肥形态及钾肥施用措施对水稻生长和养分吸收的影响[J]. 土壤肥料科学,2007,23(6):376-382.
- [10] 苗艳芳,李生秀,徐晓峰,等. 冬小麦对铵态氮和硝态氮的响应[J]. 土壤学报,2014,51(3):564-574.
- [11] 尹彩霞,左竹,李桂花. 不同形态氮肥对玉米产量和土壤浸提性有机质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2011(3):27-30,86.
- [12] 邢素芝,汪建飞,李孝良,等. 氮肥形态及配比对菠菜生长和安全品质的影响[J]. 植物营养与肥料科学,2015,21(2):527-534.
- [13] 梁天锋,陈雷,唐茂艳,等. 不同水氮处理对水稻根系生长及其产量的影响[J]. 南方农业学报,2015,46(7):1184-1189.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000:25-110.
- [15] 陈伦寿,陆景陵. 蔬菜营养与施肥技术[M]. 北京:中国农业出版社,2002:12-13.
- [16] 戴廷波,曹卫星,孙传范,等. 增铵营养对小麦光合作用及硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(9):1529-1532.
- [17] 曹翠玲,李生秀. 氮素形态对作物生理特性及生长的影响[J]. 华中农业大学学报,2004,23(19):581-586.
- [18] 苏祥坦. 甘薯对氮磷钾的需肥规律及施肥技术[J]. 福建农业科技,2010(3):69-70.
- [19] 邓兰生,林翠兰,龚林,等. 滴灌施用不同氮肥对马铃薯生长的影响[J]. 土壤通报,2011,42(1):141-144.
- [20] 陈晓光,丁艳锋,唐忠厚,等. 氮肥施用量对甘薯产量和品质性状的影响[J]. 植物营养与肥料科学,2015,21(4):979-986.
- [21] 吴春红,孔凡美,刘庆,等. 氮肥对不同品种紫甘薯块根营养品质的影响[J]. 水土保持学报,2015,29(2):188-192.
- [22] 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,2013,46(3):486-495.
- [23] 史春余,张晓冬,张超,等. 甘薯对不同形态氮素的吸收与利用[J]. 植物营养与肥料科学,2010,16(2):389-394.
- [24] 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,1982:107-110.
- [25] 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.
- [26] 宁运旺,曹炳阁,朱绿丹,等. 施钾水平对甘薯干物质积累与分配和钾效率的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(2):320-325.
- [27] 李元元,李洪民,唐忠厚,等. 甘薯钾素营养及其生理机制研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):13-15.
- [28] 刘兆帆,张国斌,郁继华,等. 氮肥形态及比对花椰菜产量、品质和养分吸收的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(7):1923-1970.

(责任编辑:张震林)