

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.03.009

基施氮肥用量对甘薯生长及产量的影响^①

杨国才¹, 滕艳¹, 陈香颖¹, 杨庆飞¹,
唐道彬¹, 高旭¹, 黄庭荣², 王季春¹

1. 西南大学农学与生物科技学院 重庆市甘薯工程技术研究中心, 重庆 400716;

2. 重庆市酉阳县农业委员会, 重庆 酉阳 409800

摘要: 试验采用 7 个氮肥施用量结合不同磷钾肥用量处理, 主要研究了不同氮肥用量对甘薯生长及产量的影响. 结果表明: 不同氮肥用量对甘薯的产量、茎蔓长、茎叶总鲜质量、茎叶干率、块根干率均具有显著影响; 干物质含量与氮肥施用量呈显著的负相关性. 施用氮肥和磷钾肥均能增加块根产量, 以施氮 135 kg/hm² 产量最高, 但降低淀粉含量, 氮用量超过 180 kg/hm² 块根干率明显降低, 90~135 kg/hm² 经济效益最好.

关键词: 甘薯; 氮肥; 生长势; 产量

中图分类号: S531

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)03-0053-07

甘薯 *Ipomoea batatas* L. 属旋花科一年生或多年生草本植物, 起源于南美洲, 16 世纪经菲律宾传入中国^[1]. 目前, 甘薯大约有 50 个属, 1 000 多个品种, 广泛种植于世界上 100 多个国家^[2], 是世界主要粮食作物, 在我国则仅次于水稻、小麦和玉米, 居第 4 位^[3]. 氮是植物体内许多重要有机化合物的组分, 也是遗传物质的基础组分. 生产实践已证实氮对植物生命活动、作物产量和品质均有极其重要的作用, 合理施用氮肥是获得作物高产优质的有效措施^[4].

关于甘薯氮肥的施用问题, 前人也多有研究, 王良平等^[5]研究表明, 氮素对淀粉型甘薯万薯 5 号块根碳水化合物积累的影响极为显著; 余韩开宗等^[6]在研究不同因素对甘薯根系发育影响中认为, 氮素的利用在甘薯生长前后期是不相同的, 前期利用不明显, 生长后期对氮素的有效利用明显; 王小晶等^[7]做过关于分期施肥的增产效应研究, 认为分期施肥能显著提高甘薯的薯块产量; 也有研究者认为^[8], 高淀粉甘薯分次施肥与一次性施肥方法间产量并没有显著差异, 但是分次施肥能显著提高高淀粉甘薯的品质, 特别是淀粉含量.

陈晓光^[9]研究了不同氮水平下多效唑对食用型甘薯光合和淀粉积累的影响; 刘伟明等^[10]采用二次饱和 D-最优设计, 研究了扦插密度、纯氮用量和氧化钾用量 3 个主要栽培因子对甘薯新品种心香产量及效益的影响; 杨林森等^[11]对高淀粉甘薯 0409-17 高产栽培模式的研究, 探讨了磷钾肥对甘薯生长性状的影响, 对氮肥的研究较为深入. 林子龙等^[12]采用三因素二次通用旋转组合设计方案对甘薯新品种龙薯 10 号进行了施肥试验研究. 关于甘薯施肥方面的研究, 有按不同比例分期施氮肥、氮钾肥或者氮磷钾肥方面的探讨, 对一次性按不同比例呈梯度施用氮肥的报道甚少, 对甘薯基本生长指标缺乏系统研究, 也缺乏氮肥

① 收稿日期: 2013-06-29

基金项目: 重庆市科委创新项目(CSTC2012ggB80007); 国家自然科学基金(31101192); 现代农业产业体系建设专项(CARS-11-C-20).

作者简介: 杨国才(1986-), 男, 云南保山人, 硕士研究生, 主要从事作物高产优质高效栽培理论与技术研究.

通信作者: 王季春, 教授.

的独立效应研究. 本研究拟在固定磷钾肥情况下, 探讨氮肥基施不同用量对甘薯生长和产量的影响, 为甘薯科学施氮提供理论依据和实际生产指导.

1 试验材料与方法

1.1 试验材料与试验地

试验材料为甘薯品种(品系)6-9-17, 由西南大学薯类作物研究所提供. 试验地位于重庆市酉阳县麻旺镇, 黄壤土, pH=5.20, 有机质 17.38 g/kg, 全氮 1.22 g/kg, 全磷 0.84 g/kg, 全钾 20.83 g/kg, 速效钾 69.25 mg/kg, 有效磷 57.69 mg/kg, 碱解氮 91.77 mg/kg. 属缺磷少钾中氮量肥力土壤.

1.2 试验方法

试验设 7 个氮水平处理(表 1), 随机区组试验设计, 重复 3 次. 每个小区种植 6 垄, 垄长 5 m, 垄宽 0.8 m, 株距 21 cm, 种植密度为 6×10^4 株/hm². 四周设保护行. 试验中除处理 T₁ 外, 其他处理均同量施用 P₂O₅ 75 kg/hm² 和 K₂O 150 kg/hm².

表 1 各处理氮肥用量

处 理	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
施氮量/(kg·hm ⁻²)	0	0	45	90	135	180	225

2012 年 6 月 27 日移栽, 按百苗质量 3 kg、入土 2 个节、茎叶长度保证在 20 cm 的标准栽插, 氮磷钾肥料均作底肥起垄时一次性施用. 氮磷钾肥料分别为尿素(含 N 量 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)和硫酸钾(含 K₂O 50%), 2012 年 6 月 27 日栽插, 2012 年 11 月 7 日收获, 其余田间管理同常规.

1.3 数据调查与统计分析

试验于栽后 30 d, 分别于 7 月 27 日、8 月 26 日、9 月 29 日、11 月 7 日(收获期)调查茎蔓长、茎蔓粗、基部分枝数、茎叶鲜质量、茎叶干质量、块根数及块根质量, 收获时测定各个处理的产量.

采用 DPS 7.05 软件进行数据统计分析及 Microsoft Excel 2003 作图.

2 结果与分析

2.1 不同氮肥用量对甘薯产量的影响

从表 2 可以看出, 施用氮肥与不施氮肥的处理差异具有统计学意义. 其中处理 1 为不施肥的产量, 产量 18 661.11 kg/hm², 为处理中的最低水平; 处理 5 为最高产量, 其施肥量为 135 kg/hm², 产量为 28 766.67 kg/hm²; 最高产量是最低产量的 1.54 倍. 处理 1 与处理 2 在 5% 水平内差异具有统计学意义; 在产量构成因素中, 大薯数最多的是处理 5(图 1), 其次是处理 4; 处理 1 与处理 2 相比, 处理 2 比处理 1 大薯数多; 小薯在产量因素构成中, 处理 3 小薯数最多, 其次处理 2; 处理 1, 2, 3 小薯占有率较大, 说明磷、钾有利于结薯; 随着氮肥施用量的提高, 小薯占有率走低, 但施氮过多时, 小薯占有率也相应提高. 同时发现, 产量与茎蔓长、蔓粗、基部分枝数、茎叶总鲜质量、块根总质量及块根干率成正相关, 与块根数、茎叶干率成负相关(表 3). 表明施氮量不同, 影响地上下部生长及干物质积累, 进而影响产量. 从产量的数据分析中可得出, 处理 4、处理 5 是最好的施肥量, 磷肥固定在 75 kg/hm², 钾肥固定在 150 kg/hm² 时, 施氮量为 135 kg/hm² 是高产量的最佳施肥量.

2.2 不同氮肥用量对甘薯蔓长、茎叶总鲜质量、茎叶干率及块根干率的影响

对测定的茎蔓长、蔓粗、基部分枝数、茎叶总鲜质量、块根总质量、块根数、茎叶干率、块根干率等指标均进行方差分析, 其中蔓粗在 5.04 mm~6.16 mm 之间变化, 基部分枝数在 2.73~3.47 之间变化, 块根数在 2.2~3.73 之间变化, 但处理间差异均不具有统计学意义. 而茎蔓长、茎叶总鲜质量、茎叶干率、块根干率等 4 项指标处理间达到显著性差异(表 2).

表2 施氮量对甘薯相关性状的影响

处 理	产 量 /(kg·hm ⁻²)	茎蔓长 /cm	茎叶总鲜质量 /g	茎叶干率 /%	块根干率 /%
T1	18 661.11fF	90.65cD	305.13cdAB	15.58aA	37.62aA
T2	21 966.67eE	102.53cCD	204.89dB	13.47abA	37.56aA
T3	26 383.33dD	125.46bcBCD	328.29bcdAB	12.51bA	36.26abA
T4	28 183.33bB	152.53abABCD	508.12abA	11.77bA	34.79abA
T5	28 766.67aA	195.21aA	465.07abcA	11.87bA	34.64abA
T6	27 044.45cC	186.19aAB	543.90aA	11.74bA	34.45abA
T7	26 872.22cC	167.68abABC	488.43abcA	11.84bA	34.22bA

注: 不同小写字母表示 $p < 0.05$ 差异具有统计学意义, 不同大写字母表示 $p < 0.01$ 差异极具有统计学意义。

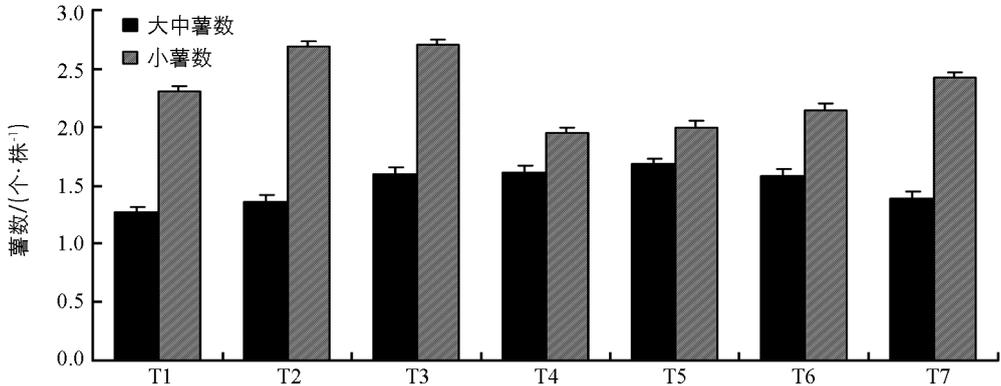


图1 各处理平均薯数比较

2.2.1 氮肥对蔓长的影响

茎蔓长与施氮量的差异性更加明显, 氮肥在不同处理之间的茎蔓长都具有极高的显著性及显著的正相关性(表2), 说明在甘薯中氮肥能促进茎叶生长. 茎蔓长与氮素施用量间的函数关系可用三次曲线拟合, 方程为茎蔓长 = $-3.67 \times 10^{-6} \times A^3 + 0.002 \times A^2 - 0.068 \times A + 91.625$ (A 为氮肥用量).

表3 各性状指标与产量的相关性分析表

指 标	茎蔓长	蔓粗	基部分枝数	茎叶总鲜质量	块根数	块根总质量	茎叶干率	块根干率
产量	0.76*	0.23	0.67	0.56	-0.06	0.58	-0.94**	0.19

注: * 代表 $p < 0.05$ 差异具有统计学意义; ** 代表 $p < 0.01$ 差异极具有统计学意义。

图2中反映的是移栽后蔓长各个时期的生长状况, 从中可以看出7月27日至8月26日这段时间内是蔓长的快速生长期, 之后生长速度变缓, 处理7蔓长生长最快、最长, 处理1最慢、最短, 说明氮肥能促进蔓长的伸长。

2.2.2 氮肥对茎叶总鲜质量的影响

茎叶总鲜质量是衡量甘薯同化物转运的源供给能力, 是甘薯进行光合作用的必备条件. 氮肥对茎叶总鲜质量的影响达到了显著水平, 也具有显著的正相关性(表2). 从图3中可以看出, 在8月26日茎叶总鲜质量达到最高值, 处理6和处理7最高, 约800 g/株, 7月27日至8月26日是生长速率最快的时期, 之后均呈不同程度的下降趋势。

2.2.3 氮肥对甘薯干物质积累的影响

干率是衡量干物质积累的一个重要指标, 从表2可以看出, 茎叶干率在无氮肥条件下最高, 说明氮肥对茎叶干率有影响. 从表3的相关性分析中可以得出, 茎叶干率的负相关性达到显著水平, 变化明显, 块根的干率变化负相关性达到显著水平, 其中茎叶干率在无氮肥处理条件下最高, 随氮肥用量的增加, 茎叶干

率逐渐降低,这可能跟氮素在茎蔓、块根里的转运机制有关,块根埋于地下是最终的贮藏库,氮素在茎叶的转运过程中要耗费一部分氮素,所以施用一定量的氮素,对干物质的积累有利,随着氮素量的增大,最终影响干物质的积累,上述分析结果表明随着氮肥施用量的增加,对茎叶具有正相关性;而干物质的累积变化趋势却在降低,即成负相关。

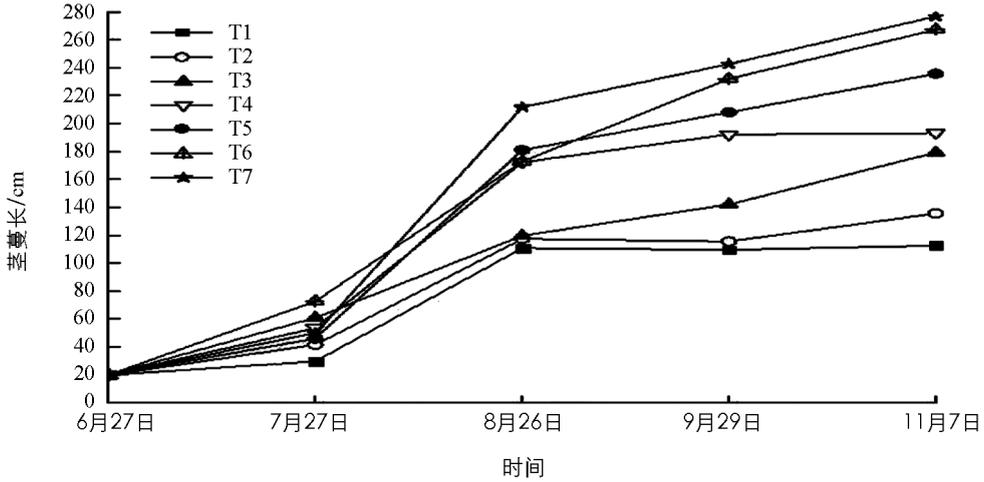


图 2 茎蔓长各期动态变化

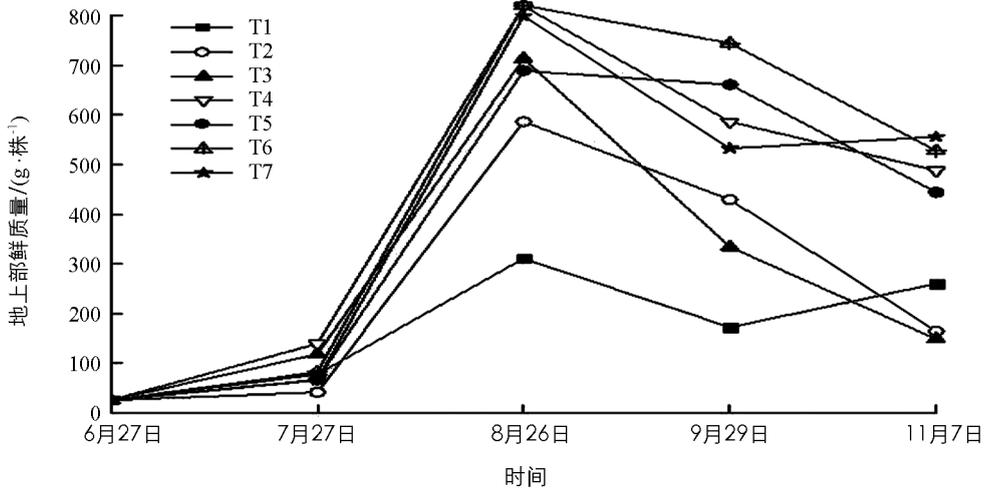


图 3 茎叶总鲜质量各期变化情况

干物质的积累是甘薯品质形成的必备条件,干物质的多少以烘干后质量所占鲜质量的百分比来衡量,通过 4 期采样测定,得图 3,因为图 4 中在初期时甘薯块根未成形,只测定后两期.从图 5 所反映出的线性关系可以看出,单个处理随着时间的推后,干物质的累积均逐渐增加,11 月 7 日时干率达到最大值,处理 1 的干物质积累最高,处理 7 干物质积累最低;图 4 中,随着氮肥施用量加大,块根干率先升后降,在处理 3 时干率最高,之后一直降低.因此,施氮用量为 45 kg/hm^2 是块根干率最高的最佳施肥量。

2.3 产值分析

施肥用量的好坏一般要通过经济效益来衡量,化肥价格为尿素 2 250 元/吨,过磷酸钙 770 元/吨,硫酸钾 3 600 元/吨^[13-14];甘薯鲜薯价格为 0.6 元/kg,淀粉价格为 5.5 元/kg;本研究中采用淀粉率计算公式:淀粉率=烘干率 $\times 0.869 45 - 6.345 8$ ^[15]计算淀粉产量.表 4 反映出随着氮肥施肥用量的增大,成本也在增大.鲜薯产值最高的是处理 5,利润达 15 038.43 元/ hm^2 ,淀粉利润最高的是处理 4,产值达

36 037.77 元/hm², 即磷肥固定在 75 kg/hm², 钾肥固定在 150 kg/hm² 时, 施用氮肥 90 kg/hm² 是获得利润最大的最佳施肥量(表 4)。

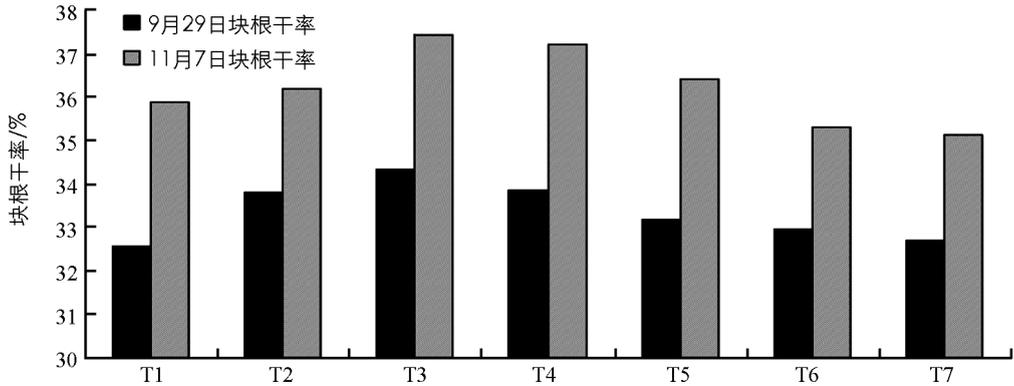


图4 块根干率动态分析

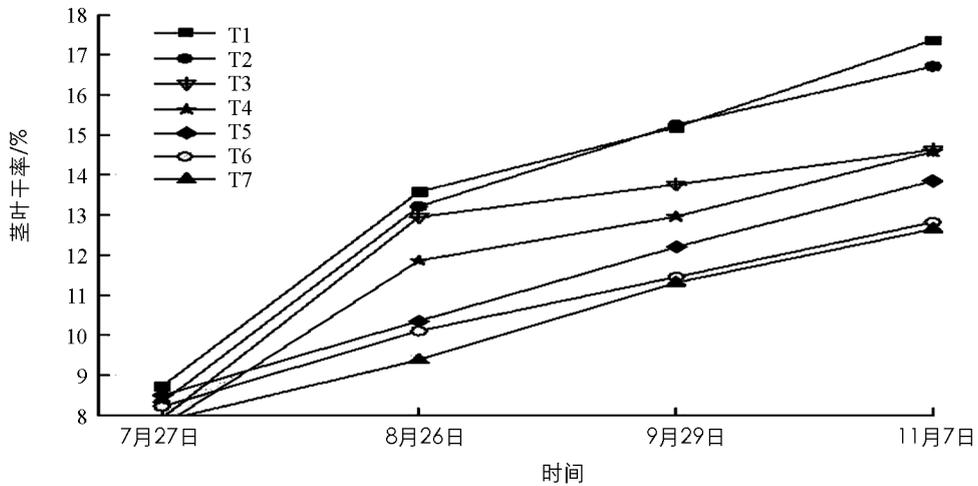


图5 茎叶干率动态分析

表4 氮肥用量与甘薯产值的关系

元·hm⁻²

处理	施肥成本	鲜薯产值	淀粉产值	鲜薯利润	淀粉利润
1	1 561.25	11 196.67	24 022.17	9 635.42	22 460.92
2	1 561.25	13 180.00	29 098.89	11 618.75	27 537.64
3	1 781.36	15 830.00	36 062.17	14 048.64	34 280.81
4	2 001.47	16 910.00	38 039.24	14 908.53	36 037.77
5	2 221.58	17 260.00	37 809.82	15 038.43	35 588.24
6	2 441.68	16 226.66	34 706.35	13 784.98	32 264.67
7	2 661.79	16 123.33	34 194.57	13 461.54	31 532.77

注: 剔除其他的劳动加工成本, 只单独考虑肥料成本。

3 讨论

3.1 施氮量与产量的关系

本研究表明, 产量的增加与施肥量的变化并非符合线性关系, 产量有增有减, 这种现象在前人的研究中可以找到相同的结论。有研究者认为, 氮肥用量的提高利于增加产量^[16], 也有研究者认为, 氮肥用

量的增加,不利于增产^[17].但本试验中,最初随着施氮量增加产量增加,当达到 135 kg/hm² 后产量反而会下降,即最高产量施肥量是磷肥 75 kg/hm²,钾肥 150 kg/hm² 时,结合施用氮肥 135 kg/hm².至于为什么 180 kg/hm² 与 225 kg/hm² 施氮量无显著差异,可能与氮素在源库间的分配饱和度有关,有待进一步研究.

3.2 施氮量与干率的关系

本研究中,随着氮肥用量升高,茎叶干率下降,块根干率先上升后下降,可能跟甘薯同化物的源库分配有关^[18],地上部积累了同化物质,到后期运输至甘薯块根当中,直至施氮量增大,干率降低,导致了块根干率的下降.对于氮肥用量与干率间的效应关系,前人鲜有研究,这同时也为以后的科学施肥提供了理论基础及借鉴意义.基于试验中氮肥与干率的负相关性,所以在氮肥的施用过程中应找到一个最佳的施肥用量,从而保证甘薯的品质特征,做到高产、优质、高效、生态的现代农业理念.关于在高用量的氮肥施用下,既提高产量,又保证干物质积累在较高水平,陈晓光等^[9]在不同氮水平下多效唑对食用型甘薯光合和淀粉积累的影响的研究中认为,在高氮条件下喷施多效唑对甘薯块根淀粉积累和产量的提高具有明显的调节作用.

3.3 施氮量与茎蔓生长的关系

本研究表明,茎叶总鲜质量、最长蔓长与施氮量的变化规律同块根产量和施氮量的关系基本一致,随着施氮量增加相应指标也在增加,且与产量有明显的正相关关系,当施氮量达到 135 kg/hm² 后产量反而下降,说明施氮量用于同时增加茎叶和地下部产量是有可能的.

4 结 论

在甘薯的氮肥研究中,磷肥固定在 75 kg/hm²,钾肥固定在 150 kg/hm² 时,氮肥用量在 0~225 kg/hm² 变化时,主要影响甘薯的产量、茎蔓长、茎叶总鲜质量、茎叶干率、块根干率共 5 项生长指标;茎叶干率、块根干率与施氮量呈负相关.施氮能增加产量,但会降低干率,鲜薯和茎蔓最高产量的氮肥施用量为 135 kg/hm²;产值最好的氮肥用量为 90~135 kg/hm².

参考文献:

- [1] NEWSMONGER A H M E, NEWSMONGER J E, KURLAND J R. Food & Nutrition Encyclopedia [M]. Clovis: Pages Press, 1983: 2027—2030.
- [2] WOLFE J. Sweet Potato: An Untapped Food Resource [M]. London: Cambridge University Press, 1992: 45—52.
- [3] 陆漱韵,刘庆昌,李维基.甘薯育种学[M].北京:中国农业出版社,1998:序1—6.
- [4] 鲁剑巍.测土配方与作物配方施肥技术[M].北京:金盾出版社,2006:38—42.
- [5] 王良平,张 菡,王季春.密度和施肥对甘薯品种万薯5号淀粉含量的影响[J].作物杂志,2012(1):108—110.
- [6] 余韩开宗,滕 艳,唐道彬.不同因素对甘薯根系发育的影响[J].作物杂志,2011(2):85—89.
- [7] 王小晶,蔡国学,王 洋.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.
- [8] 秦鱼生,涂仕华,冯文强.平衡施肥对高淀粉甘薯产量和品质的影响[J].干旱地区农业研究,2012,29(5):169—173.
- [9] 陈晓光.不同氮水平下多效唑对食用型甘薯光合和淀粉积累的影响[J].作物学报,2012,38(9):1728—1733.
- [10] 刘伟明,季志仙.扦插密度及氮肥用量对心香甘薯产量与效益的影响[J].长江蔬菜,2012(2):47—50.
- [11] 杨林森,唐道彬,王季春.高淀粉甘薯 0409-17 高产栽培模式研究[J].西南大学学报:自然科学版,2011,33(2):12—16.
- [12] 林子龙,郭其茂,陈根辉.龙薯10号氮磷钾施肥试验研究[J].江西农业学报,2010,22(12):75—78.
- [13] 韩永奇.一季度化肥市场价格趋势[J].市场经济与价格,2013(3):32—33.

- [14] 陈 熙. 氯化钾弱勢下行硫酸钾货源偏紧 [J]. 中国农资, 2013(3): 15—16.
- [15] 王文质, 以 凡, 杜述荣. 甘薯淀粉含量换算公式及换算表 [J]. 作物学报, 1989, 15(1): 94—96.
- [16] TSUNO Y, FUJISE K. Studies on the Dry Matter Production of Sweet Potato [J]. 1965, 33(3): 230—235.
- [17] KAHICH C R. The Response of Three Sweet Potato Cultivars to Varying Levels of Nitrogen [J]. Am Soc Hort Sci, 1984, 21(2): 610—614.
- [18] 丁 凡, 王季春, 唐道彬, 等. 不同营养方式下雾培马铃薯对氮、磷、钾的吸收、利用及分配规律 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2008, 33(3): 81—85.

Effect of Nitrogen Applied as Basal Fertilizer on the Growth and Tuber Yield of Sweet Potato

YANG Guo-cai¹, TENG Yan¹, CHEN Xiang-ying¹,
YANG Qing-fei¹, TANG Dao-bin¹, GAO Xu¹,
HUANG Ting-rong², WANG Ji-chun¹

1. School of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400716 China;

2. Youyang County Agriculture Commission, Youyang Chongqing 409800, China

Abstract: In a field experiment, nitrogen at seven rates was applied to sweet potato in combination with P and K to study their effects on the growth and yield of the crop. The results showed that nitrogen at different rates had a significant impact on tuber yield, vine length, shoot fresh weight, shoot dry matter content and tuber dry matter content, and that dry matter content was in a significant negative correlation with nitrogen application rate. Application of nitrogen with phosphorus and potash increased tuber yield but reduced starch content. The maximum tuber yield was obtained in the treatment of 135 kg N/hm². Tuber dry matter content was significantly lowered with a nitrogen application rate of >180 kg/hm². The best economic benefit was gained with a nitrogen application rate in the range of 90—135 kg/hm².

Key words: sweet potato; nitrogen fertilizer; growth vigor; yield

责任编辑 夏 娟

