

doi: 10.11838/sfsc.20150615

施氮量对砂姜黑土区花生生长、干物质和氮素累积的影响

邬刚¹, 袁嫚嫚¹, 张青交², 刘宏伟², 孙义祥^{1*}

(1. 安徽省农业科学院土壤与肥料研究所, 安徽 合肥 230031;

2. 安徽省固镇县农业委员会, 安徽 固镇 233700)

摘要: 采用田间小区试验方法研究了砂姜黑土区不同氮肥用量对花生生长、干物质和氮素累积的影响。结果表明, 施氮可促进花生生长和各生育期的干物质和氮素累积。当施氮量为 135 kg/hm²时, 花生的产量和利润均达到最大值。随着施氮量的增加, 花生各生育期干物质和氮素累积总量表现为先增加后降低的趋势, 均在施用氮 135 kg/hm²时 (N135) 达到最高。与不施氮肥处理相比, 花生成熟期 N135 处理的干物质、氮素累积总量和产量分别增加 48.4%、25.7% 和 42.9%。

关键词: 花生; 产量; 干物质累积; 氮素累积

中图分类号: S143.1; S565.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2015)06-0092-04

花生为豆科植物, 吸氮量较大, 一半以上的氮素需从土壤和肥料中获得^[1], 合理施用氮肥对花生产量的提高有积极作用。然而, 过量施氮则易引起水体富营养化、地下水硝态氮含量超标等环境问题^[2-3]。因此, 合理经济使用氮肥对保证花生产量和保护生态环境具有重要意义。

作物高产是以较高生物量为前提, 而生物量积累是以养分吸收为基础。张翔等^[4]研究表明, 施用氮肥显著促进花生的生长和干物质累积, 从而为高产创造物质基础。但施氮量与干物质累积和产量并不是线性相关, 而呈现“抛物线”关系^[5]。黄循壮^[6]研究得出, 施用 N 37.5 kg/hm²荚果产量最高, 于俊红等^[5]研究结果表明, 最佳施氮量为 N 120 kg/hm², 而周录英等^[7]认为施用 N 300~450 kg/hm²对提高产量和改善品质有积极作用, 不同试验中最佳施氮量有着巨大的差异, 原因在于最佳施氮量的确定必须结合当地的土壤肥力、花生品种和气候等条件。安徽花生产地以淮河以北砂姜黑土区为主^[8], 而针对该区花生生产最佳施氮量和氮肥用量对花生干物质、氮素累积的研究报道较少。因此, 本文在砂姜黑土区, 研究了不同施氮用量对花生生

长、干物质和氮素累积的影响, 以期能为花生合理生产提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在蚌埠市固镇县园艺一场进行。供试土壤为黄土性古河流沉积物发育的砂姜黑土, 土壤基本性质为: 有机质含量 16.34 g/kg, pH 值 5.37, 全氮 1.05 g/kg, 碱解氮 50.8 mg/kg, 速效钾 (K) 172.5 mg/kg, 有效磷 (P) 19.6 mg/kg。

1.2 试验设计

试验共设氮肥用量 5 个水平: N0 (对照, 不施氮肥)、N45 (每公顷施氮 45 kg, 下同)、N90、N135、N180, 磷肥和钾肥用量分别为 P₂O₅ 60 kg/hm²和 K₂O 54 kg/hm²。供试氮、磷、钾肥分别为尿素 (N 46%)、过磷酸钙 (P₂O₅ 12%) 和氯化钾 (K₂O 60%), 所有肥料全部作基肥施用。小区面积 30 m², 3 次重复, 随机区组排列。花生品种为鲁花 8 号, 种植密度为 13.5 万株/hm²。试验前选取饱满的花生种子, 浸种 24 h, 2013 年 4 月 9 日播种, 2013 年 8 月 21 日收获。

1.3 样品的采集与测定

生育期干物质累积量: 分别于花生苗期、花针期和饱果成熟期取样 (未拾落叶), 每个小区取有代表性的 2 穴植株样品, 分成茎叶、荚果和根, 用自来水洗净后放入烘箱, 105℃ 杀青 1 h, 再于 70℃ 烘干至恒重, 统计干物质累积量, 称重后植株样品

收稿日期: 2014-09-11; 最后修订日期: 2014-10-31

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项“农作物最佳养分管理技术研究与应用” (201103003)。

作者简介: 邬刚 (1987-), 男, 安徽合肥人, 硕士, 从事养分资源综合管理研究。E-mail: gangw1987@163.com。

通讯作者: 孙义祥, E-mail: sunyixiang@126.com。

粉碎待测氮、磷、钾含量。

产量构成因素：成熟期于每个小区取有代表性的2穴植株样品考种，测量主茎高、分枝数、根瘤数、荚果干重、茎叶干重等指标，每个小区实收5 m²测产。

花生氮、磷、钾含量：样品采用 H₂SO₄ - H₂O₂ 消煮，全氮用凯式定氮法测定，全磷用钼锑抗比色法测定，全钾用火焰光度计法测定。

1.4 数据计算与处理

试验数据用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 施氮量对花生农艺性状和产量的影响

施氮能显著增加花生主茎高、果针数、茎叶和荚果干重（表1）。与 N0 处理相比，N135 处理的主茎高、荚果干重分别增加 57.5% 和 69.2%，N180 处理的果针数增加 15.4%，N90 处理的茎叶干重增加 45.2%。较 N45 处理，N135 处理的荚果干重显著增加 39.6%。随着施氮量的增加，花生根瘤数呈现逐渐减少的趋势。高量氮肥处理（N135 和 N180）的根瘤菌数较 N0 处理分别降低了 53.8% 和 52.8%。施氮对花生分枝数无显著影响。除荚果干重和根瘤菌数外，其他农艺性状指标在不同氮肥水平间的差异均未达到显著水平。

表 1 施氮量对花生成熟期农艺性状的影响

处理	主茎高 (cm)	分枝数 (个)	根瘤数 (个)	果针数 (个)	茎叶干重 (g/株)	荚果干重 (g/株)
N0	31.7 b	9.1 a	58.0 a	33.2 b	16.5 b	27.3 c
N45	47.3 a	9.2 a	37.1 ab	35.1 a	20.2 a	33.1 bc
N90	49.2 a	9.5 a	33.1 b	37.9 a	23.9 a	39.2 ab
N135	49.9 a	9.6 a	26.8 b	37.2 a	20.0 a	46.2 a
N180	48.5 a	9.2 a	27.4 b	38.3 a	23.6 a	42.3 ab

注：同列不同字母表示处理间差异达到 5% 显著水平，下同。

如表 2 所示，随着氮肥用量的增加，花生饱果数、百仁重和产量亦表现先增加后减少的趋势。产量最高为 N135 处理，较 N180 处理增加 268 kg/hm²。从产量构成看，施用氮肥比不施氮增产的原因是显著增加饱果数和百仁重。对氮用量与花生生产量关系可以拟合为一元二次肥料效应方程：

$y = -0.094 5x^2 + 25.723x + 4 320.5$ ($R^2 = 0.987 7^{**}$)，方程中，y 为产量，x 为施氮量，单位均为 kg/hm²。由方程可以计算出本试验条件下，花生最高产量施氮量为 136 kg/hm²。

表 2 施氮量对花生产量及产量构成的影响

处理	饱果数 (个)	百仁重 (g)	出仁率 (%)	产量 (kg/hm ²)
N0	12.4 c	96.1 b	74.1 a	4 298 c
N45	13.9 b	114.8 a	78.2 a	5 369 b
N90	15.3 a	109.0 a	76.5 a	5 756 a
N135	14.5 ab	105.4 a	78.3 a	6 141 a
N180	14.9 ab	107.5 a	73.8 a	5 873 a

2.2 不同施氮量处理经济效益分析

如表 3 所示，花生施用氮肥效益明显。随着施氮量的增加，花生的产值和利润呈现先增加后降低的趋势，在 N135 处理达到最大值。较 N0 处理，N135 处理花生增收 4 336 元/hm²。N135 处理较其他氮肥处理平均增收 1 266 元/hm²。因此，当地可将氮肥用量 135 kg/hm² 作为推荐用量。

表 3 不同施氮量处理经济效益分析 (元/hm²)

处理	产值	肥料投入	利润	比 N0 增收
N0	10 746 c	223	10 523 d	
N45	13 423 b	313	13 110 c	2 587
N90	14 390 a	403	13 987 b	3 464
N135	15 352 a	493	14 859 a	4 336
N180	14 682 a	583	14 099 b	3 577

注：尿素 2 元/kg，过磷酸钙 0.78 元/kg，氯化钾 3.3 元/kg，当年花生荚果 2.5 元/kg；田间管理工人费用是统一的，其未计算在内；利润 (元/hm²) = 产值 - 肥料投入。

2.3 施氮量对花生干物质累积特性的影响

如表 4 所示，不同氮肥水平下，自苗期到产量形成期，植株干物质累积总量和日增加速率均表现为逐渐增加的趋势，产量形成期是干物质质量累积最

表 4 施氮量对各生育期花生干物质累积特性的影响

生育时期	干物质累积	N0	N45	N90	N135	N180
苗期	干物质重 (g/株)	1.0 c	1.5 b	2.2 a	2.2 a	1.8 a
	日增量 [g/(株·d)]	0.05 b	0.07 b	0.10 a	0.10 a	0.09 a
	占总量比例 (%)	2.3 b	2.8 ab	3.4 a	3.3 a	2.8 ab
花针期	干物质重 (g)	16.4 b	18.0 b	28.3 a	27.5 a	25.4 a
	日增量 [g/(株·d)]	0.39 b	0.42 b	0.67 a	0.65 a	0.61 a
	占总量比例 (%)	34.1 b	30.9 c	41.4 a	37.9 ab	35.8 b
产量形成期	干物质重 (g)	45.1 c	53.3 b	63.1 a	66.9 a	65.9 a
	日增量 [g/(株·d)]	0.73 ab	0.67 b	0.66 b	0.84 a	0.76 ab
	占总量比例 (%)	63.6 a	66.3 a	55.2 b	58.8 b	61.5 ab

注：产量形成期包括结荚期和饱果成熟期；同行不同字母表示处理间差异达到 5% 显著水平，下同。

快的时期。苗期、花针期和产量形成期的花生干物质累积速率分别为 0.05 ~ 0.10、0.39 ~ 0.67 和 0.66 ~ 0.84 g/(株·d)，其干物质累积重分别占总干物质重的 2.3% ~ 3.4%、30.9% ~ 41.4% 和 55.2% ~ 66.3%。

同一生育期，随着施氮量的增加，花生干物质累积量和累积速率呈现先增加后降低的趋势。在苗期，N135 处理的干物质累积量和累积速率最大，分别较 N0 和 N45 处理显著增加了 120%、31.8% 和 92.3%、40.8%；花针期干物质累积最多、累积速率最快是 N90 处理，分别较 N0 处理增加了 72.6% 和 71.8%；在产量形成期，N135 处理的干物质累积量和累积速率呈现最大，分别较 N0 处理增加 48.4% 和 15.1%。氮肥用量高于 45 kg/hm² 处理能增加花针期干物质累积占总干物质累积的比例，从而为花针后期干物质累积提供物质基础。

2.4 施氮量对花生氮素吸收累积特性的影响

不同施氮处理植株氮素累积总量和累积速率均随花生生长呈现逐渐增加趋势，产量形成期是氮素累积最快时期（表 5）。苗期、花针期和产量形成期花生氮素累积速率分别为 1.8 ~ 3.9、8.7 ~ 13.6 和 17.9 ~ 20.2 mg/(株·d)，其氮素累积量分别占氮素吸收总量的 2.8% ~ 4.9%、25.6% ~ 31.9% 和 63.2% ~ 71.6%。

表 5 施氮量对各生育期花生氮素累积特性的影响

生育时期	氮素累积	N0	N45	N90	N135	N180
苗期	植株吸氮量 (mg/株)	36.9 d	51.6 c	75.2 ab	81.2 a	68.1 b
	日增量 [mg/(株·d)]	1.8 c	2.5 b	3.6 a	3.9 a	3.2 a
	占总量比例 (%)	2.8 b	3.6 ab	4.8 a	4.9 a	4.1 a
花针期	植株吸氮量 (mg/株)	375.5 c	436.4 b	566.5 a	611.1 a	570.6 a
	日增量 [mg/(株·d)]	8.7 b	9.9 b	12.6 a	13.6 a	12.9 a
	占总量比例 (%)	25.6 b	27.0 b	31.4 a	31.9 a	30.6 a
产量形成期	植株吸氮量 (mg/株)	1 323.9 b	1 427.2 b	1 565.9 ab	1 663.8 a	1 643.1 a
	日增量 [mg/(株·d)]	17.9 b	18.7 ab	18.9 ab	19.9 a	20.2 a
	占总量比例 (%)	71.6 a	69.4 a	63.8 b	63.3 b	65.3 ab

同一生育期，随着施氮量的增加，花生氮素累积量和累积速率呈现先增加后降低的趋势。苗期，较 N0、N45 和 N180 处理，N135 处理的氮素累积量分别显著增加 120.4%、57.3% 和 19.3%；花针期，与 N0 与 N45 处理比较，N135 处理的氮素累积量和累积速率分别增加 62.5%、40.0% 和 56.5%、37.7%；在产量形成期，N135 处理的氮素累积量和累积速率亦呈现最大，分别较 N0 处理增加 25.7% 和 11.1%。说明合理氮肥用量有利用花生不同生育期氮素的累积。从表 5 还可看出，大于 45 kg/hm² 施氮量的处理能显著增加花针期氮素累积占总氮素累积的比例。

3 讨论与结论

氮素是花生生长发育必需的营养元素，合理施用氮肥可以达到花生高产和保护环境双赢的目的。施氮可以显著增加花生单株结果数、饱果数、百果数和百仁重，但是过量施用氮肥则不利于花生产量及产量构成因素的增加^[4,9]。在本试验各施氮处理产量、饱果数和百仁重均显著高于不施氮处理，氮肥的增产效果主要是提高了花生饱果数和百仁重。不同的研究者得出的花生最佳施氮量不同，其值在 37.5 ~ 450 kg/hm² 范围内变化^[7,10-13]，主要因为氮肥最佳用量应根据当地的生产水平和土壤肥力状况及栽培品种来确定。在本研究条件下，花生最大产量和最大利润施氮量均为 135 kg/hm²，因此，其可参考作为当地的推荐施氮用量。

花生是豆科植物，它可以与根瘤菌形成共生固氮体系，直接利用大气中的氮气作为氮源。花生一半以上的氮素需从土壤和肥料中获得^[1]，而剩下的氮素由根瘤固氮提供。本研究中随着施氮量的增加，花生根瘤数呈现逐渐减少的趋势，此结论与孙彦浩等^[14]和李向东等^[15]研究结果一致。可能是因为施用氮肥土壤中较高浓度的 NO₃⁻-N 影响根瘤菌-花生间的识别浸染，从而抑制根瘤原基形成并导致可见根瘤的数量减少^[16]。因此，根瘤菌的特性与氮肥用量之间有一种此消彼长的关系，研究清楚两者的关系是解决这种矛盾的关键所在。

作物高产是以较高生物量为前提，而生物量累积是以养分吸收为基础。本研究施氮能显著增加花生各生育期的干物质和氮素累积总量和速率，并且氮肥用量高于 45 kg/hm² 处理可提高花针期干物质和氮素累积占总干物质和总氮素累积比例，从而为

高产提供物质基础。在当地花生生产中, 保水保温的地膜覆盖技术是主要栽培技术, 它具有不便追肥的特点, 只能一次性施底肥。一次性施肥可能会造成土壤氮素前期供应过多, 中后期出现脱肥的现象。而本研究中花生产量形成期的干物质和氮素累积量均占总干物质和氮素累积量的 60% 以上, 说明花生干物质和氮素主要在中后期累积。因此, 现有的施肥技术可能会造成土壤氮肥供应和花生氮素需求不匹配, 而缓控施肥技术可能是解决两者匹配问题的途径^[17]。

参考文献:

[1] 李向东, 王晓云, 张高英, 等. 花生衰老的氮素调控 [J]. 中国农业科学, 2000, 33 (5): 1-7.

[2] 全为民, 严力蛟. 农业面源污染对水体富营养化的影响及其防治措施 [J]. 生态学报, 2002, 22 (3): 291-299.

[3] 巨晓棠, 张福锁. 中国北方土壤硝态氮的累积及其对环境的影响 [J]. 生态环境, 2003, 12 (1): 24-28.

[4] 张翔, 张新友, 张玉亭, 等. 施氮量对不同花生品种生长及干物质积累的影响 [J]. 花生学报, 2011, 40 (1): 23-29.

[5] 于俊红, 彭智平, 黄继川, 等. 施氮量对花生养分吸收及产量品质的影响 [J]. 花生学报, 2011, 40 (3): 20-23.

[6] 黄循壮. 不同施氮水平对花生结瘤与供氮和产量的影响 [J]. 华南农业大学学报, 1991, 12 (1): 68-72.

[7] 周录英, 李向东, 王丽丽. 氮、磷、钾、钙肥不同用量对

花生光合性能及产量品质的影响 [J]. 花生学报, 2006, 35 (2): 11-16.

[8] 吴奇志, 周可金. 安徽花生生产现状及竞争力分析 [J]. 安徽农业科学, 2005, 33 (1): 164-165.

[9] 杨吉顺, 李尚霞, 张智猛, 等. 施氮对不同花生品种光合特性及干物质积累的影响 [J]. 核农学报, 2014, 28 (1): 154-160.

[10] 孙虎, 李尚霞, 王月福, 等. 施氮量对不同花生品种积累氮素来源和产量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010 (1): 153-157.

[11] 林国林, 赵坤, 蒋春姬, 等. 种植密度和施氮水平对花生根系生长及产量的影响 [J]. 土壤通报, 2012, 43 (5): 1183-1186.

[12] 万书波, 封海胜. 不同供氮水平花生的氮素利用效率 [J]. 山东农业科学, 2000, (1): 31-33.

[13] 张翔, 张新友, 张玉亭, 等. 氮用量对花生结瘤和氮素吸收利用的影响 [J]. 花生学报, 2013, 41 (4): 12-17.

[14] 孙彦浩, 陈殿绪. 花生施氮肥效果与根瘤菌固 N 的关系 [J]. 中国油料作物学报, 1998, 20 (3): 69-72.

[15] 李向东, 吴爱荣, 张高英, 等. 夏花生施用氮肥对根瘤中固氮酶和叶片硝酸还原酶活性的影响 [J]. 山东农业大学学报, 1995, 26 (4): 405-502.

[16] 左元梅, 刘永秀, 张福锁. 硝态氮对花生结瘤与固氮作用的影响 [J]. 生态学报, 2012, 23 (4): 758-764.

[17] 邱现奎, 董元杰, 史衍玺, 等. 控释肥对花生生理特性及产量、品质的影响 [J]. 水土保持学报, 2010, 24 (2): 223-226.

Effects of nitrogen rates on the growth and dry matter, nitrogen accumulation of peanut in vertisols area

WU Gang¹, YUAN Man-man¹, ZHANG Qing-jiao², LIU Hong-wei², SUN Yi-xiang^{1*} (1. Soil and Fertilizer Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei Anhui 230031; 2. Guzhen County Agriculture Committee of Anhui, Guzhen Anhui 233700)

Abstract: Effects of nitrogen (N) rate on the growth and dry matter, N accumulation of peanut in vertisols area were studied in a field experiment. The results showed that N fertilizer improved peanut growth and dry matter and N accumulation. The yield and profit of peanut got peak at 135 kg/ha N applied. The dry matter and N accumulation of peanut increased at first and then decreased with the increasing of N fertilizer, and then got peak at N 135 kg/ha. Compared with no N fertilizer treatment, the accumulation of dry matter and N and yield of the treatment of N 135 kg/ha were increased by 48.4%、25.7% and 42.9%, respectively.

Key words: peanut; yield; dry matter accumulation; nitrogen accumulation