

doi:10.11937/bfyy.20171851

减量施氮对保护地辣椒生长发育的影响

韩瑛祚¹, 司鹏飞², 王秀娟¹, 姜春荣¹

(1. 辽宁省农业科学院 植物营养与环境资源研究所, 辽宁 沈阳 110161;

2. 辽宁省农业科学院 开放实验室, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要:以辣椒为试材,通过田间试验,研究了不同设施条件下常规施肥(N 225.000 kg·hm⁻²),减氮15%(N 191.25 kg·hm⁻²),减氮30%(N 157.50 kg·hm⁻²),减氮45%(N 123.75 kg·hm⁻²)及不施氮肥对辣椒生长发育的影响。结果表明:与常规施肥相比,减量施氮各处理株高、茎粗均有所下降;减氮15%辣椒叶片SPAD值达到最高;减氮15%辣椒产量高于常规施处理,减氮30%辣椒产量略低于常规施处理,但差异并不显著;减氮15%或30%不会降低辣椒植株(茎+叶+果)对氮素的吸收,反而减氮15%辣椒氮素吸收量略高于常规施氮处理。因此可以施氮量191.25 kg·hm⁻²作为辣椒保护地生产施肥的参考标准,合理施肥实现辣椒增量和节本增效。

关键词:减量施氮;保护地;辣椒;生长发育

中图分类号:S 641.306⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0071-05

辣椒(*Capsicum annuum* L.)作为重要的茄果类蔬菜,具有较高的经济价值,其种植面积在我国蔬菜作物中居第2位^[1]。合理施肥是辣椒生产中的重要环节,不同的施肥量和施肥方式对辣椒生长的影响不同^[2-4]。目前,施肥的盲目性造成了资源浪费、蔬菜品质下降、土壤盐渍化等一系列问题^[5-6],直接影响着保护地辣椒生产的持续性发展。为此,该研究在辽宁北镇地区开展保护地辣椒减量施氮试验,探讨减量施氮对辣椒生长发育的影响,以达到最小的肥料投入获得更高的收益,以期为保护地辣椒的平衡施肥提供一定的参考依据。

第一作者简介:韩瑛祚(1984-),女,硕士,助理研究员,现主要从事植物营养与环境资源等研究工作。E-mail: hanyingzuo@sina.com.

责任作者:姜春荣(1966-),男,硕士,研究员,现主要从事设施蔬菜土壤与养分管理技术等研究工作。E-mail: 279663741@qq.com.

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFD08004);辽宁省产业体系设施蔬菜创新团队资助项目。

收稿日期:2017-07-06

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试辣椒“美国太空椒”购自当地市场。供试肥料为鸡粪、尿素、硫酸钾、过磷酸钙。供试土壤的基础肥力:碱解氮162.5 mg·kg⁻¹,速效磷45.3 mg·kg⁻¹,速效钾162 mg·kg⁻¹。供试大棚棚龄4年,前茬作物为番茄。

1.2 试验方法

以对辽宁北镇地区辣椒常规种植施肥量的调查为依据,确定各处理的化肥施用量。辣椒定植前1个月,施入有机肥(鸡粪)约69 m³·hm⁻²;氮、磷、钾化肥分2次施用,定植时将折合氮、磷、钾总量2/3的肥料作为基肥施入,剩余的1/3于5月27日1次追施。试验共设5个处理,处理1(T1):常规施肥(N 225.00 kg·hm⁻²);处理2(T2):减氮15%(N 191.25 kg·hm⁻²);处理3(T3):减氮30%(N 157.50 kg·hm⁻²);处理4(T4):减氮45%(N 123.75 kg·hm⁻²);处理5(T5):不施氮肥(N 0 kg·hm⁻²)。各处理均施

磷肥 (P_2O_5) $123.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 钾肥 (K_2O) $138.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。每处理重复 3 次, 共 15 个小区, 小区 10 m^2 , 随机排列。辣椒于 4 月 5 日定植, 行距 45 cm, 株距 44 cm。在辣椒生长的不同时期, 分别于辣椒定植当日(4 月 5 日)、辣椒开花期(4 月 29 日)、初果期(5 月 26 日)、盛果期(6 月 19 日)、收获期(7 月 10 日)测定辣椒的株高、茎粗、产量及叶片 SPAD 值、植株全 N 含量。

1.3 项目测定

株高用米尺测量土表至植株最高点的垂直高度; 茎粗用游标卡尺测量门椒枝叉处以下 1 cm 位置处的粗度; 由各处理产量累加折算得各处理 1 hm^2 产量; 采用 SPAD-502 叶绿素仪对辣椒已完全展开并进入功能期的叶片进行 SPAD 值的测定, 每一叶片取叶尖、叶基部和叶片中部的 3 个点

位, 取平均值; 植株全 N 含量采用凯氏法^[7]测定, 植株氮吸收量=植株干物质质量×氮含量。

1.4 数据分析

采用 Excel 和 DPS 软件对试验数据进行分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 减量施氮对辣椒株高的影响

从表 1 可以看出, 随着生育期的延长, 各处理辣椒株高均呈上升趋势, 从开花期到初果期是辣椒株高增速最快的时期; 处理株高均高于其它减量施肥处理, 定植期至开花期处理间差别不大, 初果期至收获期处理间差异逐渐显著。

表 1

减量施氮对辣椒株高的影响

Table 1

Effect of reducing nitrogen on pepper height

cm

处理 Treatment	定植期 Planting period	开花期 Flowering period	初果期 Initial fruit period	盛果期 Full bearing period	收获期 Harvest period
T1	19.60	26.69aA	55.14aA	76.13aA	98.26aA
T2	19.60	26.27aA	54.9aAB	74.5bB	94.33bB
T3	19.60	26.21aA	53.17bBC	73.57cBC	93.92bcB
T4	19.60	25.26aA	53.73bC	73.28cC	93.14cB
T5	19.60	25.64aA	52.84bC	73.11cC	91.34dC

注: 不同小写字母表示 5% 显著水平, 不同大写表示 1% 极显著水平。下同。

Note: Different lowercase letters represent 5% significant levels, and different capital letters represent 1% significant levels. The same below.

辣椒开花期 T1 处理株高最大, 为 26.69 cm, T2 处理次之, 但处理间未达差异显著水平; 与定植当日测量结果相比, T1 处理株高增加 36%, 长势最为明显; 初果期 T1 处理株高最大, 为 55.14 cm, T2 处理次之, 与 T1 处理相比, T2 处理差异不显著, T3、T4、T5 处理达到差异显著水平, 与初果期测量结果相比, T4 处理株高增加 113%, 长势最为明显; 盛果期 T1 处理株高最大, 为 76.13 cm, T2 处理次之, 与 T1 处理相比, T2、T3、T4、T5 处理均达到差异显著水平, T3、T4、T5 处理间差异不显著, 与初果期测量结果相比, 各处理长势相似, 辣椒植株进入盛果期后营养生长速度放缓; 收获期 T1 处理株高最大, 为 98.26 cm, T2 次之, 与 T1 处理相比, T2、T3、T4、T5 处理均达到差异显著水平, 与盛果期测量结果相比, T1 处理株高长

势最为明显, 增长比例为 29%。

2.2 减量施氮对辣椒茎粗的影响

从表 2 可以看出, 随着生育期的延长, 各处理辣椒茎粗均呈增加趋势, 从开花期到初果期是辣椒茎粗增速最快的时期; 常规施肥处理茎粗均高于其它减量施肥处理, 定植期至开花期处理间差别不大, 初果期至收获期处理间差异逐渐显著, 其中减氮 15% 处理在整个生育期与常规施肥处理差异不显著。

开花期 T1 处理茎粗最大, 为 0.671 cm, T3 处理次之, 处理间未达差异显著水平; 与定植当日测量结果相比, T1 处理茎粗增加 72%, 变化最为明显; 初果期 T1 处理茎粗最大, 为 1.401 cm, T3 处理次之, 除 T5 处理外, 其它处理与 T1 处理均未达到差异显著水平, 与开花期测量结果相比,

T2 处理茎粗增加 115%，变化最为明显；盛果期 T1 处理茎粗最大，为 1.655 cm，T2 处理次之，除 T2 处理外，其它处理与 T1 处理达到差异显著水平，与初果期日测量结果相比，T1 处理茎粗增加

18%；收获期 T1 处理茎粗最大，为 2.035 cm，T2 处理次之，T2、T3 处理与 T1 处理相比差异不显著，T4、T5 处理与 T1 处理相比差异显著，与盛果期测量结果相比，T1 处理茎粗增加 23%。

表 2 减量施氮对辣椒茎粗的影响

Table 2 Effect of reducing nitrogen on pepper stem cm

处理 Treatment	定植期 Planting period	开花期 Flowering period	初果期 Initial fruit period	盛果期 Full bearing period	收获期 Harvest period
1	0.391	0.671aA	1.401aA	1.655aA	2.035aA
2	0.391	0.650aA	1.396abA	1.620abAB	1.977aAB
3	0.391	0.657aA	1.397abA	1.606bcAB	1.959abABC
4	0.391	0.635aA	1.386abA	1.577cB	1.868bcBC
5	0.391	0.641aA	1.365bA	1.573cB	1.834cC

2.3 减量施氮对辣椒叶片 SPAD 值的影响

由图 1 可知，随着生育期的延长，辣椒叶片 SPAD 值各处理均呈先增加后降低的趋势，按照从大到小的排列顺序为盛果期>收获期>初果期>开花期，其中辣椒盛果期叶片 SPAD 值最高，范围为 69.3~71.1，开花期叶片 SPAD 值最低，范围为 61.9~63.7。随着施氮量的减少，T1~T5 处理的 SPAD 值呈先增加后降低的趋势。综合分析，T2 处理的 SPAD 平均值最高，为 67.4，其次 T1 处理为 67.1，T5 处理最低为 66.1。

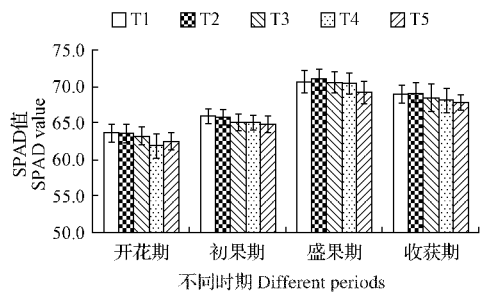


图 1 减量施氮对辣椒叶片 SPAD 值的影响
Fig. 1 Effect of reducing nitrogen on pepper chlorophyll SPAD

2.4 减量施氮对辣椒产量的影响

由图 2 可知，与 T1 处理相比，除 T2 处理产量略有增加外，其余减氮处理产量均有所下降；其中 T1、T2、T3 处理间差异不显著，说明减量施氮 15%~30%对辣椒产量没有明显的影响。与 T1

处理相比，T4 处理减产 4 503 kg · hm⁻²，T5 处理减产 15 256 kg · hm⁻²，且达到差异显著水平，说明过量减氮或不施氮肥会造成辣椒产量的明显降低。

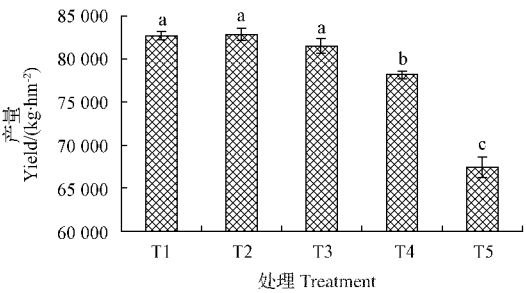
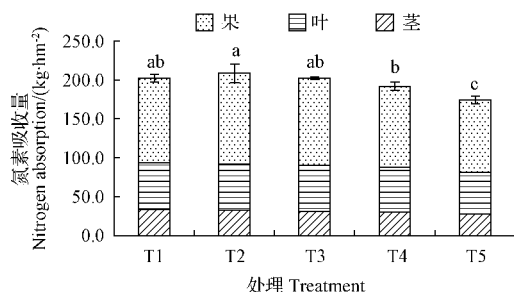


图 2 减量施氮对辣椒产量的影响
Fig. 2 Effect of reducing nitrogen on pepper yield

2.5 减量施氮对辣椒氮素吸收的影响

由图 3 可知，不同处理下辣椒植株(茎+叶+果)的氮素吸收量在 173.9~208.9 kg · hm⁻² 范围，T1 处理与 T2 处理差异不显著，T2 处理显著高于 T4、T5 处理，说明减氮 15%或 30%不影响辣椒植株的吸氮量。其中，果实氮素吸收量为 92.0~116.6 kg · hm⁻²，占 52.9%~55.8%，表现为 T2>T3>T1>T4>T5，T2 处理果实氮素吸收量为 116.6 kg · hm⁻²，显著高于 T1 处理，T3 与 T1 处理差异不显著，T4、T5 处理显著低于 T1 处理，说明减氮 15%或 30%不会降低辣椒果实吸氮量；叶氮素吸收累积量为 54.0~60.1 kg · hm⁻²，占 28.5%~31.0%，各处理间差异不显著，说明减量施氮对辣椒叶吸氮量影响不明显；茎氮素吸

收累积量为 $27.9 \sim 33.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占 $15.4\% \sim 16.5\%$, 各处理间差异不显著, 说明减量施氮对辣椒茎吸氮量影响不明显。



注: 不同小写字母表示不同处理下辣椒植株(茎+叶+果)氮素吸收量的 5% 显著水平。

Note: Different lowercase letters represent 5% significant levels of nitrogen uptake by pepper plants (stems+leaves+fruits) under different treatments.

图3 减量施氮对辣椒氮素吸收量的影响

Fig. 3 Effect of reducing nitrogen on pepper nitrogen absorption

3 结论与讨论

施氮过多和过少均能导致辣椒株高、株幅和茎粗生长不协调, 落花严重^[8]。该试验结果表明, 随着生育期的延长, 各处理辣椒株高、茎粗均呈上升趋势, 从开花期到初果期辣椒株高、茎粗增速最快。减氮 15% (即施氮量为 $191.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 影响辣椒生长后期的营养生长, 使养分转向生殖生长。该结果与袁祖华等^[9]的研究相似, 在有机肥施用量相同的前提下, 随着施氮量的增加, 辣椒营养生长旺盛, 株高株幅增加。该研究发现随着生育期的延长, 辣椒叶片 SPAD 值各处理均呈先增加后降低的趋势, 其中辣椒开花期叶片 SPAD 值最低, 辣椒的盛果期叶片 SPAD 值最高。在 SPAD 值反映作物的不同生育期变化的研究中, SMEAL 等^[10]发现玉米从 4 叶期开始, 最上部完全展开叶的 SPAD 值一直处于增加的状态, 1 个月左右开始下降, 原因在于不同生育时期对叶片的 SPAD 值存在着较大的影响^[11-12], 生育时期之所以会影响叶片的 SPAD 值是因为不同生育时期叶片的厚度和密度不同^[13]。该研究表明, 随着施氮量的减少, 辣椒叶片 SPAD 值呈先增加

后降低的趋势, 其中减氮 15% (即施氮量为 $191.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 辣椒叶片 SPAD 值达到最高, 说明在常规施肥基础上减氮 15% (即施氮量为 $191.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 可以促进辣椒叶绿素含量的提高, 而且叶绿素含量不再随施氮量的增加而增加^[14]。

在施有机肥施用量相同的前提下, 辣椒产量在一定范围内随着施氮量的增加而逐步增加, 超过一定施氮量反而下降^[9]; 适当增施氮肥有利于辣椒产量提高, 但辣椒产量与氮肥施用量并不是直线相关关系, 当露地辣椒施氮量为 $450 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 产量极显著地下降^[15]。该试验结果与上述结果相似, 当施氮量为 $191.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 辣椒产量不但没减产, 反而高于当地常规施氮量 $225.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的辣椒产量, 施氮量为 $157.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 辣椒产量略低于常规施氮量 $225.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的辣椒产量, 但差异并不显著。说明该试验条件下, 在常规施肥 (施氮量 $225.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 基础上减氮 15% 或 30% (施氮量 $191.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 或 $157.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 不会造成辣椒的显著减产。

减量施氮对辣椒氮素吸收量的结果表明, 在常规施肥基础上减氮 15% 或 30% (施氮量 $191.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 或 $157.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 不会降低辣椒植株 (茎+叶+果) 的对氮素的吸收, 反而减氮 15% (施氮量 $191.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 辣椒氮素吸收量略高于常规施氮处理。减量施氮对辣椒果实吸收氮量影响较大, 对辣椒茎、叶吸氮量影响不明显。这与郭建华等^[16]、聂大杭等^[17]的研究结果相似, 郭建华等^[16]研究认为, 植株氮吸收量并不随施氮量的增加而增加, 当氮肥施用量超过 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 玉米植株氮吸收开始降低; 聂大杭等^[17]认为增施氮肥可以显著提高番茄果实中的氮含量, 但对番茄的茎叶影响不明显。

综上, 过量的氮肥会使植株徒长, 果实贪青晚熟, 同时也会影响花、果的形成、分化和生长发育。该试验结果表明, 以施氮量 $191.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为保护地辣椒生产施肥的参考标准, 根据当地实际需要确定合理的施肥量, 既能保证辣椒产量, 又能实现节本增效。

参考文献

- [1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [2] 刘彬, 王孝忠, 管西林, 等. 膜下滴灌条件下温室秋延辣椒养分吸收及分配规律[J]. 中国蔬菜, 2017(5): 50-57.
- [3] 汤宏, 张杨珠, 侯金权, 等. 不同施肥条件下夏季辣椒的生长发育与养分吸收规律研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(4): 890-895.
- [4] 马文娟, 同延安, 高义民, 等. 平衡施肥对线辣椒产量、品质及养分累积的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(1): 161-166.
- [5] ZHU J H, LI X L, CHRISTIE P, et al. Environmental implications of low nitrogen use efficiency in excessively fertilized hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) cropping systems [J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2005, 111: 70-80.
- [6] 韩上, 武际, 钱晓华, 等. 安徽主栽蔬菜施肥现状调查及对策[J]. 中国蔬菜, 2015(4): 15-19.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [8] 朱琴, 莫邦兰, 张恩让. 不同施氮量对辣椒生长及落花的影响[J]. 贵州农业科学, 2008(1): 114-115.
- [9] 袁祖华, 丁苗莠, 蔡雁平. 氮素对辣椒产量和硝酸盐积累的影响[J]. 辣椒杂志, 2006(2): 22-23, 28.
- [10] SMEAL D, ZHANG H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1994, 25(9-10): 1495-1503.
- [11] SCHEPERS J S, FRANCIS D, VIGIL M, et al. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings [J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1992, 23(17-20): 2173-2187.
- [12] 童淑媛, 宋凤斌. SPAD 值在玉米氮素营养诊断及推荐施肥中的应用[J]. 农业系统科学与综合研究, 2009(2): 233-238.
- [13] PENG S, GARCIA F C, LAZAR C, et al. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter & estimation of rice leaf nitrogen concentration[J]. Agronomy Journal, 1993, 85(5): 987-990.
- [14] 王亚飞. SPAD 值用于小麦氮肥追施诊断的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2008.
- [15] 吕长山, 王金玲, 于广建, 等. 氮肥对辣椒果实品质及产量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2005(4): 448-450.
- [16] 郭建华, 赵春江, 孟志军, 等. 北方旱作条件下玉米施用氮肥对氮吸收和淋溶的影响[J]. 土壤通报, 2008(3): 562-565.
- [17] 聂大杭, 梁青, 张艳龙, 等. 不同氮肥用量对番茄养分含量、分布及产量的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2015, 36(2): 31-34.

Effect of Reducing Nitrogen Fertilizer on Pepper Growing Development in Greenhouse

HAN Yingzuo¹, SI Pengfei², WANG Xiujuan¹, LOU Chunrong¹

(1. Institute of Environmental Resources and Plant Nutrition, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161; 2. Opening Laboratory, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract: Pepper was used as test material, the effects of reducing nitrogen fertilizer (conventional fertilizer with $N\ 225.00\ kg \cdot hm^{-2}$, reducing nitrogen 15% with $N\ 191.25\ kg \cdot hm^{-2}$, 30% with $N\ 157.50\ kg \cdot hm^{-2}$, 45% with $N\ 123.75\ kg \cdot hm^{-2}$, and no nitrogen) on pepper growing development in greenhouse was studied through the field experiment. The results showed that compared with conventional fertilization, the plant height and stem diameter declined under the treatments of nitrogen reduction; the SPAD value of pepper leaves was highest under 15% nitrogen reduction; the pepper yield under nitrogen reducing 15% was higher than that of conventional treatment, and the pepper yield under nitrogen reducing 30% was slightly lower than that of conventional treatment, but the difference was not significant. 15% or 30% reduction of nitrogen could not significantly reduce plant (stem + leaf + fruit) to absorb nitrogen, while pepper nitrogen absorption under 15% nitrogen reduction slightly higher than that of conventional nitrogen treatment. Therefore, nitrogen $191.25\ kg \cdot hm^{-2}$ could be taken as reference of fertilization under greenhouse, which could ensure the pepper production, and achieve cost efficiency.

Keywords: reducing nitrogen fertilizer; greenhouse; pepper; growing development