

不同供 N 方式对大豆生长和结瘤固氮的影响

王树起^{1,2}, 韩晓增¹, 乔云发¹, 严 君¹, 李晓慧¹

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要:采用框栽试验方法对比研究了不同供 N 方式对大豆生长和结瘤固氮的影响。结果表明:持续供 N 和非持续供 N 对大豆生长有不同的影响,在苗期,非持续供 N 与持续供 N 相比,对大豆生长有较大的促进作用,而在花期以后则是持续供 N 对大豆生长的促进作用较大;持续供 N 和非持续供 N 对大豆结瘤固氮的影响不同,大豆根瘤数量表现为非持续供 N > 持续供 N > 无 N,表明氮肥的持续施用对大豆根瘤的形成和生长有抑制作用,不利于大豆根瘤的生长发育;不论何种方式供 N 对大豆固氮酶活性和豆血红蛋白含量均有抑制作用,使固氮酶活性和豆血红蛋白含量显著降低,而且氮肥的持续施用对固氮酶活性和豆血红蛋白含量的抑制要显著高于非持续供 N,表现为持续供 N < 非持续供 N < 无 N,因此,氮肥的持续施用使大豆的固氮效率降低。

关键词:结瘤固氮;持续供 N;非持续供 N;大豆

中图分类号:S565. 1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841 (2009)05-0859-04

Soybean (*Glycine max* L.) Growth and Nitrogen Fixation as Affected by Different N Supplying Modes

WANG Shu-qi^{1,2}, HAN Xiao-zeng¹, QIAO Yun-fa¹, YAN Jun¹, LI Xiao-hui¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, Heilongjiang; 2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shengyang 110016, Liaoning, China)

Abstract: Nitrogen plays an important role in nitrogen fixation of soybean. A pot culture experiment was conducted to study the effect of different N supplying modes (such as continuous N supplying (CN, applied at sowing, seedling, flowering and podding stage, respectively) and non-continuous N supplying (NCN, applied at sowing stage as basal fertilizer)) on soybean growth and nitrogen fixation. The results showed that compared with continuous N supplying, non-continuous N supplying acted as higher promotion in soybean growth at seedling stage, however, after flowering stage, continuous N supplying showed higher promotion in soybean growth. Nodule number showed as following order: NCN > CN > CK, suggested that continuous N application restrained nodule formation and growth. Whether N continuous application or not continuous supplying, nitrogenase activity and leghemoglobin concentration all decreased compared with no N treatment, and the inhibition of N continuous supplying was higher than that of non-continuous N application, showed as continuous N supplying < non-continuous N application < no N treatment. These results suggested that N fertilizer continuous application decreased the efficiency of N fixation in soybean.

Key words: Nitrogen fixation; Continuous N supplying; Non-continuous N application; Soybean

氮是大豆生长发育和产量形成的主要元素,大豆的氮素营养较其它作物复杂。大豆根瘤具有固氮功能,其固氮量占总氮吸收量的 50% ~ 60%^[1]。然而,土壤中的氮素是影响大豆共生固氮过程的重要因素,豆科植物仅依靠共生固氮常难于达到高产目

的,一般仍需要配合施用少量化学氮肥。研究表明^[2],根瘤的生长受外源氮素的影响很大,过多的施用氮肥或在不适宜的阶段施用氮肥,不仅降低大豆的共生固氮,也达不到增产的效果。

氮肥对根瘤形成及固氮作用的影响因土壤种类

收稿日期:2008-11-28

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向资助项目 (KSCX2- YW- N- 002, KZCX2- YW- 407); 国家科技支撑计划资助项目 (2006BAD21B01)。

作者简介:王树起 (1968-),男,副研究员,博士后,主要从事植物营养和土壤生态方面的研究。E-mail:wsq-200131@sohu.com。

通讯作者:韩晓增,研究员,博士生导师。E-mail:hanxz@cern.ac.cn。

而异^[2],对固氮作用的影响主要表现在抑制根瘤的形成和生长,而对已形成的根瘤的固氮过程抑制作用相对较小^[3]。日本的桑原真人^[2]认为氮肥对根侵染、瘤发育、固氮作用和类菌体蛋白(包括固氮酶)均有抑制作用,为此,设计不同的供 N 方式,对比研究其对大豆结瘤固氮的影响,为大豆氮肥的合理施用和完善结瘤固氮理论提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采用框栽试验(直径×高为 30×40 cm,装土 15 kg·pot⁻¹),以大豆品种黑农 35 为研究对象,设 2 种施氮方式:持续供氮(Continuous N supplying, CN, 分别于播前、苗期、花期、鼓粒期施 N 4 次,每次 25 kg·hm⁻²,相当于尿素 27.0 mg·kg⁻¹土)与非持续供氮(Non-continuous N application, NCN, 100 kg·hm⁻²,相当于尿素 108.0 mg·kg⁻¹土,播前按基肥一次施入),另设不施 N(No N, CK)作为对照。同时施 P(KH₂PO₄)30 mg·kg⁻¹土, K(KH₂PO₄)30 mg·kg⁻¹土,分 4 个生育时期(苗期、花期、鼓粒期、成熟期)取样。4 次重复,随机排列,成熟期收获测产。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 固氮酶活性 取回的大豆植株放入装有营养液的不透光瓶中密封。抽出瓶中空气体积 10% 的空气,再注入同体积的 C₂H₂,反应 30 min 后取出

反应气体,利用气相色谱测定生成 C₂H₄ 的量^[4]。

1.2.2 豆血红蛋白含量的测定 取一定量的新鲜根瘤,在 5℃ 的磷酸缓冲溶液(0.1 mol·L⁻¹, pH 6.8)中研磨匀浆,磷酸缓冲液的用量为根瘤体积的 4 倍左右。在 100 r·min⁻¹ 5℃ 下离心 15 min,弃掉沉淀物,上清液继续在 5℃ 39 000 r·min⁻¹ 力下离心 20 min,上清液在分光光度计下比色(540 nm)^[5]。

1.2.3 土壤全氮、植株氮磷含量测定 全氮用凯氏定氮仪测定,磷用钼锑抗比色法测定^[6]。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003、SigmaPlot 2000 和 SPSS 14.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同供 N 方式对大豆生长的影响

不同供 N 方式对不同时期大豆生长影响不同(图 1),在苗期,非持续供 N 处理地上部干重和根干重均高于持续供 N 和无 N 处理,而持续供 N 则大于无 N 处理,表明播前施 N 量多对大豆苗期的生长有促进作用,随着生育时期的推进,持续供 N 对大豆生长表现出较强的促进作用,地上部干重和根干重均高于非持续供 N 和无 N 处理,表明持续供 N 对大豆中后期的生长有较大的促进作用,有利于大豆后期干物质的积累,从不同生育时期干物质的积累来看,呈现先增加后降低的趋势。

比较不同供 N 方式大豆的根冠比可以看出,无

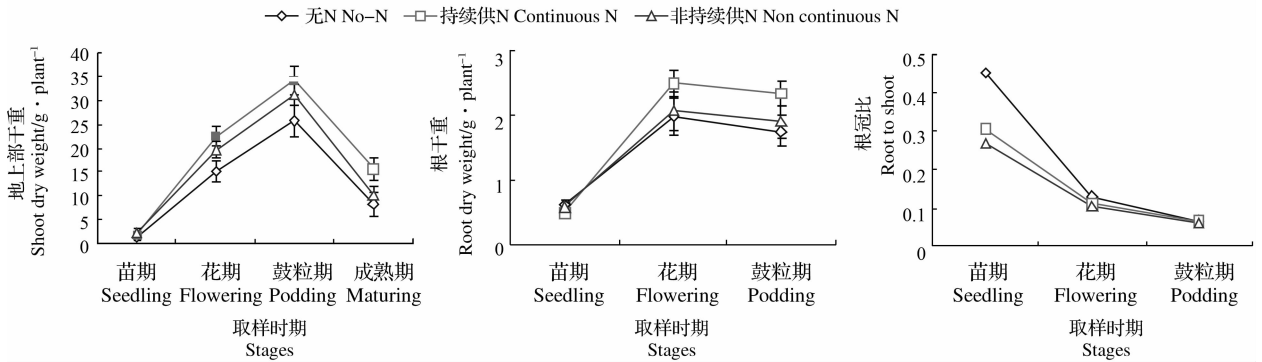


图 1 持续供 N 与非持续供 N 对大豆生物量和根冠比的影响

Fig. 1 Effect of continuous and not continuous N supplying on soybean biomass and root to shoot ratio

N>持续供 N>非持续供 N,表明在缺 N 条件下,促进了大豆根系的生长,使其根冠比增大,但随着生育时期的推进,不同供 N 方式对根冠比影响的差异逐渐减小。

2.2 不同供 N 方式对大豆根瘤数量的影响

不同供 N 方式影响大豆的根瘤数量(图 2),从苗期和花期的测定结果来看,不同供 N 方式间以非持续供 N 根瘤的数量最多,高于持续供 N 和无 N 处

理,表现为非持续供N>持续供N>无N,表明氮肥的持续施用对大豆根瘤的形成和生长有抑制作用,不利于大豆根瘤的生长发育,但因为根瘤的生育发育需要一定的氮素营养,因此施用一定量的氮肥对根瘤的生长发育有促进作用。

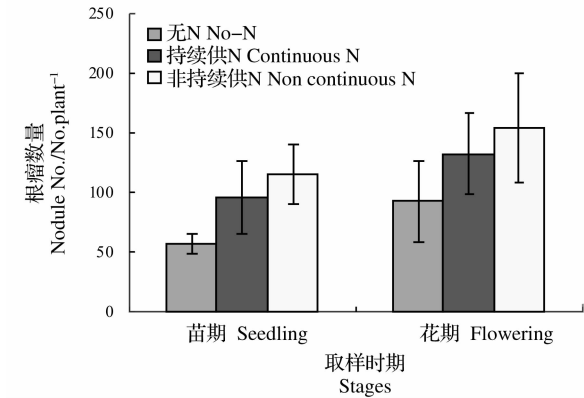


图2 不同施N方式对根瘤数量的影响
Fig. 2 Effect of different N supplying styles on nodule number

2.3 不同供N方式对大豆固氮酶活性的影响

不同供N方式对固氮酶活性的影响不同(图3),不论何种方式供N对大豆固氮酶活性均有抑制作用,降低了固氮酶活性,而氮肥的持续施用对固氮酶活性的抑制要显著高于非持续供N,表现为持续供N<非持续供N<无N,从不同反应时间来看,随着反应时间的延长,各处理间的差异有增大的趋势。

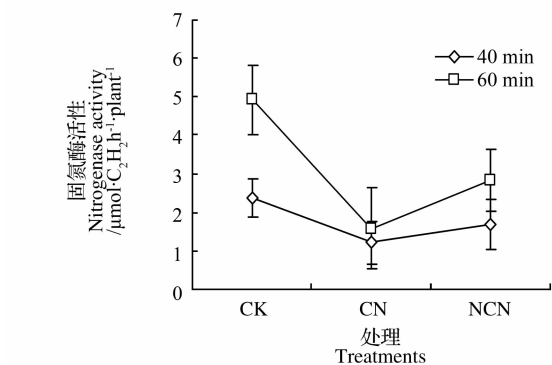


图3 不同供N方式对大豆根瘤固氮酶活性的影响
Fig. 3 Effect of different N supplying styles on nitrogenase activity

2.4 不同供N方式对豆血红蛋白含量的影响

不同供N方式影响大豆根瘤的豆血红蛋白含量(图4),从花期豆血红蛋白含量的测定结果来看,施N降低了豆血红蛋白含量,而且持续供N与非持续供N相比,持续供N处理的豆血红蛋白含量显著

低于非持续供N处理,总体表现为持续供N<非持续供N<无N,因此持续供N降低了大豆根瘤的固氮能力,使大豆的固氮效率降低。

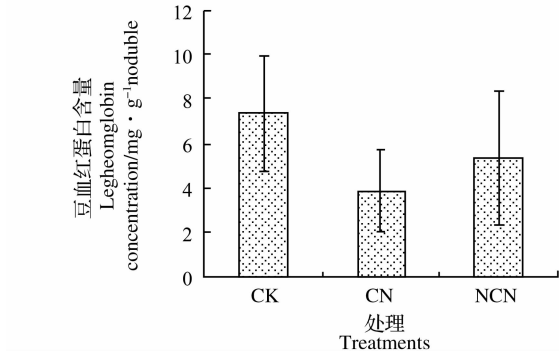


图4 不同供N方式对大豆根瘤豆血红蛋白含量的影响
Fig. 4 Effect of different N supplying styles on leghemoglobin concentration of soybean

3 讨论

在大豆不同生长期,不同供N方式对大豆生长的影响不同,苗期,非持续供N对大豆生长有较大的促进作用,而从花期以后,持续供N则对大豆生长的促进作用要大于非持续供N。甘银波等^[7]研究了不同阶段施用氮肥对大豆结瘤、生长及产量的影响。仅施25 kg·hm⁻²的启动氮,2个大豆品种虽获得较高的根瘤干重,但仅靠其自身固氮功能,不能满足大豆生长及丰产的要求。在大豆开花期(R1)或种子形成始期(R5),再追施50 kg·hm⁻²氮肥,2个大豆品种都获得了最高的干物质重和产量。在播种前或开花前期,施用过多的氮肥,严重抑制了2个大豆品种根瘤的生长,降低了其自身的生物固氮功能,而且对大豆产量也无显著的促进作用。因此,对大豆这种依靠根瘤共生固氮的豆科作物,对氮肥的施用要进行科学的研究,以确定对不同大豆生长和结瘤固氮最适宜的氮肥用量和施用时间,既能保证大豆具有较高的固氮效率,又能维持大豆较高的经济产量。

由于根瘤本身具备了固氮能力,施用氮肥对根瘤固氮有明显的抑制作用,不论何种供N方式均降低了根瘤数量、根瘤固氮酶活性和豆血红蛋白含量,其抑制程度与施用时间有关,生长前期施氮抑制较重,后期较轻。对于形成根瘤的豆科植物,含氮化合物会影响根瘤菌对寄主的侵染、根瘤的发育和固氮能力^[8]。然而,低浓度氮能促进植物生长和提高单株植物结瘤数,因此,豆科植物在施氮时虽不能按其

他作物一样施肥,但也需要小剂量的氮素作“起爆氮”。甘银波等^[9]研究表明,氮肥的施用时间对大豆氮吸收、根瘤干重及固氮具有重要影响。仅施 25 kg·hm⁻²的启动氮,2 个大豆品种都获得了最高的根瘤干重和固氮率。在开花期或种子形成初期,再追施氮 50 kg·hm⁻²,2 个大豆品种都获得了最高的氮吸收总量和固氮总量。大豆的根瘤干重与固氮率呈线型正相关。丁洪等^[10]研究了生育期和蛋白质含量不同的 6 个夏大豆品种,在磷钾肥基础上施用 3 个氮肥水平(0、6、12 kg N·667m⁻²)。结果表明,施氮抑制结瘤,氮肥越多抑制越严重;抑制作用主要在盛花期前,至鼓粒期有的品种受抑制作用较小。

4 结论

不同供 N 方式对大豆生长有显著影响,在苗期,非持续供 N 较持续供 N 对大豆生长有较大的促进作用,而在花期以后则是持续供 N 对大豆生长的促进作用大于非持续供 N。持续供 N 和非持续供 N 显著影响大豆根瘤生长和固氮能力,使根瘤数量、固氮酶活性、豆血红蛋白含量显著降低,持续供 N 对结瘤固氮的抑制作用大于非持续供 N,抑制作用表现为持续供 N < 非持续供 N < 无 N,因此,氮肥的持续施用降低了大豆的固氮效率。

参考文献

[1] Ohwaki Y, Sugahara P. Active extrusion of protons and exudation of carboxylic acids in response to iron deficiency by roots of chickpea (*Cicer arietinum* L.) [J]. Plant Soil, 1997, 189:49-55.
[2] 桑原真人. タイズの多収条件と室素代謝[J]. 农业および园艺, 1986, 61(5):590-598. (Setiyono. Environment conditions and nitrogen metabolism of soybean [J]. Journal of Agronomy and

Horticulture, 1986, 61(5):590-598.)
[3] 藤田耕之辅. タイズにおける室素の固定、吸収、転流に対する化合室素の影響[J]. 土壤肥科学杂志, 1982, 53(1):30-34. (Takahasuki. Chemical nitrogen on nitrogen fixation, absorption and transfer of soybean [J]. Journal of Soil and Fertilizer, 1982, 53(1):30-34.)
[4] Tang C, Hinsinger P J, Drevon J, et al. Phosphorus deficiency impairs early nodule functioning and enhances proton release in roots of *Medicago truncatula* L. [J]. Annals of Botany, 2001, 88:131-138.
[5] 左元梅, 刘永秀, 张福锁. 与玉米混作改善花生铁营养对其根瘤形态结构及豆血红蛋白含量的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2003, 29(1):33-38. (Zuo Y M, Liu Y X, Zhang F S. Effects of improvement of iron nutrition by mixed cropping with maize on nodule microstructure and leghemoglobin content of peanut [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2003, 29(1):33-38.)
[6] 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. (Lu R K. Soil agricultural chemical analysis methods [M]. Beijing:Chinese Agricultural Science and Technology Press, 2000.)
[7] 甘银波, 陈静. 大豆不同生长阶段施用氮肥对生长、结瘤及产量的影响[J]. 大豆科学, 1997, 16(2):125-130. (Gan Y B, Chen J. Effects of N application at different growth stages on growth, nodulation and yield of soybeans [J]. Soybean Sciences, 1997, 16(2):125-130.)
[8] Eaglesham A R J. Aerial stem nodules on *Aeschynomene* spp [J]. Plant Science, 1983, 29:265-273.
[9] 甘银波, 陈静, 邱正明, 等. 不同阶段施用氮肥对大豆氮吸收及固氮的影响[J]. 中国油料, 1996, 18(4):45-48. (Gan Y B, Chen J, Qiu Z M, et al. Effect of N fertilizer application at different growth stages on uptake and N fixation of soybeans [J]. China of Oil Crop, 1996, 18(4):45-48.)
[10] 丁洪, 郭庆元. 氮肥对不同品种大豆氮积累和产量品质的影响[J]. 土壤通报, 1995, 26(1):18-21. (Ding H, Guo Q Y. Effect of N fertilizer on N accumulation, yield and quality of different varieties [J]. Chinese Soil Science, 1995, 26(1):18-21.)

欢迎订阅 2010 年《北方园艺》

《北方园艺》是全国自然科学(中文)核心期刊、中国农业核心期刊、全国优秀农业期刊、黑龙江省优秀科技期刊。本刊内容丰富、栏目新颖、技术实用、信息全面。设有试验研究、研究简报、专题综述、设施园艺、实用技术、园林花卉、贮藏与加工、食用菌、中草药、经验交流、农业经纬等栏目。内容涵盖园艺学的蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究的新成果、新技术、新品种、新经验。竭诚欢迎全国各地科研院所人员、大专院校师生、各省、市、县、乡、镇农业技术推广人员、农民科技示范户等踊跃订阅。

国内外公开发行,单月刊,每月 15 日出版,邮发代号 14-150,每册定价 7.00 元,全年 84.00 元,全国各地邮局均可订阅,或直接向编辑部汇款订阅,订阅者请在汇款单附言栏内写清订购份数,收件人姓名及详细地址、邮编。

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号《北方园艺》编辑部
邮编:150086 电话:0451-86674276 E-mail:bfyybjb@163.com