

肥料氮对大豆结瘤固氮的影响

薛蒂莹

东北农业大学 农学院, 黑龙江省哈尔滨市, 150036;

摘要: 大豆对氮需求量较高, 但仅靠自身固氮, 无法满足其生长发育, 需要通过施用氮肥来实现作物丰产, 而过量氮肥的加入会直接和系统性地抑制豆科作物的结瘤固氮作用。为明确肥料氮对大豆结瘤固氮能力的系统性调控作用, 本研究在单侧结瘤双根大豆的不结瘤侧根系供应浓度分别为 0、100 和 200mg/L 的含氮营养液, 并对大豆的根瘤的数量、干重、固氮酶的活性、豆血红蛋白含量及大豆植株各部分的干重、氮含量、氮素积累量进行测定。结果表明, 不结瘤侧根系供氮可系统性地抑制大豆的结瘤固氮能力并可调控大豆植株各部位的氮素积累量, 氮肥对大豆结瘤固氮能力和氮素积累的系统性调控作用随供氮浓度的增加和处理时间的延长愈加明显。

关键词: 大豆; 氮肥; 结瘤固氮; 氮素积累

DOI:10. 69979/3041-0673. 25. 04. 031

引言

大豆根瘤固氮获得的氮素约占大豆一生需氮量的一半以上^[1]。尽管大豆具有与根瘤菌共生固氮的能力, 但仅仅依赖于这种自然的固氮机制, 并不足以满足其在生长过程中对氮素的需求^[2], 需要投入适量氮肥。但氮肥抑制大豆结瘤固氮的具体机制尚不明确, 许多研究表明, 氮肥对大豆结瘤固氮既有直接抑制作用, 也有系统性调控作用^[3]。Francisco 等^[4]研究认为系统调节机制的缺乏导致某些超结瘤大豆品种在高氮素水平下结瘤数量仍然较多。本文旨在通过研究一侧根系供氮对另一侧的根系结瘤固氮的影响, 探讨肥料氮对大豆结瘤固氮的系统性调控作用, 为农业生产科学施用氮肥提供科学支持。

1 研究内容

本研究通过在 V3 时期对双根系统中的结瘤侧根系淋浇无氮营养液、不结瘤侧根系淋浇不同氮浓度营养液的处理, 于处理 7 日和 10 日后取样并测定不同氮浓度下植株根瘤干重和数量、豆血红蛋白含量, 植株各部位的干重、氮素含量和氮素积累量的变化, 研究氮肥对大豆结瘤固氮和氮素积累的系统性调控作用, 为肥料氮调控大豆结瘤固氮机制的研究提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 试验材料

当温室培育的大豆幼苗子叶着生处至根尖长约 7-10cm 时, 取结瘤 (黑农 40) 和不结瘤 (WDD01795) 两个品种的大豆幼苗各一株, 按照 Xia 等 (2017) 的方法嫁接获得单侧结瘤双根大豆, VC 时期后剪掉不结瘤幼苗的

地上部分, 制备成两个根和一个地上部的大豆幼苗, 置于田间培养和试验。无氮营养液的营养成分和浓度 (mg/L) 分别为: MgSO₄、240.00, KH₂PO₄、136.00, CaCl₂、220.00, Na₂EDTA、7.45, MnCl₂·4H₂O、4.90, H₃BO₃、2.86, CuSO₄·5H₂O、0.08, FeSO₄·7H₂O、5.57, Na₂MoO₄·H₂O、0.03, ZnSO₄·7H₂O、0.22。(以 KNO₃ 为氮源, 在无氮营养液中分别每升添加 722mg 和 1444mg 的 KNO₃ 制备氮浓度为 100、200mg/L 的营养液)。

2.2 试验方法

本试验于 2023 年在东北农业大学试验田及实验室进行。试验采用砂培盆栽方法培育大豆幼苗, 利用嫁接方式制备单侧结瘤双根大豆材料, 在 V3 期后进行不结瘤侧根系供氮试验。

2.2.1 不结瘤侧根系供氮处理

选取单侧结瘤双根大豆材料, 从 VC 至 V3 期双根大豆两侧根系均淋浇无氮营养液前期培养。于 V3 期进行试验处理, 设置 N0、N100 和 N200 共 3 个处理, 每个处理的结瘤侧根系淋浇无氮营养液, 不结瘤侧根系分别淋浇氮浓度为 0、100 和 200mg/L 的营养液, 每个处理 8 次重复。于处理后 7 天和 10 天后进行取样, 取样后测定样品中根瘤固氮酶活性、根瘤数量、豆血红蛋白含量、大豆植株各部分干重和植株氮素积累量。

2.2.2 数据处理

数据处理和统计分析均借助 Excel2016 和 SPSS21.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) 来完成。

3 结果与分析

3.1 不结瘤侧供氮对大豆结瘤的影响

表 1 是不结瘤侧根系供氮处理下双根大豆根瘤数量及干重的变化。在不结瘤侧进行氮肥施用后,经过 7 天的培养, N200 处理的根瘤数量则显著低于 N0 和 N100, 分别减少了 35.36%和 22.67%;大豆根瘤干重在 N100 和 N200 处理下相较于 N0 处理而言显著下降, 分别减少了 30.88%和 29.41%,而 N100 和 N200 处理间根瘤干重差异不显著。供氮处理 10 天后,大豆根瘤数量均下降,但各处理间差异不显著, N100 和 N200 处理的根瘤数量相较于 N0 分别减少了 12.62%和 5.92%;N100 和 N200 处理的根瘤干重均低于 N0,N200 处理的根瘤干重显著低于 N0,相较于 N0 处理 N100 和 N200 处理的根瘤数量分别减少了 13.16%和 23.68%。说明供氮会抑制不结瘤侧大豆根瘤生长,且抑制作用与淋浇氮浓度基本成正相关。

表 1 双根大豆结瘤侧根瘤量变化

	处理	7d	10d
根瘤数量(个/株)	N0	230.50±10.04a	301.17±4.15a
	N100	192.67±8.82a	272.17±16.56a
	N200	149.00±15.46b	283.33±22.92a
根瘤干重 (g/株)	N0	0.68±0.04a	0.76±0.01a
	N100	0.47±0.07b	0.66±0.06ab
	N200	0.48±0.05b	0.58±0.03b

注:表中值代表平均数±标准误(n=4),不同小写字母表示处理间差异达 5%显著水平,纵向比较。

3.2 不结瘤侧供氮对大豆固氮能力的影响

表 2 是不结瘤侧根系供氮处理下的双根大豆不结瘤侧根瘤固氮酶活性的变化。供氮处理 7 天后, N100 和 N200 处理组的 ARA 和 SNA 水平均显著低于 N0 处理组。供氮处理 10 天后, N200 处理较 N0 处理 ARA 与 SNA 差异均显著, 分别降低了 61.19%和 48.89%。结果说明对双根大豆不结瘤侧供氮会导致大豆根系根瘤固氮酶活性下降。

表 2 双根大豆根瘤固氮酶活性的变化

	处理	7d	10d
ARA (C2H4μmolh-1株-1)	N0	35.88±3.73a	43.86±5.58a
	N100	18.77±2.95b	29.77±6.04ab
	N200	19.78±2.55b	17.02±1.05b
SNA (C2H4μmolh-1g-1根瘤干重)	N0	52.26±3.91a	57.76±6.76a
	N100	39.99±1.46b	43.51±3.98ab
	N200	41.45±1.32b	29.52±2.22b

注:方差分析同表 1。

3.3 不结瘤侧供氮对大豆植株氮素积累的影响

表 4 是双根大豆植株各部位氮含量变化。供氮处理 7 天后,大豆植株地上部位氮含量在 N100 和 N200 处理下相较于 N0 处理下分别增加了 42.84%和 53.14%,差异显著,大豆植株结瘤根侧在 N0、N100 及 N200 处理下含氮量依次递增, N200 处理相较于 N0 处理差异显著,植株不结瘤根侧含氮量在 N100 和 N200 处理下相较于 N0 处理分别增加了 30.62%和 65.79%,在 N200 处理下相较于 N100 处理增加了 26.93%,差异均达到显著水平。大豆不结瘤侧根系含氮量在 N100 和 N200 处理下相较于 N0 处理分别增加了 30.31%和 89.77%,N200 处理相较于 N100 处理增加了 43.86%,差异均达到显著水平。大豆根瘤含氮量在 N200 处理下相较于 N0 和 N100 处理分别降低了 15.35%和 12.61%,差异显著, N100 处理相较于 N0 处理降低差异不显著。说明向双根大豆不结瘤侧施加氮素能够促进大豆植株各部位氮含量的增加,且对不结瘤侧根系影响尤为显著,但随着氮素浓度和时间的增加,对根瘤部的氮含量反而起了抑制作用。

表 4 双根大豆植株各部位干重变化 (g/株)

	处理	地上部	结瘤根干重	不结瘤根干重
7d	N0	6.91±0.21a	0.94±0.05a	0.38±0.04b
	N100	6.8±0.69a	0.78±0.1a	0.56±0.02a
	N200	6.54±0.83a	0.75±0.08a	0.52±0.03a
10d	N0	8.08±0.44a	1.19±0.1a	0.53±0.05b
	N100	8.94±0.96a	1.12±0.05a	0.74±0.05a
	N200	9.69±0.39a	1.15±0.1a	0.68±0.04a

注:方差分析同表 1。

表 5 是双根大豆植株氮素积累量变化。供氮处理 7 天后,在 N100 和 N200 处理下,大豆植株地上部位的氮素积累量相较于 N0 处理下分别增加了 43.88%和 50.41%,达到显著水平, N200 处理与 N100 处理相比增加量不显著,大豆植株结瘤根侧在 N0、N100 及 N200 处理下氮素积累量依次递减且变化均不显著。供氮处理 10 天后,大豆地上部植株氮素积累量在 N100 和 N200 处理下相较于 N0 处理下分别增加了 52.22%和 77.16%,差异均显著,在 N0、N100 和 N200 三种处理条件下,大豆结瘤根侧的氮素积累量并未表现出显著的差异。在 N200 处理下,大豆根瘤氮素积累量相较于 N0 和 N100 处理分别降低了 34.96%和 23.02%,差异达到显著水平。说明,向双根大豆不结瘤侧施加氮源对大豆植株地上部和不结瘤侧根系氮素积累均有促进作用且效果均显著,对大豆结瘤侧根系氮素积累无显著影响,但对大豆根瘤部的氮素积累有显著抑制作用。

表 5 双根大豆植株氮素积累量变化 (g/kg)

	处理	地上	结瘤根	不结瘤根	根瘤
7d	N0	154.77±2.005b	14.96±0.849a	4.7±0.55b	31±1.508a
	N100	222.68±19.875a	12.75±1.642a	9.17±0.998ab	21.22±2.847b
	N200	232.79±16.624a	12.43±1.432a	12.57±2.27a	21.94±2.312b
10d	N0	202.73±12.191b	22.44±2.045a	8.6±0.995c	33.67±1.693a
	N100	308.59±29.682a	23.93±0.953a	15.85±1.05b	28.45±3.088ab
	N200	359.16±10.728a	23.17±2.058a	21.06±1.407a	21.9±1.6b

注：方差分析同表 1。

4 讨论

4.1 氮素对大豆结瘤固氮能力的系统性影响

根据本文研究表明，当大豆受到氮素供应时，其根瘤生长会受到明显抑制，表现为根瘤数量的减少和干重下降。同时，这种抑制还会削弱根瘤的固氮酶活性，且抑制作用与淋浇氮浓度基本成正相关。并且，进一步研究发现，向双根大豆不结瘤侧施加氮素对大豆地上部和结瘤侧根系的干重均无较显著影响，不结瘤侧根系干重显著增加，由此可以推断，适量施加氮素有利于不结瘤侧根系干物质积累，但施加氮素过多反而会起抑制作用。

4.2 氮素对大豆氮素积累的系统性影响

随着施氮量增加，大豆根瘤的数量和干重均呈下降趋势，对根瘤菌固氮酶活性产生影响，而固氮酶活性正是共生固氮过程中的关键因素。固氮酶活性的降低意味着共生体系向植物提供的氮素量减少，从而对大豆的整体氮素积累产生负面影响。豆血红蛋白是大豆根瘤中含量为最丰富的蛋白质，它属于氧结合蛋白的一种，主要

作用是在根瘤的侵染区域内维持较低的氧浓度，从而保持固氮的活性。因此，豆血红蛋白含量在一定程度上能够反映大豆氮素积累的结果。在本研究中，向双根大豆不结瘤侧施加氮源对大豆植株地上部和不结瘤侧根系氮素积累均有促进作用且效果均显著，对大豆结瘤侧根系氮素积累无显著影响，但对大豆根瘤的氮素积累有显著抑制作用。

5 结论

肥料氮对大豆的结瘤数量和干重、固氮酶活性、豆血红蛋白含量和植株各部位氮素积累量均有系统性调控作用。对双根大豆不结瘤侧供氮，会促进大豆地上部植株积累氮素，但对大豆的结瘤固氮能力及根瘤部位的氮素积累反而起到抑制作用；且随着间接供氮时间的延长和施加氮素水平的升高，对结瘤固氮能力和根瘤氮素积累的抑制效果就更明显。

参考文献

- [1] 李晓芝, 张强, 赵双进, 等. 美国大豆生产、育种及产业现状[J]. 大豆科学, 2011, 30(02): 337-340.
- [2] 王树起, 韩晓增, 乔云发, 等. 施氮对大豆根瘤生长和结瘤固氮的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(02): 176-179.
- [3] 戴建军, 程岩. 应用 15N 示踪技术对不同品种大豆的三种氮源吸收利用的研究[J]. 东北农业大学学报, 1999(03): 225-229.
- [4] 侯慧云, 高峰, 高同国, 等. 施氮对大豆结瘤、固氮及产量影响的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(08): 42-48.