

根瘤菌和氮素对大豆植株特性及产量的影响

梁福琴¹, 关大伟², 党蓓蕾¹, 樊晨¹, 张强¹, 王晓霞¹, 吴菊梅¹

(1. 延安市农业科学研究所, 陕西 延安 716000; 2. 中国农业科学院 农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:为了初步了解延安地区大豆植株特性及其产量对根瘤菌和氮素的响应,在接种根瘤菌的情况下,设置施氮量分别为 0 (N₀)、50% (N₅₀)、75% (N₇₅),研究不同浓度的氮肥对大豆植株生长的影响;以 T₁: 150 kg·hm⁻² 重过磷酸钙+75 kg·hm⁻² 硫酸钾为底肥作空白对照, T₂: 底肥+根瘤菌, T₃: 底肥+根瘤菌+60 kg·hm⁻² 氮肥, T₄: 底肥+60 kg·hm⁻² 氮肥, T₅: 根瘤菌+60 kg·hm⁻² 氮肥,研究不同配比的根瘤菌与氮肥对大豆植株的影响。结果表明:接种根瘤菌的大豆植株,根部根瘤数量增多,且干重也相应的增大;大豆植株的株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重随氮肥的浓度增加而呈现先升高后降低的趋势, N₅₀ 为最佳施氮量; T₃ 复合处理下,大豆成熟期生理性状高于其它处理。在接种根瘤菌剂情况下,配施一定量的氮肥可使大豆植株的各项生理特性达到最大值,同时达到大豆丰产;氮素浓度使用不当会影响大豆植株的生长和产量,浓度过低不利于根瘤的形成,过高对根瘤的固氮有抑制作用。

关键词:大豆;根瘤菌;氮肥;产量;植株特性

中图分类号:S565.1;S143.1;Q939.11⁺4 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2017)08-0028-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.08.0028

2016 年我国大豆产量约 1 300 万 t, 进口量却超过了 8 000 万 t, 而需求量过大的大豆面临着

种植面积小、品质差、产量低等问题。由于氮可以提高大豆产量^[1], 增加干物质的积累, 100 kg 大豆约吸收 6.8~8.5 kg 的氮^[2], 所以人们大量使用化肥, 造成土壤和环境污染, 并带来相应的经济问题。自然界的固氮形式有自生固氮、联合固氮、共生固氮 3 种, 其中共生固氮是生物固氮的主要形式, 是将分子态氮转化为含氮化合物的过程。根瘤菌固氮属于共生固氮, 作用于植物的根部, 起

收稿日期:2017-06-08
基金项目:国家大豆产业技术体系专项资金资助项目(CARS-04);陕西省农业厅资助项目
第一作者简介:梁福琴(1974-),女,陕西省延安市人,高级农艺师,从事大豆新品种选育研究及示范推广工作。E-mail: yankslfq@126.com。

建。可见,种植甜玉米可作为改良土壤次生盐渍化的重要技术措施,特别是常规种植规格在种植周期上稍作延长,即可收获甜玉米及其秸秆,更容易被农民接受、利于技术推广。

参考文献:
[1] 车永梅,刘香凝,肖培连,等.酿酒葡萄品种耐盐性的研究[J].北方园艺,2015(23):18-22.
[2] 孟庆峰,杨劲松,姚荣江,等.碱蓬施肥对苏北滩涂盐渍土的改良效果[J].草业科学,2012(1):1-8.
[3] 赵恒栋,葛茂悦,王怀栋,等.我国三种主要蔬菜氮肥的利用现状分析[J].北方园艺,2017(5):151-155.

Effect of Sweet Maize on Desalting Soil of Secondary Salinization Vegetable Soil

QU Yun-ming, LIAO Lian-mei

(Agricultural Technology Promotion Center of Liandu District, Lishui, Zhejiang 323000)

Abstract: In order to test the desalting effect of sweet maize, the suitable planting techniques were screened out to slow down the occurrence of secondary salinization and improved the secondary saline soil, sweet maize was planted with 3 different planting specifications. The results showed that after 53 days after planting, 0~20 cm, the surface soil salinity decreased by more than 36.2%, the improvement effect was obvious; the desalting effect of conventional planting method was the best, which was 46.6% lower than that of CK. At the same time, its straw could be used as pasture, or return to the field, ultimately to provide nutrients for crops, and improve soil.

Keywords: soil salinization; planting; sweet maize; demineralization

重要作用的 nod 基因,可表达合成分泌结瘤因子,使根毛变形刺激根部皮层细胞进行有丝分裂形成根原基,从而使根瘤菌通过侵染线进入寄主的细胞质,繁殖分化为类菌体,类菌体将分子态氮转化为氨态氮,进而被植物同化^[3-4]。植物形成的周膜将同化后的氮包裹并编码产生豆血红蛋白,形成根瘤^[2],可为大豆提供大量的氮素。

同时根瘤菌在自然界与农业系统中起着重要的作用,其分泌物还可溶解磷、钙、铁等矿物质^[5]。根瘤菌固氮量仅占大豆植株需氮量的 50%~60%^[6],不能满足大豆生长的需要,孟庆英等^[7]认为接种根瘤菌可提高大豆株高、单株荚数、单株粒数和产量。为了明确氮肥和根瘤菌对大豆产量及植株生物性状的影响,本研究在大田中进行,设置氮肥和根瘤菌为自变量进行小区试验,为后续进行大田播种大豆合理高效的施肥提供有力的依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

根瘤菌剂由中国农业科学院农业资源区划所提供,参试大豆品种为晋豆 23 和晋遗 30。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计 分别在 2009 年和 2012 年由延安市农业科学研究所进行小区试验,2009 年的试验品种为晋豆 23,2012 年品种为晋遗 30,将配置好的根瘤菌剂进行拌种,使种子表面均匀沾上菌剂,阴干后 12 h 内播种。

试验 1 设 3 个处理,分别为:接种根瘤菌不增施氮肥(N₀)、接种根瘤菌且增施 50% 的氮肥(N₅₀)、接种根瘤菌且增施 75% 的氮肥(N₇₅),

所用氮肥为尿素,小区面积 18 m²,其它栽培条件一致。

试验 2 设 5 个处理,T₁:150 kg·hm⁻²重过磷酸钙+75 kg·hm⁻²硫酸钾为底肥作空白对照;T₂:根瘤菌剂+150 kg·hm⁻²重过磷酸钙+75 kg·hm⁻²硫酸钾;T₃:根瘤菌剂+150 kg·hm⁻²重过磷酸钙+75 kg·hm⁻²硫酸钾+60 kg·hm⁻²氮肥;T₄:150 kg·hm⁻²重过磷酸钙+75 kg·hm⁻²硫酸钾+60 kg·hm⁻²氮肥;T₅:根瘤菌剂+60 kg·hm⁻²氮肥。小区面积 144 m²,留苗为 19.5 万株·hm⁻²,其它栽培条件一致,其中氮肥含氮量 46%,重过磷酸钙含 P₂O₅ 44%。

1.2.2 调查项目 试验 1 收获后,分别对 3 个处理的大豆株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重及产量进行测定。

试验 2 收获后,对其进行考种,分别测定株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝、单株粒数、单株粒重、百粒重及产量,并对其全氮和含氮量进行测定。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的氮肥对大豆植株生长及产量的影响

由表 1 知,大豆植株的株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重随氮肥的浓度增加呈现出先升高后降低的趋势,N₅₀时各指标值达到最大,这表明在接种根瘤菌剂一定量的情况下,氮肥过高或过低对大豆的产量都不利,氮素浓度过低不利于根瘤的形成,氮素浓度过高对根瘤的固氮有抑制作用,进而影响到大豆的生长和产量。

表 1 不同浓度的氮肥对大豆植株生长及产量的影响

Table 1 Effect of different concentrations of nitrogen fertilizer on plant growth and yield of soybean

| 处理 Treatments | 株高/cm Plant height | 主茎节数 Node number of main stem | 单株荚数 Pod number per plant | 单株粒数 Grain number per plant | 单株粒重/g Grain weight per plant | 百粒重/g 100-grain weight | 折合产量/ (kg·hm ⁻²) Yield |
|------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| N ₀ | 80.4 | 16.6 | 25.6 | 55.0 | 13.3 | 24.2 | 2872.4 |
| N ₅₀ | 89.9 | 16.8 | 29.2 | 55.3 | 14.1 | 25.5 | 2961.3 |
| N ₇₅ | 82.8 | 15.7 | 23.9 | 47.1 | 11.5 | 24.3 | 2783.4 |

2.2 不同配比的根瘤菌与氮肥对大豆植株的影响

由表 2 可知,T₃株高高于其它处理,比 T₁高了 17.32%,说明氮肥与根瘤菌的复合使用有助于大豆植株生长,同时 T₃和 T₅的株高数据表明磷和钾对植株的生长也有着重要的作用;主茎节

数和单株荚数 T₃都高于其它处理;就单株粒数而言,T₃高于其它处理,且比 T₁高出 7.58%,而氮肥与根瘤菌分开使用(T₂和 T₄)对其无效果;就单株粒重而言,T₃也是最高;由百粒重数据可知,T₃大于其它处理,说明根瘤菌剂和氮肥复合接种对提高籽粒的百粒重有重要作用,但与氮肥的效果

差异不大。由 T₁与 T₂可看出单接种根瘤菌对大豆的主茎节数、单株荚数、单株粒数、百粒重无明显效果。

由 5 个处理的产量可知:T₃>T₄>T₂>T₅>T₁,说明根瘤菌剂和氮肥共同作用对产量的促进作用最明显,由 T₂和 T₄可知氮肥比根瘤菌对大

豆产量的影响相对较大,由 T₃>T₅>T₁,说明其它肥力因素对大豆产量也有影响,但与根瘤菌剂和氮肥对大豆产量的作用相比较小。单株全氮 T₃最大,相比 T₁高出 19.26%,单株含氮量也是 T₃最大,由此说明根瘤菌与氮素以一定的配比结合对植株吸收氮素有极为明显的促进作用。

表 2 不同配比的根瘤菌与氮肥对大豆植株的影响

Table 2 Effect of different ratio of rhizobia and nitrogen fertilizer on the soybean plant

| 处理 Treatmnets | 株高/cm Plant height | 主茎节数 Node number of main stem | 单株荚数 Pod number per plant | 单株粒数 Grain number per plant | 单株粒重/g Grain weight per plant | 百粒重/g 100-grain weight | 产量/ (kg·hm ⁻²) Yield | 单株全氮/g Total nitrogen per plant | 单株含氮量/% Nitrogen content per plant |
|------------------|--------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------|--|--|---|
| T ₁ | 86.6 | 18.9 | 32.2 | 67.3 | 16.2 | 25.1 | 2646.0 | 1.4 | 7.8 |
| T ₂ | 89.9 | 18.4 | 30.0 | 60.8 | 14.5 | 25.0 | 2804.4 | 1.4 | 7.7 |
| T ₃ | 101.6 | 19.6 | 32.6 | 72.4 | 17.3 | 26.7 | 2879.4 | 1.6 | 8.4 |
| T ₄ | 98.3 | 19.1 | 30.4 | 66.6 | 16.7 | 26.4 | 2833.5 | 1.5 | 7.8 |
| T ₅ | 91.8 | 18.8 | 31.3 | 69.0 | 16.0 | 25.8 | 2775.2 | 1.4 | 7.8 |

综合比较成熟期性状可知,T₁的植株弱小,主茎节数、单株粒数、单株粒重、百粒重相对较小,籽粒干瘪。而复合处理 T₃,植株健壮、主茎节数多、单株有效荚数多、单株粒数大且籽粒饱满程度高。

3 结论与讨论

本试验在接种根瘤菌的情况下,通过与根毛进行相互作用,促进根瘤的形成,董守坤等^[8]认为根瘤干重与植株中的氮积累量呈正比。研究氮浓度对大豆植株的影响,结果表明随着氮素浓度不断升高,大豆植株各项生理性状呈现先升高后降低的趋势,原因是氮素的浓度过高,破坏菌体的结构,使其数量减少,抑制了根瘤的生长及固氮酶的活性,从而使根瘤不能有效进行共生固氮为植株提供氮素,植株不能健壮生长、导致产量降低。这与 Streeter^[9]的观点一致,大量施肥抑制了根瘤菌的侵染、固氮活性、根瘤的形成,最终导致产量降低。Abdelaal 等^[10]认为,当氮的浓度为 20 mg·L⁻¹,可促进根瘤的活性并进行固氮,当氮浓度达 80 mg·L⁻¹时,可抑制固氮酶的活性。较高水平的氮素可为植株提供营养并增加根分泌物,使根瘤菌有充足的碳源,为共生固氮过程提供信号物^[11]。当然,姚玉波^[2]认为氮素含量对根瘤活性的影响与土壤肥力有关。甘银波等^[12]认为在大豆营养生殖阶段追肥有利于根瘤的形成,大豆产量的提高可通过增施氮肥来提高单株的粒数

或荚数来实现。

在本试验中还进行了氮肥和根瘤菌复合使用,试验表明复合处理可以使大豆的产量、株高、单株粒数、百粒重等升高。董守坤等^[8]认为大豆在第三片复叶展开前,较高的氮素有助于根瘤生长;结荚期和鼓粒期氮素水平高抑制了根瘤的生长,而此时高水平的氮素有助于提高大豆的产量。所以在生长前期一定浓度的氮素促进了根瘤与植株的生长,在生长后期根瘤利用共生固氮的作用为植株提供营养,氮素的浓度过高或过低对根瘤固氮作用有影响,进而影响了植株的特性与产量。但氮肥对大豆产量的影响比根瘤菌剂大,此结论与程鹏等^[13]的根瘤菌剂比氮肥更能提高大豆的产量不相符。还有一些研究表明钾通过调节根瘤的大小和数量^[14]、磷通过影响共生固氮的作用来影响大豆生长^[15]。

总之,根瘤菌的使用可增加根瘤的数量和大豆干重,使大豆增产。氮素可促进大豆植株的生长,但过高的浓度会影响根瘤菌的繁殖,进而影响根瘤的生长与活性,对植株的生长不利。将氮素与根瘤菌结合使用时,可使大豆植株的各项生理特性达到最大值,这样既保护土壤环境、在经济上减少了农民的支出,同时获得大豆丰产,增加农民收入,也为国家减少大豆进口量作好铺垫。

参考文献:

[1] 关兴照,李成泰,张朝清,等.大豆施氮肥接种根瘤菌效果研究[J].黑龙江农业科学,2000(4): 20-21.

[2] 姚玉波. 大豆根瘤固氮特性与影碎因素的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2012.

[3] Spanik H P. Regulation of plant morphogenesis by lipo-chitin oligosaccharides[J]. Critical Reviews in Plant Science, 1996,15(5&6): 559-582.

[4] Schmidt J, Rohrig H, John M, et al. Alternation of plant growth and developing by *Rhizobium* nidA and nodB genes involved in the synthesis of oligosaccharide signal molecules[J]. The Plant Journal,1993(4):651-658.

[5] 沈世华,荆玉祥. 中国生物固氮研究现状和展望[J]. 科学通报,2003(6):48-51.

[6] Ohwakiy, Sugaharap. Active extrusion of protons and exudationof carboxylic acids in response to iron deficiency by roots of chickpea(*Cicerarietinum* L.) [J]. PlantSoil, 1997, 189: 49-55.

[7] 孟庆英,张立波,张春峰,等. 根瘤菌对大豆生理及农艺性状的影响[J]. 黑龙江农业科学,2015(1):27-28.

[8] 董守坤,刘丽君,孙聪姝,等. 利用¹⁵N 标记研究氮肥水平对大豆根瘤生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011, 17(4):985-988.

[9] Streeter J G. Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate[J]. CRC Crit Rev. Plant Sci,1998(7): 1-23.

[10] Abdelaal Shamseldin, Hassan Moawad. Inhibition of nitrogenase enzyme and completely suppression of noduation in common bean(*Phaseolus unlgaris* L.) at high levels of available nitrogen[J]. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science,2010(7):75-79.

[11] 张琴,张磊. 豆科植物根瘤菌结瘤因子的感知与信号传导[J]. 中国农学通报,2005,21(7):233-238.

[12] 甘银波,涂学文,田任久. 大豆的最佳氮肥施用时期研究[J]. 大豆科学,1998,17(4):287-291.

[13] 程鹏,王金生,刘丽君,等. 氮和根瘤菌交互作用对大豆生长、结瘤及产量的影响[J]. 大豆科技,2013(1):17-20,25.

[14] Andrew C S,Robins M F. The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes [J]. Aust J Agric Res, 1969(20):999-1007.

[15] Graham P H,Rosas J C. Phosphorus fertilization and symbiotic nitrogen fixation in common bean [J]. Agron J, 1979(71):925-926.

Effect of Rhizobium and Nitrogen on Plant Characteristics and Yield of Soybean

LIANG Fu-qin¹, GUAN Da-wei², DANG Bei-lei¹, FAN Chen¹, ZHANG Qiang¹, WANG Xiao-xia¹, WU Ju-mei¹

(1. Agricultural Research Institute of Yanan City, Yanan, Shaanxi 716000; 2. Institute of Agriculture Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: In order to understand the response of soybean plant characteristics and its yield to rhizobium and nitrogen in Yanan. The effects of rhizobium with different rates of nitrogen fertilizer (N₀, N₅₀, N₇₅) on soybean plants were studied; control group (CK) trial was treated with heavy calcium superphosphate, 150 kg·hm⁻² and potassium sulfate, 75 kg·hm⁻² as base fertilizer, marked as T₁; T₂ was treated with base fertilizer and rhizobia; T₃ was treated with base fertilizer, rhizobia and nitrogen fertilizer, 60 kg·hm⁻²; T₄ was treated with base fertilizer and nitrogen fertilizer, 60 kg·hm⁻²; and T₅ was treated with rhizobium and nitrogen fertilizer, 60 kg·hm⁻². These five experiment groups were set up to study the effects of different combination of rhizobia and nitrogen fertilizer on soybean plant. The results showed that the number of root nodules and the dry weight of the soybean plants with rhizobium were increased; plant height of the soybean, node number of main stems, pod number per plant, grain number per plant, grain weight per plant and 100-grain weight showed increasing trend then decreased with the concentration of nitrogenous fertilizer. N₅₀ was the optimal nitrogen concentration; in T₃, the physiological character of soybean at ripening stage was higher than that of other treatments. With rhizobium, application of certain concentration of nitrogen fertilizer could make each physiological characteristic of soybean plant be its peak value and bring high yield. However, unreasonable concentration of nitrogen had negative effect on the growth and yield of soybean. Low nitrogen concentration is not conducive to the formation of the root nodules, while overtop can inhibit nitrogen fixation of the root nodules.

Keywords: soybean; rhizobium; nitrogen; yield; plant characteristics

(该文作者还有李安荣,单位同第一作者)