

文章编号:1003-8701(2014)03-0022-05

不同施氮量对套作大豆碳氮代谢及产量的影响

王 竹¹, 杨文钰²

(1. 成都农业科技职业学院, 成都 611130; 2. 四川农业大学农学院, 四川 雅安 625014)

摘 要:在玉米/大豆套作模式下研究了不同施氮量对大豆碳氮代谢及产量的影响。结果表明, 适量增施氮肥有利于大豆增产, 而氮素过量却会引起严重减产。高氮水平下(每公顷补施纯氮 78.2 kg 和 96.6 kg), 大豆茎、叶中可溶性糖和淀粉的积累量减少, 茎中淀粉的积累时间缩短, 茎、叶中氮素积累过多, 氮代谢过于旺盛, 造成了光合产物对光合器官的反馈抑制, 碳、氮代谢严重失调, SPS 和 GS 活性降低, 后期营养物质向籽粒运输和分配受阻, 产量很低。本试验的结论是, 套作大豆外源氮肥的补充应建立在土壤氮素调查的基础上。本试验中, 种植土壤有机质含量 $53.106 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮含量 $2.15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效氮 $158.542 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 每公顷补施纯氮 $0 \sim 59.8 \text{ kg}$ 有利于大豆产量的形成, 且各处理差异不显著。生产中, 在土壤肥力较高的情况下, 为节约成本, 可不施氮肥。

关键词:套作大豆; 氮素水平; 碳氮代谢; 产量

中图分类号: S565.106.2

文献标识码: A

Effects of Different Nitrogen Levels on the Carbon-Nitrogen Metabolism and Yield of Relay-Cropping Soybean

WANG Zhu¹, YANG Wen-yu²

(1. Chengdu Vocational College of Agricultural Science and Technology, Chengdu 611130;

2. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: The effects of different nitrogen levels on the carbon-nitrogen metabolism and yield of relay-cropping soybean under maize/soybean pattern were studied. The results showed that increasing the supply of nitrogen properly was favorable to get high yield of soybean, but excessive nitrogen caused serious yield loss. Under high nitrogen levels (supply pure N 78.2 and 96.6 kg per hectare), the accumulation of soluble sugar and starch in leaf and stem were reduced, and accumulation period of starch in stem was shortened; excessive nitrogen accumulation in stem and leaf lead to excessive nitrogen metabolism, which aggravated photo-inhibition and contribute to metabolic disorders, so the activity of SPS and GS kept at a low level, the transfer and distribution of nutrients for seeds were blocked. In conclusion, the nitrogen supply of relay-cropping soybean should be based on investigation of soil N content. In this field experiment, soil organic matter content was $53.106 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, soil total N content was $2.15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, soil available N content was $158.542 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, the supply of $0 \sim 59.8 \text{ kg}$ of pure N per hectare was beneficial to soybean yield formation, but there was no significant difference among 4 treatments. In production of high soil fertility, N supply was need not for saving costs.

Keywords: Relay-cropping soybean; Nitrogen levels; Carbon-nitrogen metabolism; Yield

碳氮代谢是作物最基本的两大代谢过程, 其在生育期间的变化动态直接影响着光合产物的形成、

转化及矿质营养的吸收、蛋白质的合成等^[1-3]。大豆一生中碳、氮代谢的协调在很大程度上决定着产量结果^[4-5]。合理的氮肥施用, 不仅能提高大豆产量, 还有“以氮促磷”、“以氮促钾”的作用^[6-7]。但由于大豆根瘤可固氮的特性, 其氮素营养不同于其他作物^[8-9], 加大了大豆氮肥施用技术的难度, 同时也引起了人们对大豆的氮素营养代谢及施肥技术的

收稿日期: 2014-03-15

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项项目(nyhyzx07-004-10), 四川省重大科技攻关资助项目(01NG016-01)

作者简介: 王 竹(1979-), 女, 博士, 副教授, 主要从事作物栽培生理的研究。

广泛重视^[10-11]。

氮肥对作物产量的影响是基于对作物碳氮代谢影响的基础之上的,关于净作大豆氮素营养及代谢过程做了大量的研究,但在套作模式下大豆氮素营养及碳氮代谢的探讨少有报道^[12],套作模式下,由于单位土地面积上种植作物数和作物产量的增加,作物地上部分携走的养分种类和数量也随之变化,因此协调作物间的养分供给,平衡施肥,是套作技术的保证。据此,本试验在玉米/大豆套作模式下设计了不同的施氮水平,以探讨外源氮素对大豆碳氮代谢及产量的影响,以期为提高复合群体中大豆的产量提供理论依据,并为探讨套作模式中作物的碳氮代谢提供借鉴。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

试验在四川雅安大兴镇农业科技园区中进行,供试玉米品种为临奥4号,3月23日播种,8月3日收获;大豆品种为贡豆9612,6月10日播种,9月26日收获。试验地土壤肥力状况为:有机质含量 $53.106\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮含量 $2.15\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全磷含量 $0.74\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全钾含量 $32.468\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮 $158.542\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $62.53\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $179.275\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验设计

采用单因素随机区组设计。施氮量(纯氮)设6个水平, A1: $0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (CK), A2: $23\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, A3: $41.4\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, A4: $59.8\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, A5: $78.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, A6: $96.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 3次重复。采用2 m开厢,玉米、大豆各占1 m,小区面积 $8\text{ m}\times 2\text{ m}$,各处理包括两个种植带。大豆每厢播3行,密度 $24.75\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ (行距33 cm,窝距18.5 cm),窝留3株;大豆底肥各处理用过磷酸钙 $450\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、氯化钾 $60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,氮肥(尿素)按底肥:追肥为1:1两次施用,追肥在初花期(分枝期)雨后撒施。玉米密度为 $52500\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$ (行距50 cm,窝距为38.1 cm),穴留双株;底肥用330 kg尿素、750 kg过磷酸钙和150 kg氯化钾穴施,播后每公顷施22 500 kg清粪水,在大喇叭口期每公顷追施330 kg尿素,将尿素溶于22 500 kg清粪水中穴施。采取全程免耕全程秸秆覆盖。其他栽培措施同一般大田生产,整个生育期管理水平均匀一致。

1.3 调查测定项目与方法

1.3.1 茎叶中碳、氮含量的测定

分别于大豆 V3(两片复叶全展)、R2、R4、R6、

R7 五个时期,各小区随机取5株,将茎、叶分别装袋,于 105°C 下杀青30 min后,继续在 80°C 下烘至恒重,用小型高速粉碎机粉碎,过60目筛后存放于干燥器中,用蒽酮比色法测定可溶性糖和淀粉,用凯氏定氮仪测定全氮含量。

1.3.2 碳氮代谢关键酶活性的测定

分别于 V3、R2、R4、R6、R7 五个时期,各小区随机采取5株的新鲜叶片,清洗干净,去除叶脉,剪碎后立即用液氮处理3 min,放在 -80°C 超低温冰箱中保存以供蔗糖磷酸合成酶(SPS)和谷氨酰胺合成酶(GS)的测定。

蔗糖磷酸合成酶:称量 1.000 g 叶片,置于预冷的研钵中,加5 mL缓冲液A ($100\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Tris-HCl, pH 7.0; $10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ MgCl_2 ; $2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA; 2%乙二醇; $20\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 巯基乙醇)研磨成匀浆,经4层纱布过滤弃残渣,滤液于 $7\ 000\times g$ 冷冻离心机中离心25 min,取上清液用硫酸铵分布沉淀,收集30%~40%饱和沉淀物,复溶于缓冲液B ($20\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Tris-HCl, pH 7.0; $10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ MgCl_2 ; $2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA; 10%乙二醇; $5\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 巯基乙醇)中透析24 h,中途换缓冲液一次(所有操作均在 4°C 下完成)。粗酶液制备完成后,在总体积0.15 mL反应混合液中(含 $50\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Tris-HCl, pH 7.0; $10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ MgCl_2 ; $10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ F6P; $3\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ UDPG)加入0.4 mL酶液, 30°C 水浴中反应10 min后,加入0.05 mL $2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH,沸水煮10 min,再加入0.7 mL 30% HCl及0.2 mL用95%乙醇制备的浓度为0.1%的间苯二酚,摇匀后置于 80°C 水浴保温10 min,冷却后于480 nm下比色,测定蔗糖的生成量。

谷氨酰胺合成酶:称取 1.000 g 叶片,于预冷的研钵中,加5 mL的 $100\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、pH 7.6的 Tris-HCl 缓冲液(含 $1\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ MgCl_2 、 $1\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA 和 $10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 2-巯基乙醇)在冰浴上研磨成匀浆,转入离心管中,在 4°C $15\ 000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 下离心25 min,上清液用于GS活性测定。测定酶活性反应液组成如下:0.6 mL 咪唑-盐酸缓冲液($0.25\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, pH 7.0), 0.4 mL 谷氨酸钠溶液($0.3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, pH 7.0), 0.4 mL ATP-Na 溶液($30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, pH 7.0), 0.2 mL MgSO_4 溶液($0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 粗酶液1.2 mL。反应液在 25°C 水浴中保温5 min后,加入0.2 mL 羟胺试剂开始反应,15 min后立即加入0.8 mL 酸性 Fe-Cl_3 试剂终止反应。混合液在 $5\ 000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 下离心10 min,取上清液测定540 nm处的光密度。一个GS活性单位定义为该反应条件下,在单位反应时

间内催化形成 $1 \mu\text{mol}\gamma\text{-谷氨酰异羟肟酸}$ 需要的酶量,总活性为:每克鲜样酶粗液在单位反应时间内催化形成 $\gamma\text{-谷氨酰异羟肟酸}$ 的 μmol 数。

1.3.3 大豆产量性状调查

收获前调查小区有效株数,成熟时每小区随机取 15 株考种,测定单株荚数、每荚粒数及百粒重。各小区实打实收,统计产量。

2 结果与分析

表 1 不同氮肥水平下大豆茎中可溶性糖含量的变化

	V3	R2	R4	R6	R7
A1(CK)	$8.362 \pm 0.146 \text{ c}$	$15.990 \pm 0.097 \text{ b}$	$16.388 \pm 0.125 \text{ c}$	$13.880 \pm 0.049 \text{ c}$	$10.497 \pm 0.027 \text{ c}$
A2	$8.771 \pm 0.050 \text{ b}$	$16.503 \pm 0.396 \text{ b}$	$17.235 \pm 0.063 \text{ b}$	$14.894 \pm 0.048 \text{ b}$	$11.486 \pm 0.256 \text{ b}$
A3	$9.290 \pm 0.020 \text{ a}$	$18.208 \pm 0.009 \text{ a}$	$21.033 \pm 0.413 \text{ a}$	$16.738 \pm 0.040 \text{ a}$	$14.079 \pm 0.393 \text{ a}$
A4	$8.949 \pm 0.030 \text{ b}$	$18.978 \pm 0.797 \text{ a}$	$20.786 \pm 0.099 \text{ a}$	$16.646 \pm 0.106 \text{ a}$	$14.264 \pm 0.333 \text{ a}$
A5	$7.155 \pm 0.007 \text{ d}$	$13.651 \pm 0.137 \text{ c}$	$15.759 \pm 0.103 \text{ c}$	$11.427 \pm 0.106 \text{ d}$	$8.182 \pm 0.155 \text{ d}$
A6	$6.674 \pm 0.111 \text{ e}$	$11.499 \pm 0.026 \text{ d}$	$14.749 \pm 0.070 \text{ d}$	$11.398 \pm 0.242 \text{ d}$	$8.141 \pm 0.023 \text{ d}$

注:表中数据为 3 次平均值。大小写字母分别表示差异达 1%和 5%显著水平,下同

由表 2 可知,叶片中可溶性糖含量的变化也和茎的变化一致,也是先增后减,在 R4 期达到最大值,此时 A3、A4 的含量显著大于其他处理。叶片中可溶性糖的增幅也以 V3 ~ R2 期最大,其中

2.1 对可溶性糖含量的影响

从表 1 可以看出,大豆茎中的可溶性糖含量呈先升后降的趋势,在 R4 期达到最大值,此时 A3、A4 的含量显著大于其他处理。V3 ~ R2 期是可溶性糖含量增幅最大的时期,A1 (CK) 增长了 7.63 个百分点,A2、A3、A4、A5 分别增长了 6.50、7.73、8.92、10.03 个百分点;而 A6 仅增长了 4.83 个百分点。从整个生育期可溶性糖的含量来看,A4 最高,而 A6 最低。

A3 的增加量最多,A5 的增加量最少。从整个生育期可溶性糖的含量来看,A3 最高,A6 最低,成熟期时 A3 分别比 A1、A5 和 A6 高出 10.38%、33.37%和 62.42%。

表 2 不同氮肥水平下大豆叶中可溶性糖含量的变化

	V3	R2	R4	R6	R7
A1(CK)	$2.231 \pm 0.106 \text{ c}$	$16.633 \pm 0.050 \text{ b}$	$20.579 \pm 0.250 \text{ c}$	$18.968 \pm 0.212 \text{ b}$	$12.937 \pm 0.350 \text{ b}$
A2	$2.702 \pm 0.054 \text{ b}$	$16.145 \pm 0.404 \text{ b}$	$21.572 \pm 0.023 \text{ b}$	$18.608 \pm 0.284 \text{ b}$	$14.788 \pm 0.193 \text{ a}$
A3	$3.599 \pm 0.175 \text{ a}$	$18.574 \pm 0.046 \text{ a}$	$25.102 \pm 0.169 \text{ a}$	$21.105 \pm 0.145 \text{ a}$	$14.280 \pm 0.053 \text{ a}$
A4	$3.642 \pm 0.076 \text{ a}$	$18.272 \pm 0.055 \text{ a}$	$24.611 \pm 0.232 \text{ a}$	$20.835 \pm 0.048 \text{ a}$	$14.269 \pm 0.100 \text{ a}$
A5	$2.191 \pm 0.104 \text{ c}$	$14.229 \pm 0.504 \text{ c}$	$17.234 \pm 0.131 \text{ d}$	$15.694 \pm 0.009 \text{ c}$	$10.707 \pm 0.239 \text{ c}$
A6	$2.054 \pm 0.122 \text{ c}$	$14.120 \pm 0.246 \text{ c}$	$15.258 \pm 0.363 \text{ e}$	$13.129 \pm 0.528 \text{ d}$	$8.792 \pm 0.572 \text{ d}$

2.2 对淀粉含量的影响

如表 3 所示,高氮水平下大豆茎中淀粉含量达到最大值的时间有所提前,A5、A6 在 R4 期就达到了最大值,而 A1、A2、A3 和 A4 的最大值却出现在 R6 期。整个生育期,淀粉积累量最多的为

A3,平均值为 20.48%,比对照 A1 高出了 3.31 个百分点;而淀粉积累量最少的为 A6,平均值为 13.45%,比对照 A1 低了 3.72 个百分点。积累量以 V3 ~ R2 期最大,A1 增长了 11.9 个百分点,A2、A3、A4 分别增长了 12.9、14.1、13.0 个百分

表 3 不同氮肥水平下大豆茎中淀粉含量的变化

	V3	R2	R4	R6	R7
A1(CK)	$7.751 \pm 0.022 \text{ c}$	$19.693 \pm 0.160 \text{ c}$	$21.924 \pm 0.293 \text{ c}$	$22.280 \pm 0.145 \text{ c}$	$14.179 \pm 0.289 \text{ d}$
A2	$8.024 \pm 0.040 \text{ c}$	$20.896 \pm 0.233 \text{ b}$	$23.594 \pm 0.493 \text{ b}$	$23.818 \pm 0.249 \text{ b}$	$15.982 \pm 0.432 \text{ c}$
A3	$9.275 \pm 0.042 \text{ b}$	$23.374 \pm 0.092 \text{ a}$	$25.093 \pm 0.216 \text{ a}$	$25.015 \pm 0.145 \text{ a}$	$19.642 \pm 0.109 \text{ a}$
A4	$9.939 \pm 0.006 \text{ a}$	$23.075 \pm 0.097 \text{ a}$	$25.687 \pm 0.021 \text{ a}$	$23.688 \pm 0.344 \text{ b}$	$18.535 \pm 0.085 \text{ b}$
A5	$6.122 \pm 0.091 \text{ d}$	$16.928 \pm 0.199 \text{ d}$	$18.664 \pm 0.394 \text{ d}$	$16.563 \pm 0.221 \text{ d}$	$14.185 \pm 0.053 \text{ d}$
A6	$6.317 \pm 0.199 \text{ d}$	$15.216 \pm 0.541 \text{ e}$	$17.310 \pm 0.013 \text{ e}$	$15.295 \pm 0.115 \text{ e}$	$13.120 \pm 0.434 \text{ e}$

点,而 A5、A6 仅增长了 10.8、8.9 个百分点。

不同施氮量对大豆叶片中淀粉含量的影响效应与茎略有差异(表 4),叶片中淀粉的含量要高于茎中的淀粉含量,且各处理都在 R4 期达到最大

值。R4 期前,A4 叶片中的淀粉含量为最高,显著高于其他处理,R6 期后则是 A3 的含量最高。成熟期时,A3 叶片中的淀粉含量比对照 A1 高出 5.49 个百分点,而 A6 却比 A1 低了 6.16 个百分点。

表 4 不同氮肥水平下大豆叶中淀粉含量的变化

	V3	R2	R4	R6	R7
A1(CK)	12.255 ± 0.106 d	19.699 ± 0.262 d	28.441 ± 0.040 c	26.418 ± 0.243 c	22.643 ± 0.505 c
A2	12.707 ± 0.350 c	21.999 ± 0.244 c	28.441 ± 0.040 c	29.492 ± 0.368 b	25.178 ± 0.029 b
A3	15.372 ± 0.160 b	23.326 ± 0.193 b	34.188 ± 0.034 b	32.361 ± 0.619 a	28.130 ± 0.011 a
A4	17.249 ± 0.032 a	25.260 ± 0.055 a	36.124 ± 0.048 a	28.788 ± 0.070 b	27.651 ± 0.216 a
A5	12.164 ± 0.042 d	17.261 ± 0.126 e	22.444 ± 0.121 d	20.911 ± 0.236 d	18.290 ± 0.061 d
A6	11.629 ± 0.001 e	16.754 ± 0.101 e	19.058 ± 0.577 e	17.440 ± 0.171 e	16.444 ± 0.130 e

2.3 对氮素含量的影响

如表 5 所示,大豆茎枝中的全氮含量随着施氮量的增加而显著增加,A6 各生育时期的含氮量都显著高于其他处理,而对照 A1 的含氮各时期都处于最低水平。整个生育期内,茎中全氮的含量呈降 - 升 - 降的趋势,R2 期时含量最低,R6 期时

含量最高。

叶片中的含氮量也是随着施氮量的增加而显著提高(表 6)。A1 ~ A4 处理变化趋势是先降后升再降,R4 期时含量最低,R6 期时含量最高。而 A5 和 A6 处理的叶片含氮量却一直处于上升趋势,成熟期含量仍很高,分别是对照 A1 的 5 倍和 5.3 倍。

表 5 不同氮肥水平下大豆茎中全氮含量的变化

	V3	R2	R4	R6	R7
A1(CK)	2.967 ± 0.108 f	2.197 ± 0.022 e	2.783 ± 0.017 e	3.134 ± 0.020 e	2.687 ± 0.019 e
A2	3.454 ± 0.009 e	2.188 ± 0.031 e	2.541 ± 0.101 e	3.663 ± 0.039 e	2.829 ± 0.067 de
A3	4.934 ± 0.003 d	3.527 ± 0.029 d	5.343 ± 0.019 d	5.002 ± 0.015 d	3.228 ± 0.043 d
A4	5.788 ± 0.043 c	5.154 ± 0.173 c	6.413 ± 0.083 c	6.692 ± 0.014 c	4.635 ± 0.097 c
A5	9.331 ± 0.013 b	8.519 ± 0.053 b	12.089 ± 0.083 b	14.218 ± 0.044 b	10.586 ± 0.265 b
A6	10.366 ± 0.044 a	9.929 ± 0.106 a	13.087 ± 0.317 a	15.025 ± 0.357 a	11.557 ± 0.142 a

表 6 不同氮肥水平下大豆叶中全氮含量的变化

	V3	R2	R4	R6	R7
A1(CK)	4.755 ± 0.090 f	4.425 ± 0.157 e	3.819 ± 0.096 f	4.998 ± 0.023 e	4.687 ± 0.026 e
A2	5.262 ± 0.075 e	4.824 ± 0.040 e	4.295 ± 0.029 e	5.507 ± 0.136 e	5.277 ± 0.065 e
A3	6.248 ± 0.079 d	5.741 ± 0.118 d	5.141 ± 0.087 d	6.705 ± 0.165 d	6.229 ± 0.094 d
A4	8.851 ± 0.141 c	7.412 ± 0.031 c	6.756 ± 0.075 c	9.496 ± 0.123 c	8.776 ± 0.102 c
A5	10.930 ± 0.055 b	11.491 ± 0.205 b	18.731 ± 0.164 b	19.638 ± 0.427 b	23.598 ± 0.147 b
A6	11.418 ± 0.056 a	14.071 ± 0.058 a	21.071 ± 0.108 a	23.503 ± 0.511 a	25.012 ± 0.476 a

2.4 对蔗糖磷酸合成酶活性的影响

由图 1 可看出,随生育期的推进,叶片 SPS 活性在 V3 ~ R2 期缓慢上升,R2 ~ R4 期急剧上升,R4 期达到最大值后又缓慢下降。整个生育期内 SPS 活性平均值最高的为 A3,达到了 2.254,比对照 A1(1.794)高出 25.64%,平均值最低的为 A6(1.209),比对照低了 32.61%。成熟期 A1、A2、A3 和 A4 的 SPS 活性都显著高于 A5 和 A6。

2.5 对谷氨酰胺合成酶活性的影响

从图 2 可看出,大豆叶片 GS 活性在 V3 ~ R2 期缓慢上升,R2 ~ R4 期急剧上升,R4 期达到最大值后又急剧下降。整个生育期内 GS 活性平均值最高的为 A3,达到了 0.807,比对照 A1(0.545)高出 48.07%,平均值最低的为 A6(0.441),比对照低了 19.08%。成熟期时 A3 和 A4 的 GS 活性仍保持在较高水平,而 A5 和 A6 的 GS 活性却处于较低水平。

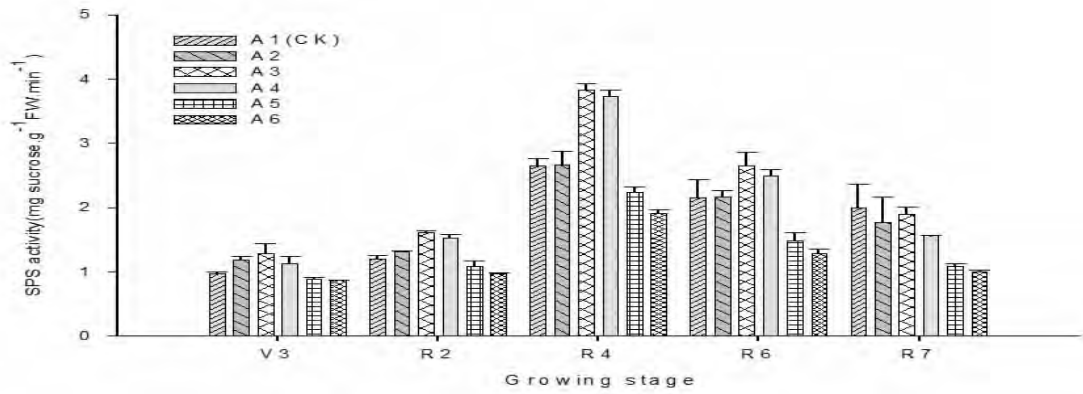


图1 不同氮肥水平下大豆蔗糖磷酸合成酶活性的变化

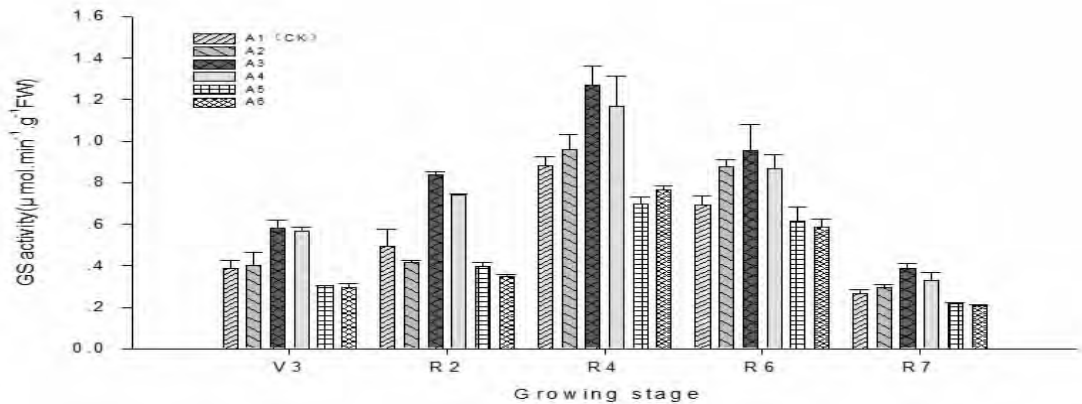


图2 不同氮肥水平下大豆谷氨酰胺合成酶活性的变化

2.6 大豆产量

对不同施氮水平下大豆产量因子进行方差分析表明,氮肥用量的多少显著地改变了大豆的单株结荚数($F=165.874^{**}$),而对每荚粒数和百粒重的影响不显著。如表7所示,A3、A4、A1水平下的单株荚数间差异不显著,但都极显著地高于A5

和A6,其中以A3的最高。不同施氮处理的产量表现为:A3>A4>A2>A1>A5>A6。其中,A2、A3、A4与对照A1间差异不显著,但都显著地高于A5和A6;A5和A6间差异也达到了显著水平。产量最高的A3分别比A5、A6高出了102.34%和237.95%。

表7 不同氮肥水平下大豆的产量

处理	单株荚数	每荚粒数	百粒重(g)	实际产量(kg·hm ⁻²)
1(CK)	27.543 Aab	1.516	30.11	1609.4 a
A2	26.142 Ab	1.533	29.651	1643.96 a
A3	31.326 Aa	1.512	30.682	1746.21 a
A4	28.665 Aab	1.523	30.052	1724.8 a
A5	12.748 Bc	1.541	29.256	862.99 b
A6	8.792 Bc	1.523	29.924	516.7 c

3 讨论与结论

氮是大豆生长发育和产量形成的主要元素之一,氮素供应过多或过少都会引起大豆生长代谢紊乱,器官功能衰退,导致减产^[13-14]。大豆一生的氮素来源主要有3个方面,即土壤氮、肥料氮和根瘤固氮。而施用氮肥又是人们实际操作中最简便

可行的调节大豆氮素营养的方法。但关于氮肥的用量和施用效果却颇有争议。一些研究表明,大豆施氮不增产或增产效果不显著^[15-17],另一观点则是大豆施氮具有显著增产效果^[18-19]。

本试验的结果是,在土壤有机质含量 $53.106\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮含量 $2.15\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮 $158.542\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的水平下,不施和(下转第87页)

水利水电,2010(9):55-56.

- [8] 袭祝香,王文跃,时霞丽.吉林省春旱风险评估及区划[J].中国农业气象,2008,29(1):119-122.
- [9] 袭祝香,杨雪艳,刘实,等.东北地区夏季干旱风险评估与区划[J].地理科学,2013,33(6):735-740.
- [10] 刘玉英,石大明,胡轶鑫,等.吉林省农业气象干旱灾害的风险分析及区划[J].生态学杂志,2013,32(6):1518-1524.

(上接第26页)少施氮肥对大豆产量的影响差异不显著,但全生育期氮肥用量达到 $78.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,就开始减产。高氮水平下,大豆茎、叶中可溶性糖和淀粉的积累量减少,茎中淀粉的积累时间缩短;茎、叶中氮素积累过多,氮代谢过于旺盛,造成了光合产物对光合器官的反馈抑制,碳、氮代谢严重失调,SPS 和 GS 活性降低,后期营养物质向籽粒运输和分配受阻,产量很低,这与 Osaki 等^[20]的研究结果一致。本试验的结论是,适量增施氮肥有利于大豆增产,而氮素过量却会引起严重减产。大豆不同施氮水平下,每公顷氮肥用量在 $0 \sim 59.8 \text{ kg}$ 范围内,大豆产量差异不显著,但都显著地高于高氮水平下大豆的产量。因此生产上,想获得套作大豆高产,在土壤肥力较高的情况下,从节约成本的角度,可不施氮肥。

参考文献:

- [1] 史宏志,韩锦峰.烤烟碳氮代谢几个问题的探讨[J].烟草科技,1998(2):34-36.
- [2] 勾玲,闫洁,韩春丽,等.氮肥对新疆棉花产量形成期叶片光合特性的调节效应[J].植物营养与肥料学报,2004,10(5):488-493.
- [3] 王晓伟,闫超,万涛,等.施氮水平对大豆光合作用及产量的影响[J].作物杂志,2011(2):49-52.
- [4] 刘玉库,张瑞朋,谈伟.大豆氮素营养研究进展[J].杂粮作物,2006,26(3):200-203.
- [5] S L Osborne, W E Riedell. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the northern great plains[J]. Agronomy Journal, 2006(98): 1569-1574.
- [6] 刘玉平,李志刚,李瑞平.不同密度与施氮水平对高油大豆产量及品质的影响[J].大豆科学,2011,30(1):79-82,88.
- [7] 姚玉波,马春梅,张磊,等.施氮水平对大豆吸收利用氮素及产量的影响[J].东北农业大学学报,2009,40(4):6-10.
- [8] 严君,韩晓增,王守宇,等.不同施氮量及供氮方式对大豆根瘤生长及固氮的影响[J].江苏农业学报,2010,26(1):75-79.
- [9] 赵秀芬,房增国.大豆、花生固氮与施氮关系的研究进展[J].安徽农学通报,2005,11(3):48-49.
- [10] 吕晓波.大豆保护性施氮技术及其应用前景[J].大豆科学,2001,20(2):138-140.
- [11] 章建新,沈融,李宏琪,等.施氮对高产大豆结荚性垂直分布的影响[J].大豆科学,2011,30(3):424-427.
- [12] 闫艳红,杨文钰,张新全,等.施氮量对套作大豆花后光合特性、干物质积累及产量的影响[J].草业科学,2011,20(3):233-238.
- [13] 甘银波,Stule.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.
- [14] Leffel R C, Bolgiano P B. Nitrogen metabolism of normal and high-seed-protein soybean[J]. Crop Sci, 1992(32): 747-750.
- [15] 杜天庆,苗果园.氮肥施用量对生土地大豆生物性状和产量的影响[J].山西农业科学,2006,34(3):53-55.
- [16] Michael A Schmitt, John A Lamb. In-season fertilizernitrogen-applications for soybean in minnesota[J]. Agronomy Journal, 2001(93):983-988.
- [17] Daniel W Barker. Nitrogenapplication to soybean at early reproductive development [J]. Agronomy Journal, 2005(97): 615-619.
- [18] Jeffery D Ray, Larry G Heatherly. Influence of large amounts of nitrogenon no irrigated and irrigated soybean[J]. Crop Sci, 2006(46): 52-60.
- [19] S L Osborne, W E Riedell. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the northern great plains[J]. Agron. J., 2006(98): 1569-1574.
- [20] Osaki M, Tyoda M, Yamada S. Effect of mutual shading on carbon distribution in rice plant. Soil Sci&Plant Nutrition, 1995,41 (2):235-244.

(上接第48页)

- [2] 鱼欢,杨改河,王之杰.不同施氮量及基追比例对玉米冠层生理性状和产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(2):266-273.
- [3] 王宜伦,李潮海,谭金芳,等.氮肥后移对超高产夏玉米产量及氮素吸收和利用的影响[J].作物学报,2011,37(2):339-347.
- [4] 周桦,姜子邵,宇万太,等.氮肥用量对玉米体内养分浓度和养分分配的影响[J].中国土壤与肥料,2008(4):18-21.
- [5] 张颖.不同产量类型春玉米养分吸收特点及其分配规律的研究[J].玉米科学,1997,5(3):70-72.
- [6] 姬景红,李玉影,刘双全,等.平衡施肥对玉米产量、效益及土壤-作物系统养分收支的影响[J].中国土壤与肥料,2010(4):37-41.
- [7] 刘景辉.春玉米需氮规律的研究[J].内蒙古农牧学院学报,1994,15(3):12-18.