

不同氮肥用量下镁对大豆碳氮代谢的影响^{*}

郎 漫¹ 刘元英 彭显龙 张文钊

(东北农业大学资源环境学院, 哈尔滨 150030)

摘要 试验采用框栽法, 在 $N50\text{kg}/\text{hm}^2$, $N75\text{kg}/\text{hm}^2$ 两个水平下施用 $\text{MgO}15\text{kg}/\text{hm}^2$, 测定了大豆叶片可溶性蛋白、含氮量、可溶性糖、淀粉、植株酰胺以及产量和籽粒蛋白含量。结果表明, 与 $N50$ 相比, $N50+\text{Mg}$ 的产量增加了 12.95% , 但差异不显著; 与 $N75$ 相比, $N75+\text{Mg}$ 的各指标在各时期都有所增加, 并达到了差异显著水平。其中可溶性蛋白含量在 V_4 和 R_2 期分别增加了 68.04% 和 52.07% ; 酰胺含量在 R_2 、 R_4 、 R_6 期分别增加了 75.47% 、 21.04% 和 46.39% ; 淀粉含量在 R_4 、 R_6 期分别增加了 59.34% 和 99.02% ; 产量和籽粒蛋白含量分别增加了 28.67% 和 3.43% 。与 $N50$ 相比, $N75$ 的可溶性蛋白含量在 V_4 、 R_2 、 R_4 期分别增加了 36.67% 、 65.90% 和 19.70% , 但酰胺含量在生殖生长期降低, 淀粉含量在 R_4 、 R_6 期分别降低了 22.34% 和 18.21% ; 而 $N75+\text{Mg}$ 的酰胺含量比 $N50$ 在 R_2 、 R_4 、 R_6 期分别增加了 59.81% 、 8.47% 和 25.67% , 淀粉含量在 R_4 、 R_6 期也分别增加了 23.60% 和 62.78% , 差异显著, 产量和籽粒蛋白含量各增加了 34.38% 、 2.93% , 均达到了 5% 的显著水平。这些结果表明, 在较高氮肥用量下施用适量的镁可协调碳氮代谢平衡, 促进光合产物向碳氮方向合理分配, 实现优质高产。

关键词 镁; 大豆; 碳氮代谢

中图分类号 S 565.101 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2006)01-0048-05

镁是作物生长发育所必需的中量营养元素, 碳氮代谢过程中的许多酶都需要镁离子来活化, 镁在植物体的光合作用^[1,2]、碳水化合物的合成与运转、蛋白质合成、脂肪代谢、活性氧代谢、提高根系活力以及抗逆性等多方面均有重要影响^[3~7]。然而近年来由于氮磷钾肥的大量施用和有机肥施用的逐年减少, 使土壤中的镁素呈下降趋势。大豆对镁非常敏感, 镁是提高大豆产量和品质的一个重要因素。碳、氮代谢是植物体内最重要的两大代谢过程, 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, 与作物的产量和品质密切相关^[8]。本试验研究的目的在于通过在不同氮肥用量基础上施镁来研究镁对大豆碳氮代谢的调节作用, 为大豆合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

- 1.1 试验材料
- 大豆品种: 东农 42
- 供试土壤: 黑土
- 供试肥料: 尿素(含 $N46\%$)、过磷酸钙(含 $P_2O_5 15\%$)、硫酸钾(含 $K_2O 33\%$)、氧化镁(化学试剂)
- 1.2 试验方法
- 1.2.1 试验设计
- 试验在东北农业大学农化试验网室进行。试验采用框栽法, 土壤基础肥力见表 1。框高 33cm , 直径 25cm , 每框面积 0.053m^2 , 用油毡纸围成, 油毡纸内衬塑料膜, 每框装过筛土 12kg 。5 月 1 日播种, 每框保苗 3 株。试验共设 4 个处理, 12 次重复, 各处理如下:
- | | |
|--------|------------------------|
| N50 | 0.66g 纯氮/框 |
| N50+Mg | 0.66g 纯氮/框+0.20g 氧化镁/框 |

^{*} 收稿日期: 2005-06-26
基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(项目编号: 2001BA507A05-01)黑龙江省科技攻关项目(项目编号: GB04B717-05)
作者简介: 郎漫(1982-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为植物营养。E-mail: langman19820228@163.com
通讯作者: 刘元英, Tel: 0451-55190439, E-mail: yyliu@neau.edu.cn

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

N75 0. 99g 纯氮/框

N75+Mg 0. 99 g 纯氮/框+0. 20g 氧化镁/框

各处理基肥: 0. 40g P₂O₅ /框、0. 79g K₂O /框

1. 2. 2 样品采集与测试

取样时期及测试项目

分别于 4 节期(V₄)、盛花期(R₂)、盛荚期(R₄)、鼓粒期(R₆), 即 6 月 11 日、7 月 7 日、7 月 23 日、8 月 6 日取样 4 次, 上午九点取样, 每次取两次重复, 测定鲜株大豆叶片可溶性蛋白含量、烘干后磨碎测定叶片含氮量、可溶性糖、淀粉含量和植株酰胺含量。收获后取 4 次重复测定产量和品质。

表 1 供试土壤基础肥力

Table 1 The fertility of pot experiment soil

有机质	全氮	全磷	速效磷	速效钾	缓效钾	交换性镁	pH
O. M	Total N	Total P	Avail. P	Avail. K	Slowly exch. K	Exchange Mg	(H ₂ O)
g · kg ⁻¹	g · kg ⁻¹	g · kg ⁻¹	mg · kg ⁻¹	mg · kg ⁻¹	mg · kg ⁻¹	mg · kg ⁻¹	
34. 1	1. 74	0. 48	29. 41	220. 2	987. 6	488	7. 10

2 结果与分析

2. 1 不同氮肥用量下镁对大豆叶片可溶性蛋白含量的影响

可溶性蛋白中含量最高的蛋白质是 Rubisco(1, 5-二磷酸核酮糖羧化酶), 约占 50%左右^[11], 因此在一定程度上, 可溶性蛋白含量可以反映叶片的光合能力, 已有试验结果表明, 大豆叶片可溶性蛋白含量提高, 净光合速率相应上升。由图 1 和方差分析结果可知, 与 N75 相比, N75+Mg 的可溶性蛋白含量在各生育期分别增加了 68. 04 %、52. 07 %、4. 77 %和 10. 03%, 其中 V₄ 和 R₂ 期差异达到 1%的显著水平,

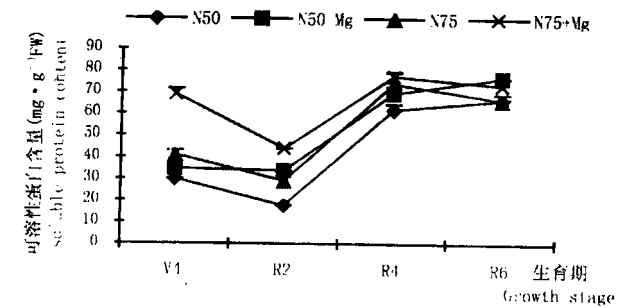


图 1 不同氮肥用量下镁对大豆叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig. 1 Effect of Mg on soluble protein content in soybean leaves at different nitrogen supplying levels

与 N50 相比, N50+Mg 的可溶性蛋白含量在各时期

测试方法

- (1)土壤基础肥力的测定: 采用常规分析方法⁹
- (2)土壤交换性镁含量的测定: 用 1N 中性 NH₄OAc 交换土壤, 取浸出液用原子吸收分光光度法测定
- (3)可溶性蛋白含量的测定: 考马斯亮蓝 G-250 染色法
- (4)叶片含氮量的测定: 开氏法
- (5)植株酰胺的测定: 参照文献 10 中的方法
- (6)可溶性糖和淀粉的测定: 蒽酮比色法
- (7)脂肪测定: 残余法
- (8)蛋白含量测定: 用开氏法测定籽粒含氮量后乘以 6. 25 换算成蛋白质

分别增加了 15. 75 %、92. 85 %、12. 38 %和 15. 64%, 其中 R₂ 期差异达 1%显著水平, R₄、R₆ 期差异达到 5%显著水平。总体看来, N75+Mg 的可溶性蛋白含量最高, 表明施镁能促进可溶性蛋白的合成, 提高光合速率, 尤其在 N75 水平上效果更好。随着氮肥用量增加, 叶片可溶性蛋白含量增加, N75 的可溶性蛋白含量比 N50 在 V₄、R₂、R₄ 期各增加了 36. 67 %、65. 90 %和 19. 70 %, 均达到了 5%的显著水平, R₆ 期差异不显著。

2. 2 不同氮肥用量下镁对大豆叶片含氮量的影响

从各生育期的测试结果(图 2)可以看出, 在两个氮水平下加镁都使叶片含氮量明显提高, V₄ 期 N75+Mg、N50+Mg 与 N75、N50 相比分别增加了 9. 48 %和 6. 31 %, 均达到了 5%的显著水平, R₂、R₄、R₆ 期 N50+Mg 比 N50 分别增加了 4. 71 %、1. 81 %和 1. 05 %, 增加幅度逐渐降低, 而 N75+Mg 比 N75 平均增加了 3. 07 %、3. 57 %和 6. 49 %, 增加幅度逐渐增大。随着氮肥用量增加, 叶片含氮量增加, N75 比 N50 在前三次取样中分别增加了 5. 21 %、2. 24 %和 1. 59 %, R₆ 期略有降低, 这和可溶性蛋白含量的变化相似。陈丽华等(2002)^[12] 研究表明东农 42 的叶片含氮量在花期达到高峰, 之后平缓下降, 盛荚期至鼓粒期迅速下降, 向生殖器官中转移, 我们的结果与其完全一致。

2. 3 不同氮肥用量下镁对大豆植株酰胺含量的影响

迄今认为酰胺是大豆根瘤固氮的主要产物, 朱

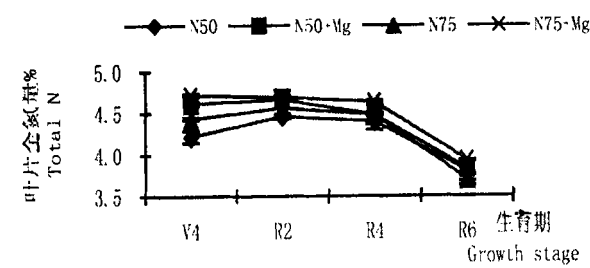


图2 不同氮肥用量下镁对大豆叶片含氮量的影响
Fig.2 Effect of Mg on N content in soybean leaves at different nitrogen supplying levels

长甫(1995)报道^[13],大豆根瘤固氮酶活性与酰脲含量成极显著正相关。固氮反应需要 Mg^{2+} 参与才能进行,然而有关镁对大豆酰脲含量的影响未见报道。大豆植株酰脲测定结果如图3所示,N50+Mg与N50相比,酰脲含量在各时期都有一定程度的增加,但不显著,分别增加了23.43%、9.63%、12.77%和2.67%,这可能是氮肥水平较低,施镁虽然促进了光合作用的进行,但植株同化的光合产物主要用于地上部分的建成和发育,向根部运输较少,大豆根瘤固氮所需能量不足,因此酰脲合成较少。在N75水平上施镁对酰脲的影响主要表现在生殖生长期,R₂、R₄、R₆期N75+Mg比N75分别增加了75.47%、21.04%和46.39%,差异均达到了5%的显著水平,整个生育期N75+Mg的酰脲积累量最多。随着氮肥用量增加,植株酰脲含量在生殖生长期降低,R₂、R₄、R₆期N75的酰脲含量比N50分别降低了8.93%、10.38%和14.16%,而N75+Mg比N50的

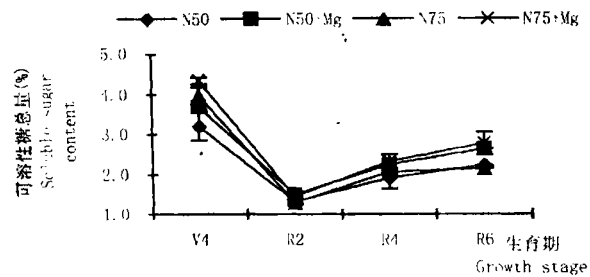


图4 不同氮肥用量下镁对大豆叶片可溶性糖含量的影响
Fig.4 Effect of Mg on soluble sugar content in soybean leaves at different nitrogen supplying levels

镁能促进糖和淀粉的合成^[1,2]。试验结果见图4。各时期取样结果表明,相同氮肥用量下加镁使叶

酰脲含量分别提高了59.81%、8.47%和25.67%,R₂、R₆期达5%的显著水平。这表明氮肥较多抑制了根瘤固氮,施镁则能促进固氮反应的进行,这不仅是因为施镁能增加固氮反应所需的 Mg^{2+} -ATP的数量,还可能与施镁提高了光合作用,使光合产物向根部运输增多有关。

随着生育时期推进,根瘤固氮能力增强,酰脲合成增多,R₄期达到高峰,R₆期固氮能力减弱,酰脲大量运至籽粒用于合成蛋白质,植株酰脲含量急剧下降。

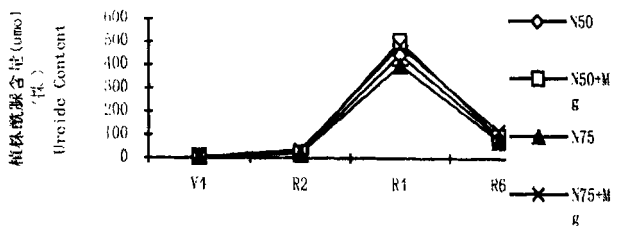


图3 不同氮肥用量下镁对大豆植株酰脲含量的影响
Fig.3 Effect of Mg on ureide content of soybean plant at different nitrogen supplying levels

2.4 不同氮肥用量下镁对大豆叶片可溶性糖和淀粉含量的影响

大豆叶片同化的光合产物主要以积累淀粉为主,可溶性糖合成较少^[14],较高的淀粉贮备量是形成高产的物质基础,因为鼓粒期开始淀粉会逐渐降解为糖运至籽粒中。可溶性糖是碳水化合物中能直接运转和利用的主要形式,其含量的高低可代表碳水化合物的合成与运输情况^[15]。

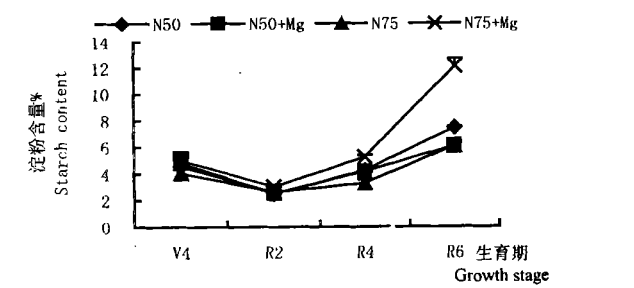


图5 不同氮肥用量下镁对大豆叶片淀粉含量的影响
Fig.5 Effect of Mg on starch content in soybean leaves at different nitrogen supplying levels

片可溶性糖含量都有不同程度的提高,在四个取样时期N50+Mg比N50分别提高了15.00%、

13.64%、17.89%和 17.94%; N75+Mg 比 N75 分别提高了 9.60%、12.40%、12.62%和 28.84%, 各时期 N75+Mg 的可溶性糖含量都最高, 说明在 N75 水平上施镁促进可溶性糖的合成的效果较好。

而在 N50、N75 水平上施镁对大豆叶片淀粉含量的影响有所不同(图 5), N75+Mg 的叶片淀粉含量比 N75 在各时期都有所增加, 分别增加了 24.14%、15.97%、59.34%、99.02%, R₄、R₆ 期均达到了 1%的显著水平, 而与 N50 相比, N50+Mg 的淀粉含量在 V₄ 期增加了 5.46%, R₂ 期无变化, R₄ 期降低了 2.34%, R₆ 期降低了 17.94%, 差异显著, 可能是施镁主要促进了淀粉的降解。随着氮肥施用量增加, 叶片淀粉含量降低, V₄ 期 N75 的淀粉含量较 N50 降低了 11.35%, R₄、R₆ 期各降低了 22.34%和 18.21%, 分别达到了 1%和 5%的显著水平, 而 N75+Mg 的淀粉含量比 N50 都有所增加, V₄、R₄、R₆ 期分别增加了 10.04%、23.60%、62.78%, R₄、R₆ 期增加显著, 达 5%的显著水平, 这表明施氮较多抑制了碳素代谢, 施镁能促进碳水化合物的合成, 促进淀粉的积累。

盛花期新陈代谢旺盛, 花荚需要大量碳水化合物建立繁殖器官, 因此 R₂ 期叶片可溶性糖和淀粉含量都降至最低, 之后生长速度减缓, 碳水化合物的需要量相应减少, 可溶性糖和淀粉含量又有所增加, 其变化趋势基本一致。

2.5 不同氮肥用量下镁对大豆产量和品质的影响

框栽试验大豆产量和品质见表 2。与 N50 相比, N50+Mg 的蛋白含量略有提高, 产量增加了 12.95%, 未达到显著水平; 与 N75 相比, N75+Mg 的蛋白含量提高了 3.43%, 产量提高了 28.67%, 都达到了 5%的显著水平, 这表明在 N75 水平上施镁能显著提高大豆产量, 增加大豆蛋白含量。表 2 还

到最高水平。

3 讨论与结论

3.1 镁对大豆氮代谢和根瘤固氮的影响

施镁能促进植株的氮代谢。本试验在低氮高氮水平上施镁都促进了叶片对氮素的吸收, 显著提高了叶片的可溶性蛋白含量, 这与吴英(1998)和王芳等人(2004)的研究结果^[15, 16]一致, 在 N75 水平上效果更好。施镁直接影响到生长后期的氮素代谢, 使叶片维持较高的氮素营养水平和较高的净光合速率, 增加了“源”的能量贮存和“流”的动力, 不断向“库”输送光合产物, 为籽粒的建成发育, 高蛋白的形成奠定了良好的物质基础。

施镁能促进大豆根瘤固氮, 使酰脲合成增多, 在 N75 水平上施镁效果显著。有研究表明酰脲可作为蛋白质合成的氮源^[17], 在种子蛋白质合成中, 固氮产生的酰脲氮比其他形式的氮更有效^[18], 这可能是 N75+Mg 处理的籽粒蛋白含量显著提高的原因之一。

可溶性蛋白, 全氮, 酰脲都是含氮化合物, 但在生育期间的变化趋势不同。叶片可溶性蛋白含量在 R₂ 期降低, 这有可能是因为取样当天阴天没有阳光, 而大豆叶片可溶性蛋白含量受光照影响, 随光强增高而增加^[19], 所以含量很低, 因而导致其变化趋势与叶片含氮量相反。酰脲含量的高峰期与全氮不同, 这是因为酰脲是根瘤固氮的产物, 而大豆单株固氮活性在结荚期最高的原因^[20]。

3.2 镁对大豆碳素代谢的影响

施镁对大豆碳素代谢有重要影响。在 N50 水平上施镁, 可溶性糖含量虽有增加, 淀粉积累却随着生育进程逐渐下降, 大豆籽粒中碳水化合物的储运主要是靠后期叶片中淀粉的降解, 这可能是 N50+Mg 的产量没有显著提高的原因。而在 N75 水平上施镁显著促进了叶片后期的淀粉积累, 这为 N75+Mg 形成最高产量奠定了充足的物质基础, 同时 N75+Mg 较高的可溶性糖含量可以为氮代谢和籽粒的形成提供充足的碳源和能量, 有利于高产。

3.3 镁对大豆碳氮代谢的调节

试验中与 N50 相比, N75 的氮代谢增强, 但大豆的碳代谢和根瘤固氮受到了抑制, 结果产量品质并未得到显著改善, 在 N75 水平上施镁使其碳代谢和根瘤固氮比 N50 显著增强, 最终产量和蛋白含量得到显著改善, 说明在 N75 水平上施镁能协调促进

表 2 不同氮肥用量下镁对大豆产量和品质的影响

Table 2 Effects of Mg on the yield and quality of soybean at different nitrogen levels

处理 Treatments	产量 Yield		蛋白质 Protein	
	产量(g/pot) Contents	增长率% Increase	含量% Contents	增长率% Increase
N50	42.85 ^b		43.65 ^b	
N50+Mg	48.40 ^{ab}	12.95	43.73 ^b	0.18
N75	44.75 ^b		43.44 ^b	
N75+Mg	57.58 ^a	28.67	44.93 ^a	3.43

表明, N75 与 N50 相比产量并未显著提高, 蛋白含量还有所降低, 而 N75+Mg 的产量、蛋白含量都达

大豆的碳氮代谢。以往研究表明碳氮代谢的矛盾统一于光强的调节,植物碳氮代谢对能量的竞争可以通过提高光反应速率来协调^[21~23],本试验在 N75 水平上施镁能增加叶片含氮量和可溶性蛋白含量,从而提高光合速率,达到调节碳氮代谢的目的。镁是碳氮代谢过程中多种酶的活化剂,有关镁对碳氮代谢过程中酶的影响及其调节机理还有待于进一步研究。

参 考 文 献

- Walker C J, Werinstein JD. Further characterization of the magnesium chelatase in isolated developing cucumber chloroplasts [J]. *Plant Physiol*, 1991, 95: 1189–1196
- Peters JS, Berkowitz GR. Studies on the system regulating proton movement across the chloroplast envelope[J]. *Plant Physiol*, 1991, 95: 1229–1236
- Nooden LD. Absciscic acid, auxin and other regulator of senescence. In: Skoof ed *Senescence and Aging in plant* [M]. San Diego: Academic press, 1998: 329–335.
- Adams F, Pearson R W. Neutralization soil acidity under bermudagrass Sod[J]. *Soil Sci Soc Am Proc*, 1969, 33: 373
- 汪洪, 褚天铎. 植物镁素营养的研究进展[J]. *植物学报*, 1999, 16(3): 245–250
- 李延, 刘星辉, 庄为民. 植物镁素营养生理的研究进展[J]. *福建农业大学学报*, 2000, 29(1): 74–80
- 王芳, 刘鹏, 朱靖文. 镁对大豆根系活力叶绿素含量和膜透性的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2004, 23(2): 235–239.
- 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
- 李酉开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京, 科学出版社, 1983
- 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会编, 现代植物生理学试验指南[M]. 科学出版社, 1999
- 陈维钧, 赵贵文, 顾月华, 等. Rubisco 的研究进展[J]. *生物化学与生物物理进展*, 1999, 26(5): 433–436
- 陈丽华, 李杰, 刘丽君, 等. 大豆蛋白质的积累动态及其与产量形成的关系[J]. *东北农业大学学报*, 2002, 6, 33(2): 116–124
- 朱长甫, 苗以农, 刘学军, 等. 野生大豆酰胺含量与根瘤固氮活力的关系[J]. *植物生理学报*, 1995, 21(3): 307–312
- 熊福生, 高煜珠, 詹昌勇, 等. 植物叶片蔗糖、淀粉积累与其降解酶活性关系研究[J]. *作物学报*, 1994, 1, 20(1): 52–58
- 王芳, 刘鹏, 朱靖文. 镁对大豆游离脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响[J]. *河南农业科学*, 2004, (6): 35–38
- 吴英. 镁在大豆营养中的作用[J]. *大豆科学*, 1998, 17(2): 162–165
- Thomas RJ, Schrader LE. Ureide metabolism in higher plant[J]. *Photochem*, 1981, 120: 361–371.
- Serres E, Calmes J, Viala G et al. Ureides and asparagines in 2 field-grown soybean varieties[J]. *Agronomie (paris)*, 1985, 5(10): 899–904
- 温尚斌, 石连旋, 王丹生, 等. 大豆叶片光合与呼吸, 硝酸还原酶活性及可溶性蛋白相互关系的探讨[J]. *东北师大学报自然科学版*, 1999, 6, 1: 67–60
- 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京, 中国农业出版社, 1999: 102–103
- 宋健民, 田纪春, 赵世杰. 植物光合碳氮代谢之间的关系及调节[J]. *植物生理学通讯*, 1998, 634(3): 230–238.
- 田纪春, 王学臣, 刘广田. 植物的光合作用与光合碳氮代谢的耦联及调节[J]. *生命科学*, 2001, 8, 13(4): 145–147.
- Banziger M. Competition between nitrogen accumulation and grain growth for carbohydrates during filling of wheat[J]. *Crop Sci*, 1994, 34: 440–446

EFFECTS OF MAGNESIUM ON CARBON AND NITROGEN METABOLISM OF SOYBEAN AT DIFFERENT NITROGEN LEVELS

Lang Man¹ Liu Yuanying^{*} Peng Xianlong Zhang Wenzhao

(College of Resource and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

Abstract Pot experiment was conducted to determine the soluble protein, total nitrogen, soluble sugar, starch content of soybean leaves, ureide content of plant, soybean yield and seeds protein content when applying 15 kg/hm² MgO at N50 and N75 kg/hm². The results showed that compared with that of N50, the yield of N50+Mg increased by 12.95%, but not significant. All the indexes contents of N75+Mg increased at different growth stage, and significant, compared with that of N75. N75+Mg increased the soluble protein content by 68.04% and 52.07% respectively at V₄ and R₂ stages, increased the ureide content by 75.47%, 21.04% and 46.39% respectively at R₂, R₄, R₆ stages, increased the starch content by 59.34% and 99.02% respectively at R₄ and R₆ stages, the yield and seeds protein content (下转第 57 页)

EFFECT OF ELEVATED ATMOSPHERIC CO₂ CONCENTRATION ON
ROOT NODULES AND NITROGENASE ACTIVITY IN SOYBEAN

Jiang Yuelin¹ Zhang Qingguo¹ Zhang Shiding² Yue Wei¹ Chen Tinfu¹ Fan Lili¹

(1. College of Resources and Environmental Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;
2. Center for Physics and Chemistry Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

Abstract The root characteristics including root volume, root fresh weight, length of main root, ratio of root fresh weight to shoot fresh weight, root nodule number and nitrogen fixation activity of soybean were measured under ambient and elevated CO₂ concentrations, and their responses to elevated CO₂ were analysed. The results showed that growth of root system was promoted under high CO₂ levels. The root nodule number increased by 6.1%, 15.9%, 19.2% and 26.5% at initial-flower stage under elevated (450, 550, 650 and 750 μmol/mol) CO₂, compared to the ambient air CO₂ concentration. However, the root nodule number increased by 7.8%~48.0% at seed filling stage. On the other hand, the specific nitrogen fixation activity based on root nodules fresh weight increased by 10.1%~24.0% and 6.0%~13.4%, at initial-flower and seed filling stage. At the same time, the total nitrogen fixation activity per plant increased by 10.6%~55.7% and 20.0%~73.9% at two growth stages under four high CO₂ levels.

Key words Soybean; Elevated CO₂; Root nodule; Nitrogen fixation activity

(上接第 52 页)

increased by 28.67% and 3.43% respectively. Compared with that of N50, the soluble protein content of N75 increased by 36.67%, 65.90%, 19.70% respectively at V₄, R₂, R₄ stages, significant at p=5%, but the ureide content decreased at reproductive stage, and the starch content decreased by 22.34% and 18.21% respectively at R₄ and R₆ stage, significant at p=5%. However, compared with that of N50, the ureide content of N75+Mg increased by 59.81%, 8.47% and 25.67% respectively at R₂, R₄, R₆ stage, the starch content increased by 23.60%, 62.78% respectively at R₄ and R₆ stage, significant at p=5%, the yield and seeds content increased by 34.38% and 2.93% respectively, all significant at p=5%, which demonstrated that application of appropriate Mg at high nitrogen level could adjust the carbon and nitrogen metabolism to realize high yield and good quality.

Key words Soybean; Magnesium(Mg); Carbon and nitrogen metabolism