

# 叶面喷施烯效唑对套作大豆花后碳氮代谢及产量的影响

闫艳红<sup>1</sup>, 万燕<sup>2,3</sup>, 杨文钰<sup>2,3</sup>, 王小春<sup>2,3</sup>, 雍太文<sup>2,3</sup>, 刘卫国<sup>2,3</sup>, 张新全<sup>1</sup>

(1. 四川农业大学 动物科技学院, 四川 雅安 625014; 2. 四川农业大学 农学院, 四川 温江 611130; 3. 农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 四川 温江 611130)

**摘要:**以大豆品种贡选1号为试验材料,在玉米-大豆套作模式下,研究不同施氮水平下叶面喷施烯效唑对套作大豆花后碳氮代谢、干物质积累量及产量的影响。结果表明:烯效唑在不同的施氮水平下均能促进植株的碳氮代谢,提高了R5期前大豆叶和茎中的总糖及全氮含量,降低了R7期叶茎中的总糖含量,显著提高了R3~R7期叶茎中总糖含量的减少量;叶面喷施烯效唑提高了R2和R3期的碳氮比,却显著降低了R5期后的碳氮比;烯效唑提高R3~R7期的干物质积累量、有效荚数、百粒重和产量。在低(0 kg·hm<sup>-2</sup>)、中(32.4 kg·hm<sup>-2</sup>)、高氮水平(64.8 kg·hm<sup>-2</sup>)下,分别以喷施60,30和90 mg·kg<sup>-1</sup>烯效唑的干物质积累量和产量最高。综合碳氮代谢及产量的表现,玉米-大豆套作模式下以施32.4 kg·hm<sup>-2</sup>纯氮,于V5期喷施30 mg·kg<sup>-1</sup>烯效唑效果最佳。

**关键词:**套作大豆;烯效唑;旺长;碳氮代谢;产量

**中图分类号:**S565.106; Q945.11      **文献标识码:**A      **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.01.0075

## Effect of Spraying Uniconazole on Carbon and Nitrogen Metabolism and Yield of Relay Strip Intercropping Soybean

YAN Yan-hong<sup>1</sup>, WAN Yan<sup>2,3</sup>, YANG Wen-yu<sup>2,3</sup>, WANG Xiao-chun<sup>2,3</sup>, YONG Tai-wen<sup>2,3</sup>, LIU Wei-guo<sup>2,3</sup>, ZHANG Xin-quan<sup>1</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China; 2. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Wenjiang 611130, China; 3. Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in Southwest China, Ministry of Agriculture, Wenjiang 611130, China)

**Abstract:** In the relay strip intercropping system of corn-soybean, the soybean cultivar, Gongxuan 1, was used to study the effects of spraying uniconazole on soybean carbon and nitrogen metabolism, dry matter accumulation after flowering and yield. The results showed that, uniconazole had significant physiological effects to promote carbon and nitrogen metabolism of soybean plants under different nitrogen levels, which could increase the content of total sugar and nitrogen of leaf and stem before the R5 stage, decrease total sugar content at R7 stage, significantly increase the difference of percentage in total sugar content between R3 and R7 stage. The carbon nitrogen ratio of leaf between R2 and R3 stage was increased, whereas it was significantly decreased after R5 stage by spraying uniconazole. The dry matter accumulation between R3 and R7 stage, number of pods, 100-seed weight and yield were promoted by spraying uniconazole. The dry matter accumulation and yield was the highest with 60 mg·kg<sup>-1</sup> uniconazole spraying under lower nitrogen level (0 kg·ha<sup>-1</sup>), or 30 mg·kg<sup>-1</sup> uniconazole spraying under moderate nitrogen level (32.4 kg·ha<sup>-1</sup>), or 90 mg·kg<sup>-1</sup> uniconazole spraying under higher nitrogen level (64.8 kg·ha<sup>-1</sup>). In combination with performances of carbon and nitrogen metabolism, dry matter accumulation and yield, the best treatment was spraying 30 mg·kg<sup>-1</sup> uniconazole at V5 stage under moderate nitrogen level (32.4 kg·ha<sup>-1</sup>).

**Keywords:** Relay strip intercropping soybean; Uniconazole; Excessive vegetative growth; Carbon and nitrogen metabolism; Yield

近年来,“小麦(*Triticum aestivum*)-玉米(*Zea mays*)-大豆(*Glycine max*)”种植模式在南方丘陵地区发展迅速,它有效地提高了复种指数、土地利用、光能利用率和粮食总产,该模式集禾本科与禾本科、禾本科与豆科套作为一体,有效地解决了作物间争地、争肥的矛盾,实现了土地的用养结合和养分互补<sup>[1-2]</sup>。在该模式中,大豆苗期生长受玉米荫蔽处于生长劣势,解除与玉米共生关系后大豆补偿生长加快。同时,由于季节性降雨以及氮肥过量施用,套作大豆肥效利用加快,植株碳氮比例失调,茎叶氮代谢旺盛而产生旺长,限制了大豆产量的提高<sup>[3]</sup>。

碳氮代谢作为作物体内基本的代谢途径,不仅影响作物的生长发育,而且很大程度上决定着产量的高低<sup>[4]</sup>。任丽等<sup>[5]</sup>指出,植株各生育阶段碳氮代

收稿日期:2014-04-19  
基金项目:国家自然科学基金面上项目(31271668);国家公益性行业(农业)科研专项(201103001);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-PS19)。  
第一作者简介:闫艳红(1981-),女,博士,副教授,主要从事作物栽培生理研究。E-mail:yanyanhong3588284@126.com。  
通讯作者:杨文钰(1958-),男,博士,教授,主要从事作物栽培生理研究。E-mail:wenyu.yang@263.net。

谢的特性和体内养分分配的状况,是引起营养生长和生殖生长不协调的内在原因。大豆植物体内氮代谢的状况和水平对其生长发育、产量和品质都有明显的影响<sup>[6]</sup>。关于氮肥运筹在水稻(*Oryza sativa*)、小麦、玉米、黑麦草(*Lolium perenne*)等上的研究较多,均表明施用氮肥可以提高植株叶片的叶绿素含量和光合速率,延长绿叶功能期,增加光合产物的积累量<sup>[7-10]</sup>。我们前期研究发现,合理施用氮肥能提高套作大豆花后叶片的净光合速率,地上部干物质积累量,进而提高大豆产量<sup>[11]</sup>。烯效唑作为一种高效低毒的植物生长延缓剂,具有抑制植株纵向生长、促进横向生长、改良群体冠层结构、调节植物体内激素平衡的作用<sup>[3]</sup>。目前烯效唑对大豆的研究仅局限于形态与产量方面,而对套作大豆花后碳氮代谢协调及碳氮积累动态影响的研究尚为空白。因此,本试验以“玉米-大豆”套作模式为基础,研究不同氮肥水平下烯效唑叶面喷施对套作大豆花后碳氮代谢及碳氮积累动态的影响,旨在明确套作大豆花后碳氮代谢与烯效唑及氮素养分之间的关系,为提高套作大豆产量、完善化控技术和科学施肥提供相应的理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料

玉米品种为川单 418(四川川单种业提供),大豆品种为贡选 1 号(四川省自贡市农业科学研究所提供)。

1.2 试验设计

试验于 2010 年 4~10 月在四川农业大学教学农场进行。供试药剂烯效唑为江苏建湖农药厂生产的 5% 可湿性粉剂。试验地为重壤土, pH6.98, 0~20 cm 土层土壤肥力为有机质 35.58 g·kg<sup>-1</sup>, 全氮 3.25 g·kg<sup>-1</sup>, 全磷 3.02 g·kg<sup>-1</sup>, 全钾 18.86 g·kg<sup>-1</sup>, 碱解氮 129.86 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 28.85 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 82.85 mg·g<sup>-1</sup>。试验采用 2 因素裂区设计,以 N 肥水平为主处理,设 3 个水平,分别为 N0 (0 kg·hm<sup>-2</sup>), N1 (32.4 kg·hm<sup>-2</sup>), N2 (64.8 kg·hm<sup>-2</sup>), 始花期(R1) (8 月 9 日)追肥,基肥与追肥用量各占 50%;烯效唑喷施浓度为副处理,设 4 个水平,分别为 B0:0 mg·kg<sup>-1</sup>, B1:30 mg·kg<sup>-1</sup>, B2:60 mg·kg<sup>-1</sup>, B3:90 mg·kg<sup>-1</sup>, 3 次重复。烯效唑溶液喷施量为 600 L·hm<sup>-2</sup>。小区面积为 2 m×6 m, 2 m 开厢中玉米和大豆各占 1 m。玉米于 4 月 8 日播种, 8 月 11 日收获, 每厢播 2 行, 行距 50 cm,

穴距 40 cm, 每穴留 2 苗, 密度为 5.0×10<sup>4</sup> 株·hm<sup>-2</sup>; 玉米底肥施纯 N 75 kg·hm<sup>-2</sup>, KCl 22.5 kg·hm<sup>-2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 22.5 kg·hm<sup>-2</sup>; 苗肥施纯 N 69 kg·hm<sup>-2</sup>, 兑粪水 36 000 L, 大喇叭口期追施纯 N 135 kg·hm<sup>-2</sup>, 兑粪水 36 000 L。大豆于 6 月 3 日播种, 10 月 26 日收获, 行距 33 cm, 穴距 30 cm, 每穴留 2 苗, 密度为 1.0×10<sup>5</sup> 株·hm<sup>-2</sup>; 底肥施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 63 kg·hm<sup>-2</sup>; K<sub>2</sub>O 52.5 kg·hm<sup>-2</sup>, 5 节期(V5)时喷施烯效唑溶液。大豆播种时大豆行的透光率(通过玉米冠层)为 84.5%; 当大豆处于 V5 期时, 大豆行的透光率为 69%; 当大豆处于 R1 期时, 大豆行的透光率为 75%, 此时正是玉米收获期。田间管理按常规高产栽培进行。

1.3 测定项目与方法

分别于花后 1 d (始花期, R1)、15 d (盛花期, R2)、30 d (始荚期, R3)、45 d (始粒期, R5) 和 60 d (始熟期, R7) 按小区随机取 6 株(每行取 2 株)大豆植株, 将茎秆、叶柄、叶和荚分别装袋, 于 105℃ 杀青 1 h, 80℃ 烘干至恒重, 称干重, 粉碎过 60 目筛。用于测定地上部干物质积累量, 分别采用蒽酮比色法<sup>[1]</sup>和采用凯氏定氮法<sup>[1]</sup>测定叶和茎的总糖含量和全氮含量。

碳氮比即总糖含量/全氮含量<sup>[1]</sup>。成熟时, 每小区取样 9 株(每行取 3 株), 测定单株荚数、单荚粒数及百粒重, 计算理论产量。

1.4 数据分析

采用 SAS 9.1 软件对试验数据进行方差分析(ANOVA), 并用最小极差法(LSD)对处理间进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 叶面喷施烯效唑对套作大豆花后干物质积累量的影响

N0 水平下, 烯效唑叶面喷施降低了 R1 和 R2 期大豆的干物质积累量, 提高了 R5~R7 期的干物质积累量(表 1), R5~R7 期大豆植株的干物质积累量以 B2 处理最高, 其次为 B1 处理, 二者均极显著高于对照。N1 水平下, 烯效唑叶面喷施提高了套作大豆花后的干物质积累量, 以 B1 处理最高, 其次为 B2 处理, 二者均极显著高于对照。N2 水平下, 烯效唑叶面喷施提高了套作大豆花后的干物质积累量, 随烯效唑浓度的提高而增加, B2 和 B3 处理的干物质积累量均极显著高于对照。

表 1 不同 N 肥水平下叶面喷施烯效唑对套作大豆花后干物质积累的影响

Table 1 Effect of spraying uniconazole on dry matter accumulation of relay strip intercropping soybean after blooming under different N levels ( g · plant<sup>-1</sup> )

处理 Treatment		R1		R2		R3		R5		R7	
N0	B0	8.04 aA		15.82 aA		19.20 bB		25.15 cC		45.41 cB	
	B1	7.83 aA		15.56 aA		19.08 bB		42.63 bB		64.75 bB	
	B2	6.94 abA		13.36 abA		29.83 aA		54.69 aA		109.01 aA	
	B3	5.59 bB		11.60 bB		18.40 bcB		28.48 cC		50.52 cB	
N1	B0	4.99 cC		11.07 cC		14.16 dD		33.70 cB		59.30 cC	
	B1	8.50 aA		17.27 aA		37.95 aA		60.50 aA		112.20 aA	
	B2	5.91 bB		16.71 aA		27.56 bB		56.29 abA		110.29 aA	
	B3	5.43 bcB		13.80 bB		18.28 cC		35.53 cB		69.78 bB	
N2	B0	4.75 cB		11.69 cdC		17.86 bcB		34.21 bB		69.76 cC	
	B1	5.69 cB		12.50 cC		18.67 bB		37.66 bB		78.36 bB	
	B2	9.80 abA		14.18 bB		23.85 aA		45.01 aA		78.36 bB	
	B3	11.04 aA		16.23 aA		25.64 aA		45.01 aA		95.67 aA	

数字后的大小写字母分别表示同列同时期同一氮肥水下在 1% 和 5% 水平上的差异。下同。

Values within the same columns, stages and N levels followed by the different lowercase and capital letters are significantly different at the 0.05 and 0.01levels of probability, respectively. The same below.

2.2 叶面喷施烯效唑对套作大豆花后叶茎中碳、氮含量的影响

2.2.1 总糖积累量 不同 N 肥水平下,叶、茎中总糖含量均呈先增加后降低的趋势;且叶中总糖含量在 R3 期达到最高值,而茎中总糖含量则在 R5 期达到最高值,烯效唑处理未改变其变化趋势,这是由于叶片中的总糖向籽粒转移要由茎秆来运输,故 R5 期茎秆中的总糖含量最高(表 2)。N0、N1 水平下,烯效唑处理提高了 R1 ~ R3 期叶片和茎秆中的总糖

含量,降低了 R7 期叶片中的总糖含量;烯效唑处理提高了 R3 ~ R7 期叶、茎中总糖含量的减少量。N0 水平下,各处理间总糖含量的顺序为 B2 > B1 > B3 > B0;N1 水平,各处理间的顺序为 B1 > B2 > B3 > B0。N2 水平下,叶面喷施烯效唑均提高了 R1 ~ R3期叶、茎中的总糖含量和 R3 ~ R7 期叶、茎中总糖含量的减少量,随喷施浓度的增加而增加。上述表明,N0、N1 和 N2 水平下,分别以喷施 60,30 和90 mg · kg<sup>-1</sup>烯效唑有利于糖向籽粒转移。

表 2 不同 N 肥水平下叶面喷施烯效唑对套作大豆总糖含量的影响

Table 2 Effect of spraying uniconazole on the total sugar content of relay strip inter cropping soybean under different N levels ( % )

处理 Treatment		R1		R2		R3		R5		R7		总糖减少量 DPTSC <sup>3</sup>	
		叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	R3 - R7 叶 Leaf	R5 - R7 茎 Stem
N0	B0	0.982 dD	1.56 cC	2.03 bC	2.03 dC	3.42 cC	2.18 bB	3.33 cB	3.27 bB	3.03 aA	1.96 abA	0.39 cB	1.31 bA
	B1	1.67 bB	1.82 bB	2.34 aAB	2.74 bAB	3.92 bB	3.18 aA	3.75 aA	3.44 bAB	2.55 bB	1.79 bA	1.37 bA	1.64 abA
	B2	2.42 aA	2.85 aA	2.43 aA	3.00 aA	4.24 aA	3.43 aA	3.50 bcAB	4.42 aA	2.60 bB	2.28 aA	1.63 aA	2.13 aA
	B3	1.34 cC	1.63 cC	2.07 bBC	2.36 cBC	3.92 bB	3.05 aA	3.66 abAB	3.43 bAB	2.57 bB	1.73 bA	1.34 bA	1.70 abA
N1	B0	1.15 bB	1.45 bB	1.68 cB	1.62 bB	3.04 cC	1.73 cC	2.93 bA	2.47 cC	2.64 aA	1.73 abA	0.40 cC	0.74 dC
	B1	1.54 aA	2.54 aA	2.08 aA	3.20 aA	3.95 aA	3.28 aA	3.43 aA	5.23 aA	2.40 abAB	1.77 aA	1.54 aA	3.46 aA
	B2	1.48 aA	1.63 bB	1.93 abAB	1.85 bB	3.50 bB	2.34 bB	2.97 bA	3.55 bB	2.20 bB	1.02 cB	1.30 aAB	2.53 bB
	B3	1.48 aA	1.56 bB	1.77 bcB	1.72 bB	3.20 cC	1.97 cBC	2.93 bA	2.60 cC	2.49 aAB	1.47 bA	0.71 bBC	1.13 cC

续表 2

处理 Treatment		R1		R2		R3		R5		R7		总糖减少量 DPTSC <sup>3</sup>	
		叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	R3 - R7 叶 Leaf	R5 - R7 茎 Stem
N2	B0	1.57 cC	1.37 cC	2.16 dC	1.44 cB	3.19 dD	1.74 cC	2.78 bcBC	2.16 dD	2.66 aA	1.84 aA	0.53 dD	0.32 dC
	B1	1.63 cC	1.65 bB	2.66 cB	2.19 bA	3.58 cC	2.34 bB	3.56 aA	2.48 cC	2.04 bB	1.42 bA	1.54 cC	1.07 cB
	B2	1.74 bB	1.75 bB	2.86 bAB	2.19 bA	3.86 bB	2.36 bB	3.04 bB	3.04 bB	2.03 bB	1.43 bA	1.83 bB	1.61 bA
	B3	1.87 aA	2.03 aA	3.04 aA	2.46 aA	4.00 aA	3.16 aA	2.55 cC	3.42 aA	1.85 cC	1.37 bA	2.16 aA	2.04 aA

R3 - R7 = R3 的总糖含量 - R7 的总糖含量;R5 - R7 = R5 的总糖含量 - R7 的总糖含量。

The full name of DPTSC is difference of percentage in the total sugar content. The DPTSC of R3 - R7 is equal to the difference of percentage in the total sugar content between R3 and R7 stage. The DPTSC of R5 - R7 is equal to the difference of percentage in the total sugar content between R5 and R7 stage.

2.2.2 套作大豆花后叶、茎中的 N 素积累量 不同 N 肥水平下,叶、茎中全 N 含量均呈先增加后降低的趋势,叶中的全 N 含量在 R3 期达到最高值,而茎中全 N 含量则在 R5 期达到最高值,烯效唑处理未改变其变化趋势,这是由于叶片中的 N 向籽粒转移要由茎秆来运输,故 R5 期茎秆中的全 N 含量最高(表 3)。N0、N1 水平下,烯效唑处理提高了叶、茎

中的全 N 含量;N0 水平下,各处理间全 N 含量的顺序为 B2 > B1 > B3 > B0;N1 水平,各处理间的顺序为 B1 > B2 > B3 > B0。N2 水平下,叶、茎中全 N 含量随烯效唑浓度的增加而提高。上述表明,N0、N1 和 N2 水平下,分别以喷施 60,30 和 90 mg · kg<sup>-1</sup> 烯效唑有利于叶、茎中 N 的积累。

表 3 不同 N 肥水平下叶面喷施烯效唑对套作大豆含 N 量的影响

Table 3 Effect of spraying uniconazole on the total N content of relay strip inter cropping soybean under different N levels ( % )

处理 Treatment		R1		R2		R3		R5		R7	
		叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem	叶 Leaf	茎 Stem
N0	B0	2.55 cB	0.545 cC	2.68 dD	0.607 bA	3.12 cC	0.761 bA	2.78 dC	1.16 dC	2.23 cB	0.951 cC
	B1	3.01 aA	0.608 bB	3.02 bB	0.670 aA	3.46 abAB	0.847 aA	3.37 bB	1.47 bA	2.43 bB	1.070 bB
	B2	3.03 aA	0.666 aA	3.17 aA	0.696 aA	3.66 aA	0.849 aA	3.65 aA	1.59 aA	2.87 aA	1.140 aA
	B3	2.79 bAB	0.546 cC	2.84 cC	0.661 abA	3.32 bcBC	0.835 aA	3.30 cB	1.33 cB	2.24 cB	1.040 bB
N1	B0	2.63 cC	0.572 dC	2.66 bB	0.599 cB	3.57 cC	0.736 cC	3.26 bB	1.20 dD	2.43 cC	0.871 cB
	B1	3.26 aA	0.782 aA	3.33 aA	0.803 aA	3.89 aA	1.050 aA	3.53 aA	1.87 aA	3.39 aA	1.030 aA
	B2	3.21 aA	0.727 bAB	3.32 aA	0.770 abA	3.88 aA	0.861 bB	3.51 aA	1.65 bB	3.00 bB	0.971 bA
	B3	2.92 bB	0.683 cB	3.29 aA	0.726 bA	3.75 bB	0.846 bB	3.51 aA	1.47 cC	2.47 cC	0.969 bA
N2	B0	1.98 cC	0.529 cC	2.84 bC	0.664 bB	3.47 bB	0.682 dC	3.45 bA	1.16 cC	2.36 cB	0.952 bB
	B1	2.41 bB	0.639 bB	2.93 bBC	0.676 bB	3.64 bAB	0.828 cB	3.50 abA	1.70 bB	2.50 bcB	1.010 aA
	B2	2.55 aAB	0.651 bB	3.14 aAB	0.817 aA	3.67 bAB	0.923 bB	3.54 abAB	1.70 bB	2.54 bAB	1.020 aA
	B3	2.59 aA	0.711 aA	3.22 aA	0.858 aA	3.89 aA	1.060 aA	3.57 aA	1.77 aA	2.78 aA	1.020 aA

2.2.3 套作大豆花后叶片碳氮比的影响 由表 4 可知,N0 水平下,经烯效唑处理植株叶片 R1 ~ R3 期的碳氮比均高于对照,R5、R7 期时经处理植株叶片的碳氮比均低于对照,其中只有 R1 和 R7 期经烯效唑处理植株的碳氮比与对照差异显著。N1 水平下,经烯效唑处理植株叶片 R1 ~ R3 期的碳氮比均高

于对照,以 B1 处理最高;R7 期时,经烯效唑处理植株叶片的碳氮比则显著低于对照(除 B3 处理)。N2 水平下,经烯效唑喷施处理植株叶片 R1 期的碳氮比均低于对照,R2、R3 期的碳氮比则显著高于对照,R7 期的碳氮比则显著低于对照。

表 4 不同 N 肥水平下叶面喷施烯效唑对套作大豆花后叶片碳氮比的影响

Table 4 Effect of spraying uniconazole on the C/N in leaf of relay strip inter cropping soybean after blooming under different N levels

处理 Treatment		R1	R2	R3	R5	R7
N0	B0	0.38 cC	0.76 aA	1.10 bA	1.20 aA	1.36 aA
	B1	0.56 bB	0.77 aA	1.13 abA	1.11 aA	1.05 bcB
	B2	0.80 aA	0.77 aA	1.16 abA	0.96 bB	0.91 cB
	B3	0.48 bBC	0.77 aA	1.18 aA	1.11 aA	1.15 bAB
N1	B0	0.44 bA	0.54 bB	0.85 bB	0.90 aA	1.09 aA
	B1	0.47 abA	0.63 aA	1.01 aA	0.97 aA	0.71 bB
	B2	0.46 abA	0.62 aA	0.90 bB	0.85 aA	0.74 bB
	B3	0.51 aA	0.58 abAB	0.86 bB	0.83 aA	1.01 aA
N2	B0	0.79 aA	0.76 bA	0.92 bA	0.81 bBC	1.13 aA
	B1	0.68 bA	0.91 aA	0.99 abA	1.08 aA	0.81 bB
	B2	0.68 bB	0.91 aA	1.05 aA	0.86 bB	0.80 bB
	B3	0.72 abA	0.94 aA	1.03 aA	0.71 cC	0.66 cB

2.3 叶面喷施烯效唑对套作大豆产量及产量构成因素的影响

由表 5 可见,在 N0 水平下,烯效唑喷施提高了大豆植株的有效荚数、百粒重和产量,其中 B1、B2 处理达极显著水平,荚粒数则极显著下降;各处理间的产量顺序表现为 B2 > B1 > B3 > B0。在 N1 水平下,B1、B2 处理植株的有效荚数、荚粒数、百粒重和产量均极显著高于对照,B3 处理除百粒重外各产量

构成因素和产量与对照均无显著差异。在 N2 水平下,经烯效唑处理植株的荚粒数、百粒重和产量均极显著高于对照,而有效荚数则只有 B3 处理显著高于对照;产量表现为随烯效唑浓度的提高而提高,B3、B2、B1 处理的产量分别较对照高 15.3%、8.0% 和 3.7%。总体上来看,产量以 N1 水平下 B1 处理最高,其次为 B2 处理。

表 5 不同氮肥水平下烯效唑叶面喷施对套作大豆产量及其构成因素的影响

Table 5 Effect of spraying uniconazole on relay strip intercropping soybean yield and yield components under different N levels

处理 Treatment		有效荚数 Pods per plant	荚粒数 Seeds per pod	百粒重 100 - seed weight/g	产量 Yield/kg · hm <sup>2</sup>
N0	B0	55.6 cC	1.733 aA	23.878 cC	2300.03 dD
	B1	72.3 bB	1.627 dC	25.003 bB	2939.55 bB
	B2	77.5 aA	1.642 cB	25.316 aA	3220.77 aA
	B3	56.2 cC	1.721 bA	24.875 cC	2406.72 cC
N1	B0	61.6 cB	1.696 bB	24.253 cC	2533.39 cC
	B1	78.4 aA	1.757 aA	25.826 aA	3557.38 aA
	B2	77.3 bA	1.750 aA	25.840 aA	3496.23 bB
	B3	61.0 cB	1.683 bB	25.031 bB	2570.89 cC
N2	B0	61.6 bB	1.661 dD	24.819 bB	2539.22 dD
	B1	60.5 bB	1.692 cC	25.730 aA	2633.91 cC
	B2	61.4 bB	1.719 bB	25.975 aA	2741.89 bB
	B3	64.7 aA	1.751 aA	25.847 aA	2927.57 aA

3 结论与讨论

碳氮代谢作为作物体内基本的代谢途径,不仅影响作物的生长发育,而且很大程度上决定着产

量<sup>[4,12]</sup>,协调碳、氮代谢对作物的高产、稳产至关重要。碳、氮比过低,叶片氮代谢旺盛,光合产物的输出率降低,造成光合产物对光合器官的反馈抑制<sup>[13]</sup>。本研究结果表明,在 N0 水平下,叶面喷施烯效唑对 R2 和 R3 期的碳氮比影响不显著,却显著降

低了R5期后的碳氮比,说明N0水平下植株不易旺长,故烯效唑的控旺效应不显著,但延缓了鼓粒期叶片的衰老。在N1和N2水平下,叶面喷施烯效唑显著提高了R2和R3期的碳氮比,却显著降低了R5期后的碳氮比,说明在N1、N2水平下,烯效唑处理在R5期前起到了控旺的效果,但延缓鼓粒期叶片的衰老,有利于产量的提高。但碳、氮比不能反映出处理间绝对运转量的高低,只能反映碳和氮相对运转量的高低。因此,用碳、氮比作为衡量碳、氮代谢是否正常的唯一指标是不合适的,应结合运转量来综合评价更为合理。而作物体内碳水化合物大约占干物质总量的90%~95%,而碳水化合物中含量较高、且能够相互转化和再利用的主要是蔗糖和淀粉还原糖。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<sup>[14]</sup>。本研究结果表明,不同氮肥水平下,花后大豆叶和茎中总糖、全氮含量均呈先增加后降低的趋势,烯效唑处理未改变其变化趋势,却提高了R5期前的总糖及全氮含量,降低了R7期的总糖含量,显著提高了R3~R7期叶茎中总糖含量的减少量,这与熊福生等<sup>[15]</sup>和韩旭等<sup>[16]</sup>的研究结论相一致,说明烯效唑有利于碳水化合物的合成和向籽粒的运输。

氮是叶绿素的重要组分<sup>[17-18]</sup>,氮素营养通过提高叶片老化过程中的叶绿素含量和光合速率,延缓叶片衰老和光合功能衰退<sup>[19]</sup>。我们之前的研究表明,在西南区“玉米-大豆”套作模式中,合理施用氮肥(纯氮32.4和64.8 kg·hm<sup>-2</sup>)能提高套作大豆花后叶片的净光合速率和地上部干物质积累量,进而提高大豆产量<sup>[11]</sup>。烯效唑具有促进氮素代谢以及再分配的作用,有研究表明,烯效唑可以促进水稻、小麦的氮代谢,剑(旗)叶的氮素同化能力提高,使其保持高氮素同化能力的时间延长<sup>[20-22]</sup>。杨文钰等<sup>[23]</sup>的研究表明不同施氮量时,烯效唑以较高施氮量下的效果更好,较高的氮肥与较高浓度的烯效唑配合,小麦的有效穗更高,产量更高。本研究结果则表明,在不同的氮水平下,烯效唑叶面喷施均可提高套作大豆的有效荚数、百粒重和产量。在N0、N1和N2水平下,分别以喷施60、30和90 mg·kg<sup>-1</sup>烯效唑增产效果最佳。总体上来看,产量以N1水平下30 mg·kg<sup>-1</sup>烯效唑处理最高,其次为60 mg·kg<sup>-1</sup>烯效唑处理,这与R3~R7期叶茎中总糖含量的减少量相一致,可能是由于大豆一部分氮素来源于根瘤固氮,适量少施氮肥就可以氮换碳,以氮促碳,保证营养生长的物质能源<sup>[24]</sup>。

## 参考文献

- [1] 邓小燕,王小春,杨文钰,等. “麦/玉/豆”模式下氮肥运筹对玉米碳氮代谢的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(4): 52-61. (Deng X Y, Wang X C, Yang W Y, et al. Effect of nitrogen strategies on carbon and nitrogen metabolism of maize in wheat/maize/soybean relay intercropping system [J]. Acta Prataculture Sinica, 2012, 21(4): 52-61.)
- [2] 雍太文,杨文钰,向达兵,等. 小麦/玉米/大豆间作的产量、氮营养表现及其种间竞争力的评定[J]. 草业学报, 2012, 21(1): 50-58. (Yong T W, Yang W Y, Xiang D B, et al. Production and N nutrient performance of wheat-maize-soybean relay strip intercropping system and evaluation of interspecies competition [J]. Acta Prataculture Sinica, 2012, 21(1): 50-58.)
- [3] 万燕,闫艳红,杨文钰. 不同氮肥水平下烯效唑叶面喷施对套作大豆生长和氮代谢的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2012, 38(2): 185-196. (Wan Y, Yan Y H, Yang W Y. Effects of foliar spraying uniconazole on growth and nitrogen metabolism of relay strip intercropping soybean under different nitrogen levels [J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture & Life Sciences), 2012, 38(2): 185-196.)
- [4] 李潮海,刘奎,连艳鲜. 玉米碳氮代谢研究进展[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(4): 318-323. (Li C H, Liu K, Lian Y X. The recent progress of research on carbon and nitrogen metabolism in maize [J]. Journal of Henan Agriculture University, 2000, 34(4): 318-323.)
- [5] 任丽,李绍伟,金建猛,等. 花生旺长原因分析及防止措施[J]. 陕西农业科学, 2006(1): 127. (Ren L, Li S W, Jin J M, et al. The reason and prevention measures of excessive vegetative growth in peanut [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2006(1): 127.)
- [6] 张晓燕,郑殿峰,冯乃杰,等. 密度对大豆群体碳氮代谢相关指标及产量、品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(3): 128-132. (Zhang X Y, Zheng D F, Feng N J, et al. Effect of plant density on soybean carbon and nitrogen metabolism, yield and quality [J]. Agriculture Research in Arid Areas, 2011, 29(3): 128-132.)
- [7] 王卫,谢小立,谢永宏,等. 不同施肥制度对双季稻氮吸收、净光合速率及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(3): 752-757. (Wang W, Xie X L, Xie Y H, et al. Effects of different fertilization on nitrogen uptake, net photosynthesis rate and yield of rice [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(3): 752-757.)
- [8] Pal M, Rao S, Jain V, et al. Effect of elevated CO<sub>2</sub> and nitrogen on wheat growth and photosynthesis [J]. Biologia Plantarum, 2005, 49(3): 467-470.
- [9] 申丽霞,王璞,兰林旺,等. 施氮对夏玉米碳氮代谢及穗粒形成的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1074-1079. (Shen L X, Wang P, Lan L W, et al. Effect of nitrogen supply on carbon-nitrogen metabolism and kernel set in summer maize [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2007, 13(6): 1074-1079.)
- [10] 周琴,赵超鹏,曹春信,等. 不同氮肥基追比对多花黑麦草碳氮转运和种子产量的影响[J]. 草业学报, 2010, 19(4): 47-

53. (Zhou Q, Zhao C P, Cao C X, et al. Effects of N dressing ratio on carbon and nitrogen transport and on grain yield of *Lolium multiflorum*[J]. Acta Prataculture Sinica, 2010, 19(4): 47 - 53.)
- [11] 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]. 草业学报, 2011, 20(3): 233 - 238. (Yan Y H, Yang W Y, Zhang X Q, et al. Effects of different nitrogen levels on photosynthetic characteristics, dry matter accumulation and yield of relay strip intercropping *Glycine max* after blooming[J]. Acta Prataculture Sinica, 2011, 20(3): 233 - 238.)
- [12] Banziger M, Fell B, Stamp P. Composition between nitrogen accumulation and grain growth for carbohydrate during grain filling of wheat[J]. Agronomy Journal, 1994, 34(2): 440 - 446.
- [13] Walker D A. Regulatory mechanism in photosynthetic carbon mechanism[M]// Horecker B L, Stadtman E R. Current topic in cellularregulation. New York: Academic Press, 1976: 31 - 33.
- [14] 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. (Wang F, Liu P, Zhu J W. Effect of Magnesium (Mg) on contents of free proline, soluble sugar and protein in soybean leaves [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2004 (6): 35 - 38.)
- [15] 熊福生, 高煜珠, 詹勇昌, 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, 20(1): 52 - 58. (Xiong F S, Gao Y Z, Zhan Y C, et al. Relationship between leaf sucrose and starch content and their degradative enzymes activities in crop plants[J]. Acta Agronomica Sinica, 1994, 20 (1): 52 - 58.)
- [16] 韩旭, 宋述尧. 矮生菜豆叶片衰老过程中碳氮代谢指标的变化[J]. 长江蔬菜, 2009(10): 42 - 44. (Han X, Song S Y. Changes in carbon - nitrogen metabolism indices of kidney bean leaves during leaf senescence[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2009(10): 42 - 44.)
- [17] Osaki M, Iyoda M, Tadano T. Ontogenetic changes in the contents of ribulose - 1, 5 - biphosphate carboxyase/oxygenase, phosphoenolpyruvate carboxylase, and chlorophyll in individual leaves of maize[J]. Soil Science & Plant Nutrition, 1995, 41(2): 285 - 293.
- [18] Spiertz J H J. Vos J. Grain growth of wheat and its limitation by carbohydrate and nitrogen supply [M]//Day W, Atkin R K. Wheat growth and modeling. New York: Plenum Press, 1986: 129 - 141.
- [19] 匀玲, 习洁, 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. (Yun L, Xi J, Han C L, et al. Effects of nitrogen rates on photosynthetic characteristics and yield of high - yielding cotton in Xinjiang [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(5): 488 - 493.)
- [20] 韩惠芳, 杨文钰, 李增嘉, 等. 烯效唑对不同种植密度小麦后期氮素分配及籽粒蛋白质的影响[J]. 作物学报, 2006, 32 (3): 466 - 468. (Han H F, Yang W Y, Li Z J, et al. Effects of uniconazole on nitrogen distribution and grain protein in late growing stage of wheat with different planting densities[J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(3): 466 - 468.)
- [21] 杨文钰, 项祖芬, 任万君, 等. 烯效唑对水稻氮代谢及稻米蛋白质含量的影响[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(1): 63 - 67. (Yang W Y, Xiang Z F, Ren W J, et al. Effect of S - 3307 on nitrogen metabolism and grain protein content in rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2005, 19(1): 63 - 67.)
- [22] 樊高琼, 杨文钰, 任万君, 等. 烯效唑干拌种对小麦叶片衰老期间碳氮代谢的效应[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(4): 88 - 91. (Fan G Q, Yang W Y, Ren W J, et al. Effects of S - 3307 waterless - dressed seeds on carbon - nitrogen metabolism of wheat during leaf senescence[J]. Journal of Triticeae Crops, 2004, 24 (4): 88 - 91.)
- [23] 杨文钰. 烯效唑对小麦生长发育的调节机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2002: 1 - 11. (Yang W Y. Studies on mechanism for effects of uniconazole applied to seeds on growth and development of wheat[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2002: 1 - 11.)
- [24] Ray J D, Heatherly L G. Influence of large amounts of nitrogen on nonirrigated and irrigated soybean[J]. Crop Science, 2006, 46 (1): 52 - 60.