

杨月,吕婷婷,唐晓清,等. 酰胺态氮对菘蓝生长及活性成分积累动态的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):241-245.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.088

酰胺态氮对菘蓝生长及活性成分积累动态的影响

杨月,吕婷婷,唐晓清,李艳,张毅,王康才

(南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095)

摘要:采用盆栽试验研究不同浓度酰胺态氮对菘蓝生长及活性成分积累的影响,为菘蓝合理施用有机氮肥提供理论依据。结果表明:(1)叶面喷施 2 次和 1 次酰胺态氮,随着浓度的增大,菘蓝单株干质量先增加后降低,叶面喷施 3 次酰胺态氮,随着浓度增大,单株干质量增加;叶面喷施酰胺态氮对叶片的促生长作用大于对根的作用。(2)叶面喷施 2 次 5 g/L 的酰胺态氮有利于叶内靛蓝的积累,喷施 1 次 10 g/L 利于靛玉红的积累。(3)叶面喷施 3 次 10 g/L 的酰胺态氮利于根中(R,S)-告依春含量的积累。研究结果说明酰胺态氮对菘蓝叶中靛蓝、靛玉红与根中(R,S)-告依春含量的动态积累影响不一致。结合酰胺态氮对菘蓝生长的影响,为获得高产优质的大青叶与板蓝根,应在菘蓝苗期叶面喷施质量浓度为 15 g/L 的酰胺态氮 2 次。

关键词:菘蓝;酰胺态氮;靛蓝;靛玉红;(R,S)-告依春

中图分类号: S567.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0241-04

十字花科植物菘蓝(*Isatis indigotica* Fort.)的干燥根入药为板蓝根,叶入药为大青叶^[1],为我国常用的大宗中药材。板蓝根具有抗病毒、抗活性氧、抗炎抗菌以及抗内毒素的作用^[2-5],是公认的有较好抗病毒效果的中药之一,在临床配方中应用较多,广泛用于治疗流感、腮腺炎、乙脑、肝炎等多种疾病。板蓝根中的(R,S)-告依春与大青叶中的靛玉红为其活性成分^[1],靛玉红及其衍生物可用于治疗慢性粒细胞白血病^[6-7]。作为常用中药来源的菘蓝,在其栽培生产中,如何采取适宜的措施提高其产量与质量是值得研究的课题。而氮是植物重要的营养元素,植物体吸收的氮素形态主要有无机态氮如硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)和铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、有机态氮如尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 等,各种形态氮吸收利用的形式不同^[8]。关于硝态氮和铵态氮对菘蓝品质和产量的影响已有报道^[9],菘蓝生物量随着铵硝比的降低先增加后下降,全铵营养下最小,铵硝比为 50:50 时最大。单用酰胺态氮对植物产量和品质影响的研究已有报道^[10-13]。肖云华等研究表明,不同的氮素形态和浓度对菘蓝生物量和活性成分含量的影响存在很大差异,酰胺态氮对菘蓝生物量的影响最大,其次是铵态氮,影响最小的是硝态氮,生物量并不随着总氮量提高而增加,而与氮素形态有关^[14]。在不同形态氮素中酰胺态氮显著影响了菘蓝的气孔导度与蒸腾速率^[15]。但不同浓度酰胺态氮对菘蓝生长量及活性成分动态积累的影响尚未见报道。本研究采用盆栽试验,研究不同浓度下酰胺态氮对菘蓝的生长及药材品质的影响,以期为提高菘蓝产量和品质合理施用有机氮肥提供理论依据。

收稿日期:2014-04-17

基金项目:国家自然科学基金(编号:31171486);国家级大学生创新创业训练计划(编号:201310307026)。

作者简介:杨月(1992—),女,河南三门峡人,从事药用植物栽培生理与中药质量研究。E-mail: 14411110@njau.edu.cn。

通信作者:唐晓清,博士,副教授,从事药用植物栽培与中药质量控制研究。E-mail: xqtang@njau.edu.cn。

1 材料与方法

1.1 试验材料

材料来自于山西栽培居群的菘蓝果实,采用盆钵(外口径 44 cm,底直径 30 cm,高 35 cm),栽培基质为蛭石和珍珠岩按 2:1 的比例混合而成,2013 年 5 月 2 日播种,适时间苗,选择长势一致、真叶 4~5 张的菘蓝幼苗,每盆 8 株。

基本营养液配方中大量元素和微量元素都采用霍格兰营养液配方,基本营养液 pH 值 6.0。处理液为不同浓度的酰胺态氮,由纯脲 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 提供,磷、钾(P、K)由磷酸二氢钾(KH_2PO_4)提供,所用试剂为分析纯(AR)。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验设 4 个质量浓度,分别为 0.5% (5 g/L)、1.0% (10 g/L)、1.5% (15 g/L)、2.0% (20 g/L),各以 $\text{N}_{0.5\%}$ 、 $\text{N}_{1.0\%}$ 、 $\text{N}_{1.5\%}$ 、 $\text{N}_{2.0\%}$ 表示,各处理重复 5 次,随机排列;以清水为对照,记为 N_{CK} 处理,正常供给 P、K。材料出苗 15 d 后,每隔 10 d 浇灌 1 次基本营养液,每次 1 000 mL。播种 85 d 后开始处理,叶面喷施有机氮纯脲 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 溶液,第 1 次处理 A 组,第 2 次处理 A 与 B 组,第 3 次处理 A、B 与 C 3 组,即 A 处理 3 次,B 组处理 2 次,C 组处理 1 次。每次处理后间隔 30 d 处理 1 次,最后一次处理后 10 d 开始第 1 次采样,之后间隔 15 d 采样 1 次,共采样 4 次。

1.2.2 生物量测定 每个处理随机采收 6 株,清洗干净,按地上部(大青叶)、地下部(板蓝根)2 个部位分开,准确称取质量,105 ℃ 杀青 15 min 后 60 ℃ 烘干至恒质量,准确称取干质量,粉碎,叶过 60 目筛备用,根过 100 目筛备用。

1.2.3 叶中靛蓝、靛玉红的测定 参照《中国药典》(2010 版)高效液相色谱法测定大青叶中靛蓝、靛玉红含量的条件^[1],略作修改。超高效液相色谱(UPLC)条件:采用 Acclaim RSLC120 C₁₈ (3.0 × 100 mm, 2.2 μm) 分析柱;以甲醇-水 (72:28) 为流动相,流速 0.40 mL/min;柱温 30 ℃;检测波长为 289 nm;进样体积 5 μL。

1.2.4 根中(*R,S*) - 告依春测定 参照《中国药典》(2010 版)高效液相色谱法测定根中(*R,S*) - 告依春含量的条件^[1], 略作修改。UPLC 色谱条件:分析柱同“1.2.3”节,以甲醇 - 0.02% 磷酸溶液(7 : 93)为流动相;流速 0.40 mL/min;柱温 30 ℃;检测波长为 245 nm;进样体积 5 μL。

1.2.4 线性关系 精密配制质量浓度为 0.2、0.4、1、2、3、4、8 μg/mL 的靛蓝标准溶液,质量浓度分别为 0.4、0.8、2.4、6、8、10 μg/mL 的靛玉红标准溶液,质量浓度为 1、2.5、5、10、20、30、40 μg/mL 的(*R,S*) - 告依春标准溶液,进样 5 μL,用 UPLC 进行测定,以色谱峰面积(*Y*)和对应的质量浓度(*X*, μg/mL)作标准曲线,计算回归方程。靛蓝的回归方程: $Y_1 = 0.1179X_1 - 0.0373, r = 0.9991 (n = 3)$;靛玉红的回归方程: $Y_2 = 0.1844X_2 - 0.1351, r = 0.9999 (n = 3)$;(*R,S*) - 告依春的回归方程: $Y_3 = 2.2668X_3 - 0.8842, r = 0.9995 (n = 3)$ 。

1.3 数据统计分析

采用 Excel 2010 和 SAS 9.2 统计软件对数据进行统计分析,数据间比较采用 *LSD* 最小显著差数法。

2 结果与分析

2.1 不同浓度酰胺态氮对菰蓝生长的影响

表 1 不同浓度酰胺态氮对菰蓝单株叶与根干质量的影响

组别	质量浓度	单株叶干质量(g)				单株根干质量(g)			
		10月6日	10月21日	11月5日	11月20日	10月6日	10月21日	11月5日	11月20日
A	N _{CK}	1.33 ± 0.11 ^{b_{ab}}	3.38 ± 0.29 ^{ab}	3.11 ± 0.11 ^{ab}	4.90 ± 0.97 ^{a_{cde}}	0.81 ± 0.22 ^{b_{bc}}	0.92 ± 0.26 ^b	2.39 ± 0.29 ^{a_{ab}}	3.15 ± 0.28 ^{a_{bc}}
	N _{0.5%}	1.62 ± 0.50 ^{b_a}	1.82 ± 0.24 ^{b_b}	3.34 ± 0.16 ^{ab}	4.37 ± 0.57 ^{a_{de}}	1.51 ± 0.24 ^{b_a}	0.54 ± 0.03 ^b	1.14 ± 0.37 ^{a_{ab}}	3.99 ± 0.67 ^{a_{abc}}
	N _{1.0%}	1.22 ± 0.35 ^{b_{ab}}	3.48 ± 0.37 ^{ab}	3.48 ± 0.42 ^{ab}	4.38 ± 0.18 ^{a_{de}}	0.75 ± 0.12 ^{b_{bc}}	2.46 ± 0.34 ^{b_a}	2.56 ± 0.43 ^{b_a}	2.31 ± 0.59 ^{a_c}
	N _{1.5%}	1.35 ± 0.14 ^{ab}	2.90 ± 0.41 ^{b_c}	3.27 ± 0.36 ^{b_a}	7.44 ± 0.06 ^{a_{bcde}}	0.81 ± 0.09 ^{b_{bc}}	0.84 ± 0.13 ^b	1.20 ± 0.34 ^{a_{ab}}	3.97 ± 0.48 ^{a_{bc}}
	N _{2.0%}	0.96 ± 0.18 ^{ab}	2.39 ± 0.64 ^{b_c}	3.97 ± 0.36 ^{b_a}	9.14 ± 1.97 ^{a_b}	0.81 ± 0.13 ^{b_{bc}}	1.35 ± 0.22 ^b	2.09 ± 0.75 ^{a_{ab}}	5.49 ± 1.18 ^{a_{abc}}
B	N _{CK}	1.18 ± 0.04 ^{b_{ab}}	2.86 ± 0.28 ^{b_{ab}}	3.36 ± 0.20 ^{b_a}	6.46 ± 0.79 ^{a_{bcde}}	0.64 ± 0.05 ^{b_{bc}}	1.28 ± 0.25 ^b	1.33 ± 0.39 ^{a_{ab}}	4.03 ± 0.91 ^{a_{abc}}
	N _{0.5%}	1.37 ± 0.13 ^{ab}	3.68 ± 0.70 ^{ab}	4.76 ± 0.58 ^{a_a}	3.97 ± 0.22 ^{a_e}	0.57 ± 0.02 ^{b_{bc}}	1.01 ± 0.20 ^b	2.61 ± 0.23 ^{a_a}	2.29 ± 0.75 ^{a_c}
	N _{1.0%}	1.44 ± 0.28 ^{b_{ab}}	3.07 ± 0.28 ^{b_{ab}}	4.21 ± 0.79 ^{ab}	7.93 ± 0.85 ^{a_{bcde}}	0.90 ± 0.13 ^{b_{abc}}	1.34 ± 0.37 ^b	1.61 ± 0.30 ^{a_{ab}}	7.74 ± 1.30 ^{a_a}
	N _{1.5%}	1.31 ± 0.29 ^{b_{ab}}	1.79 ± 0.10 ^{b_b}	3.69 ± 0.70 ^{b_a}	8.50 ± 1.88 ^{a_{bcde}}	0.78 ± 0.13 ^{b_{bc}}	0.64 ± 0.12 ^b	1.71 ± 0.43 ^{a_{ab}}	6.34 ± 0.92 ^{a_{ab}}
	N _{2.0%}	1.26 ± 0.13 ^{ab}	2.54 ± 0.15 ^{b_c}	4.01 ± 0.86 ^{b_a}	6.87 ± 0.46 ^{a_{bcde}}	0.66 ± 0.17 ^{b_{bc}}	1.04 ± 0.25 ^b	1.06 ± 0.38 ^{a_{ab}}	3.69 ± 0.56 ^{a_{bc}}
C	N _{CK}	1.38 ± 0.18 ^{ab}	5.01 ± 0.93 ^{ab}	2.20 ± 0.62 ^{b_c}	6.33 ± 1.30 ^{a_{bcde}}	1.20 ± 0.12 ^{b_{ab}}	1.36 ± 0.33 ^{ab}	0.89 ± 0.39 ^b	4.65 ± 0.22 ^{a_{abc}}
	N _{0.5%}	1.06 ± 0.15 ^{b_{ab}}	2.81 ± 0.34 ^{b_{ab}}	4.15 ± 0.48 ^{ab}	8.29 ± 1.20 ^{a_{abcd}}	0.99 ± 0.16 ^{b_{abc}}	1.01 ± 0.31 ^b	2.12 ± 0.61 ^{b_a}	5.55 ± 0.16 ^{a_{abc}}
	N _{1.0%}	1.65 ± 0.25 ^{b_a}	2.69 ± 0.15 ^{b_{ab}}	3.08 ± 0.52 ^{b_a}	9.79 ± 1.42 ^{a_a}	1.13 ± 0.25 ^{b_{abc}}	1.09 ± 0.27 ^b	1.88 ± 0.54 ^{b_{ab}}	5.57 ± 0.61 ^{a_{abc}}
	N _{1.5%}	1.66 ± 0.50 ^{b_a}	1.39 ± 0.17 ^{b_b}	2.99 ± 0.15 ^{b_a}	5.53 ± 0.16 ^{a_{bcde}}	0.93 ± 0.14 ^{b_{abc}}	0.80 ± 0.17 ^b	1.10 ± 0.71 ^{b_a}	2.67 ± 0.39 ^{a_{bc}}
	N _{2.0%}	0.62 ± 0.04 ^{b_b}	2.47 ± 0.22 ^{b_b}	3.65 ± 0.37 ^{ab}	5.23 ± 0.20 ^{a_{bcde}}	0.55 ± 0.08 ^{b_c}	0.86 ± 0.29 ^b	1.43 ± 0.82 ^{b_{ab}}	3.82 ± 0.55 ^{a_{bc}}

注:不同字母表示处理间差异达到 5% 显著水平,上标为横向同指标不同日期比较,下标为纵向不同处理比较。

对于单株根干质量,第 1 次采样,处理 A 组 N_{0.5%} 最高(1.51 g),随着酰胺态氮浓度增大,A 组根干质量先减小再增大而后持平,浓度为 N_{0.5%} 时最高,B 组先增大后减小,浓度为 N_{1.0%} 时最高,C 组先增大后减小,对照根干质量最高;第 2 次采样,A 组 N_{1.0%} 最高(2.46 g),随着处理浓度增大,A 组根干质量先增大再减小而后增大,浓度为 N_{1.0%} 时最高,B 组先增大再减小而后增大,浓度为 N_{1.0%} 时最高,C 组先增大再减小而后增大,对照根干质量最高;第 3 次采样,处理 B 组 N_{0.5%} 最高(2.61 g),随着处理浓度增大,A 组根干质量先增大再减小而后增大,浓度为 N_{1.0%} 时最高,B 组根干质量先减小后增大而后减小,浓度为 N_{0.5%} 时最高,C 组先减小后增大,但均高于对照,浓度为 N_{0.5%} 时最高;第 4 次采样,处理 B 组 N_{1.0%} 最高(7.74 g),随着处理浓度增大,A 组根干质量先减小后增大,

2.1.1 不同浓度酰胺态氮对菰蓝单株叶与根干质量的影响

不同浓度酰胺态氮处理不同次数后,随着菰蓝生长时间的延长,菰蓝单株叶与根的干质量积累基本趋于一致,均呈现依次递增的动态规律(表 1)。第 4 次采样与前 3 次采样差异显著。对于单株叶干质量,第 1 次采样,处理 C 组 N_{1.5%} 叶干质量最高(1.66 g),随着酰胺态氮浓度的增大,A 组叶干质量先减小再增大而后减小,浓度为 N_{0.5%} 时叶干质量最高,B 组叶干质量先增大后减小,浓度为 N_{1.0%} 时叶干质量最高,C 组先增大后减小,浓度为 N_{1.5%} 时叶干质量最高;第 2 次采样,C 组对照 N_{CK} 叶干质量最高(5.01 g),随着处理浓度的增大,A 组叶干质量先增大后减小,浓度为 N_{1.0%} 时最高,B 组叶干质量先减小后增大,浓度为 N_{0.5%} 时最高,C 组先减小后增大,对照叶干质量最高;第 3 次采样,处理均高于对照,处理 B 组 N_{0.5%} 最高(4.76 g),随着处理浓度的增大,A 组叶干质量先增大再减小而后增大,浓度为 N_{2.0%} 时最高,B 组叶干质量先减小后增大,浓度为 N_{0.5%} 时最高,C 组先减小后增大,浓度为 N_{0.5%} 时最高;第 4 次采样,处理 C 组 N_{1.0%} 最高(9.79 g),随着处理浓度增大,A 组叶干质量增大,浓度为 N_{2.0%} 时最高,B 组叶干质量先增大后减小,浓度为 N_{1.5%} 时最高,C 组先增大后减小,浓度为 N_{1.5%} 时最高。

浓度为 N_{2.0%} 时最高,B 组根干质量先增大后减小,浓度为 N_{1.0%} 时最高,C 组先增大后减小而后增大,浓度为 N_{1.0%} 时最高。说明不同浓度酰胺态氮处理不同次数对菰蓝地上部分和地下部分的影响不同,菰蓝叶与根并不是在酰胺态氮浓度最大时干质量最高,说明高浓度酰胺态氮不利于菰蓝叶与根干质量的积累,叶面喷施 1 次质量浓度为 10 g/L 的酰胺态氮有利于菰蓝叶干质量的积累,叶面喷施 2 次质量浓度为 10 g/L 的酰胺态氮有利于菰蓝根干质量的积累。

2.1.2 不同浓度酰胺态氮对菰蓝生物量和根冠比的影响

不同浓度的酰胺态氮处理不同次数后,随生长时间延长,菰蓝植株总干质量整体呈现增加的趋势;同一采样时期,不同浓度酰胺态氮对菰蓝植株生长有不同的影响,A 组随着处理浓度增大,单株菰蓝干质量前 3 次采样基本呈先增大后减小趋势,

第 3 次采样呈增大趋势,而 B 组、C 组随浓度的增大,单株菰蓝干质量均先增大后降低;处理间差异显著 ($P < 0.05$) (表 2);第 4 次采样,处理 B 组 $N_{1.0\%}$ (14.49 g) 单株干质量最大,显著高于对照 ($P < 0.05$),说明叶面喷施 2 次 10 g/L 的酰胺态氮更有助于菰蓝生物量的积累;不同浓度的酰胺态氮处理不同次数对菰蓝不同采样时期的根冠比影响不同 (表 2);第 1 次采样,除 B 组 $N_{2.0\%}$ 、C 组 $N_{1.5\%}$,其他各处理均高于对照,随着处理浓度增大,A 组、C 组根冠比呈降低的趋势,高浓度 $N_{2.0\%}$ 处理增大,B 组根冠比先减小后增加,高浓度 $N_{2.0\%}$ 处理下降低;第 2 次采样,除 B 组 $N_{0.5\%}$ 、C 组 $N_{0.5\%}$,其他各处理均高于或等于对照,随着浓度增大,A 组根冠比先增大后减小,

高浓度 $N_{2.0\%}$ 处理下增大,B 组、C 组根冠比先增大后减小,高浓度处理下 $N_{2.0\%}$ 持平;第 3 次采样,除 A 组 $N_{1.0\%}$ 、B 组 $N_{1.5\%}$,其他各处理均低于对照,随着浓度增大,A 组根冠比先增大后减小,高浓度 $N_{2.0\%}$ 处理下增大,B 组根冠比先减小后增大,高浓度 $N_{2.0\%}$ 处理下降低,C 组根冠比先增大后减小,高浓度 $N_{2.0\%}$ 处理下仍降低;第 4 次采样,A 组处理 $N_{0.5\%}$ 高于对照,其他各处理均低于对照,B 组各处理均高于对照,C 组处理 $N_{1.5\%}$ 低于对照,其他各处理均高于对照,A 组、C 组根冠比呈降低的趋势,高浓度 $N_{2.0\%}$ 处理下增大,B 组根冠比先增大后减小,在高浓度处理下 $N_{2.0\%}$ 增大。整体分析,酰胺态氮对菰蓝生长前期对地上部分的促进作用大于地下部分,后期则反之。

表 2 不同浓度酰胺态氮对菰蓝生物量和根冠比的影响

组别	质量浓度	单株总干质量(g)				根冠比			
		10月6日	10月21日	11月5日	11月20日	10月6日	10月21日	11月5日	11月20日
A	N_{CK}	2.27 ± 0.13 ^{bcd}	3.26 ± 0.87 ^{bcd}	4.69 ± 0.51 ^{ab}	7.04 ± 0.43 ^{gh}	0.33 ± 0.04 ^{abcd}	0.18 ± 0.06 ^b	0.28 ± 0.10 ^{ab}	0.31 ± 0.07 ^{abcd}
	$N_{0.5\%}$	2.65 ± 0.52 ^{ab}	2.27 ± 0.37 ^{ef}	3.01 ± 0.54 ^{gh}	6.46 ± 0.32 ^h	0.53 ± 0.20 ^a	0.18 ± 0.04 ^b	0.19 ± 0.06 ^{bcd}	0.41 ± 0.05 ^a
	$N_{1.0\%}$	1.57 ± 0.30 ^b	4.04 ± 0.68 ^{abc}	5.10 ± 0.56 ^b	6.07 ± 0.76 ^h	0.40 ± 0.16 ^{abcd}	0.33 ± 0.13 ^{ab}	0.30 ± 0.10 ^{ab}	0.25 ± 0.01 ^{cd}
	$N_{1.5\%}$	2.13 ± 0.37 ^{cde}	3.78 ± 0.88 ^{abcd}	3.72 ± 0.50 ^{efgh}	12.71 ± 0.26 ^{bc}	0.33 ± 0.12 ^{cd}	0.18 ± 0.02 ^b	0.17 ± 0.05 ^{cd}	0.22 ± 0.04 ^d
	$N_{2.0\%}$	1.11 ± 0.23 ^h	3.17 ± 0.43 ^{cdef}	3.93 ± 0.80 ^{defg}	13.38 ± 0.34 ^{ab}	0.51 ± 0.12 ^{ab}	0.24 ± 0.05 ^{bc}	0.22 ± 0.04 ^{abcd}	0.25 ± 0.08 ^{cd}
B	N_{CK}	1.69 ± 0.02 ^{efg}	3.73 ± 0.59 ^{abcd}	4.61 ± 0.29 ^b	9.90 ± 0.72 ^e	0.32 ± 0.10 ^{cd}	0.21 ± 0.08 ^{abc}	0.22 ± 0.15 ^{abcd}	0.24 ± 0.11 ^{cd}
	$N_{0.5\%}$	2.39 ± 0.05 ^{abc}	5.00 ± 0.45 ^{ab}	2.98 ± 0.19 ^{gh}	6.44 ± 0.56 ^h	0.39 ± 0.32 ^{abcd}	0.18 ± 0.07 ^c	0.24 ± 0.08 ^{abc}	0.25 ± 0.08 ^{cd}
	$N_{1.0\%}$	2.17 ± 0.46 ^{bcd}	4.02 ± 0.81 ^{abc}	6.02 ± 0.19 ^b	14.79 ± 0.57 ^a	0.33 ± 0.08 ^{abcd}	0.26 ± 0.06 ^{ab}	0.18 ± 0.05 ^c	0.36 ± 0.08 ^{ab}
	$N_{1.5\%}$	1.92 ± 0.21 ^{cdef}	2.54 ± 0.46 ^{def}	4.57 ± 0.74 ^b	12.84 ± 0.48 ^{bc}	0.41 ± 0.16 ^{abcd}	0.21 ± 0.05 ^{bc}	0.21 ± 0.04 ^{abcd}	0.29 ± 0.08 ^{bcd}
	$N_{2.0\%}$	1.47 ± 0.28 ^c	2.79 ± 0.08 ^{cdef}	5.00 ± 0.62 ^b	11.08 ± 0.62 ^d	0.27 ± 0.05 ^d	0.21 ± 0.06 ^{ab}	0.13 ± 0.01 ^d	0.31 ± 0.17 ^{abcd}
C	N_{CK}	1.86 ± 0.33 ^{def}	5.13 ± 1.04 ^{ab}	2.92 ± 0.80 ^h	8.34 ± 0.53 ^f	0.39 ± 0.14 ^{abcd}	0.24 ± 0.09 ^{abc}	0.30 ± 0.20 ^a	0.24 ± 0.09 ^{cd}
	$N_{0.5\%}$	1.67 ± 0.27 ^{efg}	3.38 ± 0.58 ^{cdef}	5.24 ± 0.25 ^{ab}	9.78 ± 0.62 ^e	0.52 ± 0.19 ^a	0.21 ± 0.04 ^{bc}	0.25 ± 0.08 ^{abc}	0.30 ± 0.05 ^{bcd}
	$N_{1.0\%}$	2.87 ± 0.52 ^a	2.64 ± 0.25 ^{cdef}	4.57 ± 0.10 ^b	14.04 ± 1.22 ^a	0.41 ± 0.15 ^{abcd}	0.25 ± 0.06 ^{bc}	0.27 ± 0.05 ^{ab}	0.26 ± 0.08 ^{cd}
	$N_{1.5\%}$	2.39 ± 0.05 ^{abd}	1.99 ± 0.30 ^f	3.51 ± 0.10 ^b	7.93 ± 0.77 ^{fg}	0.33 ± 0.15 ^{cd}	0.22 ± 0.05 ^{ab}	0.21 ± 0.08 ^{abcd}	0.22 ± 0.04 ^{ab}
	$N_{2.0\%}$	1.19 ± 0.12 ^{gh}	3.65 ± 0.39 ^{bcd}	4.11 ± 0.36 ^{cdef}	8.86 ± 0.93 ^{ef}	0.48 ± 0.07 ^{abc}	0.22 ± 0.05 ^{bc}	0.19 ± 0.08 ^c	0.34 ± 0.08 ^{abc}

注同表 1。

2.2 不同浓度酰胺态氮对菰蓝活性成分积累的影响

2.2.1 不同浓度酰胺态氮对菰蓝叶内靛蓝与靛玉红积累的影响 不同浓度的酰胺态氮处理不同次数后,随生长时间延长,菰蓝叶中靛蓝与靛玉红的含量整体上明显呈下降趋势 (图 1、图 2); 不同酰胺态氮处理靛蓝的含量在 0.067 ~ 0.313 mg/g 之间,靛玉红含量在 0.035 ~ 0.572 mg/g 之间。整体比较,第 1 次采样菰蓝叶片中的靛蓝、靛玉红含量已达或接近药典的标准含量 0.02%,第 2 次之后采样,菰蓝

叶片内靛蓝、靛玉红含量则低于药典的标准含量 0.02%,说明大青叶的采收最佳时期为 10 月上旬;靛蓝含量最高的是第 1 次采样处理 2 次的 $N_{0.5\%}$ (0.313 mg/g),说明叶面喷施 2 次 5 g/L 的酰胺态氮最有助于菰蓝叶中靛蓝的积累;靛玉红含量最高的是第 1 次采样处理 C 组 $N_{1.0\%}$ (0.572 mg/g),说明叶面喷施 1 次 10 g/L 的酰胺态氮有助于菰蓝叶内靛玉红含量的积累。结合酰胺态氮对菰蓝干质量的影响,叶面喷施 2 次质量浓度为 15 g/L 的酰胺态氮有助于获得高产优质的大青叶。

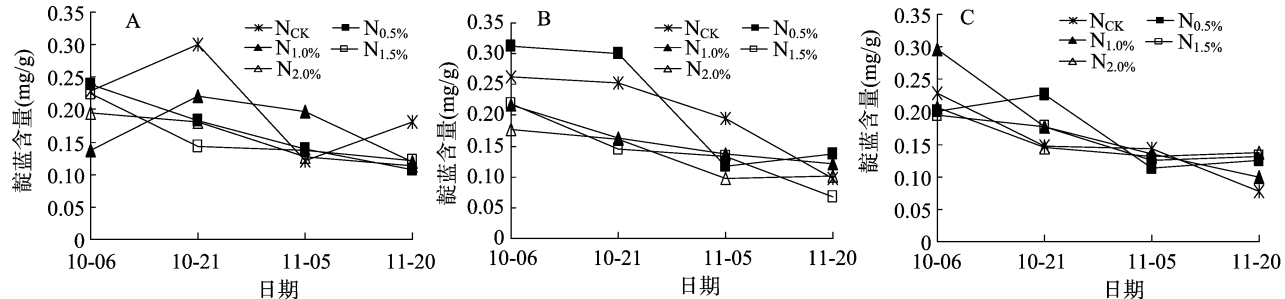


图 1 不同浓度酰胺态氮对菰蓝叶内靛蓝积累的影响

2.2.2 不同浓度酰胺态氮对菰蓝根中 (R,S) - 告依春的影响 不同浓度的酰胺态氮处理不同次数后,随着菰蓝生长时间的延长,菰蓝根中 (R,S) - 告依春含量整体上明显呈上升趋势 (图 3); 不同酰胺态氮处理的 (R,S) - 告依春含量在

0.266 ~ 2.056 mg/g 之间,均已达药典的标准含量 0.02%,并且在后期采样有增加的趋势,说明板蓝根的最佳采收时期为 11 月中下旬。(R,S) - 告依春含量最高的是第 4 次采样处理 A 组 $N_{1.0\%}$ (2.056 mg/g),说明叶面喷施 3 次质量浓度为

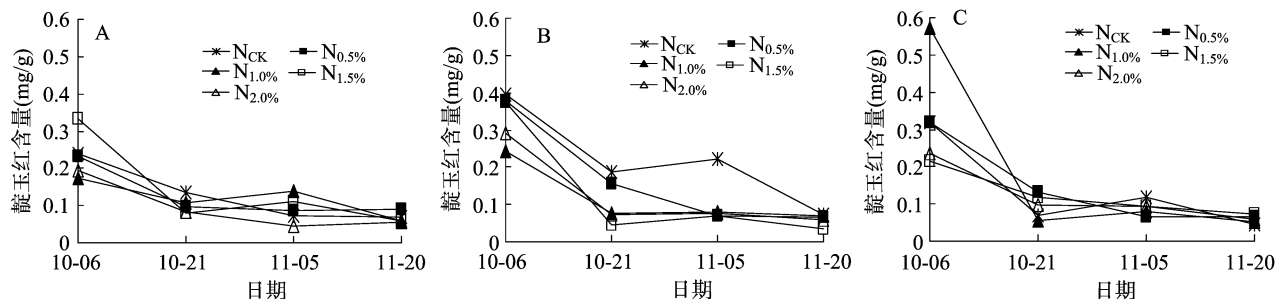


图2 不同浓度酰胺态氮对菘蓝叶内靛玉红积累的影响

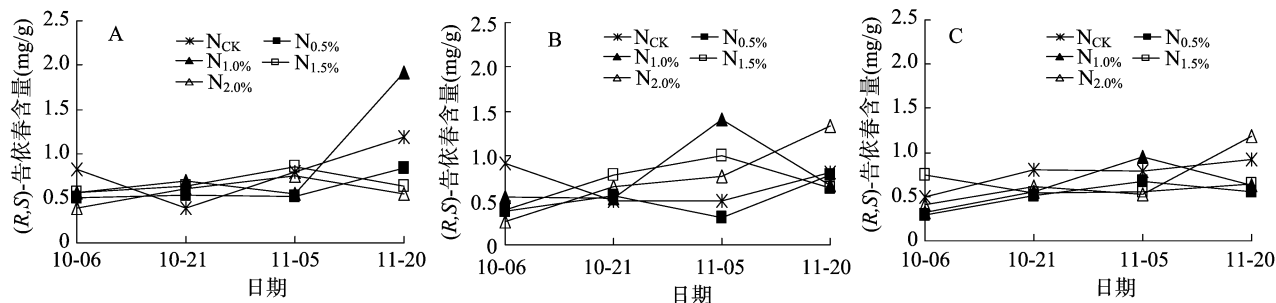


图3 不同浓度酰胺态氮对菘蓝根中(R,S)-告依春积累的影响

10 g/L 的酰胺态氮有助于菘蓝根中(R,S)-告依春含量的积累。结合酰胺态氮对菘蓝根干质量的影响,叶面喷施 2 次质量度为 15 g/L 的酰胺态氮有助于获得高产优质的板蓝根。

3 讨论

3.1 酰胺态氮对菘蓝生长的影响

由于不同浓度的酰胺态氮对作物生长的营养供给不同,因而对作物的植株整体以及地上部分、地下部分的影响存在差异。研究结果显示酰胺态氮对菘蓝根与叶干质量的影响不同,高浓度酰胺态氮不利于菘蓝根与叶干质量的积累;不同浓度酰胺态氮对菘蓝植株单株总干质量影响差异显著,叶面喷施 2 次和 1 次酰胺态氮,随着浓度的增大,单株菘蓝干质量先增大后降低或呈降低趋势,这与樊新华等研究在低浓度范围内,随着酰胺态氮施用量增加,猪毛菜的产量、氨基酸、维生素 C 含量均有不同程度的上升,达到一定施用量时则呈下降趋势的结果^[10]基本一致。而叶面喷施 3 次酰胺态氮,随着酰胺态氮浓度的增大,单株菘蓝干质量前 3 次采样基本呈先增大后降低的趋势,第 4 次采样呈增大趋势,但整体低于叶面喷施 2 次和 1 次酰胺态氮,可能是叶面喷施多次酰胺态氮导致酰胺态氮过量积累,从而影响菘蓝植株正常的氮代谢,使植株正常生长发育受阻,单株总干质量下降,第 4 次采样菘蓝单株干质量增大可能是在菘蓝植株的生长过程中,多次喷施酰胺态氮导致菘蓝部分叶片死亡,而再次生长的菘蓝叶片内酰胺态氮含量降低,使得菘蓝植株正常生长。此外随着酰胺态氮浓度的增大,菘蓝根冠比呈降低的趋势,说明叶面喷施酰胺态氮对菘蓝地上叶片的促生长效应更加明显,对地下根的促进作用小于对地上叶片的促进作用,这与肖云华等研究追施氮肥对菘蓝地上部的促进效应明显高于地下部的结果^[16]基本一致。随着菘蓝生长时间的延长,根冠比也有降低的趋势,说明叶面喷施酰胺态氮前期更有助于促进菘蓝地上部分的生长,后期则更利于促进根的生长。

3.2 酰胺态氮对菘蓝体内活性成分积累的影响

酰胺态氮对菘蓝叶中靛蓝、靛玉红和根中(R,S)-告依春含量的动态积累影响不一致。菘蓝叶中靛蓝、靛玉红含量在 10 月上旬达最大,如以靛蓝、靛玉红为药用指标成分,则大青叶的采收可在 10 月上旬,这与陈宇航等的研究结果^[17]基本一致。处理后菘蓝根中(R,S)-告依春含量在 11 月下旬达最大,如以(R,S)-告依春为药用指标成分,则板蓝根的收获可在 11 月下旬进行,与陈宇航等的研究结果^[17]基本一致,同时与《中国药典》(2010 年版)对板蓝根采收期规定基本一致。此外叶面喷施 2 次质量浓度为 5 g/L 的酰胺态氮有助于叶中靛蓝的积累,而叶面喷施 1 次质量浓度为 10 g/L 的酰胺态氮有助于叶内靛玉红含量的积累,结合酰胺态氮对菘蓝叶干质量的影响,叶面喷施 2 次质量浓度为 15 g/L 的酰胺态氮有助于获得高产优质的大青叶。叶面喷施 3 次质量浓度为 10 g/L 的酰胺态氮有助于根中(R,S)-告依春含量的积累;尽管多次喷施酰胺态氮有助于菘蓝根中(R,S)-告依春含量的积累,但过量酰胺态氮积累不利于菘蓝植株根干质量的积累,因此为获得高产优质的板蓝根,建议叶面喷施 2 次质量浓度为 15 g/L 的酰胺态氮。因此为提高菘蓝的产量和品质,合理施用有机氮肥,建议在菘蓝生长约 110 d 后叶面喷施 2 次质量浓度为 15 g/L 的酰胺态氮,间隔 30 d 处理。

菘蓝叶中的靛蓝、靛玉红与根中的(R,S)-告依春是生长过程中的次生代谢产物,植物次生代谢的正常进行是药材质量的保证及临床用药有效性的基础,而植物的氮代谢和氮积累势必影响植物的次生代谢,因此酰胺态氮对菘蓝次生代谢影响的具体机制还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2010:191-192.
- [2] Lin Y K, Leu Y L, Huang T H, et al. Anti-inflammatory effects of

何 军,李晓莺,焦恩宁,等. 富硒植物调理剂对枸杞产量、果实内多糖及硒含量的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):245-246.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.089

富硒植物调理剂对枸杞产量、果实内多糖及硒含量的影响

何 军,李晓莺,焦恩宁,曹有龙

(宁夏农林科学院/国家枸杞工程技术研究中心,宁夏银川 750002)

摘要:通过喷施不同用量的富硒植物调理剂,研究枸杞单株产量、果实内多糖含量、硒含量的变化。结果表明:随着富硒植物调理剂喷施量的增加,枸杞果实内硒元素含量显著提高,呈极显著的正相关关系;喷施处理对枸杞产量和

关键词:富硒植物调理剂;枸杞;硒含量;多糖含量;喷施效果

中图分类号: S567.1⁺90.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0245-02

硒是人类和动物必需的微量元素之一,是人体内的抗氧化剂,能提高人体免疫力,具有防癌、保护心血管系统、保护肝脏、防治糖尿病、延缓衰老、保护视力、拮抗重金属毒性等多种生物功能,被誉为“生命的火种”“抗癌之王”^[1]。根据中国营养学会调查报告,成人每日的硒摄入量仅为 26.63 μg,距中国营养学会和国际硒学会的日推荐摄入量 50 μg 相差甚远。缺硒已经严重威胁着人们的身体健康并造成潜在危害,并且矿物质元素硒无法由人体合成,必须从食物中摄取,而植物是自然界硒生态循环中的关键性环节,是人和动物摄入硒的最直接来源^[2]。枸杞属茄科枸杞属植物,是我国重要的药用植物

资源,现代医学证明,枸杞具有抗氧化、抗肿瘤、延缓衰老、增强免疫力、软化血管、降低血脂等功效^[3-5]。生产上常用的生产富硒枸杞的方法是喷施亚硒酸钠^[6],本研究探讨喷施富硒植物调理剂(含磷酸硒钾)对枸杞产量、果实内多糖、硒含量的影响,以期找出一条提高枸杞果实内硒含量的新途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试枸杞植株为定植在国家枸杞工程技术研究中心枸杞种质资源圃内的宁杞 1 号,树龄和长势一致。经测定,试验地土壤硒含量为 0.26 mg/kg。

供试富硒植物调理剂为含腐殖酸水溶性硒钛肥(果蔬、苗木专用肥),300 g/包,购自长沙福山农业科技有限公司。

1.2 试验方法

喷施时间:叶面喷施时间为枸杞花、青果混合期的 6 月 5 日上午,天气晴朗无风。试验设计:共设 5 个处理,每个处理

收稿日期:2014-05-27

基金项目:宁夏回族自治区自然科学基金(编号:NZ1170)。

作者简介:何 军(1978—),男,宁夏平罗人,硕士,副研究员,主要从事枸杞耕作与栽培研究。E-mail:hejun1978@126.com。

通信作者:曹有龙,博士,研究员,主要从事枸杞相关研究。E-mail:yulongchk@163.com。

the extract of *Indigo naturalis* in human neutrophils[J]. *J Ethnopharmacology*, 2009, 125: 51-58.

[3] Lin C W, Tsai F J, Tsai C H, et al. Anti-SARS coronavirus 3C-like protease effects of *Isatis indigotica* root and plant-derived phenolic compounds[J]. *Antiviral Research*, 2005, 68: 36-42.

[4] 胡兴昌,程佳蔚,刘士庄,等. 板蓝根凝集素效价与抑制感冒病毒作用关系的实验研究[J]. *上海中医药大学学报*, 2001, 15(3): 56-57.

[5] 刘云海. 板蓝根抗内毒素作用研究[J]. *中国药科大学学报*, 1995, 26(5): 297-299.

[6] Xiao Z, Hao Y, Liu B, et al. Indirubin and meisoindirubin in the treatment of chronic myelogenous leukemia in China[J]. *Leuk Lymphoma*, 2002, 43: 1763-1768.

[7] Nam S, Scuto A, Yang F, et al. Indirubin derivatives induce apoptosis of chronic myelogenous leukemia cells involving inhibition of Stat5 signaling[J]. *Molecular Oncology*, 2012, 6(3): 276-283.

[8] Lea P J, Azevedo R A. Nitrogen use efficiency. 1. Uptake of nitrogen from the soil[J]. *Annals of Applied Biology*, 2006, 149(3): 243-247.

[9] 晏枫霞,王康才,罗庆云,等. 氮素形态对菘蓝氮代谢、光合作用及生长的影响[J]. *中国中药杂志*, 2009, 34(16): 2039-2042.

[10] 樊新华. 酰胺态氮肥不同施肥水平对猪毛菜产量及品质的影响[J]. *北方园艺*, 2010(24): 39-40.

[11] 张麦生,陈翠玲,宋小顺,等. 不同形态氮肥对蔬菜产量和品质的影响[J]. *河南农业科学*, 2003(8): 58-60.

[12] 郑永美,王才斌,万更波,等. 不同形态氮肥对花生氮代谢及氮积累的影响[J]. *山东农业科学*, 2012, 44(2): 57-62.

[13] 任广涛,梁洪涛,金荣荣,等. 酰胺态氮对水培叶用莴苣硝酸盐污染控制的影响[J]. *北方园艺*, 2009(1): 17-19.

[14] 肖云华,赵雪玲,王康才,等. 不同氮素形态和浓度对大青叶生物量与生物碱类成分的影响[J]. *中国中药杂志*, 2013, 38(17): 2755-2760.

[15] 唐晓清,肖云华,赵雪玲,等. 不同氮素形态及其比例对菘蓝生物学特性的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2014, 20(1): 129-138.

[16] 肖云华,吕婷婷,唐晓清,等. 追施氮肥量对菘蓝根的外形品质、干物质积累及活性成分含量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2014(2): 437-444.

[17] 陈宇航,郭巧生,邓乔华,等. 菘蓝不同种质活性成分动态积累及其药材品质比较[J]. *中国中药杂志*, 2012, 37(11): 1541-1545.