

不同氮肥水平对欧洲山芥营养品质的影响

魏小春 李锡香 沈 镒 王海平 邱 杨 张晓辉 宋江萍

(中国农业科学院 蔬菜花卉研究所 农业部蔬菜作物基因资源与种质创制北京科学观测实验站 北京 100081)

摘要:以 P 型及 G 型欧洲山芥为材料,研究了不同氮水平(0.75,1.5,3 mol/L)对植株营养品质的影响。结果表明:不同生物型及其不同器官的硫甙种类和分布不尽相同。高氮量处理显著降低了两类欧洲山芥叶片中可溶性总糖及可溶性蛋白的含量。不同浓度的氮处理对 P 型欧洲山芥叶片的硫甙影响不明显,但高氮量处理显著提高了其根中总硫甙、总芳香族硫甙及芳香族主组分 R-2-羟基-2-苯乙基-硫甙与 2-苯乙基硫甙的含量;低氮处理则对植株根中吲哚族硫甙积累有利。高氮水平明显抑制了 G 型欧洲山芥叶片中总硫甙、总芳香族硫甙及其主组分 S-2-羟基-2-苯乙基硫甙的含量,也明显抑制了其根中总硫甙、总芳香族硫甙及其主组分 S-2-羟基-2-苯乙基硫甙、总吲哚族硫甙的积累;但却促进了根中吲哚族硫甙 2-苯乙基硫甙的合成。可根据生产需求有针对性地施肥。

关键词:氮肥;欧洲山芥;可溶性糖;可溶性蛋白质;硫甙组分

中图分类号:S143.1 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)增刊-0288-04

Effect of Nitrogen Level on the Nutritional Quality of Winter Cress(*Barbarea vulgaris* R. Br.)

WEI Xiao-chun, LI Xi-xiang, SHEN Di, WANG Hai-ping, QIU Yang, ZHANG Xiao-hui, SONG Jiang-ping

(Institute of Vegetables and Flowers, China Academy of Agricultural Sciences, Beijing Research Station of Vegetable Crop Gene Resource and Germplasm Enhancement Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract: Effect of nitrogen treatments with three levels of nitrogen (0.75, 1.5, 3 mol/L) on the nutritional quality of winter cress were studied. The results showed that the content of soluble sugar and soluble protein in leaves of two types of winter cress decreased significantly under the application of 3 mol/L nitrogen. The contents of glucosinolate of the leaves from P-type winter cress were not changed under the three levels application. Meanwhile, the content of total glucosinolates, aromatic glucosinolates and S-2-hydroxy-2-phenylethyl-glucosinolate in G-type winter cress leaves were increased significantly under the application of 3 mol/L. The content of total glucosinolates, aromatic glucosinolates, R-2-hydroxy-2-phenylethyl-glucosinolate and 2-phenylethyl-glucosinolate in roots of P-type winter cress increased significantly under the 3 mol/L nitrogen, but the content of indol glucosinolates increased under the 0.75 mol/L nitrogen. However, the content of total glucosinolates, aromatic glucosinolates, indol glucosinolates and S-2-hydroxy-2-phenylethyl-glucosinolate in the roots of G-type winter cress decreased significantly under the 3 mol/L nitrogen, but increased the content of 2-phenylethyl-glucosinolate.

Key words: Nitrogen; *Barbarea vulgaris* R. Br.; Soluble sugar; Soluble protein; Glucosinolate

欧洲山芥(*Barbarea vulgaris* R. Br.)是一种十字花科植物,起源于地中海地区,现已广泛分布于欧亚大陆和北美。在欧洲作为蔬菜、药材及油料等,被认为是一种很有利用价值的植物资源^[1-4]。在我国新

疆北部也有分布,可以作为特色蔬菜开发和推广^[5]。

在遗传进化关系上,欧洲山芥介于拟南芥(*Arabidopsis thaliana* L.)和甘蓝型油菜(*Brassica napus*

收稿日期:2012-07-21

基金项目:农业部资源保护项目(NB2012-2130135-28);农业部“948”项目(2011-G1-02);中国农业科学院基本科研业务费项目(2012ZL026)

作者简介:魏小春(1983-),男,河南项城人,在读博士,主要从事植物生理与分子生物学研究。

通讯作者:李锡香(1961-),女,湖北仙桃人,研究员,博士,主要从事种子资源库与生物技术研究。

L.) 之间^[6]。硫甙是十字花科植物的重要功能性成分。欧洲山芥富含有益的芳香族和吲哚族硫代, P 型欧洲山芥中的芳香族硫甙主要为 R-2-羟基-2-苯乙基硫甙, 而 G 型欧洲山芥中则为 S-2-羟基-2-苯乙基硫甙^[4]。欧洲山芥在自然界中有 2 种生物型: 无毛光滑型 (G 型) 和有毛型 (P 型)^[7], G 型抗虫 ($2n=2x=16$), P 型感虫 ($2n=2x=16$ 或 18)^[8-9]。研究证明, G 型欧洲山芥因硫甙和皂苷的存在是一种非常有开发潜力的十字花科抗小菜蛾优异资源^[4, 7, 9-11]。

对欧洲山芥营养生理方面的研究仅限于硫肥^[12]。本试验通过研究不同氮肥施用水平对 P 型及 G 型欧洲山芥功能成分的影响, 为这种新型十字花科蔬菜的栽培和推广利用提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验在中国农业科学院蔬菜花卉研究所试验温室进行。2010 年 4 月将 P 型及 G 型欧洲山芥 (由丹麦哥本哈根大学 Agerbirk Niels 于 2008 年赠送) 播种于温室中的网室内, 每个 8×8 cm 营养钵播种 1 粒种子, 以经消毒的草炭: 蛭石 (3:1) 为基本基质, 同时添加腐熟鸡粪 (5 kg/m^3)、复合肥 (1.5 kg/m^3)。速效氮含量为 634 mg/kg 。P 型及 G 型欧洲山芥各育苗 60 株, 分 3 组重复, 每个重复 20 株。植株水肥管理与生产水平类似。当幼苗长到 7 周时 (四叶一心期), 进行氮肥配施处理 2 个月之后进行取样, 分地上和地下部进行各项指标测定。

1.2 试验方法

营养液为霍格兰斯改良配方, 铁盐及微量元素按照标准配方配制。试验分为单因子三水平, 氮的浓度分别为低氮 0.75 mol/L (N/2)、中氮 1.5 mol/L (N) 及高氮 3 mol/L (2N)。

可溶性蛋白质的测定 (鲜样) 采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[13], 可溶性糖的测定 (鲜样) 采用蒽酮法^[14], 硫甙的测定 (干样) 采用 HPLC 法^[15]。

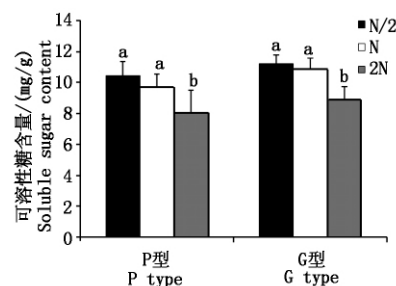
试验数据采用 Excel 2007 处理, 方差分析采用 DPS 软件进行。

2 结果与分析

2.1 追施氮量对欧洲山芥叶片可溶性糖的影响

在同等追施氮肥水平下, G 型均较 P 型欧洲山芥叶片中的可溶性糖含量略高。高氮量处理 (3 mol/L) 显著降低了 P 型及 G 型欧洲山芥叶片中可溶性总糖的含量; 而低氮量 (0.75 mol/L) 及中氮

量处理 (1.5 mol/L) 对植株可溶性糖含量的影响并不明显 (图 1)。



图柱上不同字母表示差异显著 ($P=0.05$) 图 2 同。

The lower case letters (a and b) above the bars shows the significance ($P=0.05$), the same as Fig. 2.

图 1 氮肥处理对欧洲山芥叶片可溶性糖含量的影响

Fig. 1 The effect of nitrogen on the content of soluble sugar of leaf of *Barbarea vulgaris*

2.2 追施氮量对欧洲山芥叶片可溶性蛋白的影响

高氮量显著降低了 P 型及 G 型欧洲山芥叶片中可溶性蛋白的含量; 中氮水平明显地提高 P 型欧洲山芥中可溶性蛋白的含量。而低氮及中氮量处理对 G 型欧洲山芥中可溶性蛋白的影响并不明显。同等追施氮肥水平下, G 型欧洲山芥叶片中的可溶性蛋白质含量显著高于 P 型 (图 2)。

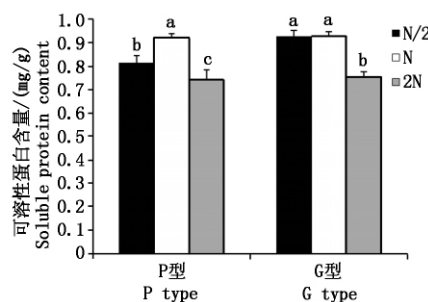


图 2 氮肥处理对欧洲山芥叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig. 2 The effect of nitrogen on the content of soluble protein of leaf of *Barbarea vulgaris*

2.3 追施氮量对欧洲山芥叶片硫甙含量的影响

欧洲山芥的硫代组分主要是芳香族和吲哚族, P 型的芳香族硫代含量高于 G 型, 且 P 型主要是 R-2-羟基-2-苯乙基-硫甙, G 型主要是 S-2-羟基-2-苯乙基; G 型的吲哚族硫代高于 P 型。不同浓度的氮处理对 P 型欧洲山芥叶片的总硫甙、总芳香族硫甙、总吲哚族硫甙、及芳香族硫代主要组分 R-2-羟基-2-苯乙基-硫甙的影响差异不明显。

而高氮水平则显著的降低了 G 型欧洲山芥叶片中总硫甙、总芳香族硫甙及主组分 S-2-羟基-2-苯乙基的含量; 但对吲哚族硫甙含量影响不明显 (表 1)。

2.4 追施氮量对欧洲山芥根中硫甙含量的影响

P 型和 G 型欧洲山芥根中的硫甙含量及其组分

分布与叶片中的类似。高氮水平显著提升了 P 型欧洲山芥根中总硫甙、总芳香族硫甙及其主组分 R-2-羟基-2-苯乙基-硫甙和 2-苯乙基硫甙的含量;而低氮水平则显著增加了 P 型欧洲山芥中吲哚族硫甙的积累(表 2)。

与此相反,高氮量处理显著减少了 G 型欧洲山芥根中总硫甙、总芳香族硫甙、总吲哚族硫甙及其主组分 S-2-羟基-2-苯乙基的积累;却显著促进了芳香族硫甙 2-苯乙基硫甙的合成(表 2)。

表 1 追施氮量对欧洲山芥叶片硫甙含量的影响

Tab. 1 The effect of nitrogen on the content of glucosinolate of leaf of *Barbarea vulgaris*

$\mu\text{mol/L}$

		总硫甙 Total glucosinolate	总芳香族硫甙 Total aromatic glucosinolate	R-2-羟基-2- 苯乙基-硫甙 R-2-hydroxy-2- phenylethyl-glucosinolate	S-2-羟基-2-苯乙基 S-2-hydroxy-2- phenylethyl- glucosinolate	总吲哚族硫甙 Total indol glucosinolate
P 型	N/2	50.78 \pm 8.08a	48.89 \pm 8.12a	47.99 \pm 8.23a	—	1.89 \pm 0.05a
P type	N	51.30 \pm 3.37a	49.37 \pm 3.34a	48.40 \pm 3.20a	—	1.93 \pm 0.18a
	2N	48.35 \pm 7.27a	46.41 \pm 7.27a	45.60 \pm 7.12a	—	1.94 \pm 0.07a
G 型	N/2	41.18 \pm 0.68ab	36.68 \pm 0.80ab	—	35.72 \pm 0.71ab	4.50 \pm 0.25a
G type	N	46.01 \pm 6.16a	41.99 \pm 5.69a	—	40.85 \pm 5.97a	4.02 \pm 0.52a
	2N	33.62 \pm 6.40b	30.30 \pm 5.74b	—	29.61 \pm 5.58b	3.31 \pm 0.90a

注:表中不同字母表示差异显著($P=0.05$),表中“—”代表对应物质在该植物中含量较少,表 2 同。

Note: The lower case letters (a and b) above the bars shows the significance ($P=0.05$), “—” shows the content of corresponding substances in the plant is less, the same as Tab. 2.

表 2 追施氮量对欧洲山芥根中硫甙含量的影响

Tab. 2 The effect of nitrogen on the content of glucosinolate of root of *Barbarea vulgaris*

$\mu\text{mol/L}$

		总硫甙 Total glucosinolate	总芳香族硫甙 Total aromatic glucosinolate	R-2-羟基-2- 苯乙基-硫甙 R-2-hydroxy-2- phenylethyl- glucosinolate	S-2-羟基-2- 苯乙基硫甙 S-2-hydroxy-2- phenylethyl- glucosinolate	2-苯乙基硫甙 2-phenylethyl- glucosinolate	总吲哚 族硫甙 Total indol glucosinolate
P 型	N/2	130.01 \pm 0.84b	124.69 \pm 1.02b	82.98 \pm 1.02b	—	40.77 \pm 0.08b	5.32 \pm 0.20a
P type	N	127.06 \pm 0.21c	123.06 \pm 0.25c	82.05 \pm 0.25b	—	40.05 \pm 0.06c	4.00 \pm 0.07c
	2N	137.55 \pm 0.23a	133.20 \pm 0.25a	89.24 \pm 0.22a	—	42.96 \pm 0.21a	4.35 \pm 0.07b
G 型	N/2	94.73 \pm 0.70b	85.96 \pm 0.82b	—	44.39 \pm 0.68b	37.63 \pm 0.10c	8.77 \pm 0.12a
G type	N	103.77 \pm 0.58a	95.39 \pm 0.70a	—	53.44 \pm 0.57a	38.39 \pm 0.12b	8.38 \pm 0.14b
	2N	86.48 \pm 0.30c	79.58 \pm 0.05c	—	38.12 \pm 0.05c	39.17 \pm 0.10a	6.90 \pm 0.26c

3 讨论

一般情况下,增加氮肥量,叶菜的可溶性总糖含量降低^[16-17]。但是,陈健生等^[18]发现,增加氮肥量提高了菜薹中可溶性总糖的含量,其原因可能与蔬菜的种类、土壤中氮的本底水平以及环境条件有关。有研究表明,增施氮肥可提高蔬菜中可溶性蛋白质的含量,但当氮肥满足了蔬菜蛋白质合成需求时,过多地施用氮肥,则不会影响体内可溶性蛋白质含量的变化^[19]。本试验结果表明,随着氮施用量的增加,P 型及 G 型欧洲山芥叶片中可溶性蛋白的含量降低,但是低氮和中氮量处理对 G 型欧洲山芥中可溶性蛋白的影响并不明显。该结果基本证实了前人的发现。

养分供应对十字花科植物体内硫甙组成及含量有重要的影响,特别是氮素和硫素的作用影响最大。

有研究表明低氮量(5 mmol/L)处理能促进小白菜脂肪族硫甙及芳香族硫甙含量积累,而高氮量(20 mmol/L)的作用则相反,但高氮量(20 mmol/L)处理能促进吲哚族硫甙的积累^[20]。增加氮供应使芜菁根部吲哚族硫甙占总硫甙含量的比例明显增加,而脂肪族硫甙占总硫甙的比例下降^[21]。在本研究中,高氮量处理明显提高了 P 型欧洲山芥根中总硫甙、芳香族硫甙及吲哚族硫甙的含量,而施氮量对叶片中的含量影响不大;高氮量处理降低了 G 型欧洲山芥叶片和根中总硫甙及芳香族硫甙的含量;中低氮处理明显提高了 P 型及 G 型欧洲山芥根中吲哚族硫甙占总硫甙的比例。这说明不同作物、基因型及不同器官的硫甙代谢对氮肥响应模式是不同的。

由于氮硫交互作用的存在,氮素的供应状况也对硫在硫甙合成中发挥的作用产生一定的影响。大量施用氮肥会强烈抑制硫的吸收^[22],高硫条件下,

低氮处理甘蓝总硫甙含量最高^[23]。鉴于欧洲山芥的硫甙组分以芳香族和吲哚族为主,且不同器官的硫甙种类和分布不尽一致。所以,在其生产实际中,建议根据目标产品器官的不同,有针对性地合理施用肥料,以达到提高产品品质的目的。

参考文献:

- [1] Ulyanova T N. Weed plants in flora of Russia and other CIS countries [M]. St Petersburg: VIR, 1998: 343.
- [2] Anderson A A M, Merker A, Nilsson P, et al. Chemical composition of the potential new oilseed crops *Barbarea vulgaris*, *Barbarea verna* and *Lepidium campestre* [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79 (2): 179–186.
- [3] Senatore F, D'Agostino M, Dini I. Flavonoid glycosides of *Barbarea vulgaris* L. (Brassicaceae) [J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2000, 48: 2659–2662.
- [4] Vera K, Claus T E, Sven B A, et al. Identification of defense compounds in *Barbarea vulgaris* against the herbivore *Phyllotreta nemorum* by an ecometabolomic approach [J]. Plant Physiology Preview, 2009, 151: 1977–1990.
- [5] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 2010, 33: 250.
- [6] Bailey C D, Koch M A, Mayer M, et al. Toward a global phylogeny of the Brassicaceae [J]. Molecular Biology and Evolution, 2006, 23: 2142–2160.
- [7] Agerbirk N, Olsen C E, Bibby B M, et al. A saponin correlated with variable resistance of *Barbarea vulgaris* to the diamondback moth *Plutella xylostella* [J]. J Chem Ecol, 2003a, 29 (6): 1417–1433.
- [8] Agerbirk N, Rgaard M, Nielsen J K. Glucosinolates, flea beetle resistance and leaf pubescence as taxonomic characters in the genus *Barbarea* (Brassicaceae) [J]. Phytochemistry, 2003b, 63: 69–80.
- [9] Rgaard M, Linde-Laursen I. Meiotic analysis of Danish species of *Barbarea* (Brassicaceae) using FISH: chromosome numbers and rDNA sites [J]. Hereditas, 2008, 145: 215–219.
- [10] van Leur H. Genetics, chemistry and ecology of a qualitative glucosinolate polymorphism in *Barbarea vulgaris* [D]. Wageningen: Wageningen University, 2008.
- [11] 魏小春, 张晓辉, 吴青君, 等. 欧洲山芥皂苷合成关键酶基因 *Bv-beta-AS* 的克隆及荧光定量表达分析 [J]. 园艺学报, 2012, 39(5): 923–930.
- [12] Badenes-Pérez F R, Reichelt M, Heckel D G. Can sulfur fertilisation improve the effectiveness of trap crops for diamondback moth *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Pest Management Science, 2010, 66: 832–838.
- [13] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dry binding [J]. Analytical Chemistry, 1976, 72: 248–254.
- [14] 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 127–128.
- [15] He H. Studies for growth adaptation and identification of glucosinolates on Chinese Brassicas. Dissertation, Lehrstuhl fuer Gemuesebau [J]. Technische Universitaet Muenchen, 1999: 56–69.
- [16] Hardter R. Plant nutrition and fertilization of vegetables for yield and quality [J]. Agro-Chemicals Newsin Brief, 1997, 20(1): 127–131.
- [17] 李娟, 朱祝军, 钱琼秋. 氮肥和硫肥对叶芥菜生长及营养品质的影响 [J]. 园艺学报, 2005, 32(6): 1045–1050.
- [18] 陈健生, 唐拴虎, 张志新, 等. 氮硫肥配施对菜心产量及品质的效应研究 [J]. 土壤通报, 2003, 34(1): 36–39.
- [19] Mengel K, Kirkby E A. Principles of plant nutrition [M]. Switzerland: International Potash Institute Bern, 1982: 171.
- [20] Chen X J, Zhu Z J, Ni X L, et al. Effect of nitrogen and sulfur supply on glucosinolates in *Brassica campestris* ssp. *Chinensis* [J]. Agricultural Sciences in China, 2006, 5(8): 603–608.
- [21] Kim S J, Matsuo T, Watanabe M, et al. Effect of nitrogen and sulphur application on the glucosinolate content in vegetable turnip rape (*Brassica rapa* L.) [J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2002, 48(1): 43–49.
- [22] Zhao F, Evans E J, Bilbrough P E, et al. Influence of nitrogen and sulphur on the glucosinolate profile of rape seed (*Brassica napus* L.) [J]. Sci Food Agric, 1994, 64: 295–304.
- [23] Rosen C J, Fritz V A, Gardner G M, et al. Cabbage yield and glucosinolate concentrations as affected by nitrogen and sulfur fertility [J]. Hortscience, 2005, 40(5): 1493–1498.