

供肥模式对永久性菜地豇豆硝酸盐含量的影响

徐胜光¹, 蓝佩玲¹, 廖新荣¹, 郑惠典², 张育灿², 林日强², 李淑仪¹

(1.广东省生态环境与土壤研究所,广东省农业环境综合治理重点实验室,广东 广州 510650; 2.广东省土肥总站,广东 广州 510500)

摘要:在花岗岩赤红壤上采用大田小区试验,探讨了不同供肥模式对豇豆硝酸盐累积的影响。结果表明:(1)细砂土上施氮对豇豆硝酸盐累积有重要作用,而 NP、NPK 处理的硝酸盐含量分别比 NK 低 13%、14%,有降低硝酸盐含量的趋势;在不减少氮磷钾化肥条件下增施鸽粪、微肥,在促进豇豆生长的同时也促进了氮的吸收,但没有起到降低硝酸盐含量的作用。(2)粉壤土本身具有的氮素营养对豇豆硝酸盐累积有明显作用;在不减少氮磷钾化肥条件下增施鸽粪、微肥对粉壤土上的豇豆氮吸收及代谢还原都有一定抑制,但硝酸盐含量有累积增加的趋势。(3)合理单施鸽粪在 2 种类型土壤上均能显著降低豇豆硝酸盐的累积并维持相对高的经济产量,对于豇豆蔬菜的优质稳产有重要作用。

关键词:供肥模式; 豇豆; 硝酸盐; 产量

中图分类号:S147.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)06-1083-05

Effects of Manure Patterns on *Vigna sinensis*(L) Savi's Nitrate in Permanent Vegetable Field

XU Sheng-guang¹, LAN Pei-ling¹, LIAO Xin-rong¹, ZHENG Hui-dian², ZHANG Yu-can², LIN Ri-qiang², LI Shu-yi¹

(1.Guangdong Institute of Eco-environmental and Soil Science, Guangdong Key Laboratory of Agricultural Environment Integrated Control, Guangzhou 510650, China; 2. Guangdong General Station for Soil and Fertilizer, Guangzhou 510500, China)

Abstract: To investigate the effect of different fertilization models on the nitrate content of *Vigna sinensis*(L) Savi, a field experiment was conducted with two different soil types on Granite lateritic red earth. The results are as follows:(1) Nitrogen application on fine sand may be relatively important in the process of nitrate accumulation. In comparison with the treatment of NK, the content of nitrate in treat of NP and NPK decreased for 13% and 14% respectively, suggested that the nitrate content of *Vigna sinensis*(L) Savi can be decreased by these treatments on this soil type. When the fine sand was applied with micro-elements fertilizers or pigeon feces manure based on the same N, P, K chemical fertilizers using, the growth of *Vigna sinensis*(L) Savi and nitrogen uptake obviously increased but without decreasing the nitrate content evidently. (2) It can be see that the Nitrogen nutrition in silt loam has negative effect on the nitrate accumulation in *Vigna sinensis*(L) Savi. Without minimizing N, P, K chemical fertilizers, nitrogen uptake and metabolism can be restrained to some degree by using of pigeon feces manure and micro-elements fertilizers, and there was a trend that the nitrate content was increasing from it. (3) When applied with pigeon feces manure singly on both fine sand and silt loam, the nitrate content of *Vigna sinensis*(L) Savi can obviously decrease on the condition of maintaining high-yield in comparison with other treatments, and the results suggested the important effect on keeping high-yield and improving the quality of the *Vigna sinensis* from it.

Keywords: manure patterns; *Vigna sinensis*(L) Savi; nitrate; yield

人体从外界摄入的硝酸盐 72%~94%^[1]来自蔬菜,而硝酸盐在肠胃中经细菌还原成亚硝态氮,与各种胺

反应生成强致癌物质亚硝胺,可诱发癌变^[2]。因此,研究蔬菜硝酸盐积累及其控制途径,具有重要意义。据研究,平衡施肥、施用微肥、有机肥等营养调控措施是降低蔬菜硝酸盐累积的有效途径^[3-5],但这些研究主要是围绕硝酸盐富集能力很强的叶菜类作物展开的,豆类蔬菜方面的相关研究还鲜见报道。在实际应用中,有机无机配合施肥的硝酸盐营养调控模式,往往忽略

了有机肥供氮因素,而目前得到研究成果,还不能完全证实在不减少化肥条件下增施有机肥能有效降低蔬菜硝酸盐含量。另外,平衡施肥、配施微肥、有机肥等硝酸盐调控技术在不同质地土壤上应用效果也需要进一步验证。

本文在大田试验的基础上,探讨了 2 种不同质地土壤上仅施有机肥、氮磷钾化肥的基础上增施有机肥、微肥对豇豆蔬菜硝酸盐累积的影响及其机理,旨在为蔬菜硝酸盐调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

表 1 供试土壤的主要理化性质

Table 1 The basic physical and chemical properties of tested soils

土壤质地	pH	有机质 /g·kg ⁻¹	有效养分/mg·kg ⁻¹									
			N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Cu	Zn
细砂土	6.00	9.42	60.61	87.32	87.74	962.75	44.84	0.29	50.48	10.05	1.19	3.79
粉壤土	5.55	30.36	93.90	62.41	151.75	1 322.75	69.68	0.27	48.38	20.07	2.82	3.96

市汉华农业发展有限公司提供。

1.3 试验处理

试验设不施肥、PK、NK、NP、NPK、鸽粪、NPK+鸽粪、NPK+微肥 8 个处理,3 次重复,完全随机试验设计,小区面积 13.5 m²。肥料用量:N(尿素) 90 kg·hm⁻², P₂O₅(过磷酸钙)135 kg·hm⁻², K₂O(KCl)195 kg·hm⁻², 鸽粪(含有机质 400.8 g·kg⁻¹, N 19.13 g·kg⁻¹, P 15.58 g·kg⁻¹, K 20.24 g·kg⁻¹)3 000 kg·hm⁻²。微肥:硫酸镁(MgSO₄·7H₂O)185 kg·hm⁻², 硼砂(Na₂B₄O₇·10H₂O)11 kg·hm⁻², 硫酸铜(CuSO₄·5H₂O)13 kg·hm⁻², 钼酸铵((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O)0.74 kg·hm⁻²。磷肥、鸽粪、微肥等均做基肥一次性施入,N、K 肥分 6 次以淋肥方式进行追施肥,每次淋 1/6。

豇豆苗每小区种单行 15 株,株距 62 cm。小区与小区畦面间有宽、深均为 40~50 cm 的排水沟。试验区边行外设 3 行保护行,以减少边际效应。壤地和砂地栽种日期分别为 2003 年 3 月 15 日和 4 月 3 日。壤地淋肥日期为 3 月 31 日、4 月 15 日、4 月 28 日、5 月 15 日、5 月 31 日和 6 月 6 日;砂地为 4 月 15 日、4 月 28 日、5 月 19 日、5 月 27 日、6 月 2 日及 6 月 12 日。壤地豇豆采收期为 5 月 25 至 7 月 2 日,一共采收了 20 次;砂地为 5 月 25 日至 6 月 26 日,一共 19 次。6 月 10 日在壤地以及 6 月 16 日在砂地采收的豇豆分别进行了硝酸盐和维生素 C 含量的测定。试验期间曾

试验地选择在广东省增城市镇隆镇,土壤属花岗岩赤红壤,质地为细砂土、粉壤土,供试土壤主要理化性质见表 1。播种前采土样(0~40 cm)分析,有效钙、镁、锰采用乙酸铵交换-原子吸收分光光度法,有效硼用沸水浸提-姜黄素比色法,有效铁、铜、锌用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法,pH 用水提、电位法测定;有效氮用碱解扩散法、有效磷用碳酸氢钠法、有效钾用乙酸铵提取法测定,有机质用高温外热重铬酸钾氧化-容量法测定。

1.2 供试作物

豇豆(*Vigna sinensis*(L) Savi),品种为丰产 3 号,由广东省农业科学院蔬菜研究所提供。豇豆苗由广州

喷洒过杀虫双、马拉硫磷、毒死蜱、氯氰菊酯、敌百虫等农药。

1.4 豇豆硝酸盐测定方法

镉柱还原法(按 GB/T 5009.33-1996 执行):取新鲜样品用去离子水洗净,吸水纸吸干,称重,剪碎后放入匀浆机中捣碎。取 20 g 匀浆用 70℃以上去离子水洗入 250 mL 容量瓶,加 6 mL 饱和硼砂溶液摇匀,然后加 300 g·mL⁻¹ 硫酸锌溶液 2 mL、亚铁氰化钾溶液(150 g·mL⁻¹)2 mL 及辛醇 3 滴,摇匀、定容、过滤,采用盐酸萘乙二胺比色法测定滤液亚硝酸盐含量。另吸取 5 mL 滤液加氨缓冲液后,通过稀氨缓冲液冲洗过的镉柱将硝酸盐还原为亚硝酸盐,然后再用相同方法测定其亚硝酸盐含量,通过差减法推算豇豆硝酸盐含量。豇豆硝酸盐含量一律以 NaNO₃(mg·kg⁻¹)标准方式计算。

2 试验结果与分析

2.1 供肥模式对豇豆硝酸盐含量的影响

2.1.1 细砂土

从图 1 可见,处理间豇豆硝酸盐含量有显著性差异。其中:NK 处理的豇豆硝酸盐含量分别比无肥对照、PK 和单施鸽粪高 23%、27%、33%(*P*<0.05),硝酸盐含量有一定程度的累积增加;而 NP、NPK 处理的硝酸盐含量分别比 NK 低 13%和 14%,有减少硝酸盐

累积的趋势。NPK+微肥、NPK+鸽粪和 NPK 处理间硝酸盐含量差异未达到统计学上显著水平($P>0.05$),说明在不减少氮磷钾化肥基础上增施有机肥、配施微肥在细砂土上并无降低硝酸盐含量的明显效果;而与 NK 比,单施鸽粪显著地降低了豇豆硝酸盐的含量($P<0.05$)。

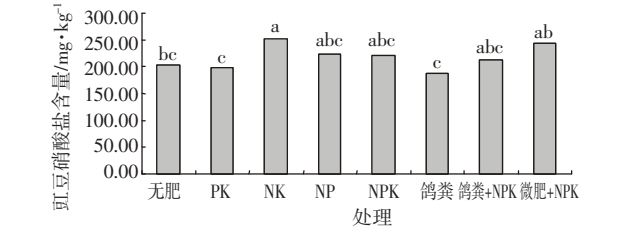


图 1 供肥模式对花岗岩细砂土地豇豆硝酸盐的影响
Figure 1 Effects of manure patterns on *Vigna sinensis*(L) Savi's nitrate granite fine sand soil

2.1.2 粉壤土

试验结果表明,粉壤土上不施肥或不施氮处理的豇豆硝酸盐含量与其他施氮、施肥处理无显著性差异($P>0.05$,单施鸽粪处理除外),说明该试验地土壤本身具有的氮素养分供应对豇豆硝酸盐累积有明显作用,见图 2。这应与该质地土壤剖面有较高的有效态氮含量有一定联系。另外,豆科蔬菜有良好的生物固氮性能,加上有相对多的土壤氮素养分残留,这些因素的综合影响可能是不施肥或不施氮条件下豇豆硝酸盐含量仍相对较高的主要原因。

值得注意的是,在粉壤土供氮能力较强条件下,单施鸽粪的硝酸盐含量较其他处理下降了 32%~45% ($P<0.05$),有效地减少了硝酸盐的累积。据相关研究,蔬菜氮素养分吸收与还原转化不平衡是导致硝酸盐

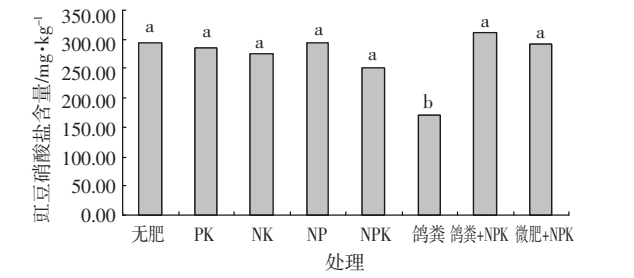


图 2 供肥模式对花岗岩粉壤土地豇豆硝酸盐的影响
Figure 2 Effects of manure patterns on *Vigna sinensis*(L) Savi's nitrate in granite silty loam soil

累积的根本原因^[6]。显然,是因为鸽粪施用一定程度上调节了氮素养分吸收与还原转化不平衡的矛盾,才有降低硝酸盐含量的效果。但在不降低氮磷钾化肥施用量的条件下增施鸽粪,豇豆硝酸盐含量有明显增加的趋势。这是因为,一方面增施有机肥使得施入土壤氮素总量增加了 63%,这为豇豆硝酸盐的累积提供了必备的氮素条件;另一方面,一定量有机肥对土壤氮素养分供应调节不可能是无限的,有机肥配施比例过低,则蔬菜硝酸盐累积水平会明显增加^[7]。本次试验中施用鸽粪为 3 000 kg·hm⁻²,有机氮与无机氮比例为 1.57:1,比例明显不高,这在一定程度上也有利于豇豆硝酸盐的累积。

2.2 供肥模式对豇豆全氮浓度、吸氮量和产量的影响

2.2.1 细砂土

由表 2 可知,处理间豇豆全氮浓度差异不显著。但与无肥对照组比,施肥普遍提高了豇豆的氮吸收量。其中,NP、NPK+鸽粪和 NPK+微肥等处理的豇豆氮吸收量分别比无肥对照区高 182%、103%和 124%,有促进氮吸收的明显作用。NK 氮吸收量较少而硝酸盐含量较高,反映较多的氮以硝酸盐形态存在,不利

表 2 不同处理的豇豆全 N 浓度、吸 N 量和产量						
Table 2 The effects of manure patterns on N concentration, uptake and yield of <i>Vigna sinensis</i> (L) Savi						
处理	细砂土			粉壤土		
	豇豆全氮浓度 /g·kg ⁻¹	豇豆氮吸收量 /kg·hm ⁻²	豇豆产量 /kg·hm ⁻²	豇豆全氮浓度 /g·kg ⁻¹	豇豆氮吸收量 /kg·hm ⁻²	豇豆产量 /kg·hm ⁻²
1: 无肥	33.92a	27.266d	9 281.89c	38.56a	66.626abc	21 222.23a
2: PK	33.22a	43.599bcd	14 185.87abc	38.76a	63.702bc	21 383.67a
3: NK	33.89a	30.999cd	11 435.19bc	40.94a	73.143ab	22 761.03a
4: NP	32.7a	77.654a	17 793.42ab	39.81a	65.849abc	21 975.31a
5: NPK	33.76a	38.666bcd	11 040.12bc	38.33a	66.258abc	23 546.54a
6: 鸽粪	37.7a	43.742bcd	13 810.50abc	37.95a	77.471a	24 604.94a
7: 鸽粪+NPK	38.48a	55.418ab	19 968.11a	39.90a	57.422c	22 855.58a
8: 微肥+NPK	35.50a	61.097abc	21 108.37a	41.19a	59.281c	20 345.68a
F 值	1.133	4.462**	3.719*	1.133	2.781*	2.522
P 值	0.391	0.006	0.014	0.391	0.043	0.059

于豇豆的营养品质。相反,与 NK 比,不施肥、不施氮以及单施鸽粪等处理的豇豆硝酸盐含量低但全氮浓度不低,这对提高豇豆营养品质有利。NPK+鸽粪和 NPK+微肥处理有促进豇豆氮素吸收的作用,但硝酸盐含量亦较高,没有起到协调氮吸收与还原转化的作用。

施肥可提高豇豆产量,增产 18.9%~127.4%;与 NPK 比,NPK+鸽粪、微肥处理分别增产 44.59%和 91.20%,肥效明显。单施鸽粪处理与其他供肥处理产量差异不显著,减产效应不明显。

2.2.2 粉壤土

据表 2,处理间豇豆全氮浓度亦无差异,但氮吸收量差异显著。其中,不施肥或不施氮处理氮吸收量与其他供肥处理差异不显著,说明粉壤土本身具有相对好的供氮能力能够有效地促进豇豆对氮的吸收。与 NPK 处理比,在不减少化肥条件下增施鸽粪、微肥措施的豇豆氮吸收量反而相对较低,有一定抑制的作用。单施鸽粪处理的氮吸收量较高,硝酸盐累积水平却较低,反映其所吸收的氮大量转化合成了营养物质,有利于提高豇豆营养品质。

研究结果还显示,在不减少化肥量条件下增施鸽粪、微肥,并不能使豇豆产量有所提高,甚至增施微肥还有减产趋势。究其原因,首先是无机盐态的微量元素溶解度低,易被固定,生化功能差^[8-10],而粉壤土黏结性相对好,吸附性较强,离子强度较高,通过相对强的离子拮抗效应和粘粒胶体的吸附固定作用降低了这些元素的生物有效性。粉壤土较多的镁和微量元素养分也一定程度上影响了其肥效(表 1)。实际上除吸附、固定以及拮抗等因素外,无机盐态微量元素在好气条件下易被氧化以及易与其他物质形成沉淀,肥效往往不高^[2]。但单施鸽粪平衡供肥模式较无肥对照区增产 16%,肥效相对较好。

3 讨论

在本项研究中发现,在不减少氮磷钾化肥量的条件下,细砂土上增施鸽粪、微肥获得了显著增产的试验效果,而豇豆硝酸盐含量未随之降低。这是因为 NPK+鸽粪、微肥处理在促进豇豆生长、提高产量的同时也促进了豇豆对氮的吸收,而硝酸盐累积最主要受土壤供氮因素控制^[6],故在豇豆对氮吸收能力相应增强条件下,难以从根本上消除氮素吸收与还原转化的不平衡,使增施鸽粪、微肥情况下硝酸盐含量未明显下降。

粉壤土上 NPK+鸽粪、微肥处理较 NPK 对照有一定的减产效应,说明对豇豆营养生理和生长代谢有一定妨碍;豇豆氮吸收量较 NPK 对照组低也间接地反映了营养生理代谢受一定妨碍的状况。在这种条件下,氮吸收量虽较少(表 2),但氮的代谢还原也因此受到一定阻碍,硝酸盐含量反而有一定程度的累积增加。主要是由于粉壤土供氮能力较强,在不减少化肥量条件下增施有机肥又使得输入土壤的氮总量增加了 63%,不利于降低豇豆硝酸盐含量;而微肥在粉壤土上肥效相对较差,其对豇豆营养及生理功能的积极影响并未实现,同样不一定能够减少硝酸盐的累积。

因此,蔬菜硝酸盐的调控不应忽略有机肥的供氮因素,无机盐态的微肥在控制豇豆蔬菜硝酸盐累积方面的作用、效果和程度也有值得商榷的地方。但应指出的是,试验结果是在有良好生物固氮性能的豆科蔬菜作物上获得的,其他蔬菜上效果有待进一步试验验证。

根据试验结果,施有机肥在两种不同质地的土壤上都获得了显著降低豇豆硝酸盐的效果,但 2 种类型土壤上鸽粪对降低豇豆硝酸盐的调控机制并不相同。细砂土上单施鸽粪处理与不施肥、不施氮处理的硝酸盐含量大体相当,却明显低于有施氮的处理,说明施氮对豇豆硝酸盐累积有重要作用;而生物降解有机质是个渐进过程,养分释放缓慢^[11],可以调节蔬菜氮素养分吸收与还原转化的不平衡,从而降低蔬菜硝酸盐的累积。粉壤土剖面相对高的有效态氮含量对豇豆硝酸盐累积有明显作用,但有机质可以通过吸附、络合、螯合、固定、交换等途径在一定程度上达到对土壤氮素供应的调节^[12-14],缓减了豇豆氮素养分吸收与还原转化不平衡状况而保持了较低的硝酸盐累积水平。除此之外,单施鸽粪输入氮少($N\ 57.4\ kg\cdot\ hm^{-2}$),可能是 2 种土壤上硝酸盐累积水平低的原因之一,但并不是主要原因,因为在粉壤土上不施肥、不施氮条件下豇豆硝酸盐累积水平依然较高,而相同土壤上单施鸽粪的豇豆硝酸盐含量却显著下降,说明有机质养分释放缓慢均衡以及对土壤氮素供应的调控作用,对豇豆硝酸盐的低水平累积也有重要作用。

参考文献:

[1] Dich J, Jrvinen R, Knekt P, et al. Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the finish mobile clinic health examination survey [J]. *Food Add Contam*, 1996, 13: 541-552.
[2] Walter R. Nitrite and N-nitroso compounds: A review of the occurrence in food and diet and toxico logical implications[J]. *Food Add Cont*, 1990,

7: 717-768.

127-127.

- [3] 邱孝煊, 黄东风, 蔡顺香, 等. 施肥对蔬菜硝酸盐累积的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 111-114.
- [4] 李会合, 王正银, 李宝珍. 施肥对酸性菜园土壤茼蒿硝酸盐和叶片养分形态的效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 504-510.
- [5] 李会合, 王正银, 李宝珍. 蔬菜营养与硝酸盐的关系[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1667-1672.
- [6] 任祖淦, 邱孝煊, 蔡元呈, 等. 氮肥施用与蔬菜硝酸盐积累的相关研究[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 523-528.
- [7] 飞兴文, 杨绍聪, 吕艳玲, 等. 有机肥与尿素配施对白菜甘蓝产量和硝酸盐含量的影响[J]. 云南农业科技, 2004(1): 18-19.
- [8] 许宗林, 叶德宪, 艾应伟, 等. 复合型缓释微肥--通丰 20 对农作物品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 507-508.
- [9] 龚信田. 螯合态多元复合微肥[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(1):

- [10] 邵建华, 马晓鑫. 氨基酸微肥的生产和应用研究进展[J]. 广东微量元素科学, 2000, 7(9): 1-6.
- [11] 马光庭. 生态有机肥与农业可持续发展[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 191-193.
- [12] 谢红梅, 朱 波, 朱钟麟, 等. 紫色土无机-有机肥配施下作物生物效应及土体 NO_3^- -N 运移特点[J]. 西南农业学报, 2004, 17(6): 755-759.
- [13] 谷勋刚, 王 果, 方 玲. 有机肥非水溶性分解产物对铜、镉吸附及解吸的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(1): 93-102.
- [14] 王 果, 谷勋刚, 高树芳, 等. 三种有机肥水溶性分解产物对铜、镉吸附的影响[J]. 土壤学报, 1999, 36(2): 179-188.
- [15] 谷勋刚, 王 果, 方 玲. 有机肥非水溶性分解产物对铜、镉吸附及解吸的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(1): 93-102.

更 正

本刊 2005 年第 5 期第 1029 页的图 2、图 4、图 5、图 7 有错, 正确的图应为:

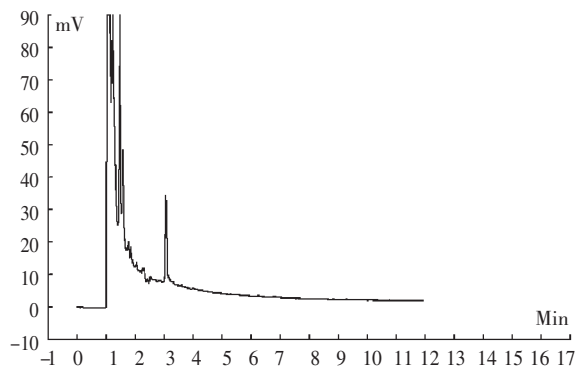


图 2 棉叶空白图

Figure 2 Chromatogram of extracts from blank cotton leaf

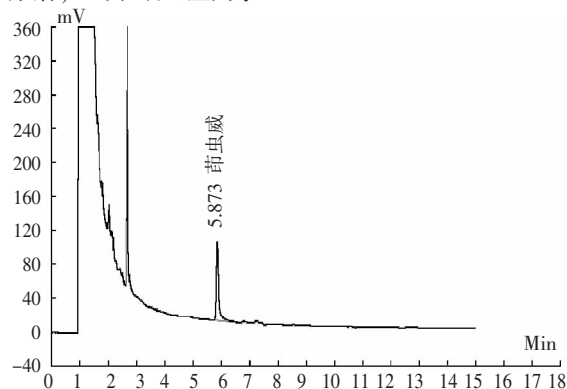


图 5 棉叶样品

Figure 5 Chromatogram of extracts from treated cotton leaf

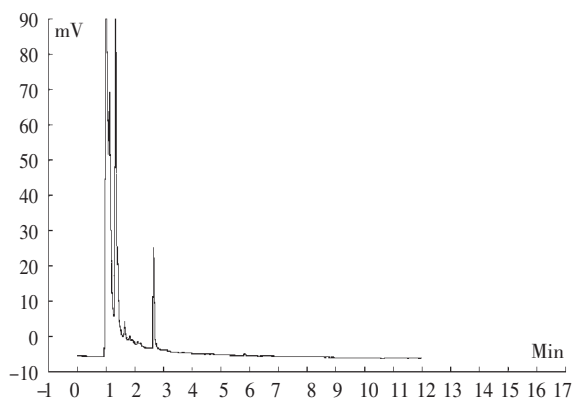


图 4 棉籽空白

Figure 4 Chromatogram of extracts from blank cotton seed

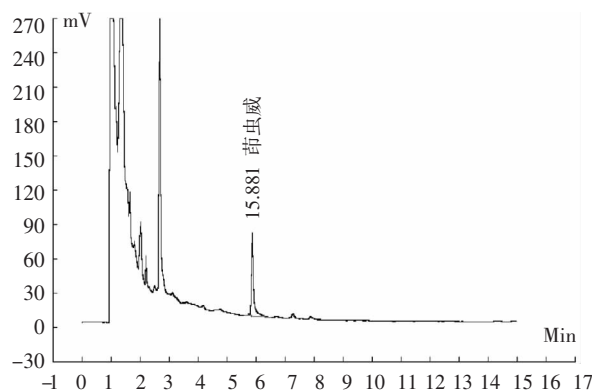


图 7 棉籽样品

Figure 7 Chromatogram of extracts from treated cotton seed

网上电子版已更正, 谨向作者致以诚挚的歉意!