

• 研究论文 •

高效氯氟氰菊酯、丁硫克百威及印楝素对十字花科蔬菜上海青中游离氨基酸的影响

王曰营, 庄小花, 侯有明*

(福建农林大学 生物农药与化学生物学教育部重点实验室, 福州 350002)

摘要: 室外盆栽条件下测定了高效氯氟氰菊酯、硫克百威和印楝素 3 种农药处理后十字花科蔬菜上海青 *Brassica campestris* ssp. *Chinensis* (L.) 中游离氨基酸的变化。结果表明: 药后 2 d 和 9 d 各处理组游离氨基酸总量均极显著高于对照 ($P < 0.01$), 尤其在药后 2 d 硫克百威处理组比对照高 13.88%。高效氯氟氰菊酯处理后 2 d 谷氨酸 (Glu)、甘氨酸 (Gly) 和丙氨酸 (Ala) 含量分别增加 22.29%、20.60% 和 18.83%; 硫克百威处理后 2 d 这 3 种氨基酸含量分别增加 17.87%、17.87% 和 14.58%。3 种农药对上海青中人体必需氨基酸含量影响明显, 印楝素处理后均有所增加, 另两种处理除苯丙氨酸 + 酪氨酸 (Phe + Tyr) 和赖氨酸 (Lys) 含量降低外, 其余均有所增加, 且在施药初期增加的幅度较大。高效氯氟氰菊酯和硫克百威处理后 2 d 上海青中昆虫必需氨基酸总量比对照分别增加 15.21% 和 11.80%。3 种农药处理后上海青中游离氨基酸含量变化明显, 推测其可能与农药造成害虫再猖獗有一定的联系。

关键词: 高效氯氟氰菊酯; 硫克百威; 印楝素; 十字花科蔬菜; 游离氨基酸

中图分类号: S482.3 S481.1

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2008)04-0423-08

Effect of Lambda-cyhalothrin, Carbosulfan and Azadirachtin on the Free Amino Acid of Cruciferous Vegetable *Brassica campestris*

WANG Yue-ying ZHUANG Xiao-hua HOU You-ming*

(Key Laboratory of Biopesticide and Chemical Biology, Ministry of Education,

Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002)

Abstract The free amino acid contents of cruciferous vegetable *Brassica campestris* ssp. *Chinensis* (L.) were studied after treating the vegetable with lambda-cyhalothrin, carbosulfan and azadirachtin by pot experiment. The results showed that at days 2 and 9 after treatment by three pesticides, the total amino acid contents of *B. campestris* were remarkably higher than that of the control ($P < 0.01$), especially carbosulfan, which caused the content increased by 13.88% compared with that of the control at days 2 after treatment. At days 2 after treatment by lambda-cyhalothrin and carbosulfan, the contents of Glu, Gly and Ala in vegetables increased by 22.29%, 20.60%, 18.83% and 17.87%, 17.87%, 14.58%, respectively, compared with that of the control. The effect of three pesticides on the contents of essential amino acids for human body was marked: the contents increased after treatment by azadirachtin; the contents also increased after treatment by lambda-cyhalothrin and carbosulfan except

收稿日期: 2008-03-17 修回日期: 2008-06-30

作者简介: 王曰营 (1981-), 男, 山东梁山人, 硕士研究生; * 通讯作者 (A author for correspondence): 侯有明 (1966-), 男, 陕西白水人, 教授, 主要从事昆虫生态及害虫综合治理研究。联系电话: 0591-83789214; E-mail: ymhou@fjau.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30471151, 30671370)。

that of Phe+ Tyr and Lys and the increment was high at early days after treatment. The contents of essential amino acids for insects in vegetables were significantly higher than that of the control (increased by 15.21% and 11.80%, respectively) at days 2 after treatment by lambda-cyhalothrin and carbosulfan. In conclusion, the free amino acid contents in cruciferous vegetable changed significantly after treatment by three pesticides which suggested that these changes may be related to the pest resurgence after pesticide application.

Key words lambda-cyhalothrin; carbosulfan; azadirachtin; cruciferous vegetable; free amino acid

大田施用农药有时会导致害虫再猖獗的发生^[1~3]。大多数研究认为这是由于农药引起害虫抗性增强和杀死天敌所致^[4,5],但施用对天敌为亚致死剂量的杀虫剂后发现仍然造成了害虫的再猖獗^[6]。也有资料表明杀虫剂在一定程度上刺激和促进了害虫的发育和繁殖^[1,7],这可能是由于农药通过改变植物的营养品质和生理生化指标而间接影响了害虫,施药后植物生理生化指标的改变使之更有利于害虫的取食^[8,9]。

氨基酸是构成植物体蛋白质并同生命活动直接相关的最基本物质,是植物体内重要的营养成分之一。同时植物体内各种氨基酸含量和比例的变化也是影响植食性昆虫取食及其生长发育的关键要素^[10]。有研究表明,由于农药的施用,水稻植株内氨基态氮的含量随之增加,总糖含量则减少^[11]。Wu等^[12]的研究表明,使用除草剂后5 d和10 d水稻植株内蔗糖含量和碳氮比均下降,并提出游离氨基酸含量的提高和碳氮比的下降是刺激褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 取食的重要因素。而有关农药对十字花科蔬菜中游离氨基酸含量的影响尚未见报道。笔者采用拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氟氰菊酯、氨基甲酸酯类杀虫剂丁硫克百威及植物源农药印楝素3种不同类型的农药处理十字花科蔬菜芸薹属芸薹种白菜亚种的上海青植株,测定了上海青叶片中氨基酸含量的变化,进而探讨了叶片中氨基酸的变化对农药胁迫的适应性,以期分析农药在上海青植株中的代谢和农药处理后害虫再猖獗的机理等提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

2.5% 的高效氯氟氰菊酯 (lambda-cyhalothrin) 乳油,山东联合农药工业有限公司;20% 的丁硫克百威 (carbosulfan) 乳油,安徽文丰乐农业有限公司;0.3% 的印楝素 (azadirachtin) 乳油,云南中科生

物有限公司。

1.2 主要仪器

日立 L-8800型氨基酸自动分析仪;天丰牌往复手动喷雾器。

1.3 供试蔬菜培养及药剂处理

上海青 *Brassica campestris* ssp. *Chinensis* (L.), 福州台农种业有限公司。

于2007年2月5日在每个面积为1 m × 1 m 的水泥槽内,播种约20 g左右的上海青,出苗后间苗一次,两片真叶期再间苗一次,使株距为5 cm左右,行距为15 cm左右;待长至3片真叶期间苗后(2007年3月18日)喷药。共设4个处理:高效氯氟氰菊酯(600.3 mL/hm²,有效成分用量,下同)、丁硫克百威(600.3 mL/hm²)、印楝素(100.0 mL/hm²),以清水100 mL/hm²处理为对照,每处理重复3次。用手动喷雾器于叶片正反面均匀喷雾,试验期间共喷药1次。分别于喷药后2、9和15 d测定各项指标。试验期间药剂处理小区虫害较轻,对照小区虫害较严重。

1.4 测定方法

参照食品中氨基酸的测定方法^[13],在福建省农科院测试中心进行。称取以上各种处理组的上海青新鲜叶片3 g左右,置于20 mL的水解管(安瓿瓶)中,加入10 mL 6.0 mol/L的盐酸,抽真空后充入高纯氮气,再抽真空、充氮气,重复3次后,在充氮气状态下封口。将水解管置于110℃ ± 1℃ 恒温干燥箱中,水解24 h后冷却、混匀。水解液过滤,以去离子水定容至50 mL。吸取1.0 mL滤液于5 mL容量瓶内,在40~50℃条件下真空干燥,残留物用2 mL蒸馏水溶解,再干燥,反复进行两次,最后蒸干,用1.0 mL pH 2.2的柠檬酸钠缓冲液稀释、摇匀,取上清液在氨基酸自动分析仪上测定各氨基酸含量。

所用标样浓度: c(17种混合氨基酸) = 100 nmol/mL,其中脯氨酸标样浓度为200 nmol/mL。

1.5 数据统计分析

数据采用 Microsoft Excel 2003 系统、DPS 6.50 数据处理软件进行分析, 比较各处理之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 总氨基酸含量的变化

三种农药处理后, 上海青叶片中氨基酸总含量的测定结果见图 1。可以看出, 高效氯氟氰菊酯处理组氨基酸含量变化趋势和对照一致, 均先升高而后降低; 而丁硫克百威处理组氨基酸含量一直呈下降趋势; 印楝素处理组氨基酸总量一直低于对照。药后 2 d 高效氯氟氰菊酯和丁硫克百威处理组上海青中氨基酸总量比对照分别高 12.83% 和 13.88%, 差异达到极显著水平 ($P < 0.01$); 药后 9 d, 高效氯氟氰菊酯和印楝素处理组氨基酸总量与对照差异极显著 ($P < 0.01$); 丁硫克百威处理组氨基酸总量比对照低 8.28% ($P < 0.05$)。药后 15 d, 高效氯氟氰菊酯处理组氨基酸总量比对照高 10.39%, 丁硫克百威处理组比对照低 6.61%, 而印楝素处理组与对照之间差异不显著。

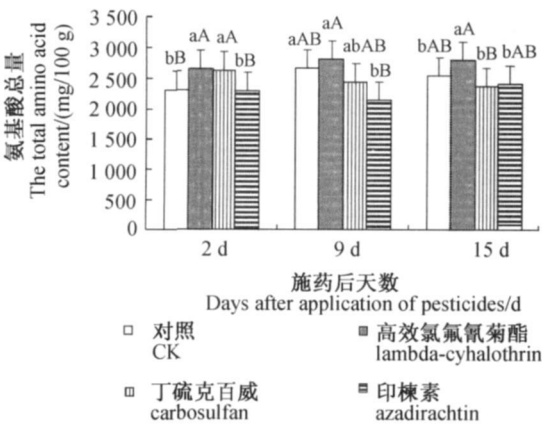


图 1 三种农药对上海青叶片中氨基酸总含量的影响
Fig 1 Effect of three pesticides on the total amino acid content of *B. campestris* leaves

注: 施药后同一天中相同小写或大写字母分别表示在 0.05 或 0.01 水平差异不显著。
Note: The data followed by the same smaller capital letter in the same day were not significantly different at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

2.2 各种氨基酸含量的变化

氨基酸的组成、变化与植物的抗逆性有着密切关系^[14], 经 3 种农药处理后, 测得上海青叶片中

共含有 17 种氨基酸 (见表 1), 其中至少含有 7 种人体必需的氨基酸。由于采用酸水解法测定, 色氨酸 (Try) 因冷却被破坏而未检测出。

从表 1 可看到, 施药后 2 d 高效氯氟氰菊酯和丁硫克百威处理组多种氨基酸含量与对照之间差异较为明显。Asp, Thr, Ser, Glu, Gly, Ala, Cys 及 Leu 含量在各处理间的差异均达到极显著水平, 其中 Asp 和 Glu 是构成鲜味的氨基酸, 二者占氨基酸总量的百分比在各处理中分别为: 高效氯氟氰菊酯 (21.53%) > 对照 (20.92%) > 丁硫克百威 (20.87%) > 印楝素 (20.75%)。

由表 2 可知, 药后 9 d, 高效氯氟氰菊酯和丁硫克百威处理组各种氨基酸含量与对照之间的差异同印楝素处理组相比不明显。除 Tyr 外的 16 种氨基酸含量在各处理间均有差异, 其中 Asp, Thr 及 Cys 的差异达极显著水平 ($P < 0.01$)。由表 3 可知, 药后 15 d 只有 Glu, Gly, Ala 及 Pro 这 4 种氨基酸的含量在各处理间有差异, 其中 Pro 达到极显著水平 ($P < 0.01$), 其余 13 种氨基酸的含量均无差异。

由表 1、表 2 及表 3 可以看出, Glu, Gly, Ala 这 3 种氨基酸含量在各处理间均有显著性差异, 说明供试农药对上海青中这 3 种氨基酸含量的影响较大。施药后初期 (2 d) 到中期 (9 d), 大部分氨基酸的含量在各处理间均有差异, 尤其在药后 2 d 差异极显著 ($P < 0.01$); 施药后末期 (15 d), 绝大多数氨基酸含量在各处理之间差异不显著。

2.3 人体必需氨基酸含量的变化

经 3 种农药处理后, 测得上海青叶片中共含有 7 种人体必需氨基酸及两种半必需氨基酸 Cys 和 Tyr, 其中除含硫氨基酸 (Met + Cys) 远低于模式谱标准值外, 各处理中其余氨基酸含量占氨基酸总量的百分比均高于标准值 (表 4)。在药后初期 (2 d) 和后期 (15 d), 各处理中含硫氨基酸的百分比均高于对照, 其中印楝素处理组最高, 表明农药处理可能在一定程度上刺激了植物体内氮的代谢。此外, 各处理组芳香族氨基酸 (Phe + Tyr) 和第一限制性氨基酸 (Lys) 所占氨基酸总量的百分比均比标准值高。药后 9 d, 丁硫克百威处理组 Phe + Tyr 的百分比比标准值高 89.04%, 比对照高 9.17%; 药后 2 d, 印楝素处理组 Lys 的百分比比标准值高 67.18%, 比对照高 1.77%, 且在整个试验过程中均高于对照。

表 1 施药后 2 d 3种农药对上海青叶片中各种氨基酸含量的影响

Table 1 Effect of three pesticides on the content of different amino acid of B. campestris leaves after two days of pesticide treatment

氨基酸 Amino acid	对照 CK	高效氯氟氰菊酯 lambdacyhalothrin	丁硫克百威 carbosulfan	印楝素 azadirachtin
天门冬氨酸 Asp	253.06±1.12 bB**	288.86±5.87 aA	277.51±7.84 aAB	249.62±4.09 bB
苏氨酸 Thr	119.36±0.69 bBC	137.88±2.09 aA	131.35±2.31 aAB	118.38±2.28 bC
丝氨酸 Ser	114.75±0.17 bB	139.36±3.78 aA	132.05±1.11 aA	111.12±1.77 bB
谷氨酸 Glu	230.00±0.58 bAB	281.26±16.24 aA	271.10±2.61 aAB	226.05±3.75 bB
甘氨酸 Gly	146.42±1.41 bB	176.58±7.76 aA	172.58±0.24 aAB	146.87±4.52 bB
丙氨酸 Ala	165.69±1.18 bB	196.89±7.49 aA	189.84±1.97 aAB	164.54±3.10 bB
半胱氨酸 Cys	8.46±0.22 bB	5.59±0.77 cB	14.57±0.05 aA	14.69±0.74 aA
缬氨酸 Val	145.01±4.21 bA	166.93±8.69 aA	156.52±3.79 abA	141.14±1.08 bA
甲硫氨酸 Met	7.40±0.76 aA	10.26±0.46 aA	8.69±0.97 aA	8.47±1.99 aA
异亮氨酸 Ile*	105.52±2.23 bA	126.68±7.09 aA	118.66±3.56 abA	106.92±1.01 bA
亮氨酸 Leu*	222.09±0.79 bB	266.70±9.62 aA	260.02±5.78 aAB	223.63±3.78 bB
酪氨酸 Tyr	89.57±1.73 aA	86.94±7.69 aA	100.38±1.67 aA	91.03±4.31 aA
苯丙氨酸 Phe*	132.16±1.75 bA	158.42±8.66 aA	147.90±4.26 abA	133.06±2.11 bA
赖氨酸 Lys*	208.21±0.03 aA	212.43±12.34 aA	230.52±4.99 aA	210.80±0.59 aA
组氨酸 His	57.99±0.07 bA	69.74±3.72 aA	63.73±1.50 abA	57.96±1.25 bA
精氨酸 Arg	158.09±13.76 aA	182.80±1.86 aA	170.35±5.95 aA	152.53±6.28 aA
脯氨酸 Pro	150.70±3.05 aA	140.94±21.17 aA	152.78±11.26 aA	137.48±0.35 aA
氨基酸总量 Total amino acid content TAA	2308.58±12.31 bB	2648.22±50.11 aA	2628.94±3.91 aA	2292.60±37.16 bB

注: * 人体必需氨基酸; ** 氨基酸含量单位为 mg/100 g 同行相同小写或大写字母分别表示在 0.05或 0.01水平差异不显著, 采用 Duncan 新复极差法检验。下同。

Note: * essential amino acids of humans; ** the unit of the amino acids content was mg/100 g The data followed by the same small or capital letter in the column were not significantly different at the 0.05 and 0.01 level respectively (Duncan's test). The same as following.

表 2 施药后 9 d 3种农药对上海青叶片中各种氨基酸含量的影响

Table 2 Effect of three pesticides on the content of different amino acid of B. campestris leaves after nine days of pesticide treatment

氨基酸 Amino acid	对照 CK	高效氯氟氰菊酯 lambdacyhalothrin	丁硫克百威 carbosulfan	印楝素 azadirachtin
Asp	293.36±0.94 abAB**	314.02±8.96 aA	265.48±3.27 bBC	232.31±11.00 cC
Thr	119.36±0.69 bB	151.20±1.64 aA	124.55±6.11 bAB	111.80±7.46 bB
Ser	122.01±2.32 abA	132.40±6.33 aA	103.70±4.39 bcA	96.35±8.20 cA
Glu	305.36±1.36 abA	351.40±24.32 aA	279.70±4.61 bA	246.47±23.72 bA
Gly	161.41±1.96 abA	165.71±9.01 aA	148.55±2.47 abA	131.96±12.93 bA
Ala	181.01±1.26 abA	202.00±15.11 aA	167.92±3.85 abA	145.81±11.27 bA
Cys	5.36±1.63 abAB	3.02±0.15 bAB	2.19±0.76 bB	8.31±0.33 aA
Val	176.31±1.51 aA	181.84±7.98 aA	164.53±0.16 abA	140.52±10.51 bA
Met	6.71±0.07 abA	8.02±1.11 aA	6.74±0.09 abA	4.97±0.40 bA
Ile*	130.83±1.33 aA	135.96±6.66 aA	121.87±1.23 abA	103.63±8.00 bA
Leu*	262.20±0.06 aA	265.68±13.31 aA	238.43±5.23 abA	209.02±18.13 bA
Tyr	106.46±1.15 aA	100.70±7.06 aA	95.68±3.08 aA	85.06±8.02 aA
Phe*	172.46±0.16 abA	175.84±9.14 aA	181.54±11.03 aA	136.53±11.67 bA
Lys*	232.51±0.43 aA	243.75±4.33 aA	210.04±9.36 abA	187.89±15.17 bA
His	67.10±1.13 aA	67.64±3.95 aA	60.40±1.55 abA	52.01±4.04 bA
Arg	165.35±1.92 abA	174.26±12.29 aA	151.65±1.04 abA	132.98±13.35 bA
Pro	134.80±0.68 abA	136.48±10.59 aA	121.14±3.39 abA	107.02±8.85 bA
TAA	2664.70±6.99 aB	2809.88±44.92 A	2444.07±59.05 abAB	2132.60±173.06 bB

表 3 施药后 15 d 3种农药对上海青叶片中各种氨基酸含量的影响

Table 3 Effect of three pesticides on the content of different amino acid of *B. campestris* leaves after fifteen days of pesticide treatment

氨基酸 Amino acid	对照 CK	高效氯氟氰菊酯 lambdacyhalothrin	丁硫克百威 carbosulfan	印楝素 azadirachtin
Asp	266.53±0.57 aA**	257.45±18.16 aA	240.24±22.15 aA	245.68±4.39 aA
Thr*	139.49±1.77 aA	135.11±7.66 aA	124.52±11.43 aA	130.11±1.22 aA
Ser	128.39±2.54 aA	125.27±14.61 aA	111.25±6.86 aA	115.12±1.04 aA
Glu	294.19±17.32 bA	381.48±33.42 aA	294.57±1.55 bA	290.08±1.17 bA
Gly	151.70±10.37 abA	193.13±17.54 aA	149.92±3.44 bA	152.27±0.66 abA
Ala	178.12±6.02 abA	211.50±17.93 aA	162.76±3.82 bA	166.14±1.41 bA
Cys	2.13±1.44 aA	11.09±3.74 aA	7.84±2.97 aA	10.85±0.11 aA
Val	160.91±6.59 aA	162.08±24.73 aA	151.32±5.76 aA	147.95±7.47 aA
Met	7.24±0.65 aA	9.07±1.69 aA	9.32±1.19 aA	9.14±0.11 aA
Ile*	112.59±4.38 aA	120.58±18.67 aA	112.24±3.90 aA	109.57±5.66 aA
Leu*	253.22±5.72 aA	256.63±34.66 aA	234.91±8.08 aA	238.21±3.30 aA
Tyr	101.50±3.14 aA	115.55±24.75 aA	90.55±9.38 aA	96.42±1.37 aA
Phe*	162.42±4.30 abA	197.03±20.41 aA	151.72±3.22 bA	150.89±3.63 bA
Lys*	220.83±0.13 aA	206.30±3.10 aA	200.32±22.75 aA	210.03±4.37 aA
His	62.36±2.31 aA	61.77±8.04 aA	56.93±2.90 aA	57.64±0.96 aA
Arg	155.50±6.01 aA	186.71±20.62 aA	143.08±5.77 aA	144.25±1.02 aA
Pro	128.90±0.26 bAB	157.79±3.54 aA	117.65±8.71 bB	120.44±2.77 bB
TAA	2 525.98±5.78 bAB	2 788.50±14.01 aA	2 359.11±121.48 bB	2 394.77±30.22 bAB

表 4 农药处理后上海青叶片中人体各种必需氨基酸占氨基酸总量的百分比 (%)

Table 4 Percentage of essential amino acids for human body to the total amino acids of *B. campestris* leaves after pesticide treatment (%)

氨基酸 Amino acids	模式谱 Mode spectrum	处理后天数 Days after treatment / d											
		对照 CK			高效氯氟氰菊酯 lambdacyhalothrin			丁硫克百威 carbosulfan			印楝素 azadirachtin		
		2	9	15	2	9	15	2	9	15	2	9	15
Thr	4.0	5.2	4.5	5.5	5.2	5.4	5.4	5.0	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2
Val	5.0	6.3	6.6	6.4	6.3	6.5	6.5	6.0	6.7	6.7	6.2	6.6	6.6
Met+ Cys	3.5	0.7	0.5	0.4	0.6	0.4	0.4	0.9	0.4	0.4	1.0	0.6	0.6
Ile	4.0	4.6	4.9	4.5	4.8	4.8	4.8	4.5	5.0	5.0	4.7	4.9	4.9
Leu	7.0	9.6	9.8	10.0	10.1	9.5	9.5	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
Phe+ Tyr	6.0	9.6	10.5	10.4	9.3	9.8	9.8	9.4	11.3	11.3	9.8	10.4	10.4
Lys	5.5	9.0	8.7	8.7	8.0	8.7	8.7	8.8	8.6	8.6	9.2	8.8	8.8

2.4 昆虫必需氨基酸含量的变化

研究表明, 植食性昆虫所必需的氨基酸有 10 种^[10], 本试验测得上海青叶片中共有除色氨酸外的其余 9 种昆虫必需氨基酸 (表 5)。由表 5 可看出, 各处理中昆虫必需氨基酸的含量均呈先上升后降低的趋势, 其中 Leu 和 Lys 含量最高, 占氨基酸总量的 9.0% 左右, 而 Met 的含量最低, 仅占 0.3% 左右。说明 Leu 和 Lys 可能对取食上海青的害虫非常重要。此外, 农药处理后昆虫必需氨

基酸和鲜味氨基酸的含量分别占氨基酸总量的 50% 和 20% 左右。

施药后初期 (2 d), 高效氯氟氰菊酯和丁硫克百威处理组昆虫必需氨基酸总量分别比对照高 15.2% 和 11.8%, 而印楝素处理组比对照低 0.42%。药剂处理后, Met 的含量是所有必需氨基酸中升高最多的, Thr 的含量在各药剂处理间差异极显著 ($P < 0.01$), 鲜味氨基酸含量与对照之间的差异也达极显著水平 ($P < 0.01$)。

表 5 农药处理后上海青叶片中昆虫必需氨基酸的含量 (mg/100 g)
Table 5 The insect essential amino acids content of *B. campestris* leaves after pesticide treatment (mg/100 g)

必需氨基酸 Essential amino acids	处理后天数 Days after treatment /d											
	对照 CK			高效氯氟氰菊酯 lambda-cyhalothrin			丁硫克百威 carbosulfan			印楝素 azadirachtin		
	2	9	15	2	9	15	2	9	15	2	9	15
Thr	119.36	119.36	139.49	137.88	151.20	135.11	131.35	124.55	124.52	118.38	111.80	130.11
Ala	165.69	181.01	178.12	196.89	202.00	211.5	189.84	167.92	162.76	164.54	145.81	166.14
Val	145.01	176.31	160.91	166.93	181.84	162.08	156.52	164.53	151.32	141.14	140.52	147.95
Met	7.40	6.71	7.24	10.26	8.02	9.07	8.69	6.74	9.32	8.47	4.97	9.14
Ile	105.52	130.83	112.59	126.68	135.96	120.58	118.66	121.87	112.24	106.92	103.63	109.57
Leu	222.09	262.20	253.22	266.70	265.68	256.63	260.02	238.43	234.91	223.63	209.02	238.21
Lys	208.21	232.51	220.83	212.43	243.75	206.30	230.52	210.04	200.32	210.80	187.89	210.03
His	57.99	67.10	62.36	69.74	67.64	61.77	63.73	60.40	56.93	57.96	52.01	57.64
Arg	158.09	165.35	155.50	182.80	174.26	186.71	170.35	151.65	143.08	152.53	132.98	144.25
EAA	1189.36	1341.38	1290.26	1370.31	1430.35	1349.75	1329.68	1246.13	1195.40	1184.37	1088.63	1213.04
FAA	2308.58	2644.70	2525.98	2648.22	2809.88	2788.50	2628.94	2444.07	2359.11	2292.60	2132.60	2394.77
DAA	483.06	598.72	560.72	570.12	665.42	638.93	548.61	545.18	534.81	475.67	478.78	535.76

注: EAA—昆虫必需氨基酸总量; FAA—游离氨基酸总量; DAA—鲜味氨基酸含量 (Asp+Glu)。
Note: EAA—Content of total essential amino acids for insect; FAA—Content of total free amino acid; DAA—Content of delicious amino acid (Asp+Glu).

施药后中后期, 高效氯氟氰菊酯处理组昆虫必需氨基酸总量分别比对照高 6.6% (9 d) 和 4.6% (15 d), 且差异极显著 ($P < 0.01$); 而丁硫克百威和印楝素处理组必需氨基酸总量分别比对照低 7.1%、18.8% (9 d) 和 7.4%、6.0% (15 d), 差异极显著 ($P < 0.01$)。药后 9 d 高效氯氟氰菊酯和丁硫克百威处理组 Thr 的含量与对照差异极显著 ($P < 0.01$)。高效氯氟氰菊酯处理组上海青中鲜味氨基酸的含量最高, 分别占总氨基酸含量的 23.7% (9 d) 和 22.9% (15 d), 丁硫克百威和印楝素处理组均低于对照, 并且在药后 9 d 各处理间差异极显著 ($P < 0.01$), 药后 15 d 时差异不显著。

3 讨论

农药对植物生理生化的影响因药剂和作物种类而异。许多杀虫剂和杀菌剂对各种作物的生理、生长、产量均有负效应^[16-17]: 既可以增加植物的营养价值、促进或增强其对害虫的吸引^[18], 如农药的施用降低了感虫水稻碳水化合物与氮的比例, 提高了游离氨态氮的水平^[19], 同时又会降低植株的防卫能力, 间接促进或增强害虫的再猖獗。

本研究结果表明, 高效氯氟氰菊酯、丁硫克百

威和印楝素处理后, 上海青叶片中游离氨基酸的含量变化明显, 除印楝素外, 其余处理组总氨基酸和各种氨基酸的含量基本上都高于对照, 变化范围在 0.5%~20.0% 之间, 这对咀嚼式口器昆虫的取食和代谢必然产生影响, 从而引起其生长发育、生殖等的变化。Sutherland^[20]的研究表明, 少数几种氨基酸含量的变化可引起有翅型蚜虫的产生, 并由此造成蚜虫的迁移。

本试验中 3 种农药处理后, 上海青中人体必需氨基酸的含量都已达到或接近标准值, 表明农药对上海青中人体必需氨基酸均衡比例的影响不明显。施药后初期 (2 d), 人体和昆虫所必需氨基酸含量的变化范围大体一致, 都在 0.4%~16.0% 之间, 且各处理组必需氨基酸含量基本上都高于对照, 尤其是高效氯氟氰菊酯处理后昆虫必需氨基酸含量比对照升高了 15.2%, 这可能是使上海青更吸引咀嚼式昆虫取食、从而间接造成害虫再猖獗的原因之一。施药后期 (15 d), 人体和昆虫所必需氨基酸含量的变化范围缩小至 4.3%~8.0%, 且各种必需氨基酸的含量在各处理间无差异或差异不明显, 这可能是由于上海青叶片衰老和农药作用减弱的缘故。

刘井兰等^[21]研究了农药对水稻体游离氨基酸

含量的影响, 表明在农药的胁迫下, 游离氨基酸总量和有利于褐飞虱取食的氨基酸 (Asp, Glu, Ala, Val) 的含量均有不同程度的增加, 而有利于褐飞虱取食的 γ -氨基丁酸含量则有不同的下降, 这可能是造成水稻受害程度上升的原因之一。鲜味氨基酸 Asp 和 Glu 严格来说虽并非必需氨基酸^[10], 但在很多昆虫中却因作为补充营养成分而处于重要地位。Dadd^[22]的研究发现, 对于桑蚕而言, Asp 和 Glu 都是必需的, 但蚕的生长发育受 Ala, Gly 或 Ser 的影响较大。本研究表明, 鲜味氨基酸含量在上海青游离氨基酸中占 20.0% 以上, 农药对其的影响较为明显, 尤其在施药后初期 (2 d) 和中期 (9 d), 各处理间鲜味氨基酸含量的差异达到极显著水平 ($P < 0.01$)。其中高效氯氟氰菊酯处理组鲜味氨基酸含量最高, 在药后 9 d 占氨基酸总量的 23.7%, 而丁硫克百威和印楝素处理组均低于或接近对照。可见, 高效氯氟氰菊酯处理后的上海青比较鲜嫩, 更适于害虫取食。

有关农药引起植物中游离氨基酸变化的机理目前尚存在争议。Sieh^[23]的研究证实, 草甘膦通过抑制 EPSP 合成酶的活性来抑制植物体内芳香族氨基酸 Phe, Tyr 和 Trp 的生物合成, 而这些都是人体所必需的氨基酸。Duke 等^[24]认为, 植物体内莽草酸 (shikimic acid) 含量的增加是芳香族氨基酸含量减少的原因, 并且与植物体内碳的固定及光合作用有重要关系。此外, 有些氨基酸在植物体内能起到解毒的作用, 从而在一定程度上保护了植物的生长, 比如植物体内的游离氨基酸 Arg, His, Lys, Phe, Trp 及鸟氨酸 (O m) 在对除草剂 2, 4-D 的解毒过程中发挥了重要的作用^[25]。也有研究证实, β -氨基丁酸 (BABA) 能对侵染植物的病原体产生抗性从而起到保护作用^[26]。研究还发现氨基酸在叶甲类昆虫体内也能起到一定的解毒作用^[27]。因此, 农药处理后植物中游离氨基酸组成和含量变化的研究对于揭示害虫再猖獗机理具有重要的参考价值。

参考文献:

- [1] CHELLIAH S, HENRICH S E A. Factors Affecting Insecticide Induced Resurgence of the Brown Planthopper Nilaparvata lugens on Rice [J]. Environ Entomol, 1980, 9(6): 773-777.
- [2] GAO Chun-xian (高春先), GU Xiu-hui (顾秀慧), BEI Ya-wei (贝亚维). 褐飞虱再猖獗原因的探讨 [J]. Acta Ecologica Sinica (生态学报), 1988, 8(2): 155-163.
- [3] HARDIN M R, BENREY B, COLL M, et al. Arthropod Pest Resurgence: An Overview of Potential Mechanisms [J]. Crop Protection, 1995, 14(1): 3-18.
- [4] FABELLAR L T, HENRICH S E A. Relative Toxicity of Insecticides to Rice Planthoppers and Leafhoppers and Their Predators [J]. Crop Protection, 1986, 5(4): 254-258.
- [5] KRISHNAIAH N V, KALODE M B. Studies on Resurgence in Rice Brown Planthopper Nilaparvata lugens (Stål) [J]. Indian Journal of Entomology, 1988, 49(20): 220-229.
- [6] REISSG W H, HENRICH S E A, VALENCIA S L. Effects of Insecticides on Nilaparvata lugens and its Predators Spiders Microvelia atrolineata and Cyrtobius lividipennis [J]. Environ Entomol, 1982, 11(1): 193-199.
- [7] HENRICH S E A, MOCHIDA O. From Secondary to Major Pest Status: the Case of Insecticide-induced Rice Brown Planthopper Nilaparvata lugens Resurgence [J]. Prot Ecol, 1984, 7(2-3): 201-218.
- [8] JONES V P, PARRELLA M P. The Sublethal Effects of Selected Insecticides on Life Table Parameters of Panonychus citri (Acar: Tetranychidae) [J]. Can Entomol, 1984, 116(7): 1033-1040.
- [9] MELLORS W K, ALLEGRO A, HSU A N. Effects of Carbofuran and Water Stress on Growth of Soybean Plants and Two Spotted Spider Mite (Acar: Tetranychidae) Populations Under Greenhouse Conditions [J]. Environ Entomol, 1984, 13(2): 561-567.
- [10] QIN Jun-de (钦俊德). The Correlation Between Insects and Plants (昆虫与植物的关系) [M]. Beijing (北京): Science Press (科学出版社), 1987: 133-149.
- [11] RAO P R M, RAO P S. Effect of Insecticides on Growth Nutritional Status and Yield of Rice Plant [J]. Indian J Agri Sci, 1983, 53(4): 277-279.
- [12] WU J C, XU J X, YUAN S Z, et al. Pesticide-induced Susceptibility of Rice to Brown Planthopper Nilaparvata lugens [J]. Entomol Exp Appl, 2001, 100(1): 119-126.
- [13] Issued by the Ministry of Health and the Management Structure of China's Standardization Council (中华人民共和国卫生部、中国国家标准化管理委员会). GB/T 5009.124-2003 Determination of Amino Acids in Foods (食品中氨基酸的测定) [S]. Beijing (北京): Standards Press of China (中国标准出版社), 2004.
- [14] WU Xiaohong (吴晓红), TANG Zhonghua (唐中华), ZHU Yuan-gang (祖元钢). 水分胁迫对迷迭香中游离氨基酸的影响 [J]. J Northeast Forestry Univ (东北林业大学学报), 2006, 34(3): 57-58.
- [15] Tianjin Industry College (天津工业学院), Wuxi Industry College (无锡工业学院). Food Biochemistry (食品生物化学) [M]. Beijing (北京): China Light Industry Press (轻工业出版社), 1981: 122-123, 343.
- [16] HU Guo-wen (胡国文), GUO Yu-jie (郭玉杰), LI Shao-shi (李绍石), et al. 减少稻田用药的理论依据和实践 (一) [J]. Entomological Knowledge (昆虫知识), 1996, 33(1): 3-7.

- [17] HU Guo-wen(胡国文), GUO Yu-jie(郭玉杰), LI Shao-shi(李绍石), et al 减少稻田用药的理论依据和实践(二)[J]. Entomological Knowledge(昆虫知识), 1996 33(2): 65-69
- [18] CHELLIAH S, FABELLAR L T, HEINRICHSE A. Effects of Sub-lethal Doses of Three Insecticides on the Reproductive Rate of the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* on Rice [J]. Environ Entomol, 1980, 9(6): 778-780.
- [19] JONES V P. Effect of Selected Acaricides on Photosynthetic Rates of Lemon and Oranges[J]. J Economic Entomol, 1983, 76(5): 1178-1180
- [20] SUTHERLAND O R W. The Role of Host Plant in the Production of Winged Form by Two Strains of the Pea Aphid *Acyrtosiphon pisum* Harris [J]. J Insect Physiol, 1969, 15: 2179-2201.
- [21] LIU Jing-lan(刘井兰), WANG Mei-feng(王美凤), WU Jin-cai(吴进才). 农药对水稻体游离氨基酸含量及抗虫性的影响[J]. J Yangzhou Univ(扬州大学学报), 2005 26(3): 74-78
- [22] DADD R H. Insec Nutrition: Current Developments and Metabolic Implications [J]. Ann Rev Ent, 1973, 18 381-420.
- [23] SEHL D L. Inhibitors of EPSPS Synthase, Glutamine Synthetase and Histidine Synthesis[M] // ROERM, BURTON JD, KUHR R J. Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology. DS Press Amsterdam, 1997: 37-67.
- [24] DUKE S O, BAERSON S R, RMANDO A M. Herbicides Glyphosate [DB/OL] // PLMMER J R, GAMMON D W, RAGSDALE N N. Encyclopedia of Agrochemicals Wiley, New York (2003). <http://www.interscience.wiley.com/ea/articles/agrila/frame.htm>
- [25] FORGACS E, CSERHATIT, BARTA I The Binding of Amino Acids to the Herbicide 2, 4-Dichlorophenoxy Acetic Acid [J]. Amino Acids, 2000 18(1): 69-79
- [26] GABOR Jakab VAL'ERIE Cottier VAL'ERIE Toquin, et al β - Aminobutyric Acid-induced Resistance in Plants [J]. European Journal of Plant Pathology, 2001, 107(1): 29-37
- [27] PLASMAN V, PLEHERSM, BRAEKMAN JC, et al Chemical Defense in *Platyphora kollari* Baly and *Leptinotarsa behrensi* Harold (Coleoptera: Chrysomelidae). Hypotheses on the Origin and Evolution of Leaf Beetles Toxins [J]. Chemoecology, 2001 11(3): 107-112

(Ed TANG J)

关于征集“第八届全国新农药创制学术交流会”会议论文的通知

“十一五”期间,在“国家科技支撑计划项目”的支持下,我国的农药创制工作已取得可喜的成果。为加强农药创制人员之间的交流,促进我国新农药的研发工作,中化化工科学技术研究总院拟于2009年5月组织召开“第八届全国新农药创制学术交流会”。现向有关单位和企业征集关于农药技术创新方面的会议论文,主要包括①靶标及作用机制(机理)研究;②新化合物的合成研究;③天然产物的分离、提取研究;④生物测定方法研究;⑤安全性评价方法研究;⑥行业共性技术研究(农药原药和关键中间体的清洁生产工艺、“三废”处理共性关键技术、新助剂及加工技术、节能减排工程技术等);⑦创制农药的产业化及应用技术研究等方面的原始性研究论文以及与农药技术创新有关的综述性文章。

论文统一格式如下:

论文题目:三号黑体,居中。(2)作者:小四号仿宋体,居中;注明作者姓名、单位、所在城市及邮编。(3)摘要:五号仿宋体,200字以内。(4)关键词:五号黑体。(5)正文:原则不超过3000字,采用五号宋体,1.25倍行距;文中计量单位一律采用国际通用标准或国家标准符号;年代,年月日、数字一律用阿拉伯数字表示。(6)参考文献:①书:作者姓名.书名.出版社名,出版年月,页码(如有两个以上作者,作者间用逗号分开);②期刊:作者姓名.文章名.期刊名.年份,卷(期)、页码。注意事项:文稿请用word录入排版,图表直接插入正文中。

论文提交截止日期为2009年3月15日,请将论文电子稿以电子邮件方式发至 cnprc@263.net 联系人:黄文耀,电话:010-64262348)。

中化化工科学技术研究总院将组织专家审稿并择优编入《第八届全国新农药创制学术交流会论文集》,有关会议的其他事宜将另行通知。

中化化工科学技术研究总院
二〇〇八年十二月八日