

水稻植株不同部位中三唑磷含量动态分布趋势的研究

应兴华¹, 徐霞¹, 欧阳由男², 朱智伟¹, 陈铭学¹, 章林平¹

(1.中国水稻研究所 农业部稻米及制品质量监督检验测试中心, 杭州 310006; 2.中国水稻研究所 稻作技术研究与发展中心, 杭州 310006)

摘要:为揭示三唑磷农药在水稻中的动态变化,研究了田间栽培条件下两个品种水稻(内2优6号和秀水09)不同组织部位中三唑磷分布和动态趋势。水稻抽穗前,经不同浓度三唑磷(2 250、4 500 mL·hm⁻²)处理一次,分别于0、1、3、7、14、21、60 d测定水稻叶片、叶鞘、茎秆和穗等部位中三唑磷含量。结果表明,水稻叶片、叶鞘中三唑磷含量动态分布趋势均为随时间延长而逐渐降低,施药后第21 d,2种水稻品种叶片中三唑磷的降解率均大于95%;水稻茎秆、穗中三唑磷含量动态分布趋势均呈现单峰曲线变化,其含量随时间延长先增加后降低。水稻叶片、叶鞘、茎秆和穗中三唑磷出现最高浓度的时间存在显著性差异,分别为施药后第0、0、1~3和21 d,进一步表明,水稻叶鞘中三唑磷含量动态分布与叶片中相应过程具有一致性,而茎秆和穗中三唑磷含量动态分布与其在叶片和叶鞘中相应过程具有显著的滞后性。结合实际生产,水稻抽穗前应严格控制三唑磷的施用量和施用次数。

关键词:水稻;三唑磷;动态分布;趋势

中图分类号:X592 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2010)05-0839-05

Dynamic Variation of Triazophos in Different Parts in Rice(*Oryza Sativa* L.)

YING Xing-hua¹, XU Xia¹, OUYANG You-nan², ZHU Zhi-wei¹, CHEN Ming-xue¹, ZHANG Lin-ping¹

(1.Rice Product Quality Supervision and Inspection Center, Ministry of Agriculture, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; 2.Center for Rice Technology Research and Development, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China)

Abstract: In order to determine the dynamic variation of triazophos in different parts in rice, the pesticide residue in different plant tissues were examined in two varieties rice (Nei 2 you 6, Xiushui09) grew under field conditions. The triazophos (2 250 and 4 500 mL·hm⁻²) was sprayed before rice tasselled with one time. Triazophos content in rice leaf, leaf sheath, stem and ear were tested in 0, 1, 3, 7, 14, 21 and 60 d after spraying, respectively. The results showed that the variation trend of triazophos content in rice leaf and leaf sheath decreased with time, and the triazophos degradation ratios in leaf were higher than 95% in two rice varieties at the 21st day in all treatments with different triazophos concentrations. The variation trend of triazophos concentration in rice stem and ear were all shown as a curve with single peak, and the concentration increased at early stage after spraying then reduced with culturing time. The highest triazophos concentration in rice leaf, leaf sheath, stem and ear appeared at different time, i.e., 0 d, 0 d, 1~3 d and 21 d, respectively. Furthermore, the variation trend of triazophos concentration in leaf sheath was identical with that in leaf, but the trend in stem and ear significantly lagged behind that in leaf and leaf sheath. Conclusively, the application amount and frequency of triazophos must be strictly controlled before the rice heading.

Keywords: rice (*Oryza Sativa* L.); triazophos; dynamic concentration distributed; trend

由于受耕作制度、品种变更和气候变化等因素的影响,水稻病虫害持续发生,稻田农药的施用也随之呈增加趋势^[1]。三唑磷(Triazophos)是一种广谱、高效、

中等毒性的有机磷杀虫剂,不仅对水稻三化螟、二化螟具有较强的触杀活力,而且对水稻植株渗透性强,有较高的胃毒活性及杀卵能力^[2]。因此,三唑磷被广泛应用于水稻生产过程中病虫害防治。然而,三唑磷也会在稻谷中累积而产生残留超标^[3],对人体健康构成严重威胁。

近年来,国外开展了六六六(BHC)、滴滴涕(DDT)、吡虫啉(Imidacloprid)、二嗪农(Diazinon)等农药在水

收稿日期:2009-10-03

基金项目:浙江省分析测试科技计划项目(2008F70016);国家自然科学基金项目(30700486)

作者简介:应兴华(1977—),男,浙江淳安人,助理研究员,主要从事农产品质量安全与有机化合物结构解析方面的研究。

E-mail:yingxh@zj.com

稻植株体内降解和累积的研究工作^[4-6]。国内也报道了三唑磷在稻田土壤中降解、迁移和水稻植株中残留量测定方法等研究内容^[7]。但三唑磷施用后在水稻植株不同部位中动态分布趋势的系统研究未见报道。本文系统研究了水稻抽穗前,喷施三唑磷后,水稻叶片、叶鞘、茎秆和穗等不同部位中三唑磷含量动态分布趋势,以求探明水稻植株不同部位中三唑磷含量动态分布趋势的规律。这对于深入理解三唑磷在水稻植株体内的代谢提供试验支持和理论依据,对水稻实际生产过程中合理施用三唑磷,以及三唑磷对环境 and 人体健康的风险评价均具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 供试农药

20%三唑磷乳油由浙江新农化工股份有限公司生产。

1.2 田间试验设计

田间试验于2008年5—10月在浙江省富阳市皇天畈农场试验区进行,供试水稻品种为粳型杂交稻内2优6号和常规粳稻秀水09两个品种,采用裂区设计,以三唑磷喷施浓度为主区,水稻品种为副区,3次重复,每小区面积4 m×5 m。三唑磷喷施浓度:设推荐用量2 250 mL·hm⁻²(以下简称处理A)、两倍推荐用量4 500 mL·hm⁻²(以下简称处理B)和不喷施(CK)3个处理水平。喷施时间为2008年8月11日(抽穗前),喷施一次,处理前2周田间禁止喷施农药。稻田前作为冬闲田,土壤属青紫泥土,肥力较高。试验采用单季稻移栽方式种植。供试品种于5月21日播种,6月18日移栽,行株距25 cm×20 cm。其他栽培管理同

当地丰产田。

1.3 农药残留量测定

1.3.1 样品采集

在施药后第0、1、3、7、14、21 d和60 d分别随机多点采集水稻植株样品。对采集的水稻植株样品按叶片、叶鞘、茎秆和穗4部分分类收集。

1.3.2 样品测定

三唑磷含量分析采用Agilent6890(FPD检测器)气相色谱仪,依据QuEChERS法^[8]测定。本实验室条件下,三唑磷的最低检出浓度为0.001 mg·kg⁻¹,添标水平为0.01、0.10和1.00 mg·kg⁻¹时,方法平均回收率为80.3%~93.7%,相对标准偏差为2.5%~4.2%,表明所用方法具有良好的精密度,符合农药残留分析测定的要求。

2 结果与分析

2.1 水稻叶片中三唑磷含量动态分布趋势

水稻抽穗前喷施三唑磷,叶片是主要的受药部位,也是植株其他部位三唑磷的库源。图1为水稻叶片中三唑磷含量与时间的动态关系。由图可知,不同浓度三唑磷处理下,所有水稻品种叶片中三唑磷含量均随时间延长而逐渐降低。其中,内2优6号处理A和处理B叶片中三唑磷原始沉积量分别为143.336 mg·kg⁻¹和184.130 mg·kg⁻¹,施药后第21 d,叶片中三唑磷含量分别为0.484 mg·kg⁻¹和4.362 mg·kg⁻¹,分别占原始沉积量的0.34%和2.37%,消解率均达到95%以上。秀水09处理A和处理B叶片中三唑磷原始沉积量分别为16.427 mg·kg⁻¹和115.459 mg·kg⁻¹,施药后第21 d,叶片中三唑磷含量分别为0.383 mg·kg⁻¹

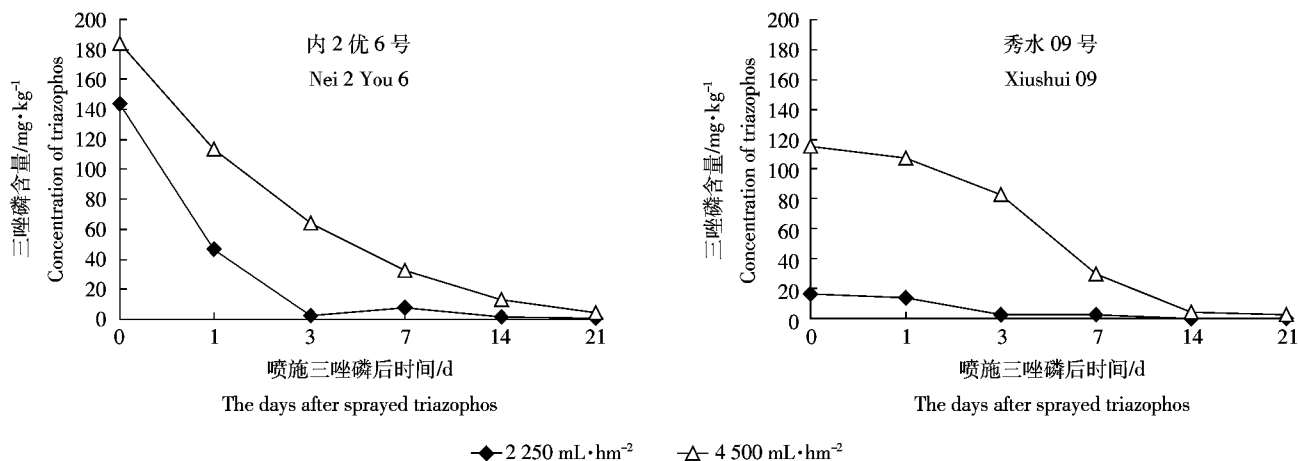


图1 水稻叶片中三唑磷含量与时间的动态关系

Figure 1 The relation between triazophos concentration and time in rice leaf

和 $2.197 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 分别占原始沉积量的 2.33% 和 1.90%, 消解率均达到 95% 以上。

2.2 水稻叶鞘中三唑磷含量动态分布趋势

叶鞘是三唑磷从水稻叶片向植株其他部位转运的必经部位,也是离叶片最近的部位。图 2 为水稻叶鞘中三唑磷含量与时间的动态关系。由图可知,不同浓度三唑磷处理下,所有水稻品种叶鞘中三唑磷含量动态分布趋势与其在叶片中的趋势一致,均随时间延长而逐渐降低。其中,内 2 优 6 号处理 A 和处理 B 叶鞘中三唑磷最高浓度均出现在施药后第 0 d, 分别为 $4.399 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $6.595 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 施药后第 60 d, 三唑磷含量分别为 $0.027 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.126 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 分别占施药后第 0 d 的 0.61% 和 1.91%。秀水 09 处理 A 和处理 B 叶鞘中三唑磷最高浓度均出现在施药后第 0 d, 分别为 $1.743 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $5.057 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 施药后第 60 d, 三唑磷含量分别为 $0.018 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.047 \text{ mg} \cdot$

kg^{-1} , 分别占施药后第 0 d 的 1.03% 和 0.93%。

2.3 水稻茎秆中三唑磷含量动态分布趋势

茎秆是三唑磷从水稻叶鞘向穗转运的中间部位。图 3 为水稻茎秆中三唑磷含量与时间的动态关系。由图可知,不同浓度三唑磷处理下,所有水稻品种茎秆中三唑磷含量动态分布趋势总体呈单峰曲线变化,其含量随时间延长先增加后降低。其中,内 2 优 6 号在处理 A 和处理 B 条件下,茎秆中三唑磷含量变化分为两个阶段:第一阶段(施药后第 0~3 d),三唑磷含量增加,最高浓度均出现在施药后第 3 d, 含量分别为 $0.078 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.455 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 第二阶段(施药后第 3~60 d),三唑磷含量呈现降低趋势,施药后第 60 d, 含量分别为 $0.094 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.161 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。秀水 09 在处理 A 和处理 B 条件下,茎秆中三唑磷含量变化也分为两个阶段:第一阶段(施药后第 0~3 d),三唑磷含量增加,最高浓度分别出现在施药后第 3 d 和第 1

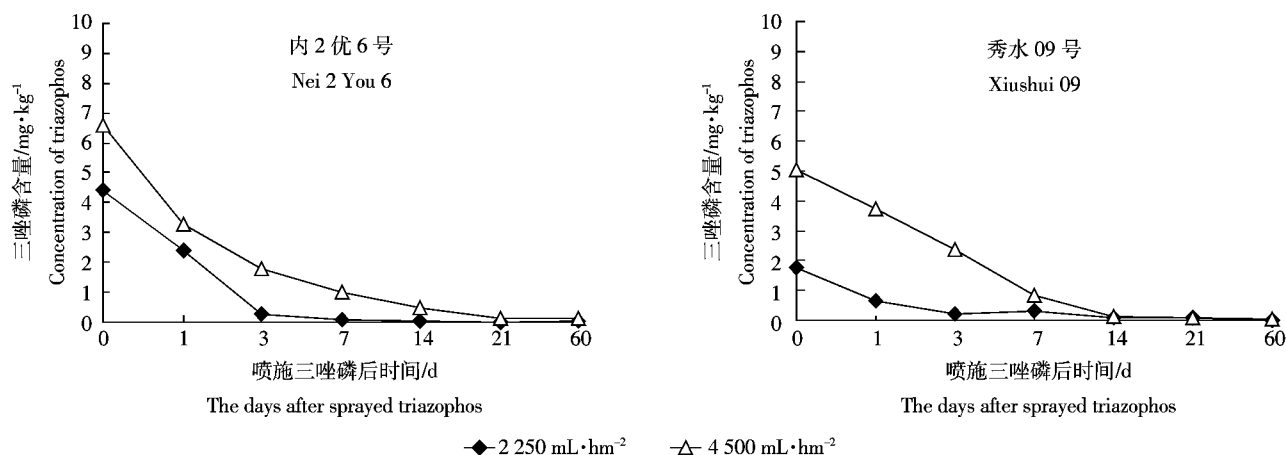


图 2 水稻叶鞘中三唑磷含量与时间的动态关系

Figure 2 The relation between triazophos concentration and time in rice leaf sheath

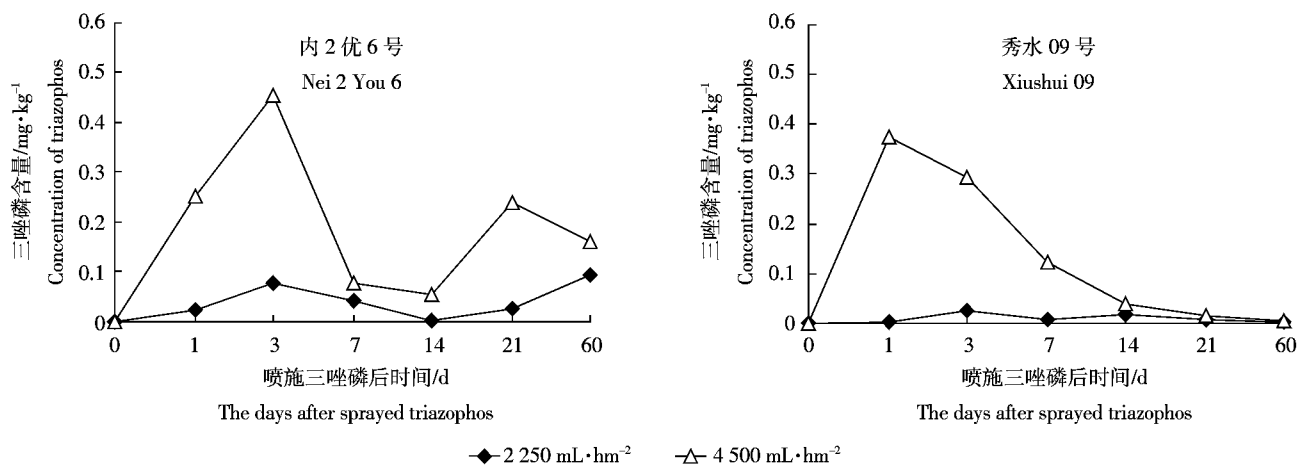


图 3 水稻茎秆中三唑磷含量与时间的动态关系

Figure 3 The relation between triazophos concentration and time in rice stem

d, 含量分别为 $0.027 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.375 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 第二阶段(施药后第 3~60 d), 三唑磷含量逐渐降低, 施药后第 60 d, 含量分别为 $0.003 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.006 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.4 水稻穗中三唑磷含量动态分布趋势

穗是水稻植株中离三唑磷库源(叶片)最远的部位, 但该部位是三唑磷在水稻植株中的累积部位, 也是人类直接获取的可食部分。因此, 该部位三唑磷含量动态分布趋势很大程度上影响稻米的质量安全品质。图 4 为水稻穗中三唑磷含量与时间的动态关系。由图可知, 不同浓度三唑磷处理下, 所有水稻品种穗中三唑磷含量动态分布趋势均呈单峰曲线变化, 其含量随时间延长先增加后降低。其中, 内 2 优 6 号在处理 A 和处理 B 条件下, 穗中三唑磷含量变化分为两个阶段: 第一阶段(施药后第 7~21 d), 三唑磷含量逐渐升高, 最高浓度均出现在第 21 d, 含量分别为 $0.301 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $1.071 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 第二阶段(施药后第 21~60 d), 三唑磷含量逐渐降低, 施药后第 60 d, 三唑磷含量分别为 $0.085 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.336 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。秀水 09 在处理 A 和处理 B 条件下, 穗中三唑磷含量变化也分为两个阶段: 第一阶段(施药后第 7~21 d), 三唑磷含量逐渐升高, 最高浓度均出现在第 21 d, 含量分别为 $0.158 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.246 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 第二阶段(施药后第 21~60 d), 三唑磷含量逐渐降低, 施药后第 60 d, 三唑磷含量分别为 $0.098 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.213 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

3 讨论

(1) 水稻喷施三唑磷后, 叶片中三唑磷原始沉积量在品种间存在差异。这可能与水稻叶片分蘖角度和叶面积有关, 因为不同品种水稻叶片的分蘖角度与叶面积存在差异, 所以在相同的喷施条件下, 不同分蘖

角度和叶面积使得叶片接触三唑磷药液的几率存在差异, 进而造成叶片受药量的不同, 最终导致叶片中三唑磷原始沉积量的差异。目前, 水稻叶片分蘖角度被广泛应用于水稻产量和株型育种等相关的研究领域^[9-10]。因此, 将水稻叶片分蘖角度与农药残留和代谢的研究相结合, 必将为水稻质量安全研究领域开辟一个崭新的研究方向。

(2) 水稻叶片、叶鞘、茎秆和穗中三唑磷含量出现最高浓度的时间存在显著差异。原因可能是叶鞘、茎秆和穗各自与叶片的距离远近有关, 因为远距离转运所消耗的时间大于短距离转运所需时间。相关研究工作仍需深入。

(3) 水稻穗中三唑磷含量动态分布趋势呈现单峰曲线变化的现象。原因可能是第一阶段是水稻籽粒灌浆前期, 该阶段碳水化合物转运速率小于三唑磷向穗中的转运速率, 导致三唑磷在穗中的浓度升高。而第二阶段是水稻籽粒灌浆后期, 该阶段碳水化合物合成和转运速率大于三唑磷向穗中转运速率。同时, 随着转运时间的延长, 库源中可被转运三唑磷的量也随之减少, 进一步降低三唑磷在穗中的浓度。该机理仍需深入研究。

4 结论

(1) 水稻叶片、叶鞘中三唑磷含量动态分布趋势均为随时间延长而逐渐降低, 施药后第 21 d, 不同浓度三唑磷处理, 所有水稻品种叶片中三唑磷的降解率均大于 95%。

(2) 水稻茎秆、穗中三唑磷含量动态分布趋势均呈现单峰曲线变化, 其含量随时间延长先增加后降低。

(3) 水稻叶片、叶鞘、茎秆和穗中三唑磷出现最高

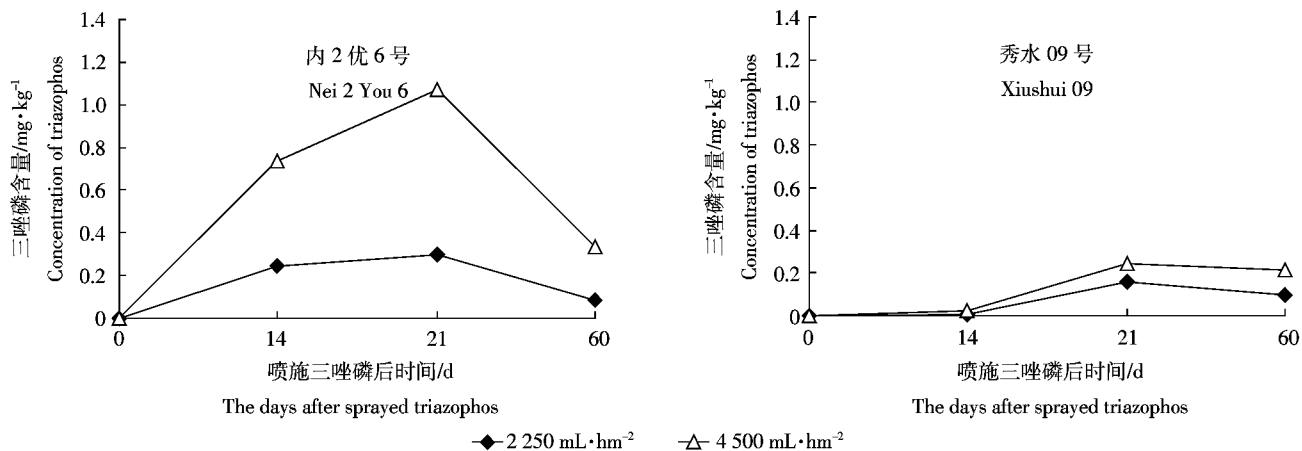


图 4 水稻穗中三唑磷含量与时间的动态关系

Figure 4 The relation between triazophos concentration and time in rice ear

浓度的时间存在显著性差异,分别为施药后第0、0、1~3 d和21 d。

(4)结合水稻植株不同部位中三唑磷含量动态分布趋势及三唑磷出现最高浓度时间的差异性分析,可以看出水稻叶鞘中三唑磷含量动态分布与叶片中相应过程具有同步性,而茎秆和穗中三唑磷含量动态分布与叶片和叶鞘中相应过程具有显著的滞后性。

5 建议

基于上述研究结论,笔者提出如下建议:

(1)因三唑磷在穗中的累积具有显著的滞后性。为了减少和降低残留三唑磷在水稻籽粒中累积而造成稻米食用的安全风险,在水稻抽穗前应严格控制三唑磷用量和施用次数。

(2)秸秆是农业生产中一种重要的生产资源,如作动物饲料、食用菌栽培基质等^[1]。因此,残留在秸秆中的三唑磷可以通过食物链富集和栽培传递等途径进入其他动、植物食品,最终进入人体,增加三唑磷对人体危害的风险。为此,从全面保障人体健康角度出发,应当关注秸秆资源利用的风险评估和安全监控,减少和降低食品质量安全的隐患与风险。

(3)从农药施用后对水稻生长效益、稻田生态环境效益和稻谷食用安全等角度出发,应深入开展施药次数、施药时间、农药品种等因素在不同品种水稻籽粒中累积状况的研究,并结合IPM稻作技术体系,构建安全施药模式,以最小施药量和成本获得最大的综合效益。

参考文献:

- [1] 钱允辉, 王志强, 张夕林, 等. 水稻中后期相关农药使用次数与农药残留量动态关系的研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(9): 2678-2685. QIAN Yun-hui, WANG Zhi-qiang, ZHANG Xi-lin, et al. Studies on the dynamics of pesticide residues and application frequency at the middle-late stage of rice[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(9): 2678-2685.
- [2] 方继朝, 郭慧芳, 王林贵, 等. 三唑磷毒杀水稻主要害虫的作用特点及应用技术[J]. 江苏农业学报, 2000, 16(3): 164-169. FANG Ji-chao, GUO Hui-fang, WANG Lin-gui, et al. Action traits of triazophos on insect pests in rice fields and techniques for application[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2000, 16(3): 164-169.
- [3] 陈余平, 马丽萍, 汪少敏, 等. 农药残留超标稻谷在大米中残留状况的探讨[J]. 浙江农业科学, 2008, 3: 344-346. CHEN Yu-ping, MA Li-ping, WANG Shao-min, et al. Probing into pesticide residue in rice from the rough rice in which pesticide residue exceeding upper limit of standard[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2008, 3: 344-346.
- [4] Sureshbabu G, Farooq M, Ray R S, et al. DDT and HCH residues in Basmati rice (*Oryza sativa*) cultivated in Dehradun (India)[J]. *Water Air and Soil Pollution*, 2003, 144: 149-157.
- [5] Kanrar B, Ghosh T, Pramanik S K, et al. Degradation dynamics and persistence of Imidaclopridin rice ecosystem under WestBengal climatic conditions[J]. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2006(77): 631-637.
- [6] Kröger R, Moore M T, Cooper C M, et al. Diazinon accumulation and dissipation in *Oryza sativa* L. following simulated agricultural runoff a amendment in flooded rice paddies[J]. *Water Air Soil Pollut*, 2008, 10 December, published online.
- [7] 赵华, 徐浩, 叶兴祥. 甲胺磷和三唑磷在稻田中的降解迁移及吸附研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 284-288. ZHAO Hua, XU Hao, YE Xing-xiang. Degradation, movement and adsorption of methamidophos and triazophos in paddy field system[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(2): 284-288.
- [8] Martínez Vidal J L, Garrido Frenich A. Methods in Biotechnology (Vol. 19, Pesticide Protocols)[M]. Totowa, New Jersey, USA: Humana Prerr Inc., 2005: 239-261.
- [9] 余传元, 刘裕强, 江玲, 等. 水稻分蘖角度的QTL定位和主效基因的遗传分析[J]. 遗传学报, 2005, 32(9): 948-954. YU Chuan-yuan, LIU Yu-qiang, JIANG Ling, et al. QTLs mapping and genetic analysis of tiller angle in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. *Acta Genetica Sinica*, 2005, 32(9): 948-954.
- [10] Bannayan M, Kobayashi K, Kim H Y, et al. Modeling the interactive effects of atmospheric CO₂ and N on rice growth and yield[J]. *Field Crops Research*, 2005, 93: 237-251.

致谢: 中国计量学院生命科学院实习生翟远建承担本课题研究农药残留前处理等工作。对此, 深表谢意。