

蔡小宇,单正军,姜锦林,等. 农药对稻田生态系统中土壤动物群落的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(15):307-312.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.070

农药对稻田生态系统中土壤动物群落的影响

蔡小宇,单正军,姜锦林,续卫利,朱昱璇,廖建华,田 丰

(环境保护部南京环境科学研究所/国家环境保护农药环境评价与污染控制重点实验室,江苏南京 210042)

摘要:农药的大量使用,可能对土壤生态系统的结构和功能造成不利影响。农药施用于土壤,首先对土壤动物群落产生影响。以江苏丘陵地区镇江农业科学研究所某示范基地水稻田为研究对象,定期施用当地农户常规施用农药品种与高毒农药品种毒死蜱,以不施药为对照,研究其对土壤动物群落的影响。研究结果表明,考察期限内,共获得土壤动物 1 180 个,隶属于 5 门 11 属,优势类群为颤蚓属、广杆线虫属、水丝蚓属。对不同施药样地间作方差分析,常规农药样地在土壤动物个体数、土壤动物特征指数(群落多样性、丰富度、均匀度、优势度)以及优势类群颤蚓属个体数等方面与不施药对照田差异极显著;高毒农药样地则在土壤动物个体数、土壤动物特征指数(群落多样性、丰富度)以及优势类群颤蚓属、线虫属、水丝蚓属个体数等指标方面和对照田差异极显著。研究结果表明,研究区域内农药在稻田施用对土壤动物群落存在影响,未来还应关注农药长期施用对整个土壤生物群落带来的影响。

关键词:农药;稻田生态系统;土壤动物群落;特征指数

中图分类号: S154;X592 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)15-0307-05

我国是水稻生产消费大国,而长江中下游地区的水稻种植面积和总产量均占全国的 45% 以上,是我国水稻的第一大主产区^[1]。在水稻的生产过程中农药使用量相当大,从 2000 年开始进入激增阶段,对比近 30 年的用量,增长了近 4 倍^[2]。农药的广泛使用,在为农业带来巨大经济效益的同时,也为人类的生存环境带来了潜在的生态安全和健康风险等问题,包括农药的土壤残留、对食品安全和人类健康的影响、对生物多样性和生态系统的影响等^[3]。土壤动物是稻田生态系统中的重要组成部分之一,是生态系统中重要的消费者和特殊的分解者,其生存、取食、活动对土壤有机质的形成、土壤结构及土壤物理化学性质的变化都有一定的影响,它们可以作为土壤有机质层的生物活性显示指标^[4]。土壤动物作为农药污染的重要指示生物能敏感反映土壤污染程度和生态学效应^[5]。国内外学者主要研究了农药对土壤动物的毒性影响,对土壤动物群落的影响大多通过室内模拟试验进行研究^[6-8]。本研究根据农田正常耕作及施药规律在稻田内设置对照田、常规施药田和高毒农药田,采集土壤动物进行调查分析,为评价农药的安全性及合理使用农药提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 田间试验方法

1.1.1 样地布置 研究样地位于江苏丘陵地区镇江农业科学研究所示范基地内,该地区为亚热带气候,是华中双单季稻

稻作区的长江中下游平原双单季稻亚区^[9]。在监测区域内设对照样地(不施药)、常规农药品种样地(农民根据当地植保站指导正常喷施农药)、高毒农药品种样地(主要喷施毒死蜱,通过农药信息网信息查询可知,毒死蜱对土壤生物的毒性较高),相邻处理样地之间留宽度为 0.5 m 的田埂为间隔带,不同处理样地面积均为 667 m²。所有样地的管理工作(灌溉、晒田、施肥、除草等)都按作物正常生长要求进行。水稻栽种、耕作的年份为 2016 年,具体周期如下:水稻育苗时间为 6 月 13 日;水稻萌芽时间为 6 月 18 日;水稻移栽时间为 7 月 3 日;初次灌溉时间为 7 月 3 日;初次排水时间为 8 月 3 日;二次灌溉时间为 8 月 13 日;二次排水时间为 9 月 18 日;水稻收获时间为 10 月 23 日。

1.1.2 施药信息与采样周期 高毒农药样地的施药时间和常规农药一致,即每喷 1 次常规农药就相应喷 1 次毒死蜱,以接近生物对毒死蜱的真实暴露条件,所有药剂喷施量均为推荐使用量,具体施用量见表 1。根据水稻生长周期以及农户正常喷药周期确定采样时间。喷药前采集 1 次样品,之后在每次喷药后的 0、4、7 d 采样。因 8 月 7 日施药后,稻田为晒田期,土质干裂,无法取样,因此取消 0、4 d 的采样。

1.2 土壤理化性质参数测定方法

取土样回室内进行土壤理化性质参数分析,主要测定指标有土壤 pH 值、有机质含量、全氮含量、速效磷含量、速效钾含量等。土壤 pH 值的测定采用氯化钾盐浸提法;有机质含量测定采用重铬酸钾-硫酸氧化法;全氮含量的测定采用凯氏定氮法;速效磷含量的测定采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法;速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法进行分析^[10];全磷含量的测定采用氢氧化钠碱溶-钼锑抗比色法;有效氮含量的测定采用碱解扩散法;全钾含量的测定采用原子吸收分光光度法。

1.3 土壤动物采集、分离、鉴别方法

在每种样地内随机布置 3 个采样点,样点距生境边缘 4

收稿日期:2018-04-04

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项。

作者简介:蔡小宇(1991—),女,硕士研究生,研究方向为环境毒理学。E-mail:781584994@qq.com。

通信作者:单正军,博士,研究员,主要从事农药及有机污染物对生态环境影响研究,E-mail:szj@nies.org;姜锦林,博士,副研究员,主要从事农用化学品的生态毒理学研究,E-mail:jjl@nies.org。

表 1 试验期间常规样地喷施药剂名称与用量

| 喷施时间 (月-日) | 药品名称 | 推荐用量 (g a. i./667 m ²) |
|---------------|-----------------|---------------------------------------|
| 07-21 | 10% 氟氟草酯水乳剂 | 60.0 |
| | 2.5% 五氟磺草胺悬浮剂 | 33.0 |
| 07-28 | 5% 阿维菌素乳油 | 2.0 |
| | 48% 毒死蜱乳油 | 140.0 |
| | 25% 吡虫啉可湿性粉剂 | 6.5 |
| | 11% 井冈·己唑醇可湿性粉剂 | 12.5 |
| 08-07 | 5% 阿维菌素乳油 | 2.0 |
| | 48% 毒死蜱乳油 | 140.0 |
| | 25% 吡虫啉可湿性粉剂 | 6.5 |
| | 11% 井冈·己唑醇可湿性粉剂 | 12.5 |
| 08-23 | 48% 毒死蜱乳油 | 140.0 |
| | 30% 噻呋酰胺悬浮剂 | 17.5 |
| | 25% 吡蚜酮悬浮剂 | 16.0 |
| | 2.5% 井冈·蜡芽菌水剂 | 1.3 |
| 09-09 | 25% 噻虫嗪水分散粒剂 | 4.0 |
| | 42% 咪鲜·甲硫灵可湿性粉剂 | 109.0 |
| | 75% 三环唑可湿性粉剂 | 65.0 |
| | 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 | 18.0 |
| | 5% 阿维菌素乳油 | 2.0 |

行作物以上,每个采样点的取样面积为 50 cm×50 cm、深度为 0~20 cm。取出土样后,大型土壤动物采用手捡法分离,中小型土壤动物采用湿漏斗法分离,将分离出的动物放入瓶中做好标签,并用 80% 的乙醇杀死、固定,在解剖镜下分析鉴定,一般鉴定到科,部分鉴定到属,同时统计个体数量。对土壤动物的分类和鉴别,主要参照《中国土壤动物检索图鉴》^[11]《土壤动物学》^[12]等文献资料,同时向有关方面专家咨询学习。

1.4 数据处理

本研究所示数据均为 3 次采样的平均值,按照傅必谦等

表 2 土壤基本理化性质检测结果

| 处理 | pH 值 | 有机质含量 (g/kg) | 全磷含量 (g/kg) | 速效磷含量 (mg/kg) | 全氮含量 (g/kg) | 有效氮含量 (mg/kg) | 全钾含量 (g/kg) | 速效钾含量 (mg/kg) |
|--------|------|-----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
| 对照样地 | 6.49 | 27.56 | 0.333 | 16.09 | 1.37 | 131.88 | 20.06 | 128.40 |
| 常规农药样地 | 6.49 | 27.24 | 0.357 | 17.68 | 1.36 | 129.41 | 20.09 | 129.59 |
| 高毒农药样地 | 6.50 | 27.05 | 0.382 | 18.44 | 1.36 | 127.14 | 20.16 | 131.34 |

注:表中数据为第 2 次施药后(7 月 29 日)的检测 results。

2.2 农药施用对土壤动物种类和数量的影响

从表 3 可以看出,试验调查共获得 1 180 个土壤动物,隶属于环节动物门、节肢动物门、软体动物门、扁形动物门和线形动物门等 5 门 11 属,其中优势类群为颤蚓属、广杆线虫属、水丝蚓属,分别占总个体数量的 40.93%、33.90%、19.49%。常见类群为圆扁螺属,占总体个数的 2.54%,稀有类群则包括圆田螺属、鼠妇属等 7 种,占总体个数的 3.12%。从表 3 可以看出,农药施用能减少土壤动物的个体数,其中对照样地共获得土壤动物 542 个,常规农药样地、高毒农药样地分别为 339、299 个。但农药施用对土壤动物种群数的影响较小,对照样地和常规农药样地的类群数相同,都为 8 种,高毒农药样地为 10 种。

对相同时间内不同农药样地间的土壤动物个体数和类群

的划分标准^[13]对各类群动物数量进行等级划分,即占群落总数量 10.0% 以上为优势类群,1.0%~10.0% 为常见类群,不足 1.0% 者为稀有类群。对土壤动物群落特征指数进行分析。

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum P_i \cdot \ln P_i。$$

式中: $P_i = n_i/N$, n_i 为第 i 类群的个体数; N 为观察到的所有物种的个数。

Margalef 丰富度指数:

$$D' = (S - 1)/\ln N。$$

式中: S 为调查到的物种数。

Pielou 均匀度指数:

$$E = H'/\ln S。$$

式中: H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数; S 为调查到的物种数。

Simpson 优势度指数:

$$C = \sum (n_i/N)2C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)。$$

式中: n_i 为第 i 类群的个体数。

相关性分析采用 Pearson 分析法,使用双尾检验法检验其 P 相关显著性,数据处理和统计分析应用 SPSS 16.0 和 Origin 8.0 统计软件进行。

2 结果与分析

2.1 农药施用对土壤理化性质的影响

从表 2 可以看出,第 2 次施药后土壤基本理化性质在 3 块样地中无明显差异,对照样地与常规农药样地间及对照样地与高毒农药样地之间的参数值均无明显差异,说明农药对土壤理化性质无明显影响。

数进行方差分析,从表 4 可以看出,对照样地与常规农药样地之间的个体数差异极显著($P < 0.01$),而类群数无显著性差异;对照样地与高毒农药样地之间的个体数差异极显著($P < 0.01$),类群数差异显著($P < 0.05$);常规农药样地与高毒农药样地之间的个体数差异极显著($P < 0.01$),而类群数无显著性差异。表明农药对土壤动物的个体数与类群数都有一定的影响,高毒农药对土壤动物的个体数和类群数影响更为显著。

2.3 农药对土壤动物特征指数的影响

不同处理土壤动物的特征指数见表 5。对表 5 中的土壤动物特征指数作方差分析,由表 6 可知,对照样地与常规农药样地之间的群落多样性、丰富度、均匀度及优势度都存在极显著差异($P < 0.01$);对照样地与高毒农药样地之间的群落多

表 3 农药施用对土壤动物种类和数量的影响

| 处理 | 日期 (月-日) | 数量(个) | | | | | | | | | | | 类群 合计(个) |
|--------|-------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| | | 颤蚓属 | 广杆线虫属 | 水丝蚓属 | 圆扁螺属 | 圆田螺属 | 鼠妇属 | 裂体科 | 圆马陆科 | 淡水螨科 | 步甲科 | 水蛭科 | |
| 对照样地 | 07-21 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 3 |
| | 07-29 | 9 | 5 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 3 |
| | 08-01 | 1 | 7 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 20 5 |
| | 08-04 | 0 | 10 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 16 5 |
| | 08-14 | 0 | 12 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 23 4 |
| | 08-24 | 4 | 34 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 3 |
| | 08-27 | 27 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 3 |
| | 08-30 | 18 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 34 3 |
| | 09-10 | 14 | 7 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 3 |
| | 09-13 | 74 | 5 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 3 |
| | 09-16 | 181 | 13 | 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 5 |
| 常规农药样地 | 07-21 | 0 | 0 | 6 | 5 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 15 5 |
| | 07-29 | 0 | 6 | 1 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 3 |
| | 08-01 | 1 | 5 | 4 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 5 |
| | 08-04 | 1 | 26 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 4 |
| | 08-14 | 0 | 10 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 3 |
| | 08-24 | 4 | 16 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 3 |
| | 08-27 | 1 | 15 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 4 |
| | 08-30 | 4 | 6 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 4 |
| | 09-10 | 7 | 6 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 3 |
| | 09-13 | 26 | 6 | 9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 4 |
| | 09-16 | 55 | 23 | 17 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 101 6 |
| 高毒农药样地 | 07-21 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 2 |
| | 07-29 | 1 | 3 | 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 7 |
| | 08-01 | 1 | 12 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 4 |
| | 08-04 | 1 | 19 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 24 5 |
| | 08-14 | 1 | 23 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 3 |
| | 08-24 | 3 | 22 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 4 |
| | 08-27 | 7 | 16 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 4 |
| | 08-30 | 4 | 19 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 3 |
| | 09-10 | 15 | 5 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 32 5 |
| | 09-13 | 5 | 29 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 3 |
| | 09-16 | 16 | 20 | 4 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 48 8 |
| 总计(个) | | 483 | 400 | 230 | 30 | 10 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 180 |
| 占比(%) | | 40.93 | 33.90 | 19.49 | 2.54 | 0.85 | 0.76 | 0.59 | 0.42 | 0.25 | 0.17 | 0.08 | 100.0 |
| 多度 | | +++ | +++ | +++ | ++ | + | + | + | + | + | + | + | |

注:“+++”为优势类群,“++”常见类群,“+”稀有类。

表 4 不同样地之间的个体数和类群数比较

| 处理 | 个体数 (个) | 类群数 (个) |
|--------|-----------------|----------------|
| 对照样地 | 49.27 ± 54.76Cc | 3.64 ± 0.92Aa |
| 常规农药样地 | 30.82 ± 25.68Bb | 4.00 ± 1.00Aab |
| 高毒农药样地 | 27.18 ± 13.08Aa | 4.27 ± 1.85Ab |

注:同列数据后不同大、小写字母表示处理间在 0.01、0.05 水平上差异极显著。图 6、图 7 同。

样性和丰富度呈极显著差异 ($P < 0.01$),但均匀度及优势度均无显著性差异;常规农药样地和高毒农药样地之间的群落多样性差异显著 ($P < 0.05$),丰富度和优势度差异极显著 ($P < 0.01$),而均匀度无显著性差异。

2.4 农药对优势类群动物数量的影响

对不同处理下优势类群(颤蚓属、广杆线虫属、水丝蚓

属)的个体数进行比较,结果见表 7。

2.4.1 农药对颤蚓属动物数量的影响 从图 1 可以看出,随采样时间的延长,3 组处理样地的颤蚓属个体数整体呈上升趋势,农药处理组较对照组降低,方差分析结果表 7 显示,对照样地与常规农药样地之间、对照样地与高毒农药样地之间以及常规农药样地与高毒农药样地之间都呈极显著性差异 ($P < 0.01$),表明无论常规农药还是高毒农药都对颤蚓属动物数量存在极显著性影响。

2.4.2 农药对广杆线虫属动物数量的影响 从图 2、表 7 可以看出,3 组样地的广杆线虫属个体数整体呈起伏波动变化趋势,对照样地与常规农药样地之间无显著差异,对照样地与高毒农药样地之间以及常规农药样地与高毒农药样地之间都存在极显著性差异 ($P < 0.01$),表明常规农药对广杆线虫属动物数量无显著影响,高毒农药对广杆线虫属动物数量存在

表 5 土壤动物的特征指数

| 处理 | 取样时间 (月-日) | 个体数 (个) | 类群数 (个) | 多样性 | 丰富度 | 均匀度 | 优势度 |
|--------|---------------|------------|------------|------|------|------|------|
| 对照样地 | 07-21 | 6 | 3 | 0.87 | 1.12 | 0.79 | 0.50 |
| | 07-29 | 27 | 3 | 1.03 | 0.61 | 0.94 | 0.62 |
| | 08-01 | 20 | 5 | 1.26 | 1.34 | 0.78 | 0.66 |
| | 08-04 | 16 | 5 | 1.13 | 1.44 | 0.70 | 0.56 |
| | 08-14 | 23 | 4 | 1.13 | 0.96 | 0.82 | 0.63 |
| | 08-24 | 44 | 3 | 0.69 | 0.53 | 0.63 | 0.38 |
| | 08-27 | 34 | 3 | 0.63 | 0.57 | 0.57 | 0.34 |
| | 08-30 | 34 | 3 | 0.80 | 0.57 | 0.73 | 0.52 |
| | 09-10 | 47 | 3 | 0.97 | 0.52 | 0.88 | 0.58 |
| | 09-13 | 91 | 3 | 0.59 | 0.44 | 0.54 | 0.32 |
| | 09-16 | 200 | 5 | 0.40 | 0.75 | 0.25 | 0.18 |
| 常规农药样地 | 07-21 | 15 | 5 | 1.36 | 1.48 | 0.85 | 0.70 |
| | 07-29 | 8 | 3 | 0.74 | 0.96 | 0.67 | 0.41 |
| | 08-01 | 17 | 5 | 1.51 | 1.41 | 0.94 | 0.77 |
| | 08-04 | 37 | 4 | 0.89 | 0.83 | 0.64 | 0.47 |
| | 08-14 | 16 | 3 | 0.83 | 0.72 | 0.76 | 0.51 |
| | 08-24 | 23 | 3 | 0.82 | 0.64 | 0.75 | 0.47 |
| | 08-27 | 18 | 4 | 0.63 | 1.04 | 0.45 | 0.30 |
| | 08-30 | 24 | 4 | 1.11 | 0.94 | 0.80 | 0.61 |
| | 09-10 | 38 | 3 | 0.88 | 0.55 | 0.80 | 0.51 |
| | 09-13 | 42 | 4 | 0.99 | 0.80 | 0.71 | 0.55 |
| | 09-16 | 101 | 6 | 1.20 | 1.08 | 0.67 | 0.62 |
| 高毒农药样地 | 07-21 | 2 | 2 | 0.69 | 1.44 | 1.00 | 0.50 |
| | 07-29 | 14 | 7 | 1.64 | 2.27 | 0.84 | 0.75 |
| | 08-01 | 16 | 3 | 0.70 | 0.72 | 0.64 | 0.40 |
| | 08-04 | 24 | 5 | 0.79 | 1.26 | 0.49 | 0.36 |
| | 08-14 | 27 | 3 | 0.50 | 0.61 | 0.46 | 0.26 |
| | 08-24 | 30 | 4 | 0.84 | 0.88 | 0.61 | 0.43 |
| | 08-27 | 27 | 4 | 1.03 | 0.91 | 0.74 | 0.57 |
| | 08-30 | 39 | 3 | 0.95 | 0.55 | 0.86 | 0.58 |
| | 09-10 | 32 | 5 | 1.23 | 1.15 | 0.76 | 0.34 |
| | 09-13 | 40 | 3 | 0.77 | 0.54 | 0.70 | 0.44 |
| | 09-16 | 48 | 8 | 1.50 | 1.81 | 0.72 | 0.70 |

表 6 不同样地之间的土壤动物特征指数比较

| 处理 | 土壤动物特征指数 | | | |
|--------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| | 群落多样性 | 丰富度 | 均匀度 | 优势度 |
| 对照样地 | 0.86 ± 0.27Aa | 0.81 ± 0.35Aa | 0.69 ± 0.19Aa | 0.48 ± 0.15Aa |
| 常规农药样地 | 0.99 ± 0.27Bc | 0.95 ± 0.29Bb | 0.73 ± 0.13Bb | 0.54 ± 0.13Bb |
| 高毒农药样地 | 0.97 ± 0.36Bb | 1.10 ± 0.56Cc | 0.71 ± 0.16ABab | 0.48 ± 0.15Aa |

表 7 不同样地之间的优势类群个体数比较

| 处理 | 个体数(个) | | |
|--------|-----------------|----------------|----------------|
| | 颤蚓属 | 广杆线虫属 | 水丝蚓属 |
| 对照样地 | 36.56 ± 58.69Cc | 11.30 ± 8.75Aa | 8.50 ± 7.18Bb |
| 常规农药样地 | 12.38 ± 19.12Bb | 11.90 ± 7.74Aa | 8.09 ± 7.46ABa |
| 高毒农药样地 | 5.00 ± 5.57Aa | 16.80 ± 8.08Bb | 5.09 ± 4.46Aa |

极显著性影响。

2.4.3 农药对水丝蚓属动物数量的影响 从图 3、表 7 可以看出,随采样时间的延长,3 组样地的水丝蚓属数量整体呈现出前期少后期多的变化趋势,对照样地与常规农药样地间无

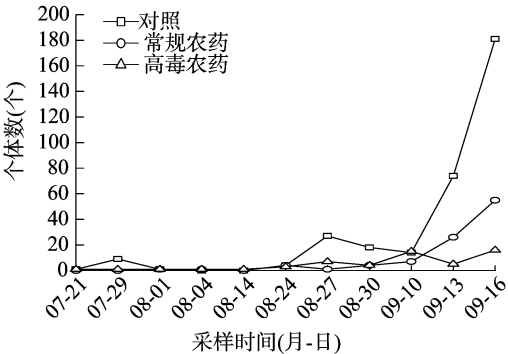


图1 农药对颤蚓属个体数的影响

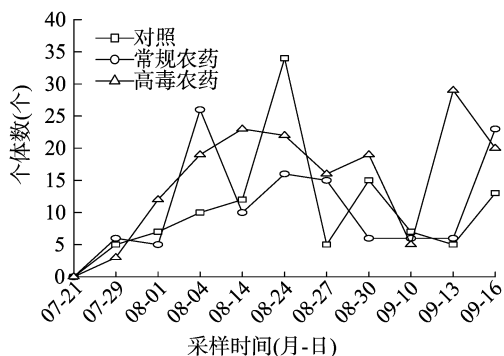


图2 农药对广杆线虫属个体数的影响

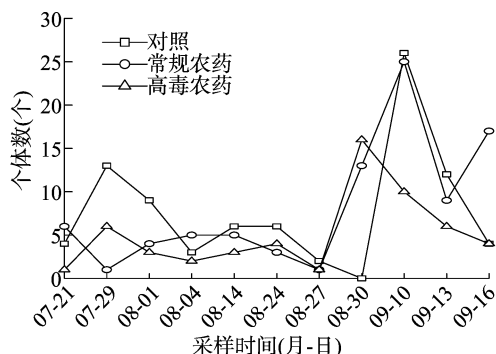


图3 农药对水丝蚓属个体数的影响

显著性差异,对照样地与高毒农药样地之间存在极显著性差异 ($P < 0.01$),常规农药样地和高毒农药样地之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。表明常规农药对水丝蚓属动物数量无显著影响,高毒农药对水丝蚓属动物数量存在极显著性影响。

3 讨论与结论

农药在稻田使用时主要以除草剂、杀虫剂、杀菌剂为主,化学农药占使用量的大部分,生物农药使用率低,部分高毒高残留农药仍有使用^[14]。同时在农药使用的过程中,缺乏合理的规范,存在农药登记缺失和传统农药剂型使用频率过高等问题^[15]。这些都加大了农药对环境的污染程度,尤其是对土壤生物造成的直接伤害。

已有研究表明,敌百虫^[16]、甲胺磷^[17]等杀虫剂对土壤动物群落结构的影响显著,随着药剂浓度的加大土壤动物的数量及种群数都呈显著下降趋势。而百草清^[18]、苯磺隆^[19]、乙草胺、2,4-滴丁酯、噻吩磺隆^[20]等除草剂对土壤动物群落结构的影响不显著,与有机磷类杀虫剂相比,除草剂对土壤动物的毒性较弱,且属于慢性影响。本研究中的常规农药样地为混合施药样地,在正常水稻种植过程中同时需要喷施杀虫剂与除草剂。朱新玉的研究结果表明,3种杀虫剂与除草剂混用对土壤动物的影响显著,随着农药浓度的增加,土壤动物个体数、类群数以及群落多样性等都随之降低^[21]。这与本研究结果一致,常规农药样地与对照样地相比在动物个体数、群落多样性、丰富度、均匀度及优势度方面都存在极显著差异,只有类群数无显著差异,说明常规农药对土壤动物的个体数及特征指数存在极显著影响。Fountain等的研究结果表明,毒死蜱对蜘蛛目和弹尾目的群落结构产生显著性影响,在种类和数量上都出现了显著性变化^[22]。本研究中的高毒农药样地为完全施用毒死蜱样地,它与对照样地相比在土壤

动物个体数、群落多样性、丰富度方面存在极显著差异,类群数存在显著差异,均匀度、优势度均无显著性差异,说明高毒农药对土壤动物个体数、类群数及特征指数都存在一定的影响。程燕等的研究结果表明,毒死蜱对蚯蚓的生长和繁殖存在一定的影响,蚯蚓作为土壤生物的优势种群,具有表征农药对土壤生物影响的作用^[23]。本研究结果显示,常规农药对颤蚓属动物数量影响显著,而对广杆线虫属和水丝蚓属动物数量影响不显著,高毒农药对3种优势种群动物数量都存在极显著影响,表明农药对优势种群存在影响,高毒农药对优势种群的影响更为显著。

土壤动物作为土壤生态系统的重要组成部分,土壤环境和外部环境的改变势必会对其产生一定的影响。本研究结果表明,农药施用对土壤动物群落存在一定影响。常规农药对土壤动物的个体数以及群落多样性、丰富度、均匀度、优势度等土壤动物特征指数影响极显著,并对优势类群颤蚓属的影响较大,而对类群数以及广杆线虫属和水丝蚓属等优势类群无显著影响。高毒农药对土壤动物个体数、类群数以及群落多样性、丰富度等土壤动物特征指数影响显著或极显著,同时对颤蚓属、广杆线虫属、水丝蚓属等优势类群影响较大,而对均匀度、优势度2种土壤动物特征指数无显著影响。

鉴于农药在稻田施用会受其他耕作及自然环境的影响,并且受本研究期限的限制,本研究结果未能反映出农药长期施用对土壤动物带来的危害,在今后研究中更应该关注农药的长期施用对土壤动物群落产生的影响。

参考文献:

- [1] 刘书通. 长江中下游地区水稻生产能力分析[D]. 北京:中国农业科学院,2014
- [2] 赵倩倩. 中国主要粮食作物农药使用现状及问题研究[D]. 北京:北京理工大学,2015.
- [3] 黄顶成,尤民生,侯有明,等. 化学除草剂对农田生物群落的影响[J]. 生态学报,2005,25(6):1451-1458.
- [4] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 北京:北京师范大学出版社,1987.
- [5] 张友梅,夏卫生. 有机磷农药对土壤动物群落结构的影响研究[J]. 生态学报,1996,16(4):357-366.
- [6] Schnug L, Jensen J, Scott - Fordsmand J J, et al. Toxicity of three biocides to springtails and earthworms in a soil multi - species (SMS) test system[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2014, 74:115-126.
- [7] Al - Assiuty A N, Khalil M A, Ismail A W, et al. Effects of fungicides and biofungicides on population density and community structure of soil oribatid mites[J]. Science of the Total Environment, 2014, 466/467:412-420.
- [8] 孔军苗,郑荣泉,顾磊,等. 乙草胺对中型土壤动物生物多样性影响的研究[J]. 农业环境科学学报,2005,24(3):576-580.
- [9] 王念英,赵军华. 4种生态类型稻区节肢动物群落的基本组成与结构特征分析[J]. 生态学报,1995,15(4):433-439.
- [10] 张淑花,周利军,郑丽颖,等. 低浓度除草剂对农田大型土壤动物群落结构的影响[J]. 湖北农业科学,2014,53(20):4856-4860.
- [11] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [12] 青木淳一. 土壤动物学[M]. 东京:东海大学出版社,1973.
- [13] 傅必谦,陈卫,董晓晖,等. 北京松山4种大型土壤动物群落

范如芹,罗佳,李赞,等.淀粉基高吸水树脂对栽培基质性能与节水量的影响[J].江苏农业科学,2019,47(15):312-315.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.071

淀粉基高吸水树脂对栽培基质性能与节水量的影响

范如芹^{1,2}, 罗佳^{1,2}, 李赞², 卢信², 刘丽珠², 张振华²

(1. 农业农村部农业环境重点实验室, 北京 210014; 2. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏南京 210014)

摘要:为研究淀粉基高吸水树脂(super absorbent polymer, SAP)对栽培基质性能的提升效果,以农业废弃物原料栽培基质为研究对象,研究不同SAP添加比例(0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 g/L)对基质各项理化指标的影响,并通过蔬菜栽培精细补水的方法对各处理的节水效果进行定量研究。结果发现,随SAP添加比例的增加,基质总孔隙度和通气孔隙度均整体呈现先增加后降低的趋势,在1.0 g/L处理下达到最高值;基质最大持水量则显著提高。在每天补水保持基质含水量一致的情况下,0~1.0 g/L SAP添加处理下所栽培蔬菜的株高、茎粗及生物量等指标没有显著差异,但SAP添加量增加到1.2 g/L后各项指标开始下降,单株需补水量随SAP添加比例的增加而迅速降低。结果说明,该淀粉基高吸水树脂可用于改善基质性能,在基质中SAP添加比例为1.0 g/L时不仅可有效提高基质持水、保水和孔隙性能,而且可节约灌溉用水30.94%,在提高基质栽培质量、节约用水、降低浇灌频率和人工成本等方面均有重要潜力。

关键词:高吸水树脂;无土栽培基质;调理剂;节水农业;蔬菜

中图分类号: S317 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)15-0312-04

我国是水资源严重短缺的农业大国,农业用水弥足珍贵。因此,发展节水高效农业成为农业可持续发展的重要途径,新型节水技术的研发则是重中之重。另外,由于土壤栽培存在连作障碍和土壤次生盐渍化等缺点,基质栽培将是设施农业的主要方向之一^[1-2]。基质栽培用水也是农业用水的重要组成部分。由于基质普遍存在保水能力远远低于土壤、水分管理繁琐等缺陷,保水材料的应用至关重要。因此,探讨保水剂对基质保水性等理化性能的影响及其作用机制并量化保水剂的保水功效,对于提升栽培基质性能、促进设施农业发展和节约宝贵的农业用水等均具有重要意义。高吸水树脂(super absorbent polymer, SAP)是一种具有超强吸水 and 保水能力的新

型高分子材料,被广泛应用于农林、建筑、环境保护及医药卫生等诸多领域^[3-4]。近年来SAP作为土壤保水剂被成功应用于荒漠化土壤修复和干旱区农业土壤节水^[5-7]。研究发现,在基质水分耗竭条件下,SAP可延缓黄瓜、番茄等植株的萎蔫发生时间,并有效促进植株生长^[8-10]。但因SAP类型及性能的不同,试验及生产中所需添加SAP的比例及效果差别较大。目前国内市场上SAP以聚丙烯酸钠为主,它具有吸水速率高的优势,但该类SAP存在反复吸水能力较低及耐盐性、凝胶强度不高等缺点^[11-12],应用效果不佳。而淀粉类SAP具有来源丰富、价格低廉、容易降解、无公害且不易失水的特点,但其使用周期长短报道不一,且容易发霉变质。目前国内对淀粉类SAP的研究和应用仍不成熟,关于SAP用于基质保水时的节水量和节水潜力研究尚鲜见报道;同时,基质与土壤在容重、孔隙度、水力学特性及养分释放等方面存在较大差异,因此SAP应用于基质时的节水效果、对基质基本性状的影响以及对栽培作物有无负面作用等均有待深入研究。本试验拟以农业废弃物原料栽培基质为研究对象,研究淀粉基高吸水树脂对基质保水性能和基质各项理化指标的影响,并对其节水效果进行详细的量化研究,以期优化基质性能、提

收稿日期:2018-04-12

基金项目:江苏省自然科学基金(编号:BK20161379);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(17)3019]。

作者简介:范如芹(1984—),女,山东沂南人,博士,副研究员,主要从事无土栽培基质配方研究。Tel:(025)84390581;E-mail:fanruqin2007@126.com。

通信作者:张振华,博士,研究员,主要从事土壤改良与修复研究。E-mail:zhenhuaz70@hotmail.com。

组成和结构[J].生态学报,2002,22(2):215-223.

[14] 湛江华,柴伟纲,孙梅梅,等.水稻生产农药使用现状调查[J].农药科学与管理,2011,32(4):23-25.

[15] 刘颖.我国农药使用现状、原因及对策研究[J].国土与自然资源研究,2005(4):50-51.

[16] 朱丽霞,陈素香,陈清森,等.敌百虫对南方农田土壤动物多样性的影响[J].土壤,2011,43(2):264-269.

[17] 王振中,邢协加.甲胺磷农药污染对土壤动物影响的研究[J].环境科学,1997,18(6):45-49.

[18] 邱咏梅,郑荣泉,李灿阳,等.百草清除草剂对农田生态系统土壤动物群落结构的影响[J].土壤通报,2006,37(5):976-980.

[19] 李淑梅,盛东峰,许俊丽.苯磺隆除草剂对农田土壤动物影响的研究[J].土壤通报,2008,39(6):1369-1371.

[20] 张淑花,高梅香,张雪萍,等.除草剂对农田中小型土壤动物群落结构的影响[J].河南农业科学,2012,41(10):70-73,99.

[21] 朱新玉.农药污染对土壤动物群落的影响研究[J].科技信息,2011(15):788.

[22] Fountain M T, Brown V K, Gange A C, et al. The effects of the insecticide chlorpyrifos on spider and Collembola communities[J]. Pedobiologia, 2007, 51(2):147-158.

[23] 程燕,姜锦林,卜元卿,等.毒死蜱对蚯蚓生长和繁殖的影响[J].农药学报,2015,17(3):362-365.