

呋虫胺不同剂型对水稻二化螟的防效及蜘蛛消长的影响

谢健杨, 李保同* (江西农业大学农学院, 江西南昌 330045)

摘要 [目的]探究呋虫胺不同剂型对水稻二化螟的防治效果及天敌蜘蛛的安全性,为呋虫胺在稻田的科学使用提供参考。[方法]以24%甲氧虫酰肼悬浮剂为对照药剂,采用叶面喷雾法与撒粒法研究呋虫胺可溶粒剂、水分散粒剂、可湿性粉剂、悬浮剂和颗粒剂5种剂型对水稻二化螟的田间防效,并考察其对蜘蛛消长的影响。[结果]呋虫胺不同剂型对水稻二化螟的防效存在较大差异,其中50%呋虫胺可溶粒剂、20%呋虫胺水分散粒剂90~150 g/hm²和2%呋虫胺颗粒剂120~180 g/hm²处理防治二化螟的保苗和杀虫效果分别为70.88%~90.27%和67.61%~95.66%,显著优于或近似于对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂40 g/hm²处理;25%呋虫胺可湿性粉剂和20%呋虫胺悬浮剂90~150 g/hm²防治二化螟的保苗和杀虫效果分别为39.01%~78.38%和49.00%~80.83%,均低于或显著低于对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂40 g/hm²。在相同使用剂量下,呋虫胺不同剂型对二化螟的防效表现为水分散粒剂≈可溶性粒剂>颗粒剂>可湿性粉剂≈悬浮剂。呋虫胺对稻田蜘蛛消长有一定影响,不同剂型对蜘蛛的杀伤率存在显著差异,其中可溶粒剂、水分散粒剂、可湿性粉剂和悬浮剂150 g/hm²处理药后7 d对蜘蛛的杀伤率为27.59%~50.96%,药后14~21 d为42.50%~73.21%,药后28 d为43.48%~52.69%,显著高于颗粒剂150~180 g/hm²处理和对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂40 g/hm²处理。[结论]用呋虫胺防治水稻二化螟时应优先选择水分散粒剂、可溶性粒剂和颗粒剂,其中对蜘蛛的安全性颗粒剂高于水分散粒剂和可溶性粒剂。

关键词 剂型;呋虫胺;二化螟;防效;蜘蛛;安全性

中图分类号 S482.3¹9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)01-0130-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.01.040

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Efficacy of Different Formulations of Dinotefuran on *Chilo suppressalis* of Rice and Its Effect on the Growth and Decline of Spiders
XIE Jian-yang, LI Bao-tong (College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract [Objective] The efficacies of different formulations of dinotefuran on *Chilo suppressalis* of rice and its safety to natural enemy spider were investigated in order to provide a reference for the scientific use of dinotefuran in paddy field. [Method] The field efficacies of dinotefuran soluble granule (SP), water dispersible granule (WDG), wettable powder (WP), suspension concentrates (SC) and granules (GR) on *C. suppressalis* and its effects on the growth and decline of spiders were investigated by foliar spray and granule application methods with methoxyfenozide 24% suspensions (SC) as the control pesticide. [Result] There was great difference among the efficacies of different formulations of dinotefuran on *C. suppressalis* of rice. The protecting seedling and insecticidal effects of dinotefuran 50% SG and 20% WDG at 90-150 g/hm², and 2% GR at 120-180 g/hm² on *C. suppressalis* were 70.88%-90.27% and 67.61%-95.66%, respectively, which were significantly better than or equivalent to that of the control pesticide methoxyfenozide 24% SC at 40 g/hm². The protecting seedling and insecticidal effects of dinotefuran 25% WP and 20% SC at 90-150 g/hm² on *C. suppressalis* were 39.01%-78.38% and 49.00%-80.83% respectively, which were lower or significantly lower than that of the control pesticide of methoxyfenozide 24% SC at 40 g/hm². The efficacy of different formulations of dinotefuran on *C. suppressalis* was as follows: WDG ≈ SG > WP ≈ SC at the same dosage. Dinotefuran had a certain effect on the growth and decline of spiders in paddy fields, and there were significantly different between the killing rates of different formulations to spiders. The killing rates of SG, WDG, WP and SC at 150 g/hm² to spiders were 27.59%-50.96% 7 days after treatment, 42.50%-73.21% 14-21 days after treatment, 43.48%-52.69% 28 days after treatment, respectively, which was significantly higher than those of GR at 150-180 g/hm² and the control pesticide methoxyfenozide 24% SC at 40 g/hm². [Conclusion] WDG, SG and GR should be selected as priority with dinotefuran against *C. suppressalis*, and the safety of GR to the spiders was higher than that of WDG and SG.

Key words Formulation; Dinotefuran; *Chilo suppressalis*; Efficacy; Spider; Safety

二化螟 (*Chilo suppressalis* Walker) 是危害水稻的重要害虫,广泛分布于亚洲和欧洲等多个国家,是江西水稻上的主要害虫之一,一年发生3~4代,对水稻生长构成严重威胁^[1-2]。近年来,随着耕作制度的改变^[3]、水稻高产品种的推广^[4]以及稻田施肥水平的提高^[5],二化螟发生日趋严重^[6]。目前,二化螟主要依赖化学农药进行防治。然而,由于长期不合理地使用化学农药,导致环境污染和害虫抗药性增强^[7-8]。近年来,氯虫苯甲酰胺等因抗性被限用^[6],氟虫腈和氟苯虫酰胺等因对水生生物的毒性被淘汰^[9],筛选适宜二化螟防治的新药剂,对保障水稻安全生产具有重要意义。呋虫胺(dinotefuran)是由日本三井化学公司研发的第三代烟碱类杀虫剂,主要作用于AChR,阻断昆虫正常的神经传递,具有

触杀、胃毒和内吸作用,对同翅目、半翅目、鳞翅目、双翅目和甲虫目等害虫高效^[10],已广泛应用于稻田稻飞虱的防治^[11]。曾霞等^[12]采用浸稻苗叶喂法测定呋虫胺原药对水稻二化螟的室内活性,项庆奶等^[13]和刘翠云等^[14]分别研究呋虫胺可湿性粉剂和可溶粒剂对水稻二化螟的田间防效。目前,有关水分散粒剂、悬浮剂等剂型呋虫胺对二化螟的防效及稻田天敌蜘蛛消长的影响鲜见报道。笔者通过大田试验,比较呋虫胺不同剂型对二化螟的防效及对天敌蜘蛛消长的影响,明确呋虫胺不同剂型对二化螟防效的差异及对蜘蛛的安全性,旨在为呋虫胺在水稻生产中的科学使用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 早稻品种为“中嘉早17号”,3月23日播种,4月25日移栽;晚稻品种为“新香优96”,6月23日播种,7月21日移栽。药剂:50%呋虫胺可溶粒剂,江阴苏利化学股份有限公司;25%呋虫胺水分散粒剂,江苏连云港立本农药化工有限公司;25%呋虫胺可湿性粉剂,江西省赣州宇田

基金项目 “十三五”国家重点研发计划项目“双季稻病虫害精准防控技术研究”(2017YFD0301604)。

作者简介 谢健杨(1991—),男,江西寻乌人,助教,硕士,从事农药应用技术研究。*通信作者,教授,博士,博士生导师,从事农药学研究。

收稿日期 2018-09-19

化工有限公司;20%呋虫胺悬浮剂,江西众和化工有限公司;2%呋虫胺颗粒剂,江阴苏利化学股份有限公司;24%甲氧虫酰肼(methoxyfenozide)悬浮剂,江西省赣州宇田化工有限公司。

1.2 试验地概况 试验于2017年在南昌市江西农业大学农学实验站双季稻田进行。试验田红色壤土,pH 5.3,有机质含量 15.0 g/kg。

1.3 试验方法 试验设 50%呋虫胺可溶粒剂(A)90、120、150 g/hm²,25%呋虫胺水分散粒剂(B)90、120、150 g/hm²,25%呋虫胺可湿性粉剂(C)90、120、150 g/hm²,20%呋虫胺悬浮剂(D)90、120、150 g/hm²,2%呋虫胺颗粒剂(E)120、150、180 g/hm²,24%甲氧虫酰肼悬浮剂(F)40 g/hm²和清水对照(CK),共17个处理,每处理重复3次,随机区组排列,小区面积 30 m²,小区间筑埂隔开。

早稻于5月17日、晚稻于8月15日水稻分蘖初期、二化螟卵孵化盛期,颗粒剂(E)直接撒施,其他剂型采用 T-HS16D 背负式电动喷雾器(山东农业药械有限责任公司)喷施,药液用量 675 kg/hm²,药后均保持稻田水深 3~5 cm 7 d。

1.4 调查方法 二化螟药前不查基数,药后7、14和21 d分别调查1次水稻枯心数和蜘蛛虫口数,并于药后21 d调查1次枯心株内活虫数,调查方法与药效计算参照《农药田间药效试验准则》(一)进行^[15],即枯心率=(枯心数/调查总株数)×100%;保苗效果=[(对照区枯心率-处理区枯心率)/对照区枯心率]×100%;杀虫效果=[(对照区活虫数-处理区活虫数)/对照区活虫数]×100%。蜘蛛药前不查基数,药后7、14、21和28 d每小区平行跳跃法5点取样,每点调查5丛,共计25丛水稻,用手拍打稻丛基部,持涂有机油的瓷盘接收蜘

蛛(主要为草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*、拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus*、四点黑腹蛛 *Singa pygmaea* 和八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*),统计瓷盘内黏附的蜘蛛数量,折算成百丛虫数后,计算对蜘蛛的杀伤率^[16]。杀伤率=(空白对照区虫口数-药剂处理区虫口数)/空白对照区虫口数×100%。

1.5 数据分析 采用 Excel 2007 对试验数据进行分析,SPSS 18.0 的 Duncan's 新复极差法比较处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同剂型呋虫胺对二化螟的防效

2.1.1 早稻。由表1可知,呋虫胺在早稻分蘖初期、二化螟卵孵化盛期使用,对二化螟的防效随使用剂量的增加而上升,不同剂型呋虫胺对二化螟的防效存在差异。其中,50%呋虫胺可溶粒剂(A)90~150 g/hm²、20%呋虫胺水分散粒剂(B)90~150 g/hm²和2%呋虫胺颗粒剂(E)120~180 g/hm²药后7~21 d的保苗效果为72.15%~90.27%,药后21 d的杀虫效果为67.61%~82.37%,显著优于对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂(F)40 g/hm²,或与对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂(F)40 g/hm²无显著差异;25%呋虫胺可湿性粉剂(C)90~150 g/hm²和20%呋虫胺悬浮剂(D)90~150 g/hm²药后7~21 d的保苗效果为53.07%~78.38%,药后21 d的杀虫效果为49.00%~65.81%,均低于或显著低于对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂(F)40 g/hm²。在相同使用剂量下,不同剂型呋虫胺对二化螟的防效表现为水分散粒剂>可溶性粒剂>颗粒剂>可湿性粉剂≈悬浮剂。

表1 不同剂型呋虫胺对早稻二化螟的田间防效

Table 1 Field control effect of different formulations of dinotefuran on *Chilo suppressalis* of early rice

处理 Treatment	用量 Dosage g/hm ²	药后 7 d 7 d after drug		药后 14 d 14 d after drug		药后 21 d 21 d after drug			
		枯心率 Withered heart rate//%	保苗效果 Seedling protection effect//%	枯心率 Withered heart rate//%	保苗效果 Seedling protection effect//%	枯心率 Withered heart rate//%	保苗效果 Seedling protection effect//%	活虫数 Number of live insects 头	杀虫效果 Insecticidal effect %
A	90	1.27	72.15 cdBCDE	1.43	74.82 d C	1.64	79.57 bcBCD	7.77	68.07 cdDE
	120	1.15	74.78 bcBC	1.43	74.82 dC	1.60	80.12 bcBCD	7.31	69.96 cdCD
	150	1.16	74.56 bcBC	1.35	76.23 cdC	1.28	84.08 abABC	5.29	78.27 abABC
B	90	0.98	78.52 bcB	1.44	74.65 dC	2.04	74.59 cdCDE	6.68	72.53 bcBCD
	120	0.89	80.48 bB	1.20	78.87 cC	1.50	81.37 bcABC	5.20	78.63 abAB
	150	0.47	89.69 aA	0.62	89.08 aA	0.78	90.27 aA	4.29	82.37 aA
C	90	1.58	65.35 eDEF	1.94	65.85 eD	3.25	59.63 fFG	12.41	49.00 ff
	120	1.52	66.67 deCDEF	1.84	67.61 eD	2.65	67.06 eEF	12.15	50.08 ff
	150	1.14	75.01 bcBC	1.29	77.29 cdC	1.74	78.38 bcBCD	9.71	60.08 eE
D	90	2.14	53.07 fG	2.57	54.75 gF	3.65	54.64 fG	12.25	49.66 ff
	120	1.80	60.53 eFG	2.22	60.92 fE	3.19	60.29 fFG	11.87	51.22 ff
	150	1.64	64.04 eEF	1.80	68.31 eD	2.61	67.57 eEF	8.32	65.81 dDE
E	120	1.26	72.36 cdBCD	1.43	74.82 dC	2.33	71.08 deDE	7.88	67.61 cdDE
	150	1.02	77.61 bcB	1.19	79.05 cC	1.92	76.13 cdBCDE	7.13	70.68 cdBCD
	180	0.85	81.36 bB	0.94	83.45 bB	1.16	85.60 abAB	5.49	77.45 abABC
F	40	1.05	76.97 bcB	1.27	77.64 cdC	1.58	80.32 bcBCD	6.68	72.53 bcBCD
CK	0	4.56		5.68		8.04		24.33	

注:同列数据后不同大小写字母分别表示在0.01和0.05水平差异显著

Note: Different capital letters and lowercases in the same column stand for significant differences at 0.01 and 0.05 level, respectively

2.1.2 晚稻。由表2可知,呋虫胺在晚稻分蘖初期、二化螟卵孵化盛期使用,对二化螟的防效随使用剂量的增加而上升,不同剂型呋虫胺对二化螟的防效存在差异。其中,50%呋虫胺可溶粒剂(A)90~150 g/hm²、20%呋虫胺水分散粒剂(B)90~150 g/hm²和2%呋虫胺颗粒剂(E)120~180 g/hm²药后7~21 d的保苗效果为70.88%~88.04%,药后21 d的杀虫效果为80.21%~95.66%,显著优于对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂(F)40 g/hm²处理,或与对照药剂24%甲氧虫酰

肼悬浮剂(F)40 g/hm²处理无显著差异;25%呋虫胺可湿性粉剂(C)90~150 g/hm²和20%呋虫胺悬浮剂(D)90~150 g/hm²处理药后7~21 d的保苗效果为39.01%~73.06%,药后21 d的杀虫效果为67.74%~80.83%,均低于或显著低于对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂(F)40 g/hm²处理。在相同使用剂量下,不同剂型呋虫胺对二化螟的防效表现为水分散粒剂≈可溶性粒剂>颗粒剂>可湿性粉剂≈悬浮剂。

表2 不同剂型呋虫胺对晚稻二化螟的田间防效

Table 2 Field control effect of different formulations of dinotefuran on *Chilo suppressalis* of late rice

处理 Treatment	用量 Dosage g/hm ²	药后7 d 7 d after drug		药后14 d 14 d after drug		药后21 d 21 d after drug			
		枯心率 Withered heart rate//%	保苗效果 Seedling protection effect//%	枯心率 Withered heart rate//%	保苗效果 Seedling protection effect//%	枯心率 Withered heart rate//%	保苗效果 Seedling protection effect//%	活虫数 Number of live insects 头	杀虫效果 Insecticidal effect %
A	90	1.06	70.88 cdBC	1.23	75.98 def DE	1.59	78.52 cDE	4.16	80.52 eE
	120	0.84	76.92 abcABC	1.13	77.93 cdeBCD	1.26	83.02 b BC	3.12	85.38 cdBCD
	150	0.70	80.77 abA	0.95	81.45 b AB	1.05	85.82 aAB	2.30	89.24 bB
B	90	0.79	78.30 abABC	1.25	75.58 efDE	1.80	75.69 deEFG	5.28	80.24 eE
	120	0.73	79.95 abAB	1.07	79.10 bcdBCD	1.34	81.96 bCD	2.93	86.28 bcBC
	150	0.65	82.14 aA	0.77	84.96 aA	1.04	85.93 aA	2.32	89.11 bB
C	90	2.22	39.01 gE	1.94	62.11 jG	2.46	66.86 gJ	6.65	68.84 gG
	120	2.05	43.68 gE	1.83	64.26 ijG	2.46	66.78 gJ	5.43	74.55 ff
	150	1.52	58.24 efD	1.77	65.43 iG	2.00	73.06 efGHI	4.09	80.83 eDE
D	90	1.72	52.75 fD	1.96	61.72 jG	2.84	61.70 hK	6.88	67.74 gG
	120	1.61	55.77 efD	1.55	69.73 hF	2.11	71.51 fHI	5.43	74.55 ff
	150	1.45	60.16 eD	1.47	71.29 ghF	2.17	70.67 fI	5.55	73.97 ff
E	120	0.95	73.90 bcdABC	1.35	73.63 fgEF	1.87	74.76 e FGH	4.22	80.21 eE
	150	0.91	75.00 abcABC	1.19	76.76 defCDE	1.54	79.16 cDE	2.93	86.28 bcBC
	180	0.78	78.57 abABC	1.00	80.47 bcBC	0.89	88.04 aA	0.93	95.66 aA
F	40	1.13	68.96 dC	1.24	75.78 efDE	1.64	77.93 cdEF	3.75	82.41 deCDE
CK	0	3.64		5.12		7.41		21.33	

注:同列数据后不同大小写字母分别表示在0.01和0.05水平差异显著

Note: Different capital letters and lowercases in the same column stand for significant differences at 0.01 and 0.05 level, respectively

2.2 不同剂型呋虫胺对稻田蜘蛛消长及水稻生长的影响由表3可知,呋虫胺对稻田蜘蛛消长有一定影响,其杀伤率随使用剂量的增加而上升。不同剂型对蜘蛛的杀伤率存在显著差异,其中可溶粒剂(A)、水分散粒剂(B)、可湿性粉剂(C)和悬浮剂(D)150 g/hm²处理对早稻和晚稻蜘蛛的杀伤率,药后7 d分别为27.59%~36.21%和45.19%~50.96%,药后14~21 d分别为42.50%~73.21%和50.31%~64.11%,药后28 d分别为43.48%~50.72%和46.54%~52.69%,显著高于颗粒剂(E)150~180 g/hm²处理和对照药剂24%甲氧虫酰肼悬浮剂(F)40 g/hm²处理。在相同使用剂量下,水分散粒剂、可溶性粒剂、可湿性粉剂和悬浮剂对蜘蛛的杀伤率相近。据调查观察,在试验浓度范围内,5种剂型对水稻生长均无不良影响。

3 结论与讨论

呋虫胺对水稻二化螟具有良好的防治效果,在相同使用剂量下,呋虫胺不同剂型对二化螟的防效表现为水分散粒剂≈可溶性粒剂>颗粒剂>可湿性粉剂≈悬浮剂,颗粒剂对蜘蛛的杀伤率显著低于水分散粒剂、可溶性粒剂、可湿性粉剂和悬浮剂。因此,使用呋虫胺防治水稻二化螟时,应优先选择

水分散粒剂、可溶性粒剂和颗粒剂,其中水分散粒剂和可溶性粒剂推荐使用剂量为90~150 g/hm²,颗粒剂推荐使用剂量为120~180 g/hm²。

呋虫胺是一种广泛用于水稻稻飞虱防治的第三代烟碱类杀虫剂^[11]。该试验结果发现,呋虫胺不同剂型90 g/hm²处理药后21 d防治二化螟的保苗效果为54.64%~79.57%,杀虫效果为49.00%~80.52%,显著低于项庆奶等^[13]研究结果,与刘翠云等^[14]研究一致。该试验同时发现,不同剂型呋虫胺对二化螟的防效存在较大差异,在相同使用剂量下,对二化螟的防效表现为水分散粒剂≈可溶性粒剂>颗粒剂>悬浮剂≈可湿性粉剂。因此,选用呋虫胺防治水稻二化螟时,应优先选择水分散粒剂、可溶性粒剂或颗粒剂,其中水分散粒剂和可溶性粒剂推荐使用剂量90~150 g/hm²,颗粒剂推荐使用剂量120~180 g/hm²。目前,呋虫胺用于稻飞虱防治的推荐使用剂量为60~120 g/hm²^[11],若要在稻田兼治二化螟,建议提高单剂使用剂量,或与氯虫苯甲酰胺、阿维菌素或毒死蜱等药剂混配使用。由于呋虫胺具有较强的内吸作用^[10],施药后应注意保持7 d左右水层,以提高药剂防治效果。

表 3 不同剂型呋虫胺对稻田蜘蛛消长的影响

Table 3 Effect of different formulations of dinotefuran on growth and decline of spider in rice field

水稻类型 Rice type	处理 Treatment	用量 Dosage g/hm ²	药后 7 d 7 d after drug		药后 14 d 14 d after drug		药后 21 d 21 d after drug		药后 28 d 28 d after drug	
			虫口密度 Population density 虫数/百丛	杀伤率 Kill rate %	虫口密度 Population density 虫数/百丛	杀伤率 Kill rate %	虫口密度 Population density 虫数/百丛	杀伤率 Kill rate %	虫口密度 Population density 虫数/百丛	杀伤率 Kill rate %
早稻 Early rice	A	90	104	10.34 efBC	114	28.75 cdCD	96	57.14 cdBC	196	28.99 dC
		120	90	22.41 cdB	96	40.00 bB	80	64.29 bAB	174	36.96 cBC
		150	84	27.59 bcAB	72	55.00 aA	64	71.43 aA	156	43.48 bAB
	B	90	102	12.07 eBC	106	33.75 cC	102	54.46 dC	190	31.16 cdC
		120	92	20.69 cdB	88	45.00 bB	82	63.39 bAB	168	39.13 cB
		150	78	32.76 abA	70	56.25 aA	68	69.64 abAB	144	47.83 abA
	C	90	110	5.17 efC	116	27.50 cdCD	94	58.04 cB	186	32.61 cdC
		120	92	20.69 cdB	92	42.50 bB	82	63.39 bAB	160	42.03 bAB
		150	74	36.21 aA	68	57.50 aA	60	73.21 aA	136	50.72 aA
	D	90	106	8.62 efC	112	30.00 cC	112	50.00 eC	190	31.16 cdC
		120	96	17.24 dBC	90	43.75 bB	96	57.14 cdBC	168	39.13 cB
		150	82	29.31 bA	74	53.75 abA	70	68.75 abAB	144	47.83 abA
	E	120	114	1.72 fgC	152	5.00 fF	216	3.57 gE	268	2.90 eD
		150	106	8.62 efBC	134	16.25 eE	204	8.93 fgDE	258	6.52 eD
		180	98	15.52 dB	122	23.75 deDE	194	13.39 fD	252	8.70 eD
	F	40	122	-5.17 gC	154	3.75 fF	210	6.25 fgDE	262	5.07 eD
		CK	0	116		160		224		276
	晚稻 Late rice	A	90	154	25.96 dCD	210	35.58 cBC	230	44.98 cdBC	346
120			128	38.46 bB	166	49.08 bAB	194	53.59 bAB	278	46.54 abA
150			104	50.00 aA	130	60.12 aA	162	61.24 aA	254	51.15 aA
B		90	162	22.12 dDE	196	39.88 cBC	222	46.89 cdAB	320	38.46 bcAB
		120	132	36.54 bcB	160	50.92 bAB	188	55.02 bAB	268	48.46 aA
		150	110	47.12 aA	124	61.96 aA	150	64.11 aA	246	52.69 aA
C		90	170	18.27 eDE	196	39.88 cBC	214	48.80 bcAB	336	35.38 cAB
		120	152	26.92 dCD	162	50.31 bAB	182	56.46 abAB	298	42.69 bAB
		150	102	50.96 aA	128	60.74 aA	152	63.64 aA	260	50.00 aA
D		90	166	20.19 eDE	198	39.26 cBC	228	45.45 cdBC	348	33.08 cB
		120	140	32.69 cBC	172	47.24 bAB	196	53.11 bAB	310	40.38 bAB
		150	114	45.19 aA	130	60.12 aA	160	61.72 aA	278	46.54 abAB
E		120	192	7.69 fF	252	22.70 dD	270	35.41 eC	396	23.85 dCD
		150	176	15.38 eEF	220	32.52 dCD	246	41.15 deBC	360	30.77 cBC
		180	152	26.92 dCD	196	39.88 cBC	224	46.41 cBC	334	35.77 bcAB
F		40	192	7.69 fF	294	9.82 fE	380	9.09 fE	472	9.23 eD
CK		0	208		326		418		520	

注:同列数据后不同大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平差异显著

Note: Different capital letters and lowercases in the same column stand for significant differences at 0.01 and 0.05 level, respectively

蜘蛛是稻田害虫重要的捕食性节肢动物,对稻飞虱、叶蝉和螟虫等害虫具有良好的控制效果,是维持稻田生态系统平衡的重要因子,在水稻害虫综合治理中具有重要地位和作用^[17]。刘其全等^[18]研究表明,呋虫胺室内对拟环纹豹蛛的 RQ 大于 5,属于低风险性农药;而董涛海等^[19]研究发现,呋虫胺对稻田蜘蛛消长有较大影响,20% 可溶性粒剂 60~90 g/hm² 药后 7 d 蜘蛛开始下降,药后 14 d 减退率达 53.5%~58.9%,药后 21 d 达 46.6%~60.8%。该研究发现,呋虫胺对稻田蜘蛛消长有一定影响,不同剂型对蜘蛛的杀伤率存在显著差异,其中可溶粒剂、水分散粒剂、可湿性粉剂和悬浮剂 150 g/hm² 叶面喷雾,药后 7 d 对蜘蛛的杀伤率为 27.59%~50.96%,药后 14~21 d 达 42.50%~73.21%,药后 28 d 为 43.48%~52.69%,与董涛海等^[19] 研究结果一致。该

试验发现,呋虫胺颗粒剂对蜘蛛的杀伤率显著低于水分散粒剂等 4 种叶面喷雾剂,其原因可能是颗粒剂因撒施而避免了药剂与蜘蛛的直接接触,对蜘蛛的杀伤作用相对较低,而水分散粒剂等 4 种剂型因叶面喷雾对蜘蛛直接杀伤作用较强所致。

参考文献

- [1] HUANG S W, WANG L, LIU L M, et al. Nonchemical pest control in China rice: A review[J]. *Agronomy for sustainable development*, 2014, 34(2): 275-291.
- [2] 朱建生, 袁文龙, 王梅和, 等. 江西临川二化螟历年发生特点与防治对策[J]. *江西植保*, 2003, 26(2): 73-76.
- [3] 李保同, 张建中, 吴建富, 等. 全程机械化生产对双季稻病虫害发生及产量的影响[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(19): 71-78.
- [4] 贾华涛, 盛仙俏, 贾庆利, 等. 单季超级稻后期二化螟与稻飞虱兼治的效果[J]. *浙江农业科学*, 2018, 59(4): 593-594.

(下转第 140 页)

钙、硅元素未能有效提高果实品质。处理②有机桃果实钙含量达 197.21 mg/kg,显著高于其他处理;其余处理差异不显著。各处理褐腐病病情指数均显著低于对照,其中处理②的病情指数最低为 1.63,显著低于处理③和处理④。叶面喷钙可以有效增加果实钙含量,显著降低有机桃褐腐病的病情指数。

3 结论与讨论

植物的营养水平取决于其体内元素的种类和比例,处于最佳营养状态的植物具有最强的抗病能力^[16]。钾具有促进光合速率和叶绿体合成^[17]、提高光合产物从叶片向储存组织转移速率^[18-19]等功能,在糖分合成和转移过程中起着重要作用,是提高作物产量和品质的关键因素^[20-22]。钙能够在细胞间层形成多聚半乳糖醛酸钙,有效提高细胞壁的稳定性和通过维护细胞壁和细胞膜的功能和结构完整性,增强寄主对部分病原菌的抗性^[23]。通过合理平衡的施肥措施,提高果实品质,增强抗病力,是切实可行的一个新型研究领域。

该研究结果表明,在合理范围内,适当补充钾、钙等大、中量元素调节树体营养,尤其是增加果实中的钙含量,能够显著提高果实品质,降低褐腐病的发生。1 hm² 施入 2 250 kg 矿质钾镁肥+90 kg 稻醋液,并叶面喷施 500 倍氯化钙溶液,可以显著提高有机桃果实钙含量,显著降低褐腐病的病情指数。1 hm² 施入 2 250 kg 矿质钾镁肥+90 kg 稻醋液,并叶面喷施 10% 草木灰浸出液可以有效增加有机桃叶片钾含量,显著提高果实单果重以及可溶性固形物和总糖的含量。由于钙素的被动吸收特性^[24]以及北京地区有机桃栽培中的套袋措施对果实蒸腾速率的影响,土壤补充钙肥的措施未能增加果实钙元素含量。

参考文献

- [1] PASCAL T, LEVIGNERON A, KERVELLA J, et al. Evaluation of two screening methods for resistance of apricot, plum and peach to *Monilinia laxa* [J]. *Euphytica*, 1994, 77(1/2): 19-23.
- [2] 钟亚凤, 张彦威, 陈笑瑜, 等. 北京地区桃褐腐病初侵染源的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(S1): 262.
- [3] 李家康, 徐美德, 梁德印, 等. 我国北方施用硫酸钾对提高蔬菜和果树产量与品质的作用[J]. 土壤肥料, 1996(6): 1-5.
- [4] 曹富强, 辛绍钢. 不同钾、氮水平对红富士苹果品质的影响[J]. 河北林业科技, 2007(5): 4-6, 9.
- [5] MONTEALEGRE A J, VALDES D J. The effect of calcium applied before

harvest on susceptibility of raspberry fruit to *Botrytis cinerea* [J]. *Fitopatologia*, 1993, 28(2): 93-98.

- [6] PENNISI A M, AGOSTEO G E, FUNARO M, et al. Control of pre and post-harvest rot of strawberry using alternative active ingredients [J]. *Atti, giornate fitopatologiche*, 2002, 2: 443-448.
- [7] CHÉOUR F, WILLEMOT C, ARUL J, et al. Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry [J]. *Journal of the American society for horticultural science*, 1990, 115(5): 789-792.
- [8] CONWAY W S, SAMS C E, WANG C Y, et al. Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples [J]. *Journal of American society for horticultural science*, 1994, 119(1): 49-53.
- [9] CHARDONNET C, L'HYVERNAY A, DONECHE B. Effect of calcium treatment prior to *Botrytis cinerea* infection on the changes in pectic composition of grape berry [J]. *Physiol Mol Plant Pathol*, 1997, 50(4): 213-218.
- [10] IPPOLITO A, SCHENA L, PENTIMONE I, et al. Control of postharvest rots of sweet cherries by pre- and postharvest applications of *Aureobasidium pullulans* in combination with calcium chloride or sodium bicarbonate [J]. *Postharvest biology and technology*, 2005, 36(3): 245-252.
- [11] WOJCIK P. "Dabrowicka Prune" fruit quality as influenced by calcium spraying [J]. *Journal of plant nutrition*, 2001, 24(8): 1229-1241.
- [12] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [13] 中国农业大学植物保护学部. 普通植物病理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2004: 40-43.
- [14] SPSS Inc. SPSS base 10.0 user's guide [M]. Chicago, IL: SPSS, 1999.
- [15] 李港丽, 苏润宇, 沈隽. 从叶分析结果试论提高我国几种落叶果树产量和品质的问题 [J]. 中国农业科学, 1988, 21(2): 56-63.
- [16] 管致和. 植物医学导论 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 58-66.
- [17] DEKOV I, VELICHKOV D. Ultrastructural and functional changes in the chloroplasts of maize plants at various levels of potassium nutrition and water stress [J]. *Plant physiology*, 1992, 18(1): 3-9.
- [18] ASHLEY D A, GOODSON R D. Effect of time and plant K status on 14C-labeled photosynthate movement in cotton [J]. *Crop science*, 1972, 12(5): 686-690.
- [19] MENGEL K. Effect of potassium on the assimilate conduction to storage tissue [J]. *Plant biology*, 1980, 93(1): 353-362.
- [20] 方金豹, 田莉莉, 陈锦永, 等. 猕猴桃源库关系的变化对果实特性的影响 [J]. 园艺学报, 2002, 29(2): 113-118.
- [21] HARTZ H K, MIYAO G, MULLEN R J, et al. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato [J]. *Journal of the American society for horticultural science*, 1999, 124(2): 199-204.
- [22] 李会合, 贺方云. 氮和钾对蔬菜营养品质效应研究进展 [J]. 重庆文理学院学报(自然科学版), 2007, 26(1): 31-34.
- [23] YUEN M C. Postharvest handling of tropical fruits [C] // Proceedings of the international conference on postharvest handling of tropical fruit. Chiang Mai, Thailand: ACIAR, 1993: 19-21.
- [24] DAVID G, ROBERT F. The calcium cycle: Uptake and distribution in apple trees [J]. *Hortscience*, 1983, 18(2): 147-149.

(上接第 133 页)

- [5] 陈罗湘, 周尚泉, 陈远贵, 等. 不同施肥处理对水稻病虫害及天敌发生的影响 [J]. 作物研究, 2006, 22(6): 330-334.
- [6] 赵丹丹, 周丽琪, 张帅, 等. 二化螟对双酰胺类杀虫剂的抗性监测和交互抗性研究 [J]. 中国水稻科学, 2017, 31(3): 307-314.
- [7] 俞晓平, 吕仲贤, 陈建明, 等. 我国植物源农药的研究进展 [J]. 浙江农业学报, 2005, 17(1): 42-48.
- [8] 徐红星, 郑许松, 田俊策, 等. 我国水稻害虫绿色防控技术的研究进展与应用现状 [J]. 植物保护学报, 2017, 44(6): 925-939.
- [9] 杨亚军, 徐红星, 郑许松, 等. 中国水稻纵卷叶螟防控技术进展 [J]. 植物保护学报, 2015, 42(5): 691-701.
- [10] 张亦冰. 新内吸杀虫剂——呋虫胺 [J]. 世界农药, 2003, 25(5): 46-47.
- [11] 汪爱娟, 李阿根, 张舟娜. 呋虫胺等几种新药剂防治水稻稻飞虱与黑尾叶蝉药效试验 [J]. 江西农业学报, 2015, 27(3): 53-55.
- [12] 曾霞, 倪钰萍, 马亚芳, 等. 8 个烟碱类杀虫剂生物活性比较研究 [J].

现代农药, 2013, 12(6): 1-5.

- [13] 项庆奶, 廖璇刚. 呋虫胺对水稻二化螟的防治效果 [J]. 浙江农业科学, 2015, 56(6): 835-836.
- [14] 刘翠云, 李国清, 刘明贤, 等. 20% 呋虫胺 SG 防治水稻二化螟田间药效试验 [J]. 湖北植保, 2016, 28(5): 19-20.
- [15] 农业部农药检定所生测室. 农药田间药效试验准则(一) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 1-5.
- [16] 李保同, 裴春梅, 石庆华, 等. 阿维菌素对二化螟和稻纵卷叶螟的生物活性及稻田天敌的影响 [J]. 植物保护学报, 2009, 36(6): 550-554.
- [17] 吕仲贤, 俞晓平, HEONG K L. 稻田氮肥施用量对黑肩盲蝽捕食功能的影响 [J]. 昆虫学报, 2005, 48(1): 48-56.
- [18] 刘其全, 邱良妙, 吴玮, 等. 11 种稻田常用杀虫剂对拟环纹豹蛛的室内安全性评价 [J]. 福建农业学报, 2016, 31(11): 1226-1230.
- [19] 董涛海, 章小根, 姚张明, 等. 呋虫胺防治稻飞虱田间药效试验 [J]. 浙江农业科学, 2014, 55(5): 701-702.