

98%棉隆颗粒剂土壤处理对甘肃陇南低海拔川道区小麦田有害生物发生及产量的影响

曹世勤^{1,2,3}, 王万军⁴, 贾秋珍^{1,2,3}, 曹辛未⁵,
封继红⁵, 王晓明^{1,2,3}, 孙振宇^{1,2,3}

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070; 2. 农业农村部天水作物有害生物科学观测实验站, 天水 741200; 3. 农业农村部国家植物保护甘谷观测实验站, 天水 741200; 4. 甘肃省天水市农业科学研究所甘谷试验站, 天水 741200; 5. 甘肃博圣元生态科技有限公司, 兰州 730070)

摘要 2018年—2019年在甘肃省农业科学院植物保护研究所甘谷试验站, 选用土壤熏蒸剂棉隆进行土壤消毒防治小麦全蚀病、地下害虫和田间杂草。结果表明, 98%棉隆颗粒剂 75~450 kg/hm² 处理对麦田地下害虫的防效达到100%, 对小麦全蚀病的防效为 64.71%~100%, 对小麦田杂草的鲜重防效为 75.24%~89.81%, 小麦增产幅度为 4.44%~15.31%。综合投资效益并结合小麦产值比, 建议选用 75~225 kg/hm² 施用量, 可达到较好的控害、增效作用。

关键词 土壤消毒; 棉隆; 小麦; 土传; 有害生物

中图分类号: S 451.221 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019579

Effect of soil fumigation by dazomet 98% GR on wheat pests and yield at low attitude area of southern Gansu province

CAO Shiqin^{1,2,3}, WANG Wanjun⁴, JIA Qiuzhen^{1,2,3}, CAO Xinwei⁵,
Feng Jihong⁵, WANG Xiaoming^{1,2,3}, SUN Zhenyu^{1,2,3}

(1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Tianshui, Ministry of Agricultural and Rural Affairs, Tianshui 741200, China; 3. National Agricultural Experimental Station for Plant Protection at Gangu, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianshui 741200, China; 4. Gangu Testing Station, Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Gansu Province, Tianshui 741200, China; 5. Boshengyuan Ecological and Science & Technology Limited Company, Lanzhou 730070, China)

Abstract In this study dazomet 98% GR was used for soil fumigation to control wheat take-all disease, underground insect pests and weeds at Gangu Testing Station, Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences during 2018–2019. The results showed that, the control efficacy of dazomet 98% GR at 75–450 kg/hm² was 100% for underground pests, 64.71%–100% for take-all disease, and 75.24%–89.81% for fresh weight of weeds, and the yields increased by 4.44%–15.31%. According to comprehensive analysis, treatment by dazomet 98% GR at 75–225 kg/hm² was recommended at low attitude area of southern Gansu province.

Key words soil disinfection; dazomet; wheat; soil borne; pests

研究发现, 甘肃陇南生境复杂, 气候条件十分适宜于小麦条锈病、白粉病、黄矮病、全蚀病及麦蚜、地下害虫、麦红蜘蛛和麦田阔叶杂草等 20 余种小麦有害生物猖獗为害^[1]。在甘肃陇南低海拔川道区的小

麦田, 全蚀病、地下害虫和农田杂草等田间土栖或土壤传播危害的有害生物更是常年高发、频发, 严重危害当地小麦生产。采用化学农药进行药剂拌种(种子包衣)或发生期喷药是防治此类有害生物最有效

的措施。尽管这些技术目前在生产中得到广泛应用,但在甘肃陇南,种植小麦的效益相对偏低,药剂拌种(种子包衣)措施应用仍然难度较大。从近年来我国农药使用现状看,施药不精准、农药利用率偏低,除草剂药害时有发生^[2-4]。土壤熏蒸法进行土壤有害生物源头治理,对改善农田生态环境、显著减少田间化学农药使用量和降低劳动成本,提高单位产量和效益具有较好的现实意义。土壤熏蒸剂是指施用于土壤中后可以产生具有杀虫、杀菌或除草等作用的气体,从而在人为的密闭空间中防止土传病、虫、草等危害的一类农药^[5]。熏蒸剂具有分子量小、降解快、无残留风险、对食品安全的特点,在作物种植前采用熏蒸剂对土壤进行消毒是当前最有效且稳定防治土传病虫害的方法^[6]。目前,国际上已经登记使用的土壤熏蒸剂有碘甲烷(methyl iodide)、氯化苦(chloropicrin)、1,3-二氯丙烯(1,3-dichloropropene, 1,3-D)、二甲基二硫(dimethyl disulfide, DMDS)、硫酰氟(sulfuryl fluoride)、异硫氰酸丙烯酯(allyl isothiocyanate, AITC)、异硫氰酸甲酯(methyl isothiocyanate, MITC)及其产生前体棉隆(dazomet)及威百亩(metham sodium)。在中国,氯化苦、棉隆、威百亩及硫酰氟已获得登记并广泛应用于草莓、草坪、蔬菜、观赏植物等保护地和高附加值作物生产上,已成为有害生物综合防治技术体系的一部分^[6-7]。

研究发现,棉隆在土壤中遇水后,将转化为广谱性的活性物质异硫氰酸甲酯(methylisothiocyanate, MITC)^[8], MITC 及其产生前体棉隆在土壤中留存时间短,对环境友好,且不会消耗臭氧^[9],棉隆为颗粒剂,具有田间施用方便的特点,目前已广泛应用于高尔夫球场、果园、浆果、球茎花卉、赛马场、观赏植物、苗场、温室、堆肥、罐装土壤、草莓及番茄等诸多作物生产上^[10-14]。尽管棉隆已在生产中广泛应用,但尚未将其用于甘肃陇南小麦生产中防治土传有害生物。基于此,笔者于 2018 年—2019 年在甘肃省农业科学院植物保护研究所甘谷试验站,开展了棉隆防治小麦田全蚀病、地下害虫和农田杂草试验,旨在为其在甘肃省小麦田的利用打下良好基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试药剂为 98%棉隆颗粒剂,江苏南通化工有限公司生产,甘肃博圣元生态科技有限公司提供。

冬小麦指示品种‘陇鉴 9825’,对条锈病表现免疫,白粉病表现中抗,全蚀病表现感病。

1.2 试验设计

试验地设在甘肃省农业科学院植物保护研究所甘谷试验站,试验地海拔 1 270 m。试验于 2018 年 7 月 3 日前茬小麦收获后进行。

试验设 98%棉隆颗粒剂 75、150、225、300、375、450 kg/hm² 及空白对照(CK)共 7 个处理,每处理 3 次重复,随机区组排列,共 21 个小区。试验地小区面积 35 m²。

棉隆施用方法采用撒施法。撒施前及时整地,撒施后快速旋耕并铺膜,以防药剂蒸发。铺膜后 20 d 揭膜,之后每隔 3~5 d 旋耕 1 次,旋耕 2~3 次为宜。具体方法参照《NY/T 3129-2017 棉隆土壤消毒技术规程》中描述的进行。

试验于 2018 年 10 月 18 日采用小区播种机播种,播量 225 kg/hm²。为防止土壤处理田二次污染,采用田边井水灌溉。日常管理同当地大田。

1.3 调查方法

每小区大五点取样调查,每点 1 m²。分别在 2018 年 10 月 10 日(播种前)、2019 年 4 月 28 日(扬花初期)、5 月 30 日(灌浆期)、6 月 30 日(收获后)、7 月 27 日(收获后 30 d)、8 月 26 日(收获后 60 d)、9 月 24 日(收获后 90 d)等 7 个时间段分别登记目标病虫害。

为保证试验数据准确性,每次调查尽可能避免采集同一点数据。

1.3.1 有害生物种类和数量

全蚀病、地下害虫及麦田杂草调查方法和防治效果计算参照《GB/T 17980.109-2004 农药田间药效试验准则(二)第 109 部分:杀菌剂防治小麦全蚀病》《GB/T 17980.72-2004 农药田间试验准则(二)第 72 部分:杀虫剂防治旱地地下害虫》和《NY/T 1464.40-2011 农药田间药效试验准则第 40 部分:除草剂防治免耕小麦田杂草》中描述的方法进行。

1.3.2 对相关生物学及经济性状的影响

小麦播种后 30 d,每小区大五点取样,每点调查 1 m 行长,查记各处理出苗情况。收获前每小区随机调查 30 株,查记株高、穗长等相关农艺性状,脱粒后进行穗粒重、千粒重等测定。各小区单收单打,计算产量。

1.4 计算方法及数据分析

1.4.1 计算方法

出苗率 = 出苗数 / 播种种子数 × 100%。

全蚀病:

白穗率 = 枯白穗数 / 调查穗数 × 100%;

防治效果 = [对照区病情指数(白穗率) - 处理区病情指数(白穗率)] / 对照区病情指数(白穗率) × 100%。

地下害虫防虫效果:

防治效果 = (对照区活虫数 - 处理区活虫数) / 对照区活虫数 × 100%。

杂草防除效果:

防除效果 = (对照区鲜重 - 处理区鲜重) / 对照

区鲜重 × 100%。

1.4.2 数据分析

采用 Excel 2007 和 DPS 3.01 进行。

2 结果与分析

2.1 对有害生物的影响

2.1.1 对地下害虫的影响

自 2018 年 10 月 - 2019 年 9 月调查发现, 仅在试验地对照田块有不同数量的金针虫和蛴螬出现, 而所有处理区均未发现任何地下害虫, 表明施用棉隆 75 kg/hm² 处理, 对地下害虫的防治效果可达 100% (表 1)。

表 1 98%棉隆颗粒剂不同施用量对金针虫/蛴螬的防治效果

Table 1 Control effect of soil fumigation with dazomet 98% GR on wireworms and grubs in field

施用量/kg · (hm ²) ⁻¹ Dosage	金针虫/蛴螬数量/头 · m ⁻² Numbers of wireworm/grub							总体防效/% Control efficacy
	2018-10-10	2019-04-28	2019-05-30	2019-06-30	2019-07-27	2019-08-26	2019-09-24	
75	0	0	0	0	0	0	0	100
150	0	0	0	0	0	0	0	100
225	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
375	0	0	0	0	0	0	0	100
450	0	0	0	0	0	0	0	100
CK	0.2/0.1	2.4/0	3.6/1	4.2/2.4	5.2/3.2	7.4/3.8	8.2/4.2	—

2.1.2 对农田杂草的防效

调查结果显示, 试验地田间农田杂草主要为一年生杂草灰藜 *Chenopodium album* Linn.、猪殃殃 *Galium spurium* L. 刺儿菜 *Cirsium arvense*

(Willd.)、狗尾草 *Setaria viridis* (L.) Beauv.。对其鲜重防效进行分析发现: 各处理防效随着时间推移逐渐降低, 调查终期总体防效超过 75% (表 2)。

表 2 98%棉隆颗粒剂不同施用量对农田杂草的防除效果¹⁾

Table 2 Control effect of soil fumigation with dazomet 98% GR on weeds in field

施用量/kg · (hm ²) ⁻¹ Dosage	总体防效/% Control efficacy						
	2018-10-10	2019-04-28	2019-05-30	2019-06-30	2019-07-27	2019-08-26	2019-09-24
75	100.00	86.44 dD	86.84 dD	85.19 dC	82.35 cC	78.63 cC	75.24 cC
150	100.00	91.53 cC	92.98 bcBC	88.36 cdBC	84.45 bcBC	81.64 bC	80.83 bB
225	100.00	96.61 bB	93.86 bcBC	89.95 bcBC	88.66 bAB	90.41 aAB	82.04 bB
300	100.00	100.00 aA	96.49 bcB	92.06 abAB	91.18 abA	92.33 aA	82.77 bB
375	100.00	100.00 aA	98.25 abAB	94.18 aA	92.44 aA	93.97 aA	86.41 aA
450	100.00	100.00 aA	100.00 aA	96.30 aA	94.96 aA	94.79 aA	89.81 aA

1) 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著, 不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著, 下同。

Different lowercase letters after the data in the same column indicate significant difference at 0.05 level, and different capital letters indicate extremely significant difference at 0.01 level. The same applies below.

同一时期, 高施用量防效显著高于低施用量防效, 且在 $\alpha=0.01$ 水下差异显著。同时, 从田间调查结果看, 各处理均对田旋花没有效果。

2.1.3 对全蚀病的防效

由表 3 可见, 随着施用量的增加, 成株期全蚀病

白穗率和病情指数呈明显下降趋势, 防效上升趋势明显。其中 450 kg/hm² 处理防效最高, 达 100%; 其次是 375 kg/hm² 处理, 防效为 97.06%, 75 kg/hm² 处理防效最低, 为 64.71%。方差分析结果显示, 各处理间防效差异极显著 ($\alpha=0.01$)。

表 3 98%棉隆颗粒剂不同施用量对全蚀病的防治效果

Table 3 Control effect of soil fumigation with dazomet 98%

GR on wheat take-all disease at adult stage in field

施用量/ kg · (hm ²) ⁻¹ Dosage	白穗率/% Ratio of white head	病情指数 Disease index	防治效果/% Control efficacy
75	6.35	1.78	64.71 fF
150	4.23	0.89	76.47 eE
225	2.65	0.56	85.29 dD
300	1.59	0.33	91.18 cC
375	0.53	0.11	97.06 bB
450	0.00	0.00	100.00 aA
0(CK)	17.99	8.00	—

2.2 对相关性状的影响

2.2.1 对农艺性状的影响

由表 4 结果看出,播种后 30 d 调查结果显示,

表 4 98%棉隆颗粒剂不同施用量处理对相关农艺性状和经济性状的影响

Table 4 Effect of soil fumigation with dazomet 98% GR on agronomic and economical characters

施用量/ kg · (hm ²) ⁻¹ Dosage	出苗率/% Rate of emergence	株高/cm Plant height	千粒重/g 1 000 grain weight	每穗粒重/g Weight per ear	小区产量/kg Plot yield				折合产量/ kg · (hm ²) ⁻¹ Yield	增产幅度/% Increased rate
					I	II	III	平均 Average		
75	96.67	85.40	42.14	1.47	39.99	40.23	41.22	40.48	11 566 cC	4.44
150	96.33	84.27	42.21	1.48	42.12	41.25	41.32	41.56	11 875 bcBC	7.23
225	96.33	85.03	42.37	1.48	42.88	42.35	42.19	42.47	12 135 bcBC	9.58
300	95.33	85.10	42.55	1.49	43.36	42.89	43.15	43.13	12 324 abAB	11.28
375	95.00	84.40	42.67	1.49	43.52	44.45	43.69	43.89	12 539 aA	13.23
450	94.33	85.03	42.87	1.50	45.44	44.25	44.39	44.69	12 770 aA	15.31
0(CK)	97.00	85.53	42.07	1.47	39.61	38.54	38.12	38.76	11 073	—

3 结论与讨论

包括小麦全蚀病、蛴螬及金针虫和刺儿菜、灰藜等在内的病虫草害是威胁甘肃陇南川道区小麦生产的土栖或土壤传播的病虫草害,近年来这些有害生物每年混合发生,若不及时防治,会造成较大的产量和经济损失。目前,国内外防治这些有害生物的方法有化学防治、生物防治、农业防治、人工拔除等多种。农业防治可较好地控制全蚀病的发生,但对地下害虫和农田杂草作用不大。化学药剂防治是最直接、有效的方法。特别是除草剂,在每年 11 月中下旬或 3 月上中旬进行喷药可有效防除田间杂草的发生危害;对地下害虫和全蚀病,选用有针对性的杀虫剂、杀菌剂和种子包衣剂进行拌种(包衣)处理也可较好地控制其发生危害。在甘肃陇南小麦生产上,使用化学农药进行拌种(包衣)或苗期防治,有两方面的风险。1)除草剂使用方面,尽管目前除草剂使用量和使用次数较多,但除草剂施药剂量、种类选择、施药时期等方面的要求相对较高,若农户在喷施时各项技术掌握不准确,极易对小麦本身及周边作物产生

各处理及空白对照出苗率均在 94%以上,对照与各处理间无明显差异。成熟期调查株高,各处理间及与空白对照间无明显差异。

2.2.2 对相关产量指标的影响

调查结果显示,对千粒重和平均穗粒重,各处理与空白对照间无明显差异。产量测定结果发现,各处理均较空白对照增产,增产幅度在 4.44%~15.31%之间。其中 450 kg/hm² 处理折合产量最高,为 12 770 kg/hm²,较空白对照增产 15.31%,其次是 375 kg/hm² 处理,折合产量为 12 539 kg/hm²,较空白对照增产 13.23%,225 kg/hm² 处理折合产量最低,为 11 566 kg/hm²,较空白对照增产 4.44%,与其余各处理间差异极显著($\alpha=0.01$)。

药害,造成不必要的经济和产量损失;2)种子包衣剂或杀虫、杀菌剂使用方面,若选用的剂量偏大,将会造成人畜中毒或影响种子出苗。特别是相对偏小地块,机械操作困难,更是如此。因此农民一般不采用种子拌种(包衣)法防治地下害虫及全蚀病。

选用土壤熏蒸剂棉隆开展土壤消毒,对多种土栖或土传性有害生物均有较好的防控效果,是克服作物连作障碍的关键技术措施^[13-15]。本试验发现,采用 98%棉隆颗粒剂 75 kg/hm² 处理,即可较好控制小麦田土栖或土传有害生物的发生危害,特别是对地下害虫的防治效果可达到 100%,对全蚀病的防效在 64%以上,对农田杂草的鲜重防效超过 75%,这与前人研究结果基本一致^[12-13];产量测定结果表明,各处理均具有一定的增产作用,增产幅度为 4.44%~15.31%。上述结果表明,采用棉隆处理小麦田,具有较好的控制有害生物发生及提高产量的作用。

尽管土壤消毒具有较好的控制土壤中有有害生物且增产作用,但其对土壤中的微生物是毁灭性的触杀,故在施用后对土壤微生态的破坏极大。胡洪涛等^[13]利用 Illumina Miseq 技术研究棉隆土壤消毒对

土壤微生态的影响,结果表明,棉隆土壤消毒降低了土壤中真菌 α 多样性,但消毒土壤中真菌群落结构与对照较为相似,对土壤群落结构的影响相对较小。表明土壤熏蒸后前期对土壤微生物有一定影响,但经土壤微生物群落 50 d 左右的重构,将恢复为与对照无差异。从本研究田间试验结果看,棉隆处理区地下害虫和杂草量极少,表明棉隆处理土壤可显著降低用工量和化学农药的使用量,达到较好的减药、增效和保护农田生态环境的作用,是防治小麦田土传有害生物的有效措施之一。陇南低海拔川道区小麦平均产量为 12 000~15 000 kg/hm²,按平均增产 8% 计算,则使用后增产 960~1 200 kg/hm²。按小麦单价 2.00 元/kg 计算,增收 1 920.00~2 400.00 元/hm²。棉隆单价 45.00 元/kg,则试验农药费需投入 3 375~20 250 元/hm²。从项目组团队成员 2018 年—2019 年在兰州市七里河区大棚草莓试验、西固区百合试验及定西市安定区和岷县中药材试验结果看,使用棉隆可较好控制田间有害生物 2~3 年(未发表资料)。若小麦田按照 2 年计算,则增收 3 840~4 800 元/hm²。综合考虑有害生物控制效果和小麦田投入产出比,建议在今后的生产中采用 75~225 kg/hm² 施用量为宜。

参考文献

- [1] 贾明贵,李振岐,商鸿生,等. 天水地区小麦病虫害综合防治技术研究[J]. 西北农业大学学报,1991,19(S1):95-99.
- [2] 闵红. 我国农药减量控害技术的现状及展望[J]. 中国植保导刊,2017,37(6):83-85.
- [3] 陈晓明,王程龙,薄瑞. 中国农药使用现状及对策建议[J]. 农药科学与管理,2016,37(2):4-8.

- [4] 王佳新,李媛,王秀东,等. 中国农药使用现状及展望[J]. 农业展望,2017,13(2):56-60.
- [5] 毛连纲,颜冬冬,吴篆芳,等. 土壤化学熏蒸效果的影响因素述评[J]. 农药,2013,52(8):547-551.
- [6] 王秋霞,颜冬冬,王献礼,等. 土壤熏蒸剂研究进展[J]. 植物保护学报,2017,44(4):529-543.
- [7] CHELLEMI D O, OLSON S M, MITCHELL D J, et al. Adaptation of soil solarization to the integrated management of soil borne pests of tomato under humid conditions [J]. Phytopathology, 1997, 87(3): 250-258.
- [8] ROBERTS T R, HUTSON D H. Methyl isothiocyanate and precursors [M]//Royal Society of Chemistry. Metabolic pathways of agrochemicals, UK: Cambridge, 1999:1211-1224.
- [9] BECKER J O, OHR H D, GRECH N M, et al. Evaluation of methyl iodide as a soil fumigant in container and small field plot studies [J]. Pesticide Science, 1998, 52(1): 58-62.
- [10] FU C H, HU B Y, CHANG T T, et al. Evaluation of dazomet as fumigant for the control of brown root rot disease [J]. Pest Management Science, 2012, 68(7): 959-962.
- [11] 曹焯程,刘晓漫,郭美霞,等. 土传病害的危害及防治技术[J]. 植物保护,2017,43(2):6-16.
- [12] 莫娟,刘小娟,王文慧,等. 3 种土壤消毒剂对芹菜根腐病的田间防效[J]. 中国蔬菜,2018(9):51-53.
- [13] 胡洪涛,朱志刚,焦忠久,等. 棉隆土壤消毒对高山甘蓝根肿病的防效及土壤真菌群落的影响[J]. 华中农业大学学报,2019,38(3):25-31.
- [14] 徐少卓,赵玉文,王义坤,等. 棉隆熏蒸加短期轮作葱对平邑甜茶幼苗生长及其生理的影响[J]. 园艺学报,2018,45(6):1-9.
- [15] MAO Liangang, JIANG Hongyun, WANG Qiuxia, et al. Effective of soil fumigation with dazomet for controlling ginger bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in China [J]. Crop Protection, 2017, 100: 111-116.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 247 页)

- [8] 周扬,吴琼,刘梦丽,等. 新疆棉区棉花立枯病菌和红腐病菌种间及种内菌株间的致病力比较[J]. 新疆农业科学,2017,54(3):489-496.
- [9] 张军高,李进,王立红,等. 复合型棉花种衣剂田间防效评价及减施分析[J]. 新疆农业科学,2019,56(1):154-165.
- [10] 张适潮,俞凤仙,卢兰珠,等. 敌唑酮防治棉花苗期病害[J]. 农药,1989,28(3):50-51.
- [11] 晓诸. 咪喃丹深施防治棉蚜[J]. 植物保护,1984,10(4):36.
- [12] 张进宏,李芝凤. 卫福 200FF 棉花拌种效果[J]. 湖北农业科学,1994(2):15-16.
- [13] 田维志,陈齐信. “大扶农”可以替代“咪喃丹”—“大扶农”防治棉蚜药效试验分析[J]. 江西棉花,1991(2):11.
- [14] 李金玉,李庆基,江涌,等. 咪喃丹与多菌灵复配种衣剂综合防治棉花病虫害[J]. 植物保护,1983,9(3):15.
- [15] 李健强,李金玉,刘桂英,等. 种衣剂 21 号防治湖北棉花苗期病害[J]. 农药,1994,33(3):43-45.
- [16] 丑靖宇. 种衣剂重点产品市场数据分析及未来预测[J]. 农药市场信息,2015(30):35-38.

- [17] 亚力昆江·阿布都热扎克,王红梅,迪力夏提·阿不力米提,等. 70%快胜干种衣剂防治棉花苗期害虫效果试验[J]. 植物保护,2002,28(4):49-50.
- [18] 王锁牢,郝彦俊,李广阔,等. 吡虫啉、氟虫腈对地老虎的室内毒力及田间防效[J]. 植物保护,2005,31(4):86-88.
- [19] 乔贵宾,满晓萍,崔志明. 锦华种衣剂在棉花生产上的应用[J]. 农村科技,2005(6):10-11.
- [20] 雷斌,黄乐平,谢应华,等. 棉花种衣剂在阿克苏、库尔勒地区的应用研究初报[J]. 新疆农业科学,2002,39(6):362-364.
- [21] 张帅,尹姣,曹雅忠,等. 药用植物地下害虫发生现状与无公害综合防治策略[J]. 植物保护,2016,42(3):22-29.
- [22] 刘景坤,刘润峰,宋建华,等. 50%噻虫嗪悬浮种衣剂的研制及其对棉花蚜虫的防治效果[J]. 农药学报,2015,17(1):60-67.
- [23] ZHANG Peng, ZHANG Xuefeng, ZHAO Yunhe, et al. Effect of imidacloprid and clothianidin seed treatments on wheat aphids and their natural enemies on winter wheat [J]. Pest Management Science, 2016, 72(6): 1141-1149.

(责任编辑:杨明丽)