

· 中药农业 ·

不同生物源农药对内蒙古地区蒙古黄芪白粉病的
田间防效研究[△]郭文欣¹, 何倩^{1a}, 牛慧¹, 王佳¹, 葛爱国², 于建财², 黄聪颖¹, 李旻辉¹, 李正男^{3*}, 张春红^{1,4*}

1. 包头医学院, 内蒙古 包头 014040;

2. 内蒙古盛齐堂生态药植有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010000;

3. 内蒙古农业大学 园艺与植物保护学院, 内蒙古 呼和浩特 010018;

4. 道地药材蒙古黄芪种植与开发内蒙古自治区工程研究中心, 内蒙古 包头 014040

【摘要】 目的: 探究不同生物源农药对蒙古黄芪白粉病的防治效果, 为内蒙古地区蒙古黄芪生态种植专用生物源农药的选择提供依据。**方法:** 在内蒙古自治区呼和浩特市和林格尔县, 以清水为空白对照、25% 多菌灵为阳性对照, 选择市售、农业中白粉病防治效果较好的 11 种生物源农药 (1.5% 苦参·蛇床素、0.5% 小檗碱、哈茨木霉菌+枯草芽孢杆菌、80% 硫磺、几丁聚糖、0.3% 丁子香酚、5% 氨基寡糖素、大蒜素、0.5% 大黄素甲醚、碳酸氢钠、解淀粉芽孢杆菌), 施药 3 次, 以病叶率、病情指数为考察指标, 研究不同药剂对蒙古黄芪白粉病的防治效果。**结果:** 给药前不同组别间病叶率差异无统计学意义, 表明试验田各组别蒙古黄芪白粉病发病情况基本一致; 在第 3 次给药 7 d 后, 与空白对照相比, 1.5% 苦参·蛇床素、80% 硫磺、25% 多菌灵和碳酸氢钠组的蒙古黄芪病叶率显著降低 ($P<0.05$), 表明防治效果较好, 其中 1.5% 苦参·蛇床素、80% 硫磺与阳性对照防治效果相当, 三者间防治效果差异无统计学意义; 12 种药剂中 80% 硫磺、1.5% 苦参·蛇床素、25% 多菌灵的平均防治效果为 49.26%、33.95%、39.78%, 防治效果较好, 三者间防治效果差异无统计学意义。**结论:** 1.5% 苦参·蛇床素、80% 硫磺可成为内蒙古地区蒙古黄芪白粉病专用生物源农药。

【关键词】 蒙古黄芪; 白粉病; 生态种植; 生物源; 防治效果**【中图分类号】** R282.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-4890(2023)04-0854-05**doi:**10.13313/j.issn.1673-4890.20220715001

Effects of Different Biogenic Pesticides on Field Control of Powdery Mildew of

Astragalus membranaceus var. *mongholicus* in Inner MongoliaGUO Wen-xin¹, HE Qian^{1a}, NIU Hui¹, WANG Jia¹, GE Ai-guo², YU Jian-cai², HUANG Cong-ying¹, LI Min-hui¹,LI Zheng-nan^{3*}, ZHANG Chun-hong^{1,4*}

1. Baotou Medical College, Baotou 014040, China;

2. Inner Mongolia Shengqitang Ecological Medicine Plant Co., Ltd., Hohhot 010000, China;

3. College of Horticulture and Plant Protection, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

4. Inner Mongolia Engineering Research Center of The Planting and Development of *Astragalus membranaceus* of the Geoherbs, Baotou 014040, China

【Abstract】 Objective: To investigate the effects of different biogenic pesticides on the field control of powdery mildew of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus* to provide a scientific basis for the selection of a dedicated biogenic

[△] **【基金项目】** 内蒙古自治区科技计划项目 (2020GG0144); 内蒙古自治区教育厅项目 (NMSC18065); 内蒙古自治区中医药(蒙医药)中青年领军人才培养项目 (2022- [RC001]); 内蒙古自治区高等学校创新团队发展计划项目 (NMGIRT2326)

^{*} **【通信作者】** 张春红, 教授, 研究方向: 中蒙药药效学研究及资源保护与开发利用; Tel: 0472-7167890, E-mail: zchlhh@126.com

李正男, 教授, 研究方向: 园艺植物病理; Tel: 0471-4301175, E-mail: lizhengnan@imau.edu.cn

^a 并列第一作者

pesticide for the ecological cultivation of *A. membranaceus* in Inner Mongolia. **Methods:** The test was conducted in Horing County of Hohhot, Inner Mongolia Autonomous Region. With water as blank control and 25% carbendazim as positive control, 11 commercially available biogenic pesticides with good control of powdery mildew in agriculture were selected [1.5% matriner·osthole, 0.5% berberine, *Trichoderma harzianum*+*Bacillus subtilis*, 80% sulfur, chitosan, 0.3% eugenol, 5% oligochitosan, allicin, 0.5% physcion, sodium bicarbonate, and *B. amyloliquefaciens*]. The pesticides were sprayed three times. The rate of diseased leaves and disease index were used as indicators to study the effects of different pesticides on the control of powdery mildew in *A. membranaceus*. **Results:** Before administration, there was no significant difference in diseased leaf rate among different groups, indicating that the incidence of powdery mildew in *A. membranaceus* in all groups was basically the same. Seven days after the third administration, compared with the result in the blank control group, the diseased leaf rates of *A. membranaceus* in the 1.5% matriner·osthole group, 80% sulfur group, 25% carbendazim group, and sodium bicarbonate group were significantly reduced ($P<0.05$), indicating significant control effects. The control effects of the 1.5% matriner·osthole group and 80% sulfur group were similar to that of the positive control group, and there was no significant difference in control effect among them. Among the 12 agents, the average control efficiencies of 80% sulfur, 1.5% matriner·osthol, and 25% carbendazim were 49.26%, 33.95%, and 39.78%, respectively, showing good control effects, and there was no statistical significance among them. **Conclusion:** The 1.5% matriner·osthol and 80% sulfur can be used as dedicated biogenic pesticides for powdery mildew in *A. membranaceus* in Inner Mongolia.

[Keywords] *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge) Hsiao; powdery mildew; ecological planting; biological source; control effect

黄芪为蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge) Hsiao 或膜荚黄芪 *A. membranaceus* (Fisch.) Bge. 的干燥根^[1]。随着黄芪的需求量逐年增加和野生资源的过度采挖,目前黄芪商品药材主要来源于人工栽培^[2]。白粉病是栽培黄芪的主要病害之一,其发病快、根治难、耐药性强^[3],严重影响黄芪的产量和质量。目前,黄芪白粉病主要采用以三唑酮(triadimefon)为代表的三唑类化学药剂进行防治,尚无登记注册的专用农药^[4],长期使用此类化学药剂会造成环境污染、增强病菌的耐药性^[5]。因此,寻找对环境污染小、防治效果佳的生物源农药成为黄芪白粉病防治研究的焦点之一。

近年来,生物源农药中苦参碱、小檗碱等植物源农药,哈茨木霉菌、枯草芽孢杆菌等微生物源农药,几丁聚糖、氨基寡糖素等生物化学农药,硫磺、碳酸氢钠等矿物类农药在蔬菜^[6-10]、水果^[11-15]、农作物^[16-18]、部分中药材^[19-25]等应用研究较多,但在黄芪白粉病防治方面的研究未见报道。因此,本课题组以各种市售生物源农药为研究对象,25%多菌灵为阳性对照^[26],在蒙古黄芪道地产区内蒙古自治区呼和浩特市和林格尔县进行防治效果测试,以期为内蒙古地区蒙古黄芪生态种植专用生物源农药选择提供参考。

1 材料

1.1 样品

供试试验田种植的黄芪药材由包头医学院张

春红教授鉴定为蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge) Hsiao。

1.2 仪器

AM-18L20L型电动喷雾器(浙江台州兰山区文德塑料制品厂)。

1.3 试药

苦参·蛇床素(批号:PD20150189,山西德威生化有限责任公司);小檗碱(批号:PD20151375,潍坊奥丰作物病害防治有限公司);哈茨木霉菌+枯草芽孢杆菌[批号:微生物肥〔2014〕准字(1496),山东木鱼石生物科技有限公司];硫磺(批号:PD20096463,美国仙农有限公司);几丁聚糖(批号:PD20120349,成都特普生物科技股份有限公司);丁子香酚(批号:PD20120949,南通神雨绿色药业有限公司);氨基寡糖素(批号:PD20182369,山东沃康生物科技有限公司);大蒜素(批号:PD20161251,成都新朝阳作物科学股份有限公司);大黄素甲醚(批号:PD20130369,内蒙古清源保生物科技有限公司);碳酸氢钠(内蒙古大江糖业有限责任公司);解淀粉芽孢杆菌[微生物肥〔2018〕准字(3240),广西农保生物工程有限公司];多菌灵(批号:PD20085299,河北瑞宝德生物化学有限公司)。

2 方法

2.1 试验设计

2021年6—10月,在内蒙古自治区呼和浩特市和林格尔县盛齐堂黄芪产业种植基地进行试验。该基地位于N40°41′、E111°18′,海拔为1 212.5 m,属中温带干旱大陆性季风气候,年平均日照时数为2 942.00 h,年平均温度为6.2℃,年无霜期为118 d,年平均降水量为392.8 mm。共设置13个处理,即1.5%苦参·蛇床素0.17 mL·m⁻²;0.5%小檗碱0.38 mL·m⁻²;哈茨木霉菌1.50 mL·m⁻²+枯草芽孢杆菌0.75 g·m⁻²;80%硫磺0.33 g·m⁻²;几丁聚糖0.67 mL·m⁻²;0.3%丁子香酚0.19 mL·m⁻²;5%氨基寡糖素0.11 mL·m⁻²;大蒜素0.90 mL·m⁻²;0.5%大黄素甲醚0.22 mL·m⁻²;碳酸氢钠0.27 g·m⁻²;解淀粉芽孢杆菌0.22 g·m⁻²;阳性对照:25%多菌灵0.15 g·m⁻²;空白对照:清水。每个处理重复3次,共39个小区,小区面积50 m²。

2.2 施药及调查

用电动喷雾器于2021年6月12日进行第1次喷药,每小区药剂兑水量3.75 L,施药时叶片的正反面均匀喷药,以叶片不滴水为宜,每7 d处理1次,共处理3次,分别于施药前、第1次、第2次、第3次施药后7 d进行病情调查。调查时,采取对角线取样,每点调查5株全部叶片,按照文献[27]研究植物免疫诱抗剂对黄瓜白粉病的防治试验方法进行分级(表1),并按公式(1)~公式(3)计算病叶率、病情指数和防治效果。

$$\text{病叶率} = \frac{\text{病叶数}}{\text{总叶片数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对级数值})}{\text{调查总叶数} \times \text{最高级数}} \times 100 \quad (2)$$

式中,相对级数值表示病叶所对应的级数,最高级数表示病叶中所对应的最高病级数。

$$\text{防治效果} = [1 - (\text{空白对照施药前病情指数} \times \text{药剂处理后的病情指数}) / (\text{空白对照施药后病情指数} \times \text{药剂施药前的病情指数})] \times 100\% \quad (3)$$

式中,病情指数通过公式(2)计算得出。

2.3 数据分析

试验数据采用Microsoft Excel 2016和SPSS 20.0

表1 黄芪白粉病病情分级标准

病级	发病程度
0	叶片无病斑
1	病斑占整个叶面面积的5%及以下
3	病斑占整个叶面面积的6%~10%
5	病斑占整个叶面面积的11%~25%
7	病斑占整个叶面面积的26%~50%
9	病斑占整个叶面面积的51%及以上

软件进行统计分析。

3 结果

3.1 不同药剂喷施前后白粉病的病叶率

由表2可知,给药前不同处理间病叶率差异无统计学意义,表明各处理蒙古黄芪白粉病发病情况基本一致;在第3次给药7 d后,与空白对照相比,1.5%苦参·蛇床素、80%硫磺、阳性对照和碳酸氢钠防治效果差异有统计学意义($P < 0.05$),并且1.5%苦参·蛇床素、80%硫磺与阳性对照的防治效果差异无统计学意义;在第3次给药7 d后,0.5%小檗碱、哈茨木霉菌+枯草芽孢杆菌、0.5%几丁聚糖、0.3%丁子香酚、5%氨基寡糖素、5%大蒜素、0.5%大黄素甲醚、解淀粉芽孢杆菌与空白对照差异无统计学意义,表明该8种药剂对黄芪白粉病防治作用较弱。

表2 不同处理蒙古黄芪白粉病病叶率 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

处理	给药前	第3次给药7 d后
1.5%苦参·蛇床素	72.24±0.10a	59.33±0.14cd
0.5%小檗碱	74.43±0.10a	87.25±0.06a
哈茨木霉菌+枯草芽孢杆菌	69.90±0.04a	72.34±0.01abc
80%硫磺	72.80±0.11a	48.19±0.10d
0.5%几丁聚糖	70.02±0.09a	84.92±0.02a
0.3%丁子香酚	68.62±0.02a	79.86±0.03ab
5%氨基寡糖素	67.41±0.13a	84.13±0.03a
5%大蒜素	62.87±0.14a	79.97±0.05ab
0.5%大黄素甲醚	58.01±0.03a	73.75±0.10abc
碳酸氢钠	59.12±0.07a	65.37±0.09bc
解淀粉芽孢杆菌	64.83±0.04a	77.25±0.03ab
阳性对照	57.52±0.07a	45.90±0.10d
空白对照	60.33±0.11a	83.24±0.07a

注:同列不同小写字母表示 $P < 0.05$;表3同。

3.2 不同药剂处理对蒙古黄芪白粉病的防治效果

由表3可知,在第1次喷施药剂7 d后,与阳性

对照相比,各药剂之间的防治效果差异无统计学意义;第2次、第3次喷施药剂7 d后,与阳性对照相比,1.5%苦参·蛇床素、80%硫磺和碳酸氢钠均较好地控制了白粉病蔓延,但三者防治效果相当,防治效果差异无统计学意义;从平均防治效果来看,其他药剂防治效果不明显,显著低于阳性对照($P<0.05$),施药浓度影响了防治效果。

4 讨论

本研究选择的11种药剂中,除碳酸氢钠外均属于中华人民共和国农业行业标准《绿色食品 农药使用准则》^[28]中绿色食品生产允许使用的生物源农药,根据说明书中建议剂量和文献中其在农作物中有效剂量综合评定选取最高用量为实验用量。黄芪白粉病实际生产中多使用多菌灵和三唑酮类,因此结合文献报道选择25%多菌灵为阳性对照^[26]。

植物源农药根据化学结构的差异分为醇(酚)、酮、羧酸、酯、生物碱和糖苷等类^[29],其中常见的有苦参碱(生物碱)、小檗碱(生物碱)、蛇床子素(脂类)、丁子香酚(酚类)、大黄素甲醚(酮类)、大蒜素(酯类)等,其防治机制为抑制病原菌孢子萌发和菌丝生长^[30]。矿物源农药是以天然矿物原料为主要成分的农药^[29],常见的有硫磺、碳酸氢钠等。白粉菌对硫元素敏感,故硫磺可对白粉病进行防治^[14]。碳酸氢钠可产生弱碱条件,从而抑制白粉病的分生孢子发芽和形成^[10]。本研究结果表明,施用1.5%苦参·蛇床素、80%硫磺明显的抑制黄芪白粉

病病情的发展,与阳性对照防治效果相近。碳酸氢钠对黄芪白粉病具有一定抑制作用。0.5%小檗碱、0.3%丁子香酚、5%大蒜素、0.5%大黄素甲醚同为植物源农药,但防治效果较差,其原因可能是药剂未达到适宜给药剂量。在未来研究中,可提高药剂浓度开展进一步的验证研究。微生物源主要包括单细胞的细菌和原生动物、涵盖霉菌和卵菌的真菌,以及无细胞结构的病毒等^[29],常见的有哈茨木霉菌(真菌)、枯草芽孢杆菌(细菌)、解淀粉芽孢杆菌(细菌)等。哈茨木霉菌对白粉病芽孢的萌发有显著抑制作用^[17],解淀粉芽孢杆菌与枯草芽孢杆菌亲缘度很高,需要一定时间扩繁形成局部菌群优势发挥其作用^[15,31]。本研究结果表明,哈茨木霉菌+枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌的防治效果不明显。孙萍等^[15]研究表明,枯草芽孢杆菌需要一定时间扩繁形成优势菌群进行白粉病的防治,推测这可能是其防治效果较低的原因之一。生物化学农药主要包括化学信息物质、昆虫生长调节剂、植物生长调节剂、植物诱抗剂和其他生物化学农药等^[29],常见的有几丁聚糖(植物诱抗剂)、氨基寡糖素(植物诱抗剂)等,其间接作用于病原真菌,通过诱导植物产生防御反应,激活植物的系统获得抗性机能,从而控制病害的发展^[7]。本研究结果表明,0.5%几丁聚糖、5%氨基寡糖素防治效果较差,其原因可能是其不直接作用于病原真菌,需要一定的作用时间。同时,不同植物白粉病的侵染小种不同^[20],这也可能是防治效果较差原因之一,有待进一步研究。

表3 不同处理对蒙古黄芪白粉病的田间防治效果 ($\bar{x}\pm s$, $n=3$)

处理	给药前病情指数	第1次给药7 d后		第2次给药7 d后		第3次给药7 d后		平均防治效果/%
		病情指数	防治效果/%	病情指数	防治效果/%	病情指数	防治效果/%	
1.5%苦参·蛇床素	33.67±8.22ab	31.42±11.91a	32.15±25.72ab	38.55±8.44bcd	29.10±15.52abc	35.48±8.26de	41.46±13.59abc	33.95±6.39ab
0.5%小檗碱	40.58±0.22a	39.78±12.98a	28.74±23.25ab	63.03±15.69a	3.81±23.95de	64.69±14.08a	11.44±19.27de	14.60±12.81cde
哈茨木霉菌+枯草芽孢杆菌	34.14±4.00ab	39.99±5.16a	14.84±11.00ab	50.76±3.19ab	7.92±5.79cde	45.51±7.90bcd	25.94±12.85cde	15.78±9.27cd
80%硫磺	36.48±4.02ab	31.64±4.12a	36.95±8.21a	28.48±1.74d	51.66±2.95a	26.87±5.09e	59.08±7.75a	49.26±11.27a
0.5%几丁聚糖	32.70±9.06ab	39.88±10.89a	11.33±24.21ab	51.38±11.86ab	2.67±22.47de	55.98±6.15ab	4.88±10.44de	4.87±5.13de
0.3%丁子香酚	32.18±5.59ab	37.09±4.92a	16.22±11.11ab	47.90±4.13abc	7.83±7.95cde	50.83±4.36abc	12.26±7.52cde	10.76±4.93de
5%氨基寡糖素	33.94±5.70ab	37.84±6.43a	18.94±13.77ab	54.26±5.16ab	0.99±9.41de	51.37±5.38abc	15.90±8.80de	10.64±9.17de
5%大蒜素	36.21±7.65ab	41.40±9.77a	16.88±19.61ab	54.44±8.33ab	6.89±14.24cde	57.08±7.88ab	12.42±12.08cde	11.50±5.64de
0.5%大黄素甲醚	31.11±0.95ab	33.92±8.82a	20.75±20.60ab	43.77±5.90bcd	12.88±11.75cde	44.20±5.61bcd	21.08±10.01cde	18.02±4.55cd
碳酸氢钠	33.89±6.46ab	32.91±10.60a	29.41±22.73ab	41.41±8.41bcd	24.33±15.36bcd	38.27±8.26cde	37.26±13.55bcd	30.51±6.50bc
解淀粉芽孢杆菌	28.39±6.25b	37.59±7.08a	3.75±18.12b	47.38±2.61abc	3.34±5.68e	51.22±5.58abc	0.23±10.93e	1.83±4.78e
阳性对照	35.19±9.46ab	36.33±10.94a	24.95±22.59ab	32.58±6.06cd	42.67±10.67ab	27.41±6.27e	56.73±9.90ab	39.78±15.79ab
空白对照	31.63±2.88ab	43.51±14.02a		51.08±13.88ab		56.93±10.15ab		

本研究的不足之处在于开始施药时,黄芪白粉病已经较为严重,预防药剂的效果欠佳。在今后黄芪白粉病的防治研究中,应提前监测天气和田间气候,抓好防治适期,将施药时间提前、选择防治效果较好的药剂并筛选其最适浓度。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:340.
- [2] 鲁海坤. 蒙古黄芪种子贮藏和控制劣变过程中活力及生理生化变化[D]. 北京:中国农业科学院,2021.
- [3] 李金鸿,徐雪芬,李惠霞,等. 陇西县黄芪白粉病病原鉴定及其生物学特性测定[J]. 甘肃农业大学学报,2020,55(4):37-42.
- [4] 王永林,陈金焕,石立明,等. 25%三唑酮可湿性粉剂防治小麦白粉病田间药效试验报告[J]. 陕西农业科学,2012,58(3):96-97.
- [5] 马莹莹,关一鸣,王秋霞,等. 黄芪主要病害及防治措施研究进展[J]. 特产研究,2019,41(4):101-107.
- [6] 彭志国,李根,徐忠贵. 植物源农药蛇床子素对温室黄瓜白粉病防治试验[J]. 园艺与种苗,2020,40(4):7-8.
- [7] 张丽荣,陈杭,杜玉宁,等. 不同生物农药对黄瓜白粉病和霜霉病的防治试验[J]. 农药,2019,58(11):831-833.
- [8] 马青,孙辉,杜昱光,等. 氨基寡糖素对黄瓜白粉病菌侵染的抑制作用[J]. 菌物学报,2004,23(3):423-428.
- [9] 孟祥鲁,刘希柱,曲胜琳,等. 几丁聚糖水剂防治黄瓜白粉病田间药效评价[J]. 中国果菜,2019,39(10):43-46.
- [10] 余朝阁,王野,隋心意,等. 碳酸钠和碳酸氢钠对番茄壮苗和灰霉病的防治作用[J]. 中国蔬菜,2018(12):29-32.
- [11] 杨晓方,师建华,李映,等. 植物源农药10%小檗碱对草莓白粉病的预防和治疗效果[J]. 安徽农业科学,2016,44(30):90-92.
- [12] 秦燕,赵永康,王飞,等. 哈茨木霉菌与枯草芽孢杆菌复配防治草莓灰霉病[J]. 中国植保导刊,2021,41(11):54-56.
- [13] 杜鸿燕,何涛,刘凤弼,等. 解淀粉芽孢杆菌对葡萄白粉病的防控效果研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2021,36(6):944-948,1008.
- [14] 马雪莉,高龙银,赵京岚,等. 50%苯醚甲环唑·硫磺水分散粒剂对西瓜白粉病的田间防治效果[J]. 北方园艺,2016(19):132-134.
- [15] 孙萍,林贤锐,王轶,等. 不同生物刺激剂对草莓白粉病的防治效果研究[J]. 现代农业科技,2020(24):69-70,73.
- [16] 郭志刚. 0.3%苦参碱水剂防治小麦白粉病大田药效试验[J]. 农业科技通讯,2012(7):87,121.
- [17] 周雪蕾. 哈茨木霉菌T-22对小麦白粉病的防治效果[J]. 农业工程技术,2022,42(8):14,16.
- [18] 孙浩洋,张炜炜,曾亮,等. 不同生防药剂对燕麦白粉病的防治效果[J]. 草业科学,2019,36(9):2374-2383.
- [19] 张金文. 不同杀菌剂防治赤芍白粉病的药效试验[J]. 农业科技与信息,2018(6):43-44.
- [20] 秦垦,杨经波,刘俭,等. 宁夏枸杞白粉病有机防治初探[J]. 北方园艺,2016(16):110-112.
- [21] 潘兴东,马长山. 几种药剂对防风白粉病的田间防治效果[J]. 黑龙江农业科学,2020(6):66-67.
- [22] 刘楚含,高峰. 几种生物源药剂对百日草白粉病的防治效果研究[J]. 现代农村科技,2021(4):71-72.
- [23] 张志敏,侯发民,张绍阳,等. 大蒜素对刺梨白粉病的抑菌作用及防治效果[J]. 北方园艺,2020(19):46-51.
- [24] 翟杨,刘武,刘彬,等. 3种药剂及其复配使用对山银花白粉病的防效初报[J]. 中国农学通报,2021,37(22):116-119.
- [25] 汪云. 大叶千斤拔白粉病药剂防治试验[J]. 云南林业科技,1989,18(4):55-56.
- [26] 吴云,刘和兵. 鄂西南山区黄芪主要病害及综合防治技术[J]. 安徽农业科学,2015,43(17):130-131.
- [27] 王胤,李锦,张欣颖,等. 植物免疫诱抗剂对黄瓜白粉病的防治试验[J]. 蔬菜,2021(3):39-42.
- [28] 中华人民共和国农业农村部. 绿色食品 农药使用准则:NY/T 393—2020[S]. 北京:中国农业出版社,2020.
- [29] 谭海军. 中国生物农药的概述与展望[J]. 世界农药,2022,44(4):16-27,54.
- [30] 潘佳亮. 苦参碱对山核桃干腐病原真菌(*Botryosphaeria dothidea*)抑菌机制研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2018.
- [31] 胡青平,展阳,周学永. 我国微生物源农药研究概述[J]. 智慧农业导刊,2022,2(4):5-8.

(收稿日期:2022-07-15 编辑:戴玮)