

不同施肥和土壤疏松方式对夏玉米田主要病虫害发生的影响

张少华¹, 盛子耀¹, 高超男¹, 韩燕来², 杨晓杰¹, 原国辉¹, 李为争^{1*}

(1. 河南农业大学植物保护学院, 河南郑州 450002; 2. 河南农业大学资源与环境学院, 河南郑州 450002)

摘要 系统调查了微蜜、木醋液、黄腐酸钾、秸秆腐熟剂、松土促根剂、耕地方式、牛粪、生物炭等处理的夏玉米田地上部分病虫害的发生状况。结果表明, 玉米 6~9 叶期叶面喷施微蜜会加重亚洲玉米螟的为害, BYM 秸秆腐熟剂、Agri-star 松土促根剂或者二者的混合处理能抑制玉米锈病的发生, 凡是含有 Agri-star 松土促根剂的处理还能抑制玉米纹枯病的发生。BYM 秸秆腐熟剂的应用会显著加重玉米小斑病的发生, 而 Agri-star 松土促根剂能够拮抗这种负面作用。耕作方式 (深耕、旋耕)、有机替代措施 (不替代、替代牛粪、替代生物炭) 对玉米田地上部分的病虫害均无显著影响。因此, 微蜜喷施后的玉米田必须加强亚洲玉米螟的测报和防治; 生产实践中可以结合使用松土促根剂和 BYM 秸秆腐熟剂, 以便在改善土壤结构的同时兼顾病虫害防治方面的问题。

关键词 化学疏松; 松土促根剂; 秸秆腐熟剂; 深耕; 旋耕; 有机替代; 功能性肥料

中图分类号 S435.13 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)23-0179-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.23.045



开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):

Effect of Different Fertilizations and Soil-loosening Methods on the Occurrences of Main Diseases and Pest Insects of Summer Maize
ZHANG Shao-hua, SHENG Zi-yao, GAO Chao-nan et al (1. College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002; 2. College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract The paper investigated the occurrences of the above-ground diseases and pest insects in summer maize fields treated with Weimi (carbon absorbing polyglutamic acid organic water soluble fertilizer), wood vinegar, potassium humate, straw decomposition agent, soil root promoter, tillages, cow manure, and biochar. Spraying with Weimi at 6–9 leaf stage on maize leaves could aggravate the damage of *Ostrinia furnacalis*. BYM straw decomposition agent, Agri-star soil root promoter as well as their binary blend could inhibit the occurrence of maize rust. The treatments contained Agri-star soil root promoter could also inhibit the occurrence of maize sheath disease. BYM straw decomposition agent could aggravate the occurrence of Southern maize leaf blight, but Agri-star soil root promoter could antagonize this negative effect. Different tillage methods (deep tillage and rotary tillage) and partial organic substitutions (none, cow manure substitution, and biochar substitution) did not significantly affect the occurrences of any diseases or pest insects in maize fields. In summary, population monitoring and control of *O. furnacalis* should be highlighted in the maize fields sprayed with Weimi, and the combination of BYM straw decomposition agent and Agri-star soil root promoter is recommended in practice in order to optimize the structure of soil in parallel with controlling maize diseases and pest insects.

Key words Chemical soil-loosening; Soil root promoter; Straw decomposition agent; Deep tillage; Rotary tillage; Partial organic substitution; Functional fertilizer

目前, 新型多功能肥料、少免耕技术和土壤耕层化学疏松技术不断引入玉米生产技术体系, 取得了良好的经济效益。如微蜜 (炭吸附聚谷氨酸有机水溶肥) 喷施于 6~9 叶期夏玉米, 能提高肥料利用率, 增强玉米抗逆能力^[1-4]。木醋液具有调节玉米生长、提高肥料利用率、改良土壤、抑制病原物繁殖等功能^[5-9]。黄腐酸盐可作为理想的叶面喷施肥、冲施肥或滴灌用肥^[10], 在夏玉米拔节期叶面喷施黄腐酸锌溶液, 或大喇叭口期穴施黄腐酸钾和尿素的混合肥, 能显著促进玉米增产^[11]。秸秆腐熟剂中含有大量酵母菌、霉菌、细菌和芽孢杆菌等, 能快速将纤维素、半纤维素、木质素分解成作物所需要的营养元素^[12-17]。松土促根剂能很好地解决旋耕后表土层土壤过于疏松、犁底层上升、保墒保肥性差等问题^[18-20]。

这些新型施肥和耕作技术, 或通过调控作物田地上部分和地下部分的生态环境, 或通过调控农作物的生长发育状况, 可能会造成关键病虫害发生状况的变化, 这是上述新型技术推广应用必须兼顾的。然而, 目前因学科之间缺乏相互

交叉与融合, 这方面信息比较匮乏。秸秆腐熟剂的施用对某些农作物病害有抑制作用^[21-22], 杨沫^[23]研究发现秸秆还田后连作, 有加重病虫害发生的趋势, 如北方麦秸还田后春小麦根腐病加重, 南方则全蚀病加重。但各种病虫害适生环境存在较大差异, 需要系统调查这些新型技术施用于某种作物之后对产量影响最为关键的病虫害种群数量的变化。为此, 笔者调查了微蜜、木醋液、黄腐酸钾、秸秆腐熟剂、松土促根剂、不同耕作方式、不同有机替代方式对玉米田关键病虫害发生量的影响, 旨在为这些新型技术的推广应用提供更全面的信息。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试玉米品种为迪卡 653, 由河南省金马种业有限公司提供。供试微蜜购买于河南远东生物工程有限公司, 聚谷氨酸含量 ≥ 10 g/L, 有机质含量 ≥ 80 g/L。供试木醋液为河南农业大学资源与环境学院自制, 由稻壳粉经无氧炭化, 烟气冷凝并除去木焦油, 收集所剩液体馏分即得供试木醋液, 主要化学成分为乙酸、苯酚等^[7]。黄腐酸钾粉剂购买于山东创新腐殖酸科技股份有限公司。供试有机碳在市场上购买, 有机质含量 459.9 g/kg、全氮含量 18.5 g/kg、全磷含量 8.5 g/kg、全钾含量 16.6 g/kg。Agri-star 松土促根剂购买于河南省火车头农业技术有限公司 (总活性物质 $\geq 1\%$,

基金项目 国家粮食丰产增效科技创新重点专项“河南多熟少雨区小麦-玉米周年集约化丰产增效技术集成与示范” (2018YFD0300706)。

作者简介 张少华 (1997—), 男, 河南新乡人, 硕士研究生, 研究方向: 资源利用与植物保护。* 通信作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事昆虫化学生态学研究。

收稿日期 2020-02-14

Zn+Mn+Fe≥5%,水不溶物≤5%,水分≤6%)。供试 BYM 秸秆腐熟剂购买于三门峡龙飞生物工程有限公司,有效活菌数≥0.5 亿/g。

1.2 试验设计 试验于 2019 年在河南省驻马店市西平县二郎乡张尧村河南农业大学试验基地进行。该区域常年实行麦玉周年轮作制度,冬小麦播前旋耕、夏玉米免耕是传统耕作方式。供试土壤属于砂姜黑土。

1.2.1 喷施功能性肥料对玉米田关键病虫害发生的影响。共设置 4 个处理:①喷施微蜜;②喷施黄腐酸钾液态肥;③喷施木醋液;④对照。每个处理设置 3 个小区。在玉米 6~9 叶期喷施,黄腐酸钾粉剂和木醋液的施用量均为 225 g/hm²,微蜜为 3.75 kg/hm²,均按 450 kg/hm² 液肥的用量混成溶液后喷施。基础施肥量均为 30-5-5 的复合肥 750 kg/hm²。于孕穗期调查病虫害发生情况,每小区取样 30 株,共调查 360 株。

1.2.2 耕层疏松化学技术对玉米田病虫害发生的影响。共设置 4 个处理:①施用 Agri-star 松土促根剂;②施用 BYM 秸秆腐熟剂;③施用 Agri-star 松土促根剂和 BYM 秸秆腐熟剂的混剂;④对照。每个处理设置 3 个小区。其中,Agri-star 松土促根剂处理的用量为 15 kg/hm²,BYM 秸秆腐熟剂的用量为 30 kg/hm²,二者混合处理(即处理③)则是施用 15 kg/hm² 的 Agri-star 松土促根剂和 30 kg/hm² 的 BYM 秸秆腐熟剂。将上述处理与适量细砂土混匀之后,撒在粉碎后的小麦秸秆上,然后用翻转犁翻入土 30 cm。于孕穗期调查病虫害发生情况,每小区取样 30 株,共调查了 360 株玉米。

1.2.3 耕作方式与有机替代对玉米田病虫害发生的交互影响。共设置 6 个处理,分别是深耕、深耕+牛粪、深耕+生物炭、旋耕、旋耕+牛粪、旋耕+生物炭,每个处理设置 3 个小区。其中深耕处理的耕层深度为 30 cm,使用河南商丘黄达农业

机械有限公司的悬挂液压翻转犁进行;旋耕处理的耕层深度为 10~15 cm,使用 1GQNGK-230 高箱框架旋耕机进行。每小区面积为 4×20 m²,各个小区的基础化肥施用水平一致,均为 28-6-6 的复合肥 3.24 kg。涉及有机肥(牛粪)的小区,每个小区施用完全腐熟处理的牛粪 54 kg 干重;涉及生物炭处理的小区,每个小区施用量为 27 kg 干重。于孕穗期调查病虫害发生情况,每小区取样 30 株,共调查了 540 株玉米。

1.3 数据分析 统计数据时,每种害虫或病害作为一个试验指标。施肥处理对病虫害发生的影响以及耕层疏松化学技术对病虫害发生的影响,均采用单因素方差分析,对于方差分析判断为显著的试验指标,采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较。采用二因素方差分析比较耕作方式主效应(深耕、旋耕)、有机替代(化肥、牛粪、生物炭)主效应及二者交互对病虫害发生的影响,对于方差分析判断为显著的试验指标,仍用 Duncan 氏多重比较。所有统计分析在 SPSS 19.0 上进行,显著性水平均确定为 α=0.05。

2 结果与分析

2.1 施肥对玉米田病虫害发生的影响 单因素方差分析结果表明,喷施不同功能性肥料种类对夏玉米田亚洲玉米螟($F_{3,16}=4.75, P=0.0149$)发生量有显著影响。调查到的病虫害种类还有棉铃虫、桃蛀螟、玉米锈病、玉米褐斑病、玉米小斑病和玉米纹枯病,但均不会受功能性肥料种类的显著影响。

不同施肥技术对玉米田病虫害发生影响的 Duncan 氏多重比较结果见表 1。从表 1 可以看出,施用微蜜的田块亚洲玉米螟发生最重((12.80±3.06)头/30 株),显著高于黄腐酸钾处理[(2.20±1.36)头/30 株]和木醋液处理[(3.20±2.18)头/30 株]。对照田亚洲玉米螟发生量居中,且与其他 3 种处理之间差异均不显著。

表 1 不同施肥处理对玉米田病虫害发生的影响
Table 1 Effect of different functional fertilizer treatments on the occurrence of diseases and insect pests in maize field

处理 Treatment	害虫头数或发病株数 Number of insects or infected maize plants(30 株)						
	棉铃虫 <i>Helicoverpa-armigera</i>	亚洲玉米螟 <i>Ostriniafur-nacalis</i>	桃蛀螟 <i>Conogethespunc-tiferalis</i>	玉米锈病 Maize rust	玉米褐斑病 Corn brown spot	玉米小斑病 Southern corn leaf blight	玉米纹枯病 Corn sheath disease
黄腐酸钾 Potassium flatate	10.20±3.25 a	2.20±1.36 b	5.20±2.75 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	1.00±1.00 a	1.00±1.00 a
微蜜 Weimi	9.20±3.02 a	12.80±3.06 a	1.00±1.00 a	7.20±3.06 a	5.20±2.35 a	2.00±1.22 a	3.00±1.22 a
木醋液 Wood vinegar	4.20±4.20 a	3.20±2.18 b	0.00±0.00 a	4.20±2.03 a	4.20±2.03 a	2.00±1.22 a	1.00±1.00 a
对照 (CK)	14.00±3.62 a	8.40±2.11 ab	0.00±0.00 a	1.00±1.00 a	4.80±2.13 a	3.40±1.44 a	1.00±1.00 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)
Note:Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

2.2 土壤化学疏松技术对玉米田病虫害发生的影响 单因素方差分析结果表明,不同耕层化学疏松技术对玉米田的玉米锈病、玉米小斑病、玉米纹枯病发病率有显著影响(玉米锈病: $F_{3,16}=5.41, P=0.0092$;玉米小斑病: $F_{3,16}=9.11, P=0.0009$;玉米纹枯病: $F_{3,16}=4.79, P=0.0144$)。4 种处理的玉米田调查到的其他病虫害种类还有棉铃虫($F_{3,16}=0.73, P=0.5511$)、玉米螟($F_{3,16}=1.96, P=0.1612$)、桃蛀螟($F_{3,16}=2.05, P=0.1475$)、草地贪夜蛾($F_{3,16}=0.67, P=0.5847$)、褐

斑病($F_{3,16}=1.29, P=0.3132$)、瘤黑粉病($F_{3,16}=0.67, P=0.5847$)等,但均不会受到耕层化学疏松技术的显著影响。

Duncan 氏多重比较结果(表 2)表明,3 种耕层化学疏松技术的玉米田锈病发病率和对照玉米田相比均显著下降。对照田锈病发生率接近 1/3,而 3 类耕层疏松处理的田块平均发病率只有 1/30 左右。但 BYM 秸秆腐熟剂和对照相比能显著加重玉米小斑病的发病率,松土促根剂以及松土促根剂+BYM 秸秆腐熟剂的混合处理小斑病病株也接近于 0,说

明 BYM 秸秆腐熟剂直接或间接造成了小斑病的加重,且松土促根剂能够拮抗前者的这种负面作用。就纹枯病的发生而言,含有松土促根剂的 2 个处理发病率显著比对照低,而

BYM 秸秆腐熟剂处理田的纹枯病发病率和对照相当。综合来看,松土促根剂单独使用或者与 BYM 秸秆腐熟剂混用,病虫害总体发生最轻。

表 2 不同耕层疏松化学技术对玉米田病虫害发生的影响
Table 2 Effect of different chemical soil-loosening methods on the occurrence of diseases and insect pests in maize field

处理 Treatment	害虫头数或病株数 Number of insects or infected maize plants(30 株)								
	棉铃虫 <i>H. armigera</i>	亚洲玉米螟 <i>O. furnacalis</i>	桃蛀螟 <i>C. punctiferalis</i>	草地贪夜蛾 <i>Spodoptera-frugiperda</i>	玉米锈病 Maize rust	玉米褐斑病 Corn brown spot	玉米小斑病 Southern corn leaf blight	玉米纹枯病 Corn sheath disease	玉米瘤黑粉病 Corn smut
秸秆腐熟剂 decomposition agent	Straw 14.20±2.48 a	6.00±2.45 a	6.00±2.92 a	1.00±1.00 a	1.00±1.00 b	3.00±1.22 a	9.80±2.99 a	5.40±1.60 a	1.00±1.00 a
松土促根剂 promoter	Soil root 12.40±3.83 a	8.00±2.00 a	2.00±2.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 b	4.00±1.87 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 a	1.00±1.00 a
秸秆腐熟剂+ 松土促根剂 Binary blend	16.80±3.48 a	3.00±2.00 a	1.00±1.00 a	1.00±1.00 a	1.00±1.00 b	1.00±1.00 a	1.00±1.00 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
对照(CK)	10.00±3.54 a	2.00±1.22 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	9.40±3.50 a	1.00±1.00 a	0.00±0.00 b	4.40±2.06 a	0.00±0.00 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)
Note:Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

2.3 耕作方式与化肥有机替代对夏玉米田病虫害发生的交互影响 不同耕作方式和有机替代对夏玉米田病虫害发生的影响见表 3。方差分析结果发现,耕作方式、有机替代措施以及二者交互作用均不影响玉米田穗部被蛀率、茎秆被蛀率、棉铃虫数量等指标(耕作方式对棉铃虫数量: $F_{1,10}=1.96$, $P=0.192\ 0$;耕作方式对穗部被蛀率: $F_{1,10}=2.62$, $P=0.136\ 7$;耕作方式对茎秆被蛀率: $F_{1,10}=0.20$, $P=0.661\ 1$ 。有机替代

对棉铃虫数量: $F_{1,10}\approx 0$, $P=0.997\ 3$;有机替代对穗部被蛀率: $F_{1,10}=2.61$, $P=0.122\ 2$;有机替代对茎秆被蛀率: $F_{1,10}=1.02$, $P=0.394\ 6$ 。交互作用对棉铃虫数量: $F_{1,10}=1.46$, $P=0.277\ 4$;交互作用对穗部被蛀率: $F_{1,10}=0.66$, $P=0.535\ 9$;交互作用对茎秆被蛀率: $F_{1,10}=1.51$, $P=0.268\ 2$)。玉米褐斑病、黏虫和玉米瘤黑粉病为零星发生。

表 3 不同耕作方式和有机替代对玉米田病虫害发生的影响
Table 3 Effect of different tillage methods and partial organic substitutions on the occurrence of diseases and insect pests in maize field

处理 Treatment	健康株率 Percentage of health plants %	穗部被蛀株率 Percentage of plants with bored corn ear//%	茎秆被蛀株率 Percentage of plants with bored corn straw//%	棉铃虫 <i>H. armigera</i>	黏虫 <i>Mythimna separata</i>	玉米褐斑病 病株数 Infected plants with corn brown spot	瘤黑粉病 病株数 Infected plants with corn smut
深耕 Deep tillage	54.44	40.00	4.44	4	1	0	1
深耕+牛粪 Deep tillage plus cow manure	50.00	41.11	7.78	10	0	0	1
深耕+生物炭 Deep tillage plus biochar	67.78	31.11	1.11	10	0	0	0
旋耕 Rotary tillage	67.78	28.89	2.22	5	0	1	0
旋耕+牛粪 Rotary tillage plus cow manure	64.44	27.78	6.67	1	0	0	1
旋耕+生物炭 Rotary tillage plus biochar	47.78	13.33	5.56	1	0	0	0

3 结论与讨论

该研究发现,微蜜喷施会加重夏玉米田亚洲玉米螟的发生,推测可能有 2 种机制:一是亚洲玉米螟雌成虫偏好微蜜本身的味觉,二是微蜜调控了玉米植株的生长发育状况或者营养成分含量,增强了这些玉米植株对亚洲玉米螟雌成虫的产卵吸引力。据报道,欧洲玉米螟偏好产卵的玉米品种一般具有 2 个特征,或者是通过远距离起作用的化学气味(如苯乙醛和大分子烷烃),或者是在降落之后起作用的可溶性糖分^[24]。欧洲玉米螟(*Ostrinianubilalis*)雌成虫偏好在法尼烯处理的基质上产卵^[25]。欧洲玉米螟雌蛾对于壬醛与葵醛比例为 1:2.4 的混合物有一定的趋性^[26]。目前从植物中鉴定

出的亚洲玉米螟产卵信息物质很少,仅张文璐等^[27]从葎草中鉴定出了芳樟醇、 α -葎草烯、桉烯、月桂烯、2-正戊基呋喃、壬醛、 α -法呢烯、反式-罗勒烯和苯甲醛 9 种电生理活性成分。未来需要研究聚谷氨酸类物质对亚洲玉米螟的产卵刺激作用,以及微蜜调控的玉米植株和对照玉米植株释放出的信息化合物成分的差异。

秸秆腐熟剂、松土促根剂以及二者混合物处理的玉米田,玉米锈病发生率均显著下降;另外,含有松土促根剂的处理玉米纹枯病发病率也显著降低。这可能是由于这些物质能够加速秸秆的腐熟造成的,因为玉米锈病初侵染源即是携带病原物的植物秸秆或酢浆草。然而,这些化学疏松技术对

于玉米田各类病害并非全部是抑制作用。该研究发现,BYM 秸秆腐熟剂能显著加重玉米小斑病的发生,而松土促根剂能够拮抗这种负面作用。这可能是由于秸秆腐熟剂改变了土壤湿度,或者是其含有的大量微生物能够促进玉米小斑病菌的寄生。目前尚不清楚松土促根剂的化学成分,未来需要弄清其抑制玉米锈病和玉米纹枯病发病的机制。

耕作方式和有机替代措施对玉米地上部分病虫害发生基本无影响。但旋耕、深耕方式耕作层的深度及疏松程度可能与地下害虫如小地老虎、蛴螬的发生更加密切,未来需要进一步调查地下害虫与耕作方式之间的关系。

该研究发现的大致规律是,叶片喷施功能性肥料主要影响虫害(主要是亚洲玉米螟)的发生,耕层化学疏松技术则主要影响病害的发生,耕作方式和有机替代措施则与玉米田地上部分病虫害发生的关系不大。生产实践中可以结合使用松土促根剂和 BYM 秸秆腐熟剂,以便在改善土壤结构的同时兼顾病虫害防治方面的问题。微蜜喷施后的玉米田,必须加强后期蛀穗害虫的测报和防治工作。

参考文献

- [1] 陈东义,华振亮,卿树政,等.“炭吸附聚谷氨酸有机水溶肥”对玉米田减肥增产的作用[J]. 农学学报,2017,7(4):25-28.
- [2] 陈东义,华振亮,卿树政.冬小麦施用微蜜“炭吸附聚谷氨酸有机水溶肥”肥料减量技术试验报告[J]. 河南农业,2017(7):23-24.
- [3] 陈东义,菅芳菊,卿树政,等.夏玉米喷施“微蜜”炭吸附聚谷氨酸有机水溶肥暨化肥减量技术应用效果[J]. 中国农技推广,2017,33(6):51-53.
- [4] 阿尔祖古丽·阿卜力孜,努尔买买提·阿不林林.奈安“微蜜”有机水溶肥料在哈密瓜上的田间试验[J]. 中国果菜,2017,37(5):34-36.
- [5] 马智勇,贾俊香,王斌,等.不同氮肥用量下硝化抑制剂和木醋液对土壤 N_2O 排放的影响[J]. 山西农业科学,2019,47(12):2145-2148,2154.
- [6] 胡小凤,李卓,梁春莉.木醋液应用研究进展[J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2019,21(5):1-3.
- [7] 朱学强,王祎,王亚军,等.木醋液浸种对玉米幼苗生长的影响[J]. 河南科学,2019,37(5):724-729.
- [8] 郭运玲,董建悦,张淑红,等.木醋液对玉米大斑病菌的抑制作用[J]. 河南农业科学,2019,48(1):90-93.
- [9] 童文彬,周旭健,刘银秀,等.沼液浓缩液与粗木醋液农田混合施用的

应用前景及潜在环境效应探讨[J]. 浙江农业科学,2019,60(11):2127-2131.

- [10] 孙明广,杜茂福,张昭会.高水溶性黄腐酸肥料肥效初探[J]. 氮肥技术,2017,38(1):44-48.
- [11] 李放,宋东涛,王丹丹,等.黄腐酸钾和黄腐酸锌对夏玉米的增产效果[J]. 河北农业科学,2014,18(4):64-68.
- [12] 薛立辉.不同品牌秸秆腐熟剂在小麦秸秆全量还田中的应用效果[J]. 安徽农业通报,2018,24(15):144-147.
- [13] 李国阳,燕照玲,李仟,等.秸秆还田配施肥料及腐熟剂对土壤酶活性及小麦产量的影响[J]. 河南农业科学,2016,45(8):59-63.
- [14] 胡诚,陈云峰,乔艳,等.秸秆还田配施腐熟剂对低产黄泥田的改良作用[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(1):59-66.
- [15] 张鑫.国内秸秆腐熟剂种类及生产应用情况[J]. 科技致富向导,2014(27):32.
- [16] 刘元东,刘香坤,姜玉琴,等. BM 秸秆腐熟剂在小麦上的应用效果[J]. 河南农业科学,2011,40(12):77-79.
- [17] 张文英,雷敏.内黄县“BYM-秸秆腐熟剂”在小麦(玉米秸秆)上的示范效果报告[J]. 河南农业,2016(22):17.
- [18] 谢迎新,白雪莹,张传忠,等.松土促根剂对土壤质地、冬小麦产量和淀粉糊化特性的影响[J]. 华北农学报,2015,30(3):230-233.
- [19] 张中原,付胜昔,付翠丽,等.松土促根剂在小麦上的应用效果试验[J]. 粘接,2019,40(6):60-64.
- [20] 马召仕,王玉仁,刘照明.土壤调理剂在夏玉米上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2018(7):11,13.
- [21] MEHTA C M, PALNI U, FRANKE-WHITTLE I H, et al. Compost: Its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases[J]. Waste management, 2014, 34(3):607-622.
- [22] MARTÍNEZ-BLANCO J, LAZCANO C, CHRISTENSEN T H, et al. Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review[J]. Agronomy for sustainable development, 2013, 33(4):721-732.
- [23] 杨沫.我国玉米秸秆还田主要问题及对策[J]. 农业科技与装备,2016(1):65-66.
- [24] STOCKEL J, BAR M, BOIDRON J N, et al. Methodological approach to identify chemical oviposition stimulants from maize for European corn borer[J]. Journal of chemical ecology, 1987, 13(3):557-567.
- [25] BINDER B F, ROBBINS J C, WILSON R L. Chemically mediated ovipositional behaviors of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Journal of chemical ecology, 1995, 21(9):1315-1327.
- [26] MOLNÁR B P, TÓTH Z, FEJES-TÓTH A, et al. Electrophysiologically-active maize volatiles attract gravid female European corn borer, *Ostrinia nubilalis* [J]. Journal of chemical ecology, 2015, 41(11):997-1005.
- [27] 张文璐,王文强,白树雄,等.亚洲玉米螟雌蛾产卵偏好寄主植物的筛选及对藜草挥发性化学成分的电生理反应[J]. 昆虫学报,2018,61(2):224-231.

(上接第 174 页)

- [8] 吴锦玉,吴建国,吴锦忠,等. HPLC 法同时测定不同产地厚朴叶中 7 个成分的含量[J]. 海峡药学,2018,30(10):74-76.
- [9] 田有圳,林照授,黄金桃,等.凹叶厚朴材药两用林定向培育的立地选择[J]. 西北林学院学报,2003,18(4):51-53.
- [10] 邓白罗.厚朴生长与立地因子关系的调查研究[J]. 经济林研究,1994,12(1):41-46.
- [11] 张燕平,赵粉侠,刘秀贤,等.干热河谷印楝生长与立地条件关系[J]. 林业科学研究,2005,18(1):74-79.
- [12] 雷斯越,赵文慧,杨亚辉,等.不同坡位植被生长状况与土壤养分空间分布特征[J]. 水土保持研究,2019,26(1):86-91,105.
- [13] 杨岩,肖佳妹,易子漾,等.厚朴超临界 CO_2 提取工艺优化及提取物抗氧化活性研究[J]. 中草药,2020,51(2):381-386.
- [14] 吴巧凤,严云良,张小霞.厚朴超声提取工艺的优化[J]. 中成药,2018,40(5):1070-1074.
- [15] 王颖,陈文强,邓百万,等.厚朴酚与和厚朴酚的药理作用及提取合成

研究进展[J]. 陕西理工大学学报(自然科学版),2018,34(2):58-64,78.

- [16] 王艳艳,王团结,丁琳琳.基于系统药理学的厚朴药理作用机制探究[J]. 中草药,2019,50(24):6024-6031.
- [17] 张淑洁,钟凌云.厚朴化学成分及其现代药理研究进展[J]. 中药材,2013,36(5):838-843.
- [18] 范琪.厚朴抗氧化活性成分的提取分离及其抗氧化活性测试研究[D]. 重庆:重庆大学,2014.
- [19] 张顺平,乔杰,孙向阳,等.坡向、坡位对泡桐人工林土壤养分空间分布的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2015,35(1):109-116.
- [20] 李秀琴.造林地坡形和坡位对厚朴纯林和混交林生长的影响[J]. 防护林科技,2017(2):17-18,32.
- [21] 黄钦忠.不同坡位 8 年生厚朴人工林生物量分配格局[J]. 江西林业科技,2010(6):16-18,21.
- [22] KESSLER A, KALSKE A. Plant secondary metabolite diversity and species interactions[J]. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 2018, 49:115-138.