

◆ 专论:除草剂(特约稿) ◆

轻简化栽培稻田杂草发生趋势与防控技术

马国兰^{1,2}, 张 帅³, 刘都才^{1,2,4*}

(1. 湖南省农业科学院植物保护研究所, 长沙 410125; 2. 农业农村部南方农田杂草防控重点实验室, 长沙 410125; 3. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 4. 杂草生物学及安全防控湖南省重点实验室, 长沙 410125)

摘要:随着水稻轻简化栽培技术的应用与推广, 东北稻区、西北稻区、长江流域稻区和华南稻区等水稻主产区的杂草种群演替加快, 稗草、千金子和马唐等恶性杂草频繁发生, 杂草抗药性水平上升迅速。若杂草防控不及时、不彻底, 极易对水稻生产构成严重威胁。为此, 对水稻直播、机插和抛秧等轻简化栽培稻田杂草的草相特征、发展趋势和防除方法等进行了概述, 以期制定合理、高效的轻简化栽培稻田杂草综合防控技术、水稻用农药减量增效除草方案, 延缓杂草抗药性产生与发展提供借鉴。

关键词:水稻轻简化栽培; 直播; 机插; 抛秧; 杂草; 防控

中图分类号: S 451.1 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2024.03.002

Occurrence trend and management strategies of weeds in paddy fields under simplified and labor-saving rice cultivation

MA Guolan^{1,2}, ZHANG Shuai³, LIU Ducui^{1,2,4*}

(1. Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China; 2. Key Laboratory of Weed Control in Southern Farmland, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Changsha 410125, China; 3. National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China; 4. Hunan Provincial Key Laboratory for Biology and Control of Weeds, Changsha 410125, China)

Abstract: With the application and extension of simplified and labor-saving cultivation techniques for rice, the population succession of weeds accelerated in the main rice producing areas including Northeast, Northwest rice region and so on, the noxious weeds such as *Echinochloa* spp., *Leptochloa chinensis*, and *Digitaria sanguinalis* occurred frequently, and the resistance levels were increased rapidly. The characteristics, development trends and control methods of weeds in paddy fields under simplified and labor-saving rice cultivation such as direct seeding, machine-transplanting, and seedling throwing were summarized in this review. The purpose was to provide the scientific references for the development of reasonable and efficient comprehensive control techniques against weeds, the plan of herbicide decrement and synergism, and for delaying the occurrence and development of weed resistance.

Key words: simplified and labor-saving rice cultivation; direct seeding; machine-transplanting; seedling throwing; weed; control

随着中国城镇化进程的加快, 农村劳动力资源短缺呈现日益加剧的态势, 同时水稻生产受到成本逐年提高等因素的制约, 水稻栽培方式亟需从传统

的精耕细作向轻简化模式转变。近年来, 水稻轻简化栽培作为一项复合集成的水稻生产技术, 不仅省时省工, 解决了劳动力压力, 还具有促早发、稳产和

收稿日期: 2023-02-27; 修回日期: 2023-10-24

基金项目: 湖南省自然科学基金(2022JJ30354)

作者简介: 马国兰(1977—), 女, 湖南邵阳人, 博士, 研究员, 主要从事农田杂草防控及杂草抗药性研究。E-mail: mglczzq@163.com

通信作者: 刘都才(1962—), 男, 湖南益阳人, 硕士, 研究员, 主要从事农田杂草防控及除草剂应用技术研究。E-mail: ducailiu@163.com

节本增效等特点,已在我国水稻种植区内迅猛发展。但因如此,采用该技术的稻田,杂草为害严重,如不及时有效防控,草害极易成为影响水稻生产的主要因素,从而限制其进一步推广和发展^[1-2]。

目前,水稻轻简化栽培的方式主要包括直播、机插和抛秧。直播稻适宜于大规模机械化生产,具有分蘖早、生育期短等优点,但因其对田块平整度要求高,前期不能有水层且后期需干湿交替管水,因而有利于杂草萌发、生长并严重为害。机插秧插时秧苗小、行距大且封行迟,因此,杂草与水稻竞争肥、水和光等的优势更明显,不利于以苗抑草。近年来,随着水稻轻简化栽培技术的应用与大面积推广,稻田出现杂草种群数量渐增、群落演替加快、恶性杂草频发、抗药性发展迅速且对水稻危害加重等变化^[3-4]。本文从轻简化栽培稻田杂草群落演替、草相变化以及防除方法等方面进行概述,以期对水稻轻简化栽培技术的推广和发展提供借鉴。

1 轻简化栽培稻田杂草发生特点

1.1 种群演替速度加快,旱地杂草向水田蔓延

近年来,随着轻简化栽培稻田的种植面积逐渐扩大,以及与之配套的杂草防控技术到位率低,除草剂产品缺乏,我国稻田杂草群落和优势种群发生了明显变化。稗草(*Echinochloa* spp.)在长江中下游部分稻区发生日益严重,千金子(*Leptochloa chinensis* (L.) Nees.)已由次要杂草变成优势杂草且其危害仅次于稗草。据调查,浙江直播稻田千金子占比由20世纪90年代的25%升至84.2%~95.6%^[5];当其密度达50株/m²时,水稻减产88.7%^[6]。丁香蓼(*Ludwigia prostrata* Roxb.)和耳叶水苋(*Ammannia arenaria* H.B.K.)等阔叶杂草上升为优势种群,千金子、牛筋草(*Eleusine indica* (L.) Gaertn.)、马唐(*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.)和旱稗(*Echinochloa hispidula* (Retz.) Nees.)等旱生杂草向水田蔓延,并逐渐成为直播稻田杂草的优势种群,而蔺草(*Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fernald)、早熟禾(*Poa annua* L.)等麦田杂草延后为害水稻^[7]。东北稻区的黑龙江、吉林省稻田杂草群落由以一年生杂草为主演替为野慈姑(*Sagittaria trifolia* L.)、泽泻(*Alisma plantago-aquatica* L.)、扁秆蔗草(*Scirpus planiculmis* Fr. Schmid)、萤蔺(*Scirpus juncoides* Roxb.)等多年生杂草群落,且危害加重、防控难度加大^[8]。

1.2 恶性杂草频发,危害面积扩大

水稻直播栽培环境下,稻田恶性杂草频发。双

穗雀稗(*Paspalum distichum* L.)、稻李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz var. *japonica* (Makino) Kengf.)、水竹叶(*Murdannia triquetra* (Wall. ex C.B.C larke) Bruckn.)、空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.)等过去多在田埂和沟渠发生的喜湿杂草侵入稻田,且逐年滋生蔓延,危害面积日益增加。近年来,矮慈姑(*Sagittaria pygmaea* Miq.)、水莎草(*Juncellus serotinus* (Rottb.) C.B.C lake)、野荸荠(*Heleocharis plantagineiformis* Tang et Wang)等多年生杂草因其地下球茎繁殖快,发生程度和发生面积均有扩大和蔓延的趋势,且防控难度逐年加大^[9]。据联合国粮农组织统计,杂草稻(*Oryza sativa* f. *spontanea*)在全球稻田重发生,并已成为仅次于稗草和千金子的三大害草之一^[10];已蔓延至我国25个省(区、市),年发生面积为333万hm²,由此导致的水稻减产在10%~50%,重则减产60%~80%,全年减产340万吨^[11]。

1.3 抗药性杂草发展迅速、分布广且危害重

近年来,稻田杂草对常用除草剂产生抗药性的情况时有报道。刘健等^[12]发现东北稻区稗草(*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch)对五氟磺草胺产生了高水平抗性,抗性指数高达35.55。Fang等^[13]发现江苏省稻田稗草对该药剂的抗性水平高达33.33倍。Chen等^[14]报道稻田稗草对我国稻田常用的二氯喹啉酸、双草醚、嘧啶肟草醚等7种除草剂均产生了不同程度的抗药性。Yang等^[15]研究发现抗五氟磺草胺的稗草生物型对双草醚、二氯喹啉酸均具有高水平的多抗性。文马强等^[16]报道,湖南省衡阳市衡南县及衡阳县、常德市汉寿县和益阳市赫山区等地区的千金子对氰氟草酯产生了2.3~11.0倍的抗药性。自2009年以来,湖南省农业科学院研究团队对我国东北稻区、西北稻区以及长江中下游稻区3 000多个稗草和千金子种群进行了多年的抗药性监测。结果表明:(1)长江流域、东北和西北稻区抗二氯喹啉酸稗草分布广、抗性水平高^[17]。(2)东北稻区抗五氟磺草胺稗草分布广、抗性重,中、高抗种群发生频率均在60%以上,尤其是吉林省2022年中、高抗种群发生频率高达89.5%;长江中下游稻区中、高抗种群发生频率呈下降趋势,由2018年的60%~100%下降至2022年的30%~70%;抗五氟磺草胺稗草在双季稻区与直播稻区分布广、抗性重,但其抗性在单季稻区或非直播稻区还处在上升阶段^[18-19]。(3)稗草对氰氟草酯的抗药性发展迅速。2019年6个监测省份中、高抗种群发生频率仅为7.0%,而2022年高达33.1%,

尤其是东北稻区的吉林省,中、高水平抗性种群发生频率从20.0%上升至78.9%。长江中下游稻区以湖北、浙江和江苏3个省的抗性发展较快。(4) 长江中下游稻区千金子对氰氟草酯的抗药性发展迅速。湖北、安徽、浙江和江苏4个省份中、高抗种群发生频率从低于10%升至60%以上,说明该区域千金子对氰氟草酯的抗药性发展较快且风险高^[20]。(5) 长江流域稻区的安徽、江西、湖北等省一些稻田出现多抗性稗草(五氟磺草胺+二氯喹啉酸、五氟磺草胺+二氯喹啉酸+氰氟草酯),且多数乙酰乳酸合成酶(acetolactate synthase, ALS)抑制剂与五氟磺草胺具有交互抗性;抗性千金子发生面积逐年上升,部分区域已经对氰氟草酯、噁唑酰草胺等常规乙酰辅酶A羧化酶(acetyl CoA carboxylase, ACCase)抑制剂产生了极高水平抗性。

2 轻简化栽培稻田杂草防控技术

轻简化栽培稻田杂草防除应采取“预防为主、综合防治”的策略,即根据田间杂草发生特点,建立以作物控草与化学除草协同,辅助以农业措施的综合除草体系。前期利用耕作和诱萌措施减少土壤中杂草种子库数量,降低出草基数;建立适合化学防除和农艺灭草的田间土壤和水层条件,提高对杂草的防除效果。另外,化学除草须依据田间草相选准高效药剂,防早控小,同时提高作物安全性。

2.1 生态、农艺措施控草

2.1.1 种子处理

种子是杂草发生、蔓延和传播的主要原因。引种水稻时应加强种子检疫,防止危险性杂草种子传入^[21]。播种前要精选水稻种子,避免草籽随之进入大田,有效减少田间杂草基数^[7]。水稻种子需进行包衣和催芽,以保证田间萌发的整齐度,为适时化学除草奠定基础^[8, 22]。

2.1.2 耕作除草

耕作方式严重影响稻田杂草种子库的组成、大小及种子在土壤中的垂直分布。深翻耕土层不仅能将表层杂草种子翻埋入地下,控制表层土壤中杂草发生基数,同时又能将多年生杂草的根茎翻至土表冻晒,使其失去发芽能力。研究表明,随着稻田耙地次数的增加,多年生杂草不断减少;另外,田面平整有利于早期以水控草,减少田间高处易滋生杂草的情况,提高土壤封闭化学除草的效果^[23-24]。

2.1.3 水肥管理

科学合理的水层管理是直播稻田水稻出苗及

化学除草取得成功的关键。首先,水稻播种后需保持田面湿润且无积水,以促进其早生快发,同时也有利于土壤封闭除草剂更好地被杂草的幼芽和根部吸收,从而确保防效。其次,水稻3叶期时应及时建立水层并保持,以适当控制第2个出草高峰期的出草量,达到以水控草的效果。再者,水稻分蘖期应保持3~5 cm的浅水层,提温促分蘖及尽早封行;茎叶喷施除草剂前应排干田间水层并保持土壤湿润,使杂草充分暴露受药,施药后1~2 d覆水,以提高药效。此外,科学管理水层对于控制直播田早生喜湿的恶性杂草千金子特别有效^[25-26]。

合理施肥可提高秧苗在水、肥、光方面的竞争力。直播稻前期秧苗瘦小,施足基肥及早施分蘖肥,可充分发挥水稻的群体竞争优势;茎叶喷施除草剂后应施用氮肥,不但能促苗控草,还能缓解除草剂对水稻的影响^[8]。

2.1.4 生态控草

生态控草是指采取农业生态措施控制杂草,其对杂草的选择压比化学除草剂低,不易诱导杂草产生抗药性。比如,淹水直播控草技术通过淹水播种具备低氧发芽特性的绿色水稻品种达到以水压草,降低除草剂用量,减少肥料流失,实现“肥药双减”^[24, 27]。利用玉米秸秆覆盖可有效降低杂草对光资源的利用,促进水稻的光合作用,提升水稻产量^[28]。另外,在水源和田埂间设置网眼90目以上的尼龙网或纱网拦截杂草种子,并于田间灌水10~15 cm后捞取漂浮在水面上的种子,以减少田间杂草数量^[29]。适当提高水稻播种量和增加群体密度有助于提高水稻的竞争力,使稻苗成为优势群体,达到以苗压草的效果^[8, 30]。

2.2 化学除草

化学除草是轻简化栽培稻田杂草防除措施中最有效的手段,也是当前作物田控草管理中最主要的措施。化学除草应在生态、农艺控草基础上,坚持“早期治理与封杀结合”的原则,并因地制宜采取以封闭为主和苗后茎叶处理为辅的治理策略。

2.2.1 水直播稻田

华南和长江流域水直播稻田杂草防控宜实施“一封一杀”策略。(1) 水稻播后苗前进行土壤封闭处理以应对首个出草高峰,从而减轻后期茎叶处理除草剂的压力。因此,该措施是水稻直播田化学除草的关键,而选择安全性高、杀草谱广和封闭效果好的除草剂又是重中之重。丙草胺等酰胺类除草剂、苄嘧磺隆等磺酰胺类除草剂,及其复配制剂适

宜用于土壤封闭处理,处理时应保持稻田平整且不能积水,否则不仅除草效果难以保证,还易对水稻产生药害;如果播种后持续降雨,应将土壤封闭处理时间适当推迟,并采用五氟磺草胺+丙草胺、氰氟草酯+丙草胺等药剂组合进行封杀处理。(2)水稻3~4叶期、杂草3~5叶期进行茎叶喷雾处理,解决土壤封闭处理后遗留的杂草,并预防第2个出草高峰。一方面,选用氰氟草酯、噁唑酰草胺等ACCase抑制剂,五氟磺草胺、双草醚等ALS抑制剂,氯氟吡啶酯、二氯喹啉酸等激素类除草剂,或其组合防除稗草、千金子等禾本科杂草。另一方面,选用灭草松、苄嘧磺隆、吡嘧磺隆、2甲4氯钠等药剂或其组合防除鸭舌草、丁香蓼、异型莎草、陌上菜等阔叶杂草及莎草科杂草。施药前先放干田间水层,让杂草种子露出水面并充分接触药液,施药后1~2 d再覆水并保持浅水层5~7 d。上述方法既能有效提高杂草防效,又能防止水稻产生药害。

2.2.2 旱直播稻田

长江流域旱直播稻田杂草防控可采用“一封一杀(一补)”策略。水稻播后苗前使用丙(丁)草胺、噁草酮、二甲戊灵等药剂,及其复配制剂进行土壤封闭处理。处理后15~20 d,选用五氟磺草胺、噁唑酰草胺、氰氟草酯、三唑磺草酮、二氯喹啉酸、氯氟吡啶酯等药剂或其复配制剂防除稗草、千金子和马唐等禾本科杂草。同时,可用灭草松、2甲4氯钠、氯氟吡啶酯等药剂或其复配制剂防除鸭舌草、陌上菜、丁香蓼、异型莎草等阔叶杂草和莎草科杂草。

西北稻区旱直播稻田杂草防控采用“一封一杀”策略。水稻播后苗前使用仲丁灵或其复配制剂进行土壤封闭处理。水稻3~5叶期再选用氰氟草酯、噁唑酰草胺、五氟磺草胺和三唑磺草酮等药剂或其复配制剂防除稗草、马唐等禾本科杂草,并选用2甲4氯钠和灭草松等药剂或其复配制剂防除鸭舌草、泽泻等阔叶杂草和莎草科杂草。

2.2.3 机插秧稻田

东北稻区水源充足的机插秧稻田杂草防控采用“两封一杀”策略。(1)插秧前5~7 d选用苄嘧磺隆、丙草胺、苄嘧磺隆、吡嘧磺隆、噁草酮、丙炔噁草酮、噁嗪草酮、莎稗磷、乙氧氟草醚等药剂及其复配制剂,以粗雾滴喷施进行首次土壤封闭处理。(2)插秧后约10~12 d(即返青期)选用苄嘧磺隆、丙草胺、莎稗磷、五氟磺草胺、噻吡嘧磺隆、苄嘧磺隆、吡嘧磺隆等药剂或其复配制剂进行第2次土壤封闭处理。(3)插秧后约20 d,选用氰氟草酯、噁唑酰草胺、

五氟磺草胺、三唑磺草酮、二氯喹啉酸等药剂或其复配制剂防除稗草、稻稗等禾本科杂草。同时,选用氯氟吡啶酯、双环磺草酮、2甲4氯钠、灭草松等药剂或其复配制剂防除雨久花、野慈姑、扁秆蔗草等阔叶杂草及莎草科杂草。该稻区灌溉用水稀缺的机插秧稻田杂草防控采用“一封一杀”策略。插秧前1~3 d选用丙草胺、噁草酮、丙炔噁草酮、吡嘧磺隆、苄嘧磺隆等药剂或其复配制剂,以粗雾滴喷施进行土壤封闭处理。插秧后约20 d,进行茎叶喷雾处理,除草剂选择同前。

华南及长江流域机插秧稻田杂草防控采用“一封一杀”策略。早稻机插秧后7~10 d(秧苗返青)选用丙草胺、苄嘧磺隆、五氟磺草胺、苄嘧磺隆、吡嘧磺隆等药剂或其复配制剂进行土壤封闭处理。机插秧后20 d左右,选择氰氟草酯、噁唑酰草胺、三唑磺草酮、双草醚、二氯喹啉酸等药剂或其复配制剂进行茎叶喷雾处理,防除稗草、千金子等禾本科杂草。同时,选用氯氟吡啶酯、2甲4氯钠、吡嘧磺隆、灭草松等药剂或其复配制剂防除耳叶水苋、鸭舌草、节节菜等阔叶杂草以及莎草科杂草。中晚稻田机插秧前1~2 d或机插秧后5~7 d,选用丙草胺、苄嘧磺隆、吡嘧磺隆、噻吡嘧磺隆等药剂或其复配制剂进行土壤封闭处理。插秧后约15~20 d,选用五氟磺草胺、二氯喹啉酸、氰氟草酯、噁唑酰草胺、三唑磺草酮等药剂或其复配制剂,防除稗草、千金子等禾本科杂草。同时,选用氯氟吡啶酯、吡嘧磺隆、2甲4氯钠、灭草松等药剂及其复配制剂,防除鸭舌草、耳叶水苋、陌上菜等阔叶杂草以及莎草科杂草。

2.2.4 抛秧稻田

抛秧稻田杂草防控采取“一次封(杀)”策略。水稻抛秧后5~10 d,选用丙草胺、苄嘧磺隆、吡嘧磺隆、噻吡嘧磺隆等药剂或其复配制剂进行土壤封闭处理,施药时田间应有浅水层,并保水5~7 d;或于杂草2~3叶期,根据田间草情进行茎叶喷雾处理,除草剂选择同机插秧稻田。

2.2.5 抗性杂草治理

首先,加强杂草抗药性的动态监测与及时预警。动态监测田间杂草种群抗药性水平变化,便于及时掌握抗性杂草的发生种类、发展演替规律、抗药性水平及其发生发展动态,从而对抗性杂草的扩散及其危害程度进行早期预警。因此,“早发现、早治理”是有效控制抗性杂草的重要措施。

其次,科学轮换使用不同作用机制的化学除草剂。合理选择,轮用、混用不同作用机制的除草剂,

并结合水稻栽培方式以及水层管理等农艺措施,有效控制稻田抗性杂草危害,从而减缓杂草抗药性的发生和发展。其中,针对敏感或低水平抗性杂草发生的稻田,采用“多靶标除草剂协同延抗”技术模式,即混合使用不同作用靶标的除草剂,如ALS+ACCase抑制剂、ALS+HPPD抑制剂、ALS+ACCase+HPPD抑制剂,以延缓杂草抗药性的发生。针对中/高抗水平杂草发生的稻田,采用“靶向差异除草剂轮换控抗”技术模式,即轮换使用靶向ALS、ACCase或HPPD的不同作用机制除草剂高效防除抗性杂草。

3 小结与展望

集约化、轻简型栽培技术是现代农业生产朝着高质量发展的必然趋势和内在需求。直播、机插秧和抛秧等轻简化水稻栽培方式与传统的精细栽培模式(人工移栽)相比,优势更明显,不仅省时省工省力,而且还能节本增效,完全符合当前劳动力匮乏的新农村水稻生产的实际需要,更代表了现代化水稻栽培的发展方向。然而,该模式下的稻田杂草发生演替规律产生了较大变化,如草相复杂、发生量大、出草时间长且出草峰次多及抗性发展迅速等,若防除不及时、不彻底,极易造成水稻产量损失,并带来粮食安全和生态环境等方面的问题^[5]。因此,构建环境友好、生态安全的轻简化栽培稻田综合控草体系并实现对杂草的可持续治理,必须明确该模式下杂草群落的发生与演替规律及其抗药性动态变化,同时基于杂草种类及其发生特点、发展趋势对症下药,采取早期预防(土壤封闭处理)为主,后期精准选用不同作用机制的除草剂杀/补(茎叶喷雾)为辅的策略,充分利用物理阻隔和水稻群体优势布局等生态农艺手段,对轻简化栽培稻田杂草“治早治小”,以达到对杂草综合防除的显著成效。

参考文献

- [1] CHHOKAR S R, 禹盛苗. 不同耕作和种植方式对稻田杂草及水稻产量的影响[J]. 中国稻米, 2016, 22(5): 48-52.
- [2] 徐志红, 李俊凯. 不同栽培方式稻田杂草发生特点及防控措施[J]. 长江大学学报(自科版), 2016, 13(33): 1-3.
- [3] 李淑顺, 强胜, 焦骏森. 轻型栽培技术对稻田潜杂草群落多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2437-2445.
- [4] 黄开红, 李永丰, 李宜慰, 等. 轻型栽培稻田杂草发生及其危害性研究[J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(1): 47-49.
- [5] 李香菊. 近年我国农田杂草防控中的突出问题与治理对策[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 77-84.
- [6] 董立尧, 沈晋良, 高同春, 等. 水直播稻田千金子的生态经济阈值及其防除临界期[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(3): 41-45.
- [7] 王文霞, 曾研华, 曾勇军, 等. 不同直播方式对南方稻田杂草发生及早稻产量的影响[J]. 核农学报, 2018, 32(3): 555-560.
- [8] 唐傲, 张喜娟, 董文军, 等. 寒地水直播稻田杂草发生特点及综合防控对策[J]. 农业与技术, 2022, 42(4): 1-4.
- [9] 李淑顺, 张连举, 强胜. 江苏中部轻型栽培稻田杂草群落特征及草害综合评价[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(2): 207-214.
- [10] DELOUCHE J C, BURGOS N R, GEALY D R, et al. Weedy rice: origin, biology, ecology and control[M]. Rome: Food and Agriculture Organization, 2007: 188.
- [11] 梁帝允, 强胜. 我国杂草稻危害现状及其防控对策[J]. 中国植保导刊, 2011, 31(3): 21-24.
- [12] 刘健, 房加鹏, 董立尧. 稻稗HJHL-715种群对五氟磺草胺的抗药性水平及抗性机理分析[J]. 植物保护学报, 2020, 47(1): 197-204.
- [13] FANG J, LIU T, ZHANG Y, et al. Target site-based—penoxsulam resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) from China[J]. Weed Science, 2019, 67(3): 281-287.
- [14] CHEN G, WANG Q, YAO Z, et al. Penoxsulam-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in rice fields in China[J]. Weed Biology and Management, 2016, 16(1): 16-23.
- [15] YANG X, ZHANG Z, GU T, et al. Quantitative proteomics reveals ecological fitness cost of multi-herbicide resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.)[J]. Journal of Proteomics, 2017, 150: 160-169.
- [16] 文马强, 周小毛, 刘佳, 等. 直播水稻田千金子对氟氯草酯抗性测定及抗性生化机理研究[J]. 南方农业学报, 2017, 48(4): 647-652.
- [17] 马国兰, 柏连阳, 刘都才, 等. 我国长江中下游稻区稗草对二氯喹啉酸的抗药性研究[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(2): 184-190.
- [18] 李已夫, 唐涛, 刘雪源, 等. 利用贴牌水培法快速鉴定稗草对二氯喹啉酸的抗药性水平[J]. 植物保护, 2015, 41(6): 144-149.
- [19] 马国兰, 刘都才, 张帅, 等. 稻田稗属杂草田间种群对五氟磺草胺的抗性监测[J]. 农药学报, 2021, 23(5): 905-914.
- [20] PENG Y J, PAN L, LIU D C, et al. Confirmation and characterization of cyhalofop-butyl-resistant Chinese sprangletop (*Leptochloa chinensis*) populations from China[J]. Weed Science, 2020, 68(3): 253-259.
- [21] 陈晓锋, 强胜, 杨金玲, 等. 江苏省杂草稻的传播与籼粳分化研究[J]. 中国水稻科学, 2015, 29(1): 82-90.
- [22] 朱文达, 周普国, 何燕红, 等. 千金子对水稻生长和产量性状的影响及其防治经济阈值[J]. 南方农业学报, 2018, 49(5): 863-869.
- [23] 曹旦, 戴伟民, 强胜, 等. 不同土层和水层深度对国内15个杂草稻种群出苗的影响[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(4): 750-755.
- [24] 徐青, 余柳青, 黄世文. 日本水稻轻简栽培田的杂草防治[J]. 杂草科学, 1998, 14(2): 36-39.
- [25] 高婷, 王红春, 石旭旭, 等. 小麦秸秆还田及水层深度对水稻机械化插秧田主要杂草种群发生规律的影响[J]. 江苏农业学报, (下转第61页)

2.5 方法的准确度测定

称取一定量高效氯氟氰菊酯微囊悬浮剂,制备5份试样溶液,分别加入一定量的高效氯氟氰菊酯标准品,进行分析和测定。测得加标回收率为100.32%~101.83%,平均回收率为100.81%(表2)。结果表明,该方法具有较好的准确度,可以准确测定高效氯氟氰菊酯含量,能够满足高效氯氟氰菊酯相关产品的质量分析要求。

表 2 加标回收试验结果

序号	理论值/g	实测值/g	回收率/%	平均回收率/%
1	0.030 1	0.030 2	100.33	
2	0.032 0	0.032 3	100.94	
3	0.030 9	0.031 0	100.32	100.81
4	0.031 5	0.031 7	100.63	
5	0.032 7	0.033 3	101.83	

3 结论

针对高效氯氟氰菊酯微囊悬浮剂有效成分检测方法在实际操作中发现的溶剂干扰问题,建立了全新的高效液相色谱分析方法,优化了破囊溶剂、试样配制、色谱条件等,改善了破囊溶剂对目标峰的影响。方法选用乙醇作为破囊溶剂,破囊效果好且对分析过程无干扰,解决了原有方法中溶剂对

目标峰峰形的干扰问题,并在此基础上重新确定了色谱条件,考察了优化后方法的线性相关性、精密度、准确度。结果表明:相比于现有分析方法,经过优化后的方法消除了溶剂干扰,分离效果更好,经济性和安全性更高;方法线性关系良好,精密度和准确度高,可用于高效氯氟氰菊酯微囊悬浮剂的质量分析检测。

参考文献

[1] 王丹, 范文娟, 张小祥, 等. 高浓度高效氯氟氰菊酯微囊悬浮剂的制备[J]. 现代农药, 2019, 18(3): 24-27.

[2] 冷阳, 仲苏林, 吴建兰, 等. 农药微囊剂型的开发与现状[J]. 农药科学与管理, 2003, 24(3): 34-37.

[3] 席涵, 刘秀, 刘东源, 等. 农药剂型研发及发展趋势[J]. 广东化工, 2023, 50(14): 57-61.

[4] 吴曼, 王胜得, 李敏, 等. 甲基嘧啶磷·高效氯氟氰菊酯微囊悬浮剂液相色谱分析[J]. 农药, 2022, 61(12): 886-888.

[5] 潘虹, 顾爱国, 孙长恩, 等. 22%高效氯氟氰菊酯·噻虫嗪微囊悬浮-悬浮剂的高效液相色谱分析方法[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 302-303.

[6] 仇顺. 10%高效氯氟氰菊酯微囊悬浮剂的HPLC分析[J]. 现代农药, 2015, 14(4): 26-27.

[7] 中华人民共和国农业农村部. 高效氯氟氰菊酯微囊悬浮剂: NY/T 4001—2021[S]. 北京: 中国农业出版社, 2022.

(编辑: 顾林玲)

(上接第 12 页)

2014, 30(1): 53-57.

[26] 王红春, 徐蓬, 孙钰晨, 等. 江苏省稻田杂草的发生现状与防控建议[J]. 杂草学报, 2019, 37(4): 1-5.

[27] 余柳青, 陆永良, 玄松南. 稻田杂草防控技术规程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.

[28] 冒宇翔, 李贵, 沈俊明, 等. 玉米秸秆覆盖还田结合化学除草剂对水稻田杂草的控制效果及对水稻产量的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(6): 1336-1344.

2014, 30(6): 1336-1344.

[29] ZHANG Z, LI R, ZHAO C, et al. Reduction in weed infestation through integrated depletion of the weed seed bank in a rice-wheat cropping system[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2021, 41:10.

[30] 王强, 冯克强, 赵学平, 等. 湿润直播稻田杂草出苗动态与发生规律[J]. 中国水稻科学, 1999, 13(2): 104-108.

(编辑: 顾林玲)

吡唑醚菌酯、灭菌唑复配杀菌剂在美国上市

近日,巴斯夫宣布,公司在美国推出了一款名为Aramax Intrinsic的创新杀菌剂,旨在为高尔夫球场提供更高效率的病害管理解决方案。这一新产品的问世,标志着高尔夫球场草坪养护技术向前迈出了重要一步。

Aramax Intrinsic杀菌剂结合了2种高效活性成分:吡唑醚菌酯和灭菌唑。这种独特的组合赋予了产品强大的广谱控制能力,能够有效防治26种冷季和暖季草坪病害,包括雪腐病、巨斑病、褐斑病和币斑病等常见且难以控制的病害。

巴斯夫指出,与市场上现有品牌杀菌剂相比,Aramax Intrinsic在球道上展现出卓越的价值,并且进一步丰富了巴斯夫的杀菌剂产品线,为高尔夫球场提供了更多的选择。

Aramax Intrinsic杀菌剂已获得美国环保署(EPA)的批准,证实其不仅能有效防治病害,还能为植物健康带来额外益处。具体来说,该产品有助于增强草坪的抗压能力,并促进草坪生长效率,为高尔夫球手在整个赛季中提供更健康、更优质的打球环境。

(来源:世界农化网)