

技术与应用

Technology & Application

30%苄嘧·丙草胺乳油等量施药的次数及时间对稻田除草效果的影响

史 骏*, 陈若霞, 柴伟纲, 湛江华, 汪 峰

(宁波市农业科学研究院, 宁波 315040)

摘要 为探索如何提高稻田除草剂使用效率,实现除草剂减量使用,本试验以30%苄嘧·丙草胺乳油为供试药剂,以‘甬优1540’为供试水稻,保持除草剂总量一致的前提下,利用大田试验和温室盆栽试验,通过设置插秧前、插秧时、插秧后单次施用100%推荐剂量,插秧前和插秧后各施用50%推荐剂量,插秧前及苗期各施用50%推荐剂量,以及不施用除草剂的6种处理,研究不同施药次数及施药时间对稻田禾本科、阔叶类、莎草科三类杂草及其总草防除效果的影响。温室盆栽试验表明,与其他处理相比,采用30%苄嘧·丙草胺乳油于移秧后3 d施药50%推荐剂量及苗期再施50%推荐剂量的处理,可使水稻移栽后24 d时的稗草、千金子和耳叶水莧发生量明显少于其他施药方式,说明该施药方式对稻田杂草具有明显的抑制作用;此外,大田试验表明,采用上述同样的施药方式,可使水稻在移栽后36 d时的分蘖在各处理中达到最大量,为16.90万/667m²,且杂草总发生量最少,为17.00株/m²,杂草株防效最高,为84.17%。本研究表明,30%苄嘧·丙草胺乳油在移秧后3 d施用50%推荐剂量,及苗期再施50%推荐剂量,对稻田杂草防除效果较好。

关键词 杂草防除; 水稻; 除草剂; 施药次数; 施药时间; 水稻分蘖; 杂草发生量

中图分类号: S482.4 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021398

Effect of the frequency and times of equal application of bensulfuron-methyl · pretilachlor 30% EC on weeding efficacy in paddy field

SHI Jun*, CHEN Ruoxia, CHAI Weigang, CHEN Jianghua, WANG Feng

(Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China)

Abstract In order to explore how to improve herbicide utilization efficiency in the paddy and reduce the herbicide application amount, bensulfuron-methyl · pretilachlor 30% EC was chosen as the tested reagent, and ‘Yongyou 1540’ as the test rice variety in our study. Based on the equal herbicide application amount, six treatments were set in both of field experiment and greenhouse pot experiment; applying 100% recommended dose once before transplantation, during transplantation, and after transplantation; applying 50% recommended dose before and after transplantation; 50% recommended dose before transplantation and during the seedling stage, to study the effects of different application times and period on the control effect on three types of paddy weeds, Gramineae, broad-leaved weeds, Cyperaceae, and their occurrence. Greenhouse pot experiment showed that applying 50% recommended dose of bensulfuron-methyl · pretilachlor 30% EC three days after transplantation, and applying another 50% recommended dose at the seedling stage could obviously reduce the occurrence of *Echinochloa crus-galli*, *Leptochloa chinensis* and *Ammannia auriculata* in 24 days after transplantation, compared with other treatments, which indicated that this herbicide application methodology had obviously weed control effects on paddy weeds. In addition, the field experiment showed that rice tiller quantitative reached the maximum value of $1.69 \times 10^5/667\text{m}^2$ in 36 days after transplantation, and the weed occurrence had the minimum value of 17.00 plants/m², and simultaneously, the control effect on paddy weed showed the best performance with 84.17%. The

收稿日期: 2021-07-16 修订日期: 2021-08-16

基金项目: 宁波市“科技创新2025”重大专项(2019B10003);宁波市公益类科技计划(2019C10082)

* 通信作者 E-mail: shijunfred@163.com

results demonstrated that the applying 50% recommended dose of bensulfuron-methyl + pretilachlor 30% EC three days after transplantation and another 50% recommended dose at the seedling stage had considerable effects on paddy weed control.

Key words weed control; rice; herbicide; application frequency; application time; rice tillering; occurrence of weeds

稻田杂草通过与水稻竞争肥、水、空间、光照等环境因素,来影响水稻的生长与发育^[1-2]。同时,稻田杂草也是水稻病虫害的中间寄主,严重制约着水稻产业的发展^[3]。目前,化学除草是稻田杂草防除的主要方法,但除草剂的大量、高频使用,对水稻安全、水土环境等构成了重大威胁^[4-6],也加速了稻田杂草抗药性的产生^[7-8]。因此,如何提高稻田除草剂的使用效率,提升除草剂的防除效果与防除效率,是当下稻田杂草研究的一个方向。

在提升除草剂防除效果的研究方面,部分学者在不影响水稻产量和除草剂防效的前提下,以减少除草剂使用次数和(或)用药量的方式,来间接地提升除草剂的防除效果,如,史骏等采用速效肥拌入基肥的方法,于苗期增加土壤有效氮含量,来促进水稻苗期快速发棵,使其提前封行,减少杂草生长所需的空間及光照等,间接提高水稻对杂草幼苗的竞争力,达到水稻苗期减少一次使用除草剂的目的^[9]。郝春新等研究发现,在杂草发生的特定阶段,如,于稗草 *Echinochloa crus-galli* 2 叶期,施 57% 苯唑草酮·二甲酚草胺乳油,可减少除草剂使用量,而不影响防除效果^[10]。袁元荣等通过深水漫灌的方法,将“深水抑草”与“酹土培肥”和“水淹灌控病虫”相结合,发现当稻田水层深度在 6 cm 以上时,即可明显控制草害的发生,当水层深度 10 cm 以上,保持 8~12 d,可根除苗期杂草,将除草剂使用量和使用次数降为零^[11]。上述学者主要通过减少除草剂的使用次数或用药量来实现除草剂的减量增效;也有学者通过直接提高除草剂的使用效率直接达到提升除草剂防除效果的目的,如,保持除草剂用量不变的情况下,田志慧等通过将助剂添加至除草剂中,降低除草剂药液表面张力及接触角,致使除草剂在靶标表面润湿展布,增加药液沉积量,改善药剂湿润性,以达到用量不增加,防效大大提高的目的^[12]。另外,杨永杰等和张建萍等采用移栽田“随移随用”施药技术,以每丛水稻为中心,进行除草剂的定点喷施,大幅提高除草剂的利用率^[13-14];又如,采用植保无人机进行作业,由于全田喷雾均匀性较好,在除草剂不减量的情况下,提高除草剂的防除效果。此外,有研究发

现,减少除草剂的部分用量,在实际的农业生产中不一定会对杂草防除效果带来明显的负面效应。

对宁波稻区移栽田的调查表明,水稻移栽后 7~15 d 左右出现第一个出草高峰,主要杂草为禾本科的稗草、千金子 *Leptochloa chinensis* 等;第二个出草高峰通常于移栽后 20~30 d 左右出现,除后发的稗草、千金子等禾本科杂草外,还包括耳叶水苋 *Ammannia auriculata*、多花水苋 *A. multiflora*、鸭舌草 *Monochoria vaginalis*、丁香蓼 *Ludwigia prostrata*、鳢肠 *Eclipta prostrata* 等阔叶类杂草及部分莎草科杂草,此阶段发生量最大的阔叶类杂草为耳叶水苋。对宁波地区除草剂用药情况的调查表明,目前较为传统的防除方法为“一封一杀”,即,移栽后 3~5 d 采用封闭除草剂封闭杂草一次,并于移栽后 15~30 d 采用茎叶喷雾对漏封的杂草或苗期新发生的阔叶类杂草和莎草科杂草进行一次茎叶喷雾杀草;部分在“一封一杀”的基础上,根据田间杂草发生情况,再进行一次补杀,形成“一封一杀一补”模式。

因此,本研究以籼粳杂交稻‘甬优 1540’为试验材料,以稗草、千金子、耳叶水苋和异型莎草 *Cyperus difformis* 4 种具有潜在危害的稻田杂草为研究对象,进行室内试验。在除草剂总用药量不变的前提下,通过改变除草剂使用次数及其施药时间节点,来研究如何提高除草剂的使用效率。本研究通过上述试验,揭示不同施药方式在‘甬优 1540’移栽田中对除草效果的影响,为籼粳杂交稻‘甬优 1540’稻田杂草防除提供理论基础和实践经验。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试药剂为 30% 苄嘧·丙草胺乳油(江苏丰山集团股份有限公司)。

供试杂草为稗草 *Echinochloa crus-galli*、千金子 *Leptochloa chinensis*、耳叶水苋 *Ammannia auriculata*, 采自宁波市邱隘镇祥宇农场(121°39'E, 29°49'N);异型莎草 *Cyperus difformis* 采自象山县西周镇伟平农场(121°38'E, 29°29'N)。大田试验

供试水稻品种为‘甬优 1540’(宁波种业股份有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 温室盆栽试验

杂草发生量试验为单因素试验,包含 6 种不同的除草剂施药处理。各药剂处理所用除草剂均为 30%苄嘧·丙草胺乳油。处理 1 为“移前封”:于移栽前 3 d 封草,制剂用药量 100 mL/667m²,与 5 L/667m² 的泥沙混拌后,撒施于土表进行杂草封闭;处理 2 为“移时封”:于移栽当天,制剂用药量 100 mL/667m²,兑水 30 kg/667m²,喷施于土表进行杂草封闭;处理 3 为“移后封”:于移栽后 3 d 封草,制剂用量 100 mL/667m²,兑水 30 kg/667m²,喷施于土表进行杂草封闭;处理 4 为“移前封-移后封”二次施药:于移栽前 3 d 和移栽后 3 d 各封草一次,移前封制剂用药量 50 mL/667m²,与 5 L/667m² 的泥沙混拌后撒施于土表进行杂草封闭,移后封制剂用药量 50 mL/667m²,兑水 30 kg/667m²,喷施于土表进行杂草封闭;处理 5 为“移后封-苗期杀”二次施药:于移后 3 d 封草一次和移栽后 20 d 苗期喷雾杀草一次,每次制剂用药量均采用 50 mL/667m²,兑水 30 kg/667m²,其中,移后封采用喷雾法,将药液喷施于土表进行杂草封闭,苗期杀为移后 20 d,将药液喷施于水稻茎叶进行杂草防治;处理 6 为不施除草剂。

每处理设置 1 个长、宽、高分别为 60、60、5 cm 的托盘,各处理重复 3 次。每托盘含营养土约 4.5 kg,该土壤的有机质含量 $\geq 46\%$,总养分 $\geq 2\%$,托盘填满营养土后,注水淋透。托盘中水稻种植的株行距为 30 cm $\times$ 20 cm。在播种杂草种子前,将水稻移栽处留空,留空面积为一个直径约 5 cm 的圆形。水稻移栽前 5 d,于营养土表面均匀撒播稗草、千金子、耳叶水苋和异型莎草 4 种杂草种子各 100 粒,采用人工混合的方式进行撒播,撒播后用营养土覆盖,覆盖厚度约为 0.5 cm 左右。‘甬优 1540’水稻种子浸种 48 h,经催芽露白后,撒播于育苗盘中,盘中每个格子规格为 5 cm $\times$ 5 cm,每个格子内撒播种子约 10 粒,待水稻秧苗 1 叶 1 心至 2 叶期,每个格子进行间苗,最终保留 1 株,用于移栽。播种后 25 d,水稻株高(叶长展开)约 30~35 cm,处于 4 叶 1 心至 5 叶 1 心期,选择长势相近的水稻,移栽于托盘留空处,每孔移栽 1 株。试验过程中,水稻移栽至托盘后,保持水层深度 3 cm,在施药前排干水层,在施药后 24 h 回水,并保持水层深度 3 cm,继续保水

至试验结束(移栽后 24 d 试验结束);无药对照的水层深度同施药处理,且自移栽后持续保水至盆栽试验结束。在移栽后的 6、12、18 d 和 24 d,对所有处理的杂草发生量进行调查和记录。温室温度及光照设置:06:01—18:00 为 32℃,光照为 5 000 lx;18:01—06:00 为 22℃,光照为室内自然光,无其他补光,约为 0~600 lx。

1.2.2 大田试验

于 2019 年 6 月在浙江省宁波市鄞州区邱隘镇祥宇农场进行大田试验。水稻用种量为 1 kg/667m²,移栽规格为 30 cm $\times$ 20 cm。播种时间为 5 月 25 日,移栽时间为 6 月 20 日,秧龄为 26 d,约 5~6 叶期。移栽田前茬为冬闲田。祥宇农场的土壤理化性质:pH 为 5.76,电导率为 145 μ s/cm,有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 49.9 g/kg、4.3 g/kg、345.1 mg/kg、92.92 mg/kg 和 234.0 mg/kg。

试验共设 6 个处理,每处理 3 个重复,每重复设 1 个小区,小区面积为 40 m²。6 个处理的施药方式同温室盆栽试验。其中,除草剂喷雾施药采用合美 HM-16A 型背负式电动喷雾器(中山市合美电器有限公司)进行喷雾,工作压力为 0.2~0.4 MPa,施药当天为晴朗无风天气。于移栽后 20 d 施尿素 10 kg/667m² 为分蘖肥;于移栽后 37 d 施复合肥(N-P-K 为 15-15-15) 26 kg/667m² 为穗肥。大田试验中,在水稻移栽后,保持水层深度 3~5 cm(稻田地势不平整)。在每次施药前排干田水,保持田面湿润,在施药后 24 h 回水至水层深度 3~5 cm,继续保水至移栽后 36 d;无药对照的水层深度同施药处理,且自移栽后持续保水至移栽后 36 d。本试验中,水稻移栽前 8 d 进行土壤平整,移栽前 3 d 和移栽当天,均有少量禾本科杂草处于 1 叶 1 心期,阔叶类和莎草科杂草未见萌发;移栽后 3 d,过半数禾本科杂草处于 1~2 叶期,阔叶类杂草未见萌发;移栽后 20 d,稗草处于 4~6 叶期,株高(叶片展开)约 40 cm;千金子处于 4~7 叶期,大部分杂草株高小于 9 cm;阔叶类杂草中的耳叶水苋、多花水苋、丁香蓼和鳢肠大部分处于 4~6 叶期,且大部分阔叶类杂草株高小于 10 cm;莎草类杂草中的异型莎草大部分处于 2~4 叶期,且大部分莎草科杂草株高小于 15 cm。

水稻分蘖测定:每小区 3 点,每点取水稻 10 株,自移栽后 12 d 起,每 6 d 调查 1 次,共调查 5 次。杂

草发生量及除草剂防效测定:每小区 5 个点,每点放置 1 个 1.0 m×1.0 m 样框,自移栽后 18 d 起,每 6 d 对样框中的杂草种类和数量进行记录,调查 4 次,并对末次调查的杂草地上部分进行鲜重称量,并计算株防效和鲜重防效。

株防效=(空白对照区杂草株数-处理区杂草株数)/空白对照区杂草株数×100%;

鲜重防效=(空白对照区杂草鲜重-处理区杂草鲜重)/空白对照区杂草鲜重×100%。

1.3 数据分析

温室试验中,设杂草发生量为因变量,设施药处理为固定因子。大田试验中,设水稻分蘖、杂草发生量、杂草鲜重、杂草株防效和杂草鲜重防效为因变量,设施药处理为固定因子。采用一般线性模型,对每个调查周期的数据进行分析,利用 post-hoc (LSD)进行两两比较分析;大田试验的水稻分蘖、杂草发生量和杂草鲜重,以及温室试验的杂草发生量均采用 SPSS statistics v22.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 温室盆栽试验

温室盆栽试验数据显示,在各个调查周期内,与不施用除草剂的处理对比,施用除草剂后的杂草发生量显著降低。施用除草剂的 5 个处理中,移栽后 6、12 d 的各类杂草发生量没有显著差异。移栽后 18 d,“移后封-苗期杀”对稗草的防除效果显著优于其他处理;“移后封-苗期杀”对千金子的防除效果显著优于“移前封-移后封”,但与其他处理相比,效果不显著;在阔叶类和莎草科杂草上,移栽后 6、12、18 d 的所有施药处理间的差异不显著。移栽后 24 d,“移后封-苗期杀”在稗草和耳叶水苋上的防除效果显著优于其他所有处理;“移后封-苗期杀”在千金子上的防除效果优于“移前封-移后封”,但效果不显著,但该处理的防除效果显著优于所有单次施药处理;在莎草科杂草上,所有施药处理间的差异不显著(表 1)。

表 1 30%苄嘧·丙草胺乳油不同施药次数及施药时间对 4 种盆栽杂草发生量的影响¹⁾
Table 1 Effect of frequency and period of application of bensulfuron-methyl·pretilachlor 30% EC on the occurrence of four species of potted weeds

调查时间 Investigation time	除草剂施药处理 Herbicide application treatment	杂草发生量/株·盆 ⁻¹ Weed occurrence			
		稗草 <i>Echinochloa crus-galli</i>	千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	耳叶水苋 <i>Ammannia auriculata</i>	异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>
移秧后 6 d 6th day after transplantation	移前封 100 mL/667m ²	(6.67±1.20)b	(7.00±1.00)b	(0.67±0.67)b	(0.00±0.00)b
	移时封 100 mL/667m ²	(8.33±1.86)b	(7.33±0.33)b	(0.67±0.67)b	(0.00±0.00)b
	移后封 100 mL/667m ²	(8.00±1.00)b	(6.00±4.16)b	(2.67±1.76)b	(0.67±0.67)b
	移前封-移后封 50 mL/667m ² +50 mL/667m ²	(6.00±3.06)b	(2.33±1.20)b	(0.67±0.67)b	(1.00±1.00)b
	移后封-苗期杀 50 mL/667m ² +50 mL/667m ²	(8.00±0.58)b	(5.00±2.00)b	(2.33±1.45)b	(0.00±0.00)b
	不施除草剂	(85.00±8.89)a	(77.00±13.53)a	(6.67±2.73)a	(31.67±8.95)a
移秧后 12 d 12th day after transplantation	移前封 100 mL/667m ²	(1.00±0.58)b	(2.33±0.67)b	(0.33±0.33)b	(0.33±0.33)b
	移时封 100 mL/667m ²	(1.33±0.67)b	(2.67±1.45)b	(0.67±0.67)b	(1.00±1.00)b
	移后封 100 mL/667m ²	(1.00±0.58)b	(2.33±1.86)b	(1.33±0.88)b	(0.67±0.67)b
	移前封-移后封 50 mL/667m ² +50 mL/667m ²	(2.33±0.88)b	(2.33±0.88)b	(0.67±0.67)b	(1.00±1.00)b
	移后封-苗期杀 50 mL/667m ² +50 mL/667m ²	(1.67±0.33)b	(2.67±1.45)b	(0.67±0.67)b	(0.67±0.67)b
	不施除草剂	(72.33±11.55)a	(75.67±7.31)a	(19.67±7.86)a	(38.33±7.67)a
移秧后 18 d 18th day after transplantation	移前封 100 mL/667m ²	(2.00±0.58)b	(7.00±1.00)bc	(0.67±0.67)b	(0.00±0.00)b
	移时封 100 mL/667m ²	(3.00±0.58)b	(10.67±3.18)bc	(0.67±0.67)b	(0.00±0.00)b
	移后封 100 mL/667m ²	(3.00±1.00)b	(12.67±2.40)bc	(0.67±0.67)b	(0.67±0.67)b
	移前封-移后封 50 mL/667m ² +50 mL/667m ²	(3.33±0.88)b	(14.33±1.45)b	(2.67±1.76)b	(1.00±1.00)b
	移后封-苗期杀 50 mL/667m ² +50 mL/667m ²	(0.00±0.00)c	(0.67±0.67)c	(2.33±1.45)b	(0.00±0.00)b
	不施除草剂	(67.00±6.08)a	(66.33±6.23)a	(30.00±4.04)a	(67.33±6.06)a

续表 1 Table 1(Continued)

调查时间 Investigation time	除草剂施药处理 Herbicide application treatment	杂草发生量/株·盆 ⁻¹ Weed occurrence			
		稗草 <i>Echinochloa crus-galli</i>	千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	耳叶水苋 <i>Ammannia auriculata</i>	异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>
移秧后 24 d 24th day after transplantation	移前封 100 mL/667m ²	(2.00±0.58)b	(24.00±6.56)b	(39.67±10.14)b	(9.67±1.20)b
	移时封 100 mL/667m ²	(3.00±0.58)b	(18.33±4.33)bc	(41.33±3.18)b	(13.00±5.86)b
	移后封 100 mL/667m ²	(3.00±1.00)b	(17.67±3.76)bc	(38.00±7.77)b	(14.33±3.93)b
	移前封-移后封 50 mL/667m ² +50 mL/667m ²	(3.33±0.88)b	(11.67±0.88)cd	(48.67±3.18)b	(16.67±8.97)b
	移后封-苗期杀 50 mL/667m ² +50 mL/667m ²	(0.00±0.00)c	(4.33±1.86)d	(12.00±1.73)c	(6.00±3.00)b
	不施除草剂	(66.33±7.06)a	(68.33±4.91)a	(76.67±9.84)a	(73.33±6.84)a

1) 数据为平均值±标准误,同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。下同。
Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among different treatments ($P<0.05$). The same applies below.

2.2 大田试验

2.2.1 不同施药次数及施药时间对水稻分蘖的影响

大田试验数据显示,移栽后 12 d,“移时封”处理的水稻分蘖数最多,为 6.60 万株/667m²,而“移前封-移后封”处理的分蘖数最少,为 5.00 万株/667m²,但

各处理间的分蘖数差异不显著;移栽后 18、24、30、36 d,二次施药处理中,“移后封-苗期杀”处理的分蘖数较多,分别为 15.00 万、20.40 万、19.10 万、16.90 万株/667m²,略高于“移前封-移后封”处理的分蘖数。其中,移栽后 24、30、36 d,二次施药处理的分蘖数显著高于“移前封”单次施药处理(表 2)。

表 2 30%苄嘧·丙草胺乳油不同施药次数及施药时间对水稻分蘖数的影响¹⁾

处理 Treatment	水稻分蘖数/万株·(667m ²) ⁻¹ Tiller number of rice				
	移栽后 12 d ATR 12 days	移栽后 18 d ATR 16 days	移栽后 24 d ATR 24 days	移栽后 30 d ATR 30 days	移栽后 36 d ATR 36 days
移前封(100 mL/667m ²) Apply herbicide before transplanting(100 mL/667m ²)	(5.60±0.52)a	(12.40±1.03)bc	(15.90±0.67)c	(15.50±0.78)c	(13.60±0.86)c
移时封(100 mL/667m ²) Apply herbicide on the day of transplanting(100 mL/667m ²)	(6.60±0.48)a	(13.10±0.80)abc	(18.00±1.15)bc	(16.50±0.31)bc	(13.90±0.86)bc
移后封(100 mL/667m ²) Apply herbicide after transplanting	(6.10±0.62)a	(13.90±0.43)ab	(18.20±0.76)b	(17.70±1.16)ab	(13.50±0.75)c
移前封-移后封(50 mL/667m ² +50 mL/667m ²) Apply herbicide before and after transplanting (50 mL/667m ² +50 mL/667m ²)	(5.00±0.47)a	(14.90±0.60)a	(19.90±0.81)ab	(18.10±0.55)ab	(15.90±0.43)ab
移后封-苗期杀(50 mL/667m ² +50 mL/667m ²) Apply herbicide after transplanting and seedling stage (50 mL/667m ² +50 mL/667m ²)	(5.90±0.62)a	(15.00±0.93)a	(20.40±1.38)a	(19.10±0.92)a	(16.90±0.48)a
不施除草剂 No herbicide	(5.80±0.49)a	(11.00±0.77)c	(13.00±0.68)d	(12.50±0.78)d	(11.10±0.71)d

1) ATR 为“移栽后”的英文缩写,下同。
ATR is the abbreviation of “after transplanting seedling”. The same below.

2.2.2 不同施药次数及施药时间对杂草出草量及除草剂防效的影响

大田试验显示,不使施除草剂的处理其杂草出草量显著高于施用除草剂的处理。移栽后 18、24、30 d,

二次施药处理的杂草出草量较少,但所有处理间的差异不显著;移栽后 36 d,二次施药处理的杂草出草量低于单次施药处理;而二次施药的鲜重高于单次施药中的“移时封”和“移后封”,但低于“移前封”(表 3)。

表 3 30%苄嘧·丙草胺乳油不同施药次数及施药时间对杂草出草数量及末次调查杂草鲜重的影响¹⁾

Table 3 Effect of frequency and period of application of bensulfuron-methyl·pretilachlor 30% EC on the occurrence of weeds during the whole investigation period and the fresh weight of weeds in the last round of investigation

处理 Treatment	杂草数量/株·m ⁻² Weed quantities				末次鲜重/g·m ⁻² Final fresh weight
	移栽后 18 d ATR 18 days	移栽后 24 d ATR 24 days	移栽后 30 d ATR 30 days	移栽后 36 d ATR 36 days	
移前封(100 mL/667m ²) Apply herbicide before transplanting (100 mL/667m ²)	(3.33±0.54)b	(6.67±0.72)b	(18.67±3.31)b	(43.00±10.03)b	(140.39±10.50)b
移时封(100 mL/667m ²) Apply herbicide on the day of transplanting (100 mL/667m ²)	(2.00±0.47)b	(2.67±0.27)b	(12.67±0.98)b	(32.67±1.52)bc	(112.56±14.81)bc
移后封(100 mL/667m ²) Apply herbicide after transplanting (100 mL/667m ²)	(1.67±0.27)b	(1.67±0.27)b	(13.67±2.88)b	(33.33±6.22)bc	(91.65±7.38)bc
移前封移后封(50 mL/667m ² +50 mL/667m ²) Apply herbicide before and after transplanting (50 mL/667m ² +50 mL/667m ²)	(1.33±0.27)b	(1.00±0.47)b	(9.00±1.41)b	(25.00±1.70)bc	(127.66±7.08)b
移后封苗期杀(50 mL/667m ² +50 mL/667m ²) Apply herbicide after transplanting and seedling stage (50 mL/667m ² +50 mL/667m ²)	(1.67±0.27)b	(0.67±0.27)b	(6.00±1.25)b	(17.00±2.94)c	(68.29±10.317)c
不施除草剂 No herbicide	(34.00±10.37)a	(64.67±10.90)a	(89.33±12.04)a	(111.67±11.32)a	(462.93±27.61)a

1) 末次鲜重为移栽后 36 d 调查时的杂草鲜重。
Final fresh weight is the fresh weight of weeds in the last investigation (36 days after transplanting).

杂草株防效数据显示,移栽后 18 d 和 24 d,各施药处理间的株防效无显著差异。移栽后 30 d,“移后封-苗期杀”处理的防效显著高于“移前封”处理的防效;移栽后 36 d,“移后封-苗期杀”处理的株防效显著高于所有的单次施药的处理。鲜重防效方面,“移后封-苗期杀”的防效略高于“移后封”和“移时封”,但显著高于“移前封”及“移前封-移后封”(表 4)。

表 4 30%苄嘧·丙草胺乳油不同施药次数及施药时间对杂草株防效及鲜重防效¹⁾

Table 4 Effect of frequency and period of application of bensulfuron-methyl·pretilachlor 30% EC on control effect of occurrence and fresh weight of weeds

处理 Treatment	株防效/% Control effect of weed quantities				鲜重防效/% Control effect of fresh weight
	移栽后 18 d ATR 18 days	移栽后 24 d ATR 24 days	移栽后 30 d ATR 30 days	移栽后 36 d ATR 36 days	
移前封(100 mL/667m ²) Apply herbicide before transplanting (100 mL/667m ²)	(88.14±2.25)a	(88.16±3.07)a	(78.86±3.13)b	(63.02±5.07)b	(69.55±1.99)b
移时封(100 mL/667m ²) Apply herbicide on the day of transplanting (100 mL/667m ²)	(89.11±5.84)a	(95.71±0.38)a	(85.24±1.77)ab	(69.42±4.35)b	(75.98±2.11)ab
移后封(100 mL/667m ²) Apply herbicide after transplanting (100 mL/667m ²)	(92.27±3.65)a	(97.4±0.26)a	(84.95±2.43)ab	(67.49±8.76)b	(79.94±2.02)a
移前封-移后封(50 mL/667m ² +50 mL/667m ²) Apply herbicide before and after transplanting (50 mL/667m ² +50 mL/667m ²)	(95.05±1.39)a	(98.48±0.62)a	(88.60±3.31)ab	(77.19±1.86)ab	(72.17±2.06)b
移后封-苗期杀(50 mL/667m ² +50 mL/667m ²) Apply herbicide after transplanting and seedling stage (50 mL/667m ² +50 mL/667m ²)	(92.27±3.65)a	(98.69±0.56)a	(92.33±2.37)a	(84.17±3.06)a	(85.46±0.98)a

1) 杂草鲜重防效为移栽后 36 d 调查。
Control effects of weeds fresh weight were investigated at 36 days after transplanting.

3 讨论

本研究首次提出,在水稻全生育期内,控制除草剂总量一致的前提下,通过改变施药次数及其施药时间节点,来探索如何提高除草剂的防除效果。温室盆栽试验及大田试验结果均表明,采用二次施药

的防除效果优于单次施药;在二次施药处理下,“移后封-苗期杀”的杂草防除效果优于“移前封-移后封”,表明除草剂总量一致的情况下,可通过改变施药策略,来提高除草剂的防除效果,间接地降低稻田除草剂的用药量。

3.1 不同稻田杂草对不同除草方式的响应

温室试验表明,供试杂草在“移后封-苗期杀”处理下均出现了最佳防除效果,其中,移栽后 24 d,“移后封-苗期杀”处理对禾本科的稗草和阔叶类的耳叶水苳的防除效果显著优于其他处理,表明同种除草剂同种施药方式的防除效果在各类杂草间存在差异。“移后封-苗期杀”与其他处理相比,最大的特点是插秧后 20 d 进行了一次茎叶喷雾处理。与稗草不同的是,在插秧后 20 d 左右的千金子,部分已出现匍匐茎。一方面,此阶段的千金子因匍匐茎贴近土壤,部分甚至潜入泥中,不易接触到药剂,另一方面,该类杂草的匍匐茎可能对除草剂的代谢能力要显著强于直立茎叶。上述原因可能导致移栽后 20 d 时茎叶喷雾对千金子的防除效果略差于同为禾本科的稗草。此外,供试药剂在“移后封-苗期杀”处理下对耳叶水苳表现出良好的防除效果,主要来自于供试药剂中的部分成分“苄嘧磺隆”,该成分对未产生抗药性的阔叶类杂草具有极好的防除效果。

3.2 不同施药模式对水稻分蘖、杂草发生量及防效的影响

除草剂通过抑制稻田杂草的发生来减少杂草对水稻生长的干扰,间接地促进水稻生长。二次施药处理下,水稻分蘖量显著高于单次施药,说明二次施药对稻田杂草的整体抑制效果较好,导致该结果的原因可能在于移栽田存在多个出草高峰,主要的出草高峰一般发生在水稻移栽后的 7~15 d 和(或)20~30 d,不同地区不同气候条件下,出草高峰的数量及持续时间存在差异^[15-16]。本研究中,按 30%苄嘧·丙草胺乳油推荐量采用“移前封”、“移时封”及“移后封”单次施药,可能仅对移秧后第一个出草高峰的杂草起到了较好的防除作用,而漏杀了第二个出草高峰的杂草所致。同理,我们发现二次施药处理中,“移后封-苗期杀”的防除效果优于“移前封-移后封”处理,其原因同样是“移后封-苗期杀”中的“苗期杀”的时间与移栽田中第二个出草高峰的时间节点高度契合有关,并由此导致“移后封-苗期杀”处理下的水稻分蘖量及除草剂防效在苗期阶段高于“移前封-移

后封”,同时,杂草发生量低于“移前封-移后封”。值得注意的是,在苗期阶段,“移后封-苗期杀”相对于“移前封-移后封”多了一次有效的苗期杀草处理,前者的效果虽优于后者,但差异并未达到显著水平,极有可能与本研究严格的保水抑草管理方式有关。有研究表明,移栽田中采用较好的保水措施,对苗期控草具有极大的促进作用,在深水控草的试验中,部分试验表明,即使不施用除草剂,也可以有效防除稻田杂草^[11]。因此,我们认为,苗期杂草的发生,除了与是否施用除草剂密切相关以外,与是否采取了有效的保水控草管理方法,以及采用何种水层深度的控草措施,有一定关联。

通过本研究,我们发现,对稻田杂草发生高峰期的把握,是稻田除草剂减药的一个理论基础。在稻田杂草发生高峰来临前 3~5 d 进行除草剂适当减量施药,对杂草的防除效果不会造成显著的负面影响;其次,针对稻田杂草发生高峰的时间节点,控制总量一定,进行多次精准施药,是大幅提高除草剂药效的有效途径。

参考文献

- [1] HOSSAIN K, TIMSINA J, JOHNSON D E, et al. Multi-year weed community dynamics and rice yields as influenced by tillage, crop establishment, and weed control: implications for rice-maize rotations in the Eastern Gangetic Plains [J/OL]. Crop Protection, 2020, 138: 105334. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105334.
- [2] 王小武,李双建,丁新华,等. 不同除草方式对稻田杂草群落及其多样性的影响[J]. 西北农业学报, 2018, 27(11): 1667-1675.
- [3] FU Zhenhen, MEIER A R, EPSTEIN B, et al. Host plants and *Wolbachia* shape the population genetics of sympatric herbivore populations [J]. Evolutionary Applications, 2020, 13(10): 2740-2753.
- [4] IGHALO J O, ADENIYI A G, ADELODUN A A. Recent advances on the adsorption of herbicides and pesticides from polluted waters: performance evaluation via physical attributes [J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2021, 93: 117-137.
- [5] IGHALO J O, AJALA O J, ADENIYI A G, et al. Ecotoxicology of glyphosate and recent advances in its mitigation by adsorption [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(3): 2655-2668.
- [6] MOHAMAT-YUSUFF F, ZULKARNAIN Z, ANUAR N Z A, et al. Impact of diuron contamination on blood cockles (*Tegillarca granosa* Linnaeus, 1758) [J/OL]. Marine Pollution Bulletin, 2020, 161: 111698. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111698.

- [7] 董立尧,高原,房加鹏,等. 我国水稻田杂草抗药性研究进展[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 69-76.
- [8] 谷涛,李永丰,张自常,等. 杂草对激素类除草剂抗药性研究进展[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 15-26.
- [9] 史骏,湛江华,汪峰,等. 粳粳杂交稻提早拔草减药的施肥技术[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(2): 268-269.
- [10] 郝春新,倪汉文. 除草剂减量用药对稗草及狗尾草的防除效果评价[J]. 杂草科学, 2013, 31(2): 62-64.
- [11] 袁元荣,袁骄艳,顾永林,等. 淹水有机栽培模式下水稻产量与品质特征[J]. 中国稻米, 2020, 26(6): 64-66.
- [12] 田志慧,袁得军,袁国徽,等. 双环磺草酮·双唑草腈对杂草稻的生物活性及对水稻的安全性[J]. 植物保护, 2020, 46(5): 229-234.
- [13] 杨永杰,张建萍,唐伟,等. 水稻“播喷同步”和“插喷同步”封闭除草技术[J]. 中国稻米, 2020(5): 48-52.
- [14] 张建萍,唐伟,于晓玥,等. 几种除草剂在机直播稻田“播喷同步”封闭除草技术中的应用[J]. 浙江农业科学, 2020(3): 484-486.
- [15] 王新华,叶程成,龚丽华. 机插稻田杂草发生与防除初探[J]. 上海农业科技, 2015(5): 152-153.
- [16] 金周浩,姚士桐,陆志杰,等. 机插单季晚稻田杂草发生规律及防治药剂[J]. 浙江农业科学, 2011(5): 1097-1099.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 319 页)

- [2] 李晶,曾娟,姜玉英,等. 新疆小麦条锈病发生特点及流行规律初探[J]. 中国植保导刊, 2010, 30(6): 16-19.
- [3] WELLINGS C R. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats [J]. Euphytica, 2011, 179(1): 129-141.
- [4] 康振生,王晓杰,赵杰,等. 小麦条锈菌致病性及其变异研究进展[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3439-3453.
- [5] 陈万权,康振生,马占鸿,等. 中国小麦条锈病综合治理理论与实践[J]. 中国农业科学, 2013, 46(20): 4254-4262.
- [6] 李振岐,曾士迈. 中国小麦锈病[M]. 北京: 中国农业出版社 2002: 49.
- [7] 吴立人,牛永春. 我国小麦条锈病持续控制的策略[J]. 中国农业科学, 2000, 33(5): 46-54.
- [8] 蔚睿,金彦刚,吴舒舒,等. 黄淮麦区小麦新品种(系)抗条锈水平与抗病基因分析[J]. 麦类作物学报, 2020, 40(3): 278-284.
- [9] 王明玉,冀凯燕,冯晶,等. 104 个小麦品种抗条锈性及遗传多样性分析[J]. 植物保护学报, 2018, 45(1): 27-36.
- [10] 高海峰,白微微,陈利,等. 新疆小麦条锈病和白粉病越冬调查[J]. 新疆农业科学, 2017, 54(9): 1670-1678.
- [11] 中华人民共和国农业部. NY/T 1443.1-2007, 小麦抗病虫害性评价技术规范第 1 部分: 小麦抗条锈病评价技术规范[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [12] 樊玉,薛楠,李高宝,等. 2013 年鄂西北小麦条锈菌群体毒性结构分析[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(12): 1739-1745.
- [13] 李佼佼,兰永红,夏滔,等. 2011 年西藏地区小麦条锈菌生理小种群结构分析[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(5): 973-976.
- [14] 王付平. 新疆小麦条锈菌群体毒性和分子多样性分析及与中国西部其他流行区间的关系[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [15] 李伟华,刘太国,高海峰,等. 伊犁河谷小麦条锈病菌源地调查研究[J]. 新疆农业科学, 2017, 54(9): 1679-1687.
- [16] 贾秋珍,曹世勤,王晓明,等. 2017 年—2018 年甘肃省小麦条锈菌生理小种变异监测[J]. 植物保护, 2021, 47(2): 214-218.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 326 页)

- [22] RYSS A Y. Genus *Pratylenchus* Filipjev: multientry and monentry keys and diagnostic relationships (Nematoda: Tylenchida: Pratylenchidae) [J]. Zoosystematica Rossica, 2002, 10: 241-255.
- [23] WANG Ke, HAO Penghui, LIU Yankun, et al. Occurrence of *Pratylenchus coffeae* causing root rot of soybean in Shandong province of China [J]. Plant Disease, 2020, 105(4): 1227.
- [24] 陈晓玲,李小妮,高永峰,等. 广州香蕉病原线虫咖啡短体线虫的形态学鉴定方法研究[J]. 广东农业科学, 2008(2): 55-57.
- [25] 王硕,刘焱琨,夏艳辉,等. 河南烟草根际短体线虫鉴定及其致病性分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(1): 85-93.
- [26] 赵来顺,杨宝君,杨文博. 薯蓣的一种新病害—红斑病研究简报[J]. 植物病理学报, 1991, 21(3): 234.
- [27] TONG Fuchun, XIAO Yihua, WANG Qinli. Soil nematode community structure on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China [J]. Journal of Forestry Research, 2010, 21(1): 93-98.
- [28] LIPHADZI K B, KASSIM A K, BENSCH C N, et al. Soil microbial and nematode communities as affected by glyphosate and tillage practices in a glyphosate-resistant cropping system [J]. Weed Science, 2005, 53(4): 536-545.
- [29] 刘方明,孟维初,刘今子,等. 不同土地利用方式下土壤线虫群落的垂直分布分析[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(19): 4266-4269.
- [30] 王晓平,刘道峰,张兆斌. 不同栽培因子对嘉祥细毛长山药产量的影响[J]. 山东农业科学, 2011(10): 40-42.
- [31] 许念芳,宋计平,刘少军,等. 不同药剂对重茬山药线虫病防治效果[J]. 生物灾害科学, 2021, 44(2): 168-171.

(责任编辑: 田 喆)