

周金鑫,葛晓琴,孙钰晨,等. 35% 氟噻草胺·吡氟酰草胺悬浮剂与不同药剂组合不同时期施用对稻茬麦田杂草的防效及对小麦的安全性[J]. 江苏农业科学,2025,53(21):180-186.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.21.022

35% 氟噻草胺·吡氟酰草胺悬浮剂与不同药剂组合不同时期施用对稻茬麦田杂草的防效及对小麦的安全性

周金鑫¹, 葛晓琴¹, 孙钰晨¹, 王可², 吴佳文³, 罗小娟⁴, 王红春²

(1. 江苏省兴化市现代农业发展服务中心, 江苏兴化 225700; 2. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 江苏南京 210014;

3. 江苏省植物保护植物检疫站, 江苏南京 210013; 4. 四川利尔作物科学有限公司, 四川绵阳 621000)

摘要:通过田间小区试验测定 35% 氟噻草胺·吡氟酰草胺悬浮剂不同施药时期、剂量处理对稻茬小麦的安全性及对杂草的防效,为稻茬小麦田杂草防除提供理论依据和技术指导。结果表明,小麦播后苗前和立针期,35% 氟噻草胺·吡氟酰草胺 SC 1 200 mL/hm² 处理对稻茬麦田茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株防效和鲜重防效均高于 98%,对小麦安全;小麦 2 叶期,35% 氟噻草胺·吡氟酰草胺 SC 1 200 mL/hm² 与 70% 氟唑磺隆 WG 60 g/hm² 桶混处理对茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株防效和鲜重防效均高于 95%,对小麦安全。在小麦播后苗前、立针期 35% 氟噻草胺·吡氟酰草胺 SC 1 200 mL/hm² 单独使用或 2 叶期与 70% 氟唑磺隆 WG 桶混使用能有效控制稻茬小麦全生育期草害,对小麦安全,具有施药适期宽、杀草谱广、持效期长等优点,是应对当前稻茬小麦播种前后阴雨天气无法及时封闭、早春倒春寒频发、除草剂药害频发、除草剂抗性发展蔓延快等问题的除草方案,应用前景广阔。

关键词:35% 氟噻草胺·吡氟酰草胺悬浮剂;施药时期;防效;安全性

中图分类号:S482.4⁺6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)21-0180-06

长江中下游稻茬麦区冬小麦播种期经常遇到连续多雨的天气,田间土壤水分常处于饱和状态,土壤封闭除草剂无法及时使用,杂草发生种类多,数量大^[1-2]。而杂草出苗后,使用常规封闭药剂的效果不能保证,导致春季化学药剂防除压力大,化除次数多、用药量大、药效差、药害风险高,且杂草已对小麦造成了严重影响,降低了稻茬小麦的产量和品质^[3]。此外,精噻唑禾草灵、炔草酯、甲基二磺隆、苯磺隆等茎叶处理除草剂的长期单一使用,导致杂草的靶标酶基因位点发生突变或代谢活性明显增强,抗药性发生蔓延迅速^[4-5]。目前,茵草、看麦娘、日本看麦娘、猪殃殃、繁缕、荠菜等抗性杂草已逐渐成为长江中下游地区稻茬麦田的优势杂草,茎叶处理除草剂抗药性已成为杂草治理面临的重大问题^[6-8]。针对长江中下游稻茬麦区秋季多雨常规封闭无法及时用药、早春茎叶化除抗性和药害风

险高的生产问题,筛选小麦播后苗前至苗后早期均可使用的封闭兼茎叶处理的高效、安全、持效期长的除草剂配方对稻茬麦田杂草防控及抗性治理具有重要的实际意义。

氟噻草胺是酰胺类除草剂,通过封闭作用防除茵草、日本看麦娘等杂草^[9-10],且对抗精噻唑禾草灵等茎叶处理除草剂的禾本科杂草有特效^[11];吡氟酰草胺是一种酰胺类除草剂,可以在杂草发芽前后施用,在土表形成抗淋溶的药土层,从而在作物整个生长期保持活性,对播娘蒿、荠菜、茵草、猪殃殃等杂草具有较好的活性^[12]。氟噻草胺和吡氟酰草胺均以封闭除草为主,且对苗后早期的杂草也具有一定的防效,两者混配在小麦播后苗前至苗后早期均有防除小麦田多种恶性杂草的潜能。为了验证该假说,筛选施药窗口期宽、杀草谱广、持效时间长的化除组合,本试验通过田间小区试验研究了 35% 氟噻草胺·吡氟酰草胺悬浮剂不同施药时期、不同剂量施用对稻茬麦田杂草的防效及对稻茬小麦的安全性。

1 材料与方法

1.1 试验田块概况

试验田位于江苏省泰州市兴化市兴东镇联发

收稿日期:2024-08-26

基金项目:江苏省亚夫科技服务项目[编号:KF(23)1105]。

作者简介:周金鑫(1986—),男,江苏兴化人,高级农艺师,主要从事病虫害预测预报及防治研究。Email:707444415@qq.com。

通信作者:王红春,博士,副研究员,主要从事稻麦田草害及杂草抗性治理研究。Email:hongchun023@126.com。

村(119°91'07"E,32°95'87"N)。该田块为麦稻连作田,前茬水稻,秸秆全量还田,田间地势平坦,肥力均匀,土壤类型为黏泥土,pH 值 6.80,有机质含量 15.50 g/kg、含氮量 1.43 g/kg、有效磷含量 16 mg/kg、速效钾含量 74 mg/kg。供试小麦品种为扬麦 23,2023 年 11 月 22 日人工撒播,播种量为 210 kg/hm²。

田间杂草以茵草 [*Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fern.]、牛繁缕 [*Myosoton aquaticum* (L.) Moench]、猪殃殃 (*Galium aparine* L.) 等为主,看麦娘 (*Alopecurus aequalis* Sobol.)、荠菜 [*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.] 等杂草零星发生。

1.2 供试除草剂

35% 氟噻·吡氟悬浮剂 (SC),由四川利尔作物科学有限公司生产;33% 氟噻·吡酰·呋悬浮剂 (SC),由拜耳作物科学(中国)有限公司生产;50% 噻吩·乙草胺可湿性粉剂 (WP)、30 g/L 甲基二磺隆悬浮剂 (SC),由浙江天一农化有限公司生产;50% 异丙隆可湿性粉剂 (WP),由江苏快达农化股

份有限公司生产;200 g/L 氯氟吡氧乙酸乳油 (EC),由合肥星宇化学有限责任公司生产;70% 氟唑磺隆水分散粒剂 (WG)、50 g/L 双氟磺草胺悬浮剂 (SC)、5% 唑啉草酯乳油 (EC),均由江苏省农用激素工程技术有限责任公司生产。

1.3 试验设计

小麦播后苗前(2023 年 11 月 25 日),喷施处理 1~5、处理 16 第 1 次用药,施药当天多云转晴,药后 3 d 均为阴转晴;小麦和杂草立针期(2023 年 12 月 2 日)喷施处理 6~10,施药当天阴转晴,药后 3 d 均为多云转晴;小麦和杂草 2 叶期(2023 年 12 月 9 日)喷施处理 11~15,施药当天阴转晴,药后 3 d 均为多云转晴;小麦和杂草 3~4 叶期(2023 年 12 月 16 日)喷施处理 16 第 2 次用药,施药当天阴转晴,药后 3 d 均为多云转晴。人工除草处理于 2023 年 12 月 2 日、12 月 9 日、12 月 16 日及 2024 年 1 月 15 日、3 月 5 日进行人工拔除杂草。每个处理重复 3 次,随机排列。具体处理设计如表 1 所示。

表 1 小麦田间试验处理设计

处理	用药时间	药剂	剂量 (g/hm ² 或 mL/hm ²)
1	小麦播后苗前	35% 氟噻·吡氟 SC	900
2	小麦播后苗前	35% 氟噻·吡氟 SC	1 200
3	小麦播后苗前	35% 氟噻·吡氟 SC	1 500
4	小麦播后苗前	33% 氟噻·吡酰·呋 SC	1 200
5	小麦播后苗前	50% 噻吩·乙草胺 WP	900
6	小麦立针期	35% 氟噻·吡氟 SC	900
7	小麦立针期	35% 氟噻·吡氟 SC	1 200
8	小麦立针期	35% 氟噻·吡氟 SC	1 500
9	小麦立针期	33% 氟噻·吡酰·呋 SC	1 200
10	小麦立针期	50% 噻吩·乙草胺 WP	900
11	小麦 2 叶期	35% 氟噻·吡氟 SC + 70% 氟唑磺隆 WG	900 + 45
12	小麦 2 叶期	35% 氟噻·吡氟 SC + 70% 氟唑磺隆 WG	1 200 + 60
13	小麦 2 叶期	35% 氟噻·吡氟 SC + 70% 氟唑磺隆 WG	1 500 + 60
14	小麦 2 叶期	5% 唑啉草酯 EC + 50 g/L 双氟磺草胺 SC	1 200 + 225
15	小麦 2 叶期	30 g/L 甲基二磺隆 SC + 50 g/L 双氟磺草胺 SC	375 + 225
16	A. 小麦播后苗前;B. 小麦 3~4 叶期	A. 50% 噻吩·乙草胺 WP;B. 50% 异丙隆 WP + 5% 唑啉草酯 EC + 200 g/L 氯氟吡氧乙酸 EC	A. 900;B. 2 250 + 1 500 + 750
17	—	人工除草	—
18	—	空白对照	—

1.4 施药方法

喷雾采用 SX - MD150A 电动喷雾器(扇形喷头,压力 0.2~0.4 MPa,雾粒直径 30~90 μm),兑水 450 L/hm²,药后常规田间管理。

1.5 田间调查及方法

施药后 25 d,每个小区取 4 点调查,分种类调查杂草株数;施药后 70 d,调查杂草株数和地上部分鲜重。

分别于施药后 7、15、45 d 目测各处理对麦苗的安全性。施药后 70 d, 每个小区取 4 点, 每点 10 株, 调查小麦的株高和茎蘖数。小麦收获前测产。

1.6 数据处理

试验数据经 Excel 2021 初步处理, 采用 SPSS 20.0 软件统计分析, 测验处理之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 小麦播后苗前处理的药效和安全性

2.1.1 小麦播后苗前处理对不同杂草的防效 由表 2 可知, 小麦播后苗前施药后 25 d, 35% 氟噻·吡氟 SC 1 200、1 500 mL/hm² 剂量处理对茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株防效均为 100.00%, 高于对照药剂 33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm² 处理、50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 处理。

表 2 小麦播后苗前施药不同处理对杂草的株防效(施药后 25 d)

处理	株防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
1	95.31c	95.59ab	95.00a	96.88c
2	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
3	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
4	98.19b	98.53ab	97.50a	98.79b
5	94.95c	94.12b	92.50a	96.36c
16	98.92ab	98.53ab	97.50a	99.13ab
18	(23.08)	(5.67)	(3.33)	(32.08)

注: 空白对照括号中数据为每 0.25 m² 杂草株数, 单位为株/0.25 m²; 表 3、表 6、表 7、表 10、表 11 同。同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$), 下表同。

由表 3、表 4 可知, 小麦播后苗前施药后 70 d, 35% 氟噻·吡氟 SC 1 200、1 500 mL/hm² 处理对茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株防效和鲜重防效均高于 98%, 高于对照药剂 33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm²、50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 处理, 与播后苗前喷施 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 结合小麦 3~4 叶期喷施 50% 异丙隆 WP 2 250 g/hm² + 5% 啶啉草酯 EC 1 500 mL/hm² + 200 g/L 氯氟吡氧乙酸 EC 750 mL/hm² 处理的防效相当。

2.1.2 小麦播后苗前处理对小麦的安全性 小麦播后苗前施药后 7、15、45 d 目测, 35% 氟噻·吡氟 SC 900、1 200、1 500 mL/hm² 处理小麦的出苗数、株高与人工除草无明显差异, 33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm² 处理低洼处小麦幼苗偶见扭曲、白化

表 3 小麦播后苗前施药不同处理对杂草的株防效(施药后 70 d)

处理	株防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
1	92.72d	93.64b	93.44b	92.87c
2	98.83b	99.09a	98.36ab	98.83b
3	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
4	93.76c	93.64b	93.44b	93.72c
5	88.69d	82.73c	81.97c	87.55d
16	98.18b	96.36a	95.08b	97.77b
18	(64.08)	(91.17)	(5.08)	(78.33)

表 4 小麦播后苗前施药不同处理对杂草的鲜重防效(施药后 70 d)

处理	鲜重防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
1	92.94b	93.95b	93.98b	93.42b
2	98.90a	99.28a	98.65a	98.96a
3	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
4	93.96b	93.88b	93.79b	93.91b
5	88.90c	82.98c	82.08c	85.94c
16	98.49a	98.37a	97.93a	98.35a
18	(95.24)	(49.43)	(35.05)	(179.71)

注: 空白对照括号中数据为每 0.25 m² 杂草鲜重, 单位为 g/0.25 m², 表 8、表 12 同。

症状, 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 处理低洼处小麦出苗数少于人工除草处理, 且株高略低于其他处理。

由表 5 可知, 施药后 70 d, 35% 氟噻·吡氟 SC 900、1 200、1 500 mL/hm² 剂量处理小麦的株高和茎蘖数与人工除草、对照药剂 33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm² 处理无显著差异, 但显著高于对照药剂 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 和 50% 异丙隆 WP 2 250 mL/hm² + 5% 啶啉草酯 EC 1 500 mL/hm² + 200 g/L 氯氟吡氧乙酸 EC 750 g/hm² 分 2 次施药的处理。

表 5 小麦播后苗前施用不同处理对小麦生长的影响(施药后 70 d)

处理	株高(cm)	茎蘖数(个/株)
1	17.42a	2.50a
2	17.47a	2.43a
3	17.38a	2.36a
4	17.41a	2.40a
5	13.66b	2.01b
16	11.97c	1.98b
17	17.44a	2.56a

2.2 小麦立针期施药的药效和安全性

2.2.1 小麦立针期施药对不同杂草的株防效 由表 6 可知,小麦立针期施药后 25 d,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200、1 500 mL/hm² 处理对茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株数防效均为 100.00%,显著高于对照药剂 33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm² 和 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 处理。

表 6 小麦立针期喷施不同处理对杂草的株防效(施药后 25 d)

处理	株防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
6	90.21c	90.00b	91.94b	91.85c
7	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
8	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
9	93.58b	93.00b	93.55b	94.45b
10	90.83c	90.00b	90.32b	92.03c
18	(27.25)	(8.33)	(5.17)	(40.75)

由表 7、表 8 可知,小麦立针期施药后 70 d,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 对茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株防效和鲜重防效均高于 98%,高于对照药剂 33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm² 和 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 处理。

表 7 小麦立针期喷施不同处理对杂草的株防效(施药后 70 d)

处理	株防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
6	88.72c	88.49b	89.52b	88.77d
7	98.92a	98.56a	99.05a	98.89b
8	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
9	91.24b	91.37b	90.48b	91.18c
10	84.27d	79.86c	80.95c	83.38e
18	(69.42)	(11.58)	(8.75)	(89.75)

表 8 小麦立针期喷施不同处理对杂草的鲜重防效(施药后 70 d)

处理	鲜重防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
6	88.94c	88.85b	89.86b	89.13c
7	99.09a	98.95a	99.36a	99.11a
8	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
9	91.75b	91.56b	90.77b	91.47b
10	84.53d	79.90c	80.73c	82.38d
18	(104.87)	(57.57)	(49.57)	(212.02)

2.2.2 小麦立针期施药对小麦的安全性 小麦立针期施药后 7、15、45 d 目测,35% 氟噻·吡氟 SC 900、1 200、1 500 mL/hm² 处理小麦的株高和叶色与人工除草、33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm²

处理无明显差异,对照药剂 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 处理小麦株高显著低于其他处理。

由表 9 可知,施药后 70 d,35% 氟噻·吡氟 SC 900、1 200、1 500 mL/hm² 处理小麦的株高和茎蘖数与人工除草和对照药剂 33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm² 处理无明显差异,显著高于对照药剂 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 处理,对小麦安全。

表 9 小麦立针期施用不同处理对小麦生长的影响(施药后 70 d)

处理	株高(cm)	茎蘖数(个/株)
6	22.83a	2.78a
7	22.88a	2.75a
8	22.74a	2.72a
9	22.78a	2.60ab
10	17.95b	2.45b
17	22.81a	2.80a

2.3 小麦 2 叶期施药的药效和安全性

2.3.1 小麦 2 叶期施药对不同杂草的株防效 由表 10 可知,小麦 2 叶期施药后 25 d,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 与 70% 氟唑磺隆 WG 60 g/hm² 桶混喷施对茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株数防效均高于 98%,显著高于对照药剂 5% 唑啉草酯 EC 1 200 mL/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm² 和 30 g/L 甲基二磺隆 SC 375 g/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm² 处理。

表 10 小麦 2 叶期喷施不同处理对杂草的株防效(施药后 25 d)

处理	株防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
11	83.43c	83.69c	84.88c	83.71c
12	99.43a	99.29a	98.84a	99.31a
13	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
14	89.43b	89.36b	90.70b	89.60b
15	85.43c	84.40c	84.88c	85.10c
18	(29.17)	(11.75)	(7.17)	(48.08)

由表 11、表 12 可知,小麦 2 叶期施药后 70 d,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 与 70% 氟唑磺隆 WG 60 g/hm² 桶混喷施对茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株防效和鲜重防效均高于 95%,高于对照药剂 5% 唑啉草酯 EC 1 200 mL/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm² 处理。

表 11 小麦 2 叶期喷施不同处理对杂草的株防效(施药后 70 d)

处理	株防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
11	83.12c	79.41d	79.41d	81.86c
12	95.39ab	95.88b	95.29b	95.35ab
13	98.53a	99.41a	100.00a	98.80a
14	85.57c	85.29c	86.47c	85.38c
15	76.15d	71.18e	70.59e	74.36d
18	(84.92)	(14.17)	(12.08)	(117.17)

表 12 小麦 2 叶期喷施不同处理对杂草的鲜重防效(施药后 70 d)

处理	鲜重防效(%)			
	茵草	猪殃殃	牛繁缕	总草
11	984.16b	79.48c	79.14d	81.74d
12	95.77ab	96.39a	97.07ab	96.24ab
13	99.25a	99.94a	100.00a	99.61a
14	86.16b	85.46b	86.82c	86.14c
15	76.93c	71.28d	70.37e	73.89e
18	(140.66)	(72.73)	(67.55)	(280.94)

2.3.2 小麦 2 叶期施药对小麦的安全性 小麦 2 叶期施药后 7、15、45 d 目测,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 与 70% 氟唑磺隆 WG 60 g/hm² 桶混喷施处理小麦的株高和叶色与人工除草、5% 唑啉草酯 EC 1 200 mL/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm² 和 30 g/L 甲基二磺隆 SC 375 g/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm² 处理无明显差异。

由表 13 可知,施药后 70 d,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 与 70% 氟唑磺隆 WG 60 g/hm² 桶混喷施处理,小麦的株高和茎蘖数与人工除草和对照药剂 5% 唑啉草酯 EC 1 200 mL/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm² 处理无明显差异,略高于对照药剂 30 g/L 甲基二磺隆 SC 375 g/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm² 处理。

表 13 小麦 2 叶期施用不同处理对小麦生长的影响(施药后 70 d)

处理	株高 (cm)	茎蘖数 (个/株)
11	25.86a	3.38ab
12	25.91a	3.33ab
13	25.79a	3.30ab
14	25.82a	3.31ab
15	24.43b	3.00b
17	25.84a	3.43a

2.4 不同处理对小麦产量的影响

由表 14 可知,小麦播后苗前、立针期,35% 氟噻·

吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 处理小麦的产量与人工除草、同期施用的对照药剂 33% 氟噻·吡酰·呋 SC 1 200 mL/hm² 处理无明显差异,显著高于播后苗前喷施 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 结合小麦 3~4 叶期喷施 50% 异丙隆 WP 2 250 mL/hm² + 5% 唑啉草酯 EC 1 500 mL/hm² + 200 g/L 氯氟吡氧乙酸 EC 750 g/hm² 处理。

小麦 2 叶期,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 与 70% 氟唑磺隆 WG 60 g/hm² 桶混喷施处理小麦的产量低于人工除草,高于同期施用的对照药剂 5% 唑啉草酯 EC 1 200 mL/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm²、30g/L 甲基二磺隆 SC 375 g/hm² + 50 g/L 双氟磺草胺 SC 225 g/hm²、播后苗前喷施 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 结合小麦 3~4 叶期喷施 50% 异丙隆 WP 2 250 mL/hm² + 5% 唑啉草酯 EC 1 500 mL/hm² + 200 g/L 氯氟吡氧乙酸 EC 750 g/hm² 处理。

表 14 不同处理对小麦产量的影响

处理	折合产量 (kg/hm ²)	保产率 (%)
1	7 628.85abc	-3.17
2	7 703.85ab	-2.22
3	7 828.95abc	-0.63
4	7 653.90ab	-2.86
5	7 103.55bc	-9.84
6	7 378.65bc	-6.35
7	7 628.85ab	-3.17
8	7 678.80abc	-2.54
9	7 153.65abc	-9.21
10	6 428.25bc	-18.41
11	7 353.75bc	-6.67
12	7 653.90abc	-2.86
13	7 678.80bc	-2.54
14	7 028.55abc	-10.79
15	6 778.35cd	-13.97
16	7 253.70d	-7.94
17	7 878.90a	—
18	2 676.30e	—

3 讨论与结论

小麦播后苗前、立针期,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 处理对稻茬麦田茵草、猪殃殃、牛繁缕及总草的株防效和鲜重防效均高于 98%,小麦的株高、茎蘖数和产量与人工除草

处理无显著差异,其小麦产量显著高于播后苗前喷施 50% 噻吩·乙草胺 WP 900 g/hm² 结合小麦 3~4 叶期喷施 50% 异丙隆 WP 2 250 g/hm² + 5% 唑啉草酯 EC 1 500 mL/hm² + 200 g/L 氟氟吡氧乙酸 EC 750 mL/hm² 处理。35% 氟噻·吡氟 SC 在小麦播后苗前或立针期一次用药有效控制了稻茬麦田多种杂草,具有施药窗口期宽、杀草谱广、持效期长、控草保产效果好等优点。

小麦 2 叶期,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 与 70% 氟唑磺隆 WG 60 g/hm² 桶混喷施处理基本控制了稻茬小麦全生育期的茵草、猪殃殃、牛繁缕危害,对小麦安全,防效和安全性优于对照 2 次用药处理,实现了减药控害、节本增收。

小麦播后苗前,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 处理可有效控制稻茬小麦全生育期茵草、猪殃殃、牛繁缕危害,该研究结果与于居龙等的研究结果^[13] 相似。进一步研究发现,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 于小麦立针期处理对稻茬小麦全生育期的杂草也具有较佳的防效,35% 氟噻·吡氟 SC 1 200 mL/hm² 或 1 500 mL/hm² 与 70% 氟唑磺隆 WG 60 g/hm² 桶混于小麦 2~3 叶期喷施处理也可以防除稻茬小麦全生育期茵草、猪殃殃、牛繁缕危害,进一步验证了 35% 氟噻·吡氟 SC 的防效和安全性,为其推广应用提供了理论指导。

播种前后阴雨天气无法及时封闭、早春倒春寒频发、除草剂药害频发、除草剂抗性发展蔓延快是困扰稻茬麦田杂草防控的关键难题。目前,茎叶处理除草剂抗性已成为全球性难题,不同作用机理除草剂复配被作为治理抗性的有效方法,已在全球推广应用多年。然而,Comont 等研究发现,除草剂复配剂的长期使用导致大穗看麦娘的代谢活性加强,进而对多种不同作用机理的除草剂产生了明显抗性^[14]。据统计,全球范围内抗土壤封闭类除草剂的杂草生物型尚不多见^[6]。杂草化除时间适当前移对规避倒春寒药害、杂草抗性发生蔓延具有重要的实践意义。小麦立针期或 2 叶期左右,杂草叶龄小,尚未对小麦生长产生巨大的影响,且小叶龄杂草对多种除草剂敏感,化除易取得理想的防效,即使杂草防除不理想或产生一定程度的药害,小麦生育期尚早,通过适当的水肥管理依然可以取得理想的产量。35% 氟噻·吡氟 SC 在小麦播后苗前、立针期单独使用或 2 叶期与 70% 氟唑磺隆 WG 桶混

使用可有效控制稻茬小麦全生育期草害,且对小麦安全,具有施药适期宽、杀草谱广、持效期长等优点,应用前景广阔。此外,47% 氯吡·丙·异可湿性粉剂^[14]、48% 吡酰·异丙隆 SC^[15-16]、氟噻草胺 + 氟唑磺隆 + 双氟磺草胺桶混^[17-18] 等药剂组合也具有较好的封闭与茎叶处理效果,也可以作为稻茬小麦播后苗前至苗后早期选用的除草剂品种。

参考文献:

- [1] 黄红娟,黄兆峰,姜翠兰,等. 长江中下游小麦田杂草发生组成及群落特征[J]. 植物保护,2021,47(1):203-211.
- [2] 张伟星,王红春,汤呈远,等. 47% 氯吡·丙·异可湿性粉剂对稻茬麦田杂草的防效及安全性[J]. 杂草科学,2014,32(4):49-52.
- [3] 徐松春,周金鑫,徐蓬,等. 三甲苯草酮与吡氟酰草胺或唑啉·双氟桶混对稻茬麦田杂草防效及小麦安全性[J]. 江苏农业科学,2019,47(23):123-126.
- [4] Gaines T A, Duke S O, Morran S, et al. Mechanisms of evolved herbicide resistance[J]. The Journal of Biological Chemistry, 2020, 295(30):10307-10330.
- [5] Ndikuryayo F, Yang W C. New insights into the interactions between herbicides: trends from recent studies[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2023, 71(29):10970-10981.
- [6] Lou T C, Wang K, Chen J M, et al. Survey reveals frequency of multiple resistance to tribenuron - methyl, bensulfuron - methyl and halosulfuron - methyl in cleavers (*Galium aparine* L.) [J]. Agronomy, 2022, 12(11):2695.
- [7] 许锦程,王慧,邢雨诚,等. 安徽省部分稻茬麦田看麦娘种群对常用 ACCase 类抑制剂的抗性现状及茎叶处理混用配方筛选[J]. 农药学报,2023,25(4):829-842.
- [8] 张迪. 小麦田主要杂草抗药性监测及治理技术研究[D]. 南京:南京农业大学,2016:4-5.
- [9] Bai S, Zhang F W, Li Z R, et al. Target - site and non - target - site - based resistance to tribenuron - methyl in multiply - resistant *Myosoton aquaticum* L. [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2019, 155:8-14.
- [10] Zhao N, Yan Y Y, Liu W T, et al. Cytochrome P450 CYP709C56 metabolizing mesosulfuron - methyl confers herbicide resistance in *Alopecurus aequalis* [J]. Cellular and Molecular Life Sciences, 2022, 79(4):205.
- [11] Heap I. International survey of herbicide - resistant weeds: survey results and criteria to add cases[C]//Australian weeds conferences. 2008:68-70.
- [12] 高兴祥,李美,孙作文,等. 氟噻草胺对冬小麦田杂草生物活性及小麦安全性的室内测定[J]. 植物保护学报,2017,44(5):879-880.
- [13] 于居龙,董红刚,张国,等. 不同时期单次施药对江苏丘陵地区稻茬麦田杂草的控制效果[J]. 杂草学报,2022,40(4):36-42.
- [14] Comont D, Lowe C, Hull R, et al. Evolution of generalist resistance to herbicide mixtures reveals a trade - off in resistance management [J]. Nature Communications, 2020, 11(1):3086.

刘玲玲,程凌寒,张裕棠,等. 番茄斑萎病毒对西花蓟马共生细菌群落组成与功能的影响[J]. 江苏农业科学,2025,53(21):186-195.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.21.023

番茄斑萎病毒对西花蓟马共生细菌群落组成与功能的影响

刘玲玲¹,程凌寒¹,张裕棠¹,方宇^{1,2},余磊¹,刘佳妮¹

(1. 昆明学院农学与生命科学学院/云南省都市特色农业工程技术研究中心,云南昆明 650214;

2. 合肥高尔生命健康科学研究院有限公司,安徽合肥 230088)

摘要:为揭示番茄斑萎病毒(tomato spotted wilt virus, TSWV)对西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)共生细菌群落结构组成及潜在功能的影响,采用 Illumina PE300 测序技术对对照组西花蓟马和携带 TSWV 西花蓟马共生细菌的群落组成进行分析,并利用 Tax4Fun 法对共生细菌功能进行预测。结果表明,2 组西花蓟马共生细菌群落组成与多样性存在一定差异。所有序列共被注释到 13 个门,22 个纲,54 个目,86 个科和 126 个属。 α 多样性分析结果显示,携带 TSWV 西花蓟马与对照组相比共生细菌丰富度降低,但多样性有所升高。在门水平上,变形菌门、放线菌门和厚壁菌门为西花蓟马共生细菌的优势菌门,其中均以变形菌门相对丰度较高,2 组中分别达到 99.46% 和 97.27%;在属水平上,*Rosenbergiella* 属是西花蓟马的优势菌属,对照组中 *Lechevalieria* 属、野野村氏菌属、微杆菌属、芽孢杆菌属及葡萄球菌属的相对丰度显著高于携带 TSWV 的西花蓟马,而布赫纳氏菌属、魏斯氏菌属和肠球菌属在西花蓟马携带 TSWV 后相对丰度显著增加(LDA > 2; $P < 0.05$)。另外,共生细菌的功能主要富集在碳水化合物代谢、氨基酸代谢、膜运输、辅助因子与维生素代谢及能量代谢等 18 种功能中,其中膜运输功能在携带 TSWV 西花蓟马中显著富集,但辅助因子与维生素代谢显著下降。总体而言,2 组西花蓟马共生细菌的群落组成、多样性及功能存在一定差异。对照组西花蓟马主要显著聚集了与营养消化和吸收相关的菌属,而携带 TSWV 西花蓟马则显著聚集了有利于促进病毒传播和调控昆虫机体免疫的相关菌属且显著聚集的膜运输功能可能对 TSWV 病毒粒子的跨膜运输与传播具有重要作用。

关键词:番茄斑萎病毒;西花蓟马;共生细菌;功能预测;群落组成;多样性

中图分类号:S186;S432.4⁺1;S433.89 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)21-0186-10

西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)隶属于缨翅目蓟马科花蓟马属,原产于北美洲。近年来随着国际贸易的频繁交流,其借助花卉、苗木及包装材料等途径进行快速蔓延,现已发展成为世界性的重要入侵性害虫^[1]。我国最早于 2000 年在台湾省发现

其危害,继而于 2003 年在北京发现其为害并正式以入侵害虫对其进行报道,随后在我国迅速扩散,目前已在安徽、山东、云南、新疆和西藏等多个省份分布,并造成危害^[2-3]。西花蓟马不仅能够通过锉吸式口器直接锉伤植物幼嫩组织造成危害,还能够传播番茄斑萎病毒[tomato spotted wilt virus(TSWV)]和凤仙花斑坏死病毒[impatiens necrotic spot virus(INSV)]等对植物造成间接危害。其中番茄斑萎病毒被列为世界十大灾难性的植物病毒,其危害程度仅次于烟草花叶病毒[tobacco mosaic tobamovirus(TMV)],能够广泛地危害包括花卉、杂草和蔬菜等在内的 1 000 多种植物^[4]。西花蓟马是其最主要的

收稿日期:2024-10-30

基金项目:云南省科技厅地方联合重点项目(编号:2019FH001-008);云南省教育厅科学研究基金(编号:2024Y740)。

作者简介:刘玲玲(2001—),女,山西忻州人,硕士研究生,主要从事昆虫生态与害虫防治相关研究。E-mail:2930226430@qq.com。

通信作者:刘佳妮,博士,教授,主要从事昆虫生态与害虫防治相关研究。E-mail:47067521@qq.com。

[15] Naseeruddin G M, Shehzad M A, Nasrullah H M. Efficacy of various pre and post-emergence herbicides to control weeds in wheat[J]. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 2011, 48(3):185-190.

[16] 高兴祥,李建勇,李美,等. 吡氟酰草胺除草活性及对小麦安全性测定[J]. 植物保护学报,2016,43(2):329-335.

[17] 娄金贵,黄付根,张伟星,等. 不同时期施用 47% 氯吡·丙·异 WP 对稻茬麦田杂草的防效及小麦的安全性[J]. 杂草科学,2015,33(4):40-43

[18] 刘永忠,肖慰祖,吴佳文,等. 氟噻草胺与氟唑磺隆、双氟磺草胺桶混施用对小麦田杂草防效及对小麦的安全性[J]. 杂草学报,2017,35(4):40-45.