

吡唑醚菌酯与生物农药混配对小麦条锈病 防控及增产效果评价

李培玲^{1,2}, 黄 瑾², 孙振宇², 金社林², 曹世勤², 张 勃²

(1. 甘肃省农业科学院榆中高寒农业试验站, 甘肃 榆中 730010; 2. 甘肃省
农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为明确生物农药与吡唑醚菌酯对小麦条锈病的防控及增产效果, 通过温室盆栽试验和田间药效试验相结合的方法, 测定了吡唑醚菌酯与武夷菌素、氨基寡糖素 2 种生物农药的混合配施对小麦条锈病的防治效果及其对小麦产量的影响。结果表明, 与吡唑醚菌酯单剂处理相比, 吡唑醚菌酯与 2 种生物农药的混合配施处理均表现出显著的协同增效作用, 不仅对小麦条锈病具有一定的防治作用, 同时显著提升了小麦千粒重及产量。其中, 吡唑醚菌酯与氨基寡糖素按质量比 5:5 (有效成分用量) 混配时, 其防控增产效果最佳, 在温室盆栽试验中, 防治效果达 96.15%; 在田间药效试验中, 第 1 次施药后 7 d、第 2 次施药后 14 d 的防治效果分别为 86.03%、85.23%, 同时显著提升了小麦的产量, 产量增幅 79.22%。表明氨基寡糖素与吡唑醚菌酯混配可显著降低吡唑醚菌酯的使用量, 提高对小麦条锈病的防治效果, 同时显著提高了小麦的产量。

关键词: 小麦条锈病; 吡唑醚菌酯; 生物农药; 混配; 防治效果; 产量

中图分类号: S435.121.42

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)08-0762-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.08.013

Evaluation of the Synergistic Effect of Pyraclostrobin Combined with Biopesticides on Controlling Wheat Stripe Rust and Enhancing Crop Yield

LI Peiling^{1,2}, HUANG Jin², SUN Zhenyu², JIN Shelin², CAO Shiqin², ZHANG Bo²

(1. Yuzhong Alpine Agricultural Experimental Station, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730100, China;
2. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: To clarify the synergistic effects of biopesticides and pyraclostrobin on controlling wheat stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) and enhancing crop yield, a combination of greenhouse pot experiments and field efficacy experiments were conducted to determine the control effects of pyraclostrobin combined with two biopesticides, wuyiencin and amino-oligosaccharide, on wheat stripe rust and their impacts on wheat yields. The findings indicated that the combined use of pyraclostrobin with either of the two biopesticides resulted in significant synergistic effects, surpassing the efficacy of pyraclostrobin applied alone. The treatments not only effectively controlled wheat stripe rust but also markedly enhanced wheat yield and important agronomic factors, including thousand-kernel weight and yield. The most notable control and yield-increasing effects were observed when pyraclostrobin and amino-oligosaccharide were mixed at a 5:5 mass ratio. This mixture achieved a control effect of 96.15% in greenhouse pot experiments. In the field efficacy experiment, the control effects were 86.03% and 85.23% at 7 and 14 days after applications, respectively. Additionally, the yield of wheat was significantly improved, with a yield increase of up to 79.22%. The study suggests that applying a mixture of amino-oligosaccharide and pyraclostrobin can drastically cut down the required amount of pyraclostrobin, enhance the control of wheat stripe rust, and markedly boost wheat yield.

Key words: Wheat stripe rust; Pyraclostrobin; Biological pesticide; Mixture; Control effect; Yield

小麦 (*Triticum aestivum* L.) 是全球重要的粮食作物, 为全球 35% ~ 40% 人口提供主食^[1]。然而, 小麦条锈病严重威胁小麦生产^[2], 全球普遍发生, 我国小麦产区尤为严重, 一般年份可减产 10% ~

收稿日期: 2025-03-31

基金项目: 国家重点研发计划子课题(2021YFD1401004-02); 国家自然科学基金(32060596)。

作者简介: 李培玲(1995—), 女, 甘肃静宁人, 助理研究员, 硕士, 主要从事禾谷类作物病害防控工作。Email: 1099671625@qq.com。

通信作者: 张 勃(1980—), 男, 陕西西安人, 副研究员, 博士, 主要从事禾谷类作物病害防控工作。Email: zbo29@163.com。

30%, 病害流行年份可减产 60% 以上, 甚至导致颗粒无收^[3-4]。化学防治是控制小麦条锈病发生最直接有效的措施^[5]。吡唑醚菌酯(Pyraclostrobin)作为甲氧基丙烯酸酯类(Strobilurin)杀菌剂, 通过抑制病菌线粒体呼吸作用干扰细胞能量代谢从而导致细胞死亡, 具有广谱、高效、低毒等特点。然而, 传统化学农药的不当施用已导致病原菌抗药性增强和生态环境风险加剧^[6]。因此, 农药减施增效技术已成为目前重要的研究方向。药剂复配是病害防控的重要措施之一, 其中, 生物农药与化学药剂的联合使用被认为是一种环境友好且经济的综合防治策略, 不仅可以显著提高病害防控效果, 有助于降低药剂用量, 也可延缓病原菌产生抗药性^[7]。

武夷菌素(Wuyiencin)是一种微生物源生物农药, 其来源于不吸水链霉菌武夷变种 *Streptomyces albulus* CK-15 的次生代谢产物, 通过抑制病原菌蛋白质合成和影响细胞膜渗透性发挥防治作用, 对多种真菌性病害效果显著^[8-11]。氨基寡糖素(Amino-oligosaccharides)是一种新型生物源农药, 其分子结构是由 β -1, 4 糖苷键连接 D- 氨基葡萄糖单元构成, 兼具广谱抑菌活性、植物营养强化及生理代谢调控功能, 同时具备诱导植物系统抗性(SAR)和环境毒素降解的多重作用。作为环境友好型植物免疫诱抗剂, 氨基寡糖素在多种作物的病害防治中表现良好^[12-15]。

目前, 针对小麦条锈病的防治已有诸多研究, 但关于吡唑醚菌酯与生物农药联合应用的防控方案鲜见报道。因此, 通过温室盆栽试验和田间药效试验, 明确生物制剂武夷菌素、氨基寡糖素与杀菌剂吡唑醚菌酯减量混配的协同增效作用, 旨在为小麦条锈病的综合防控及化学杀菌剂的减施增效提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

温室盆栽试验在甘肃省农业科学院植物保护研究所兰州温室进行。田间药效试验于 2024 年在甘肃省天水市甘谷县新兴镇头甲村开展, 试验区海拔 1 275 m, 属温带大陆性季风气候, 年平均降水量 441 mm, 年均气温 10.2 °C。试验田土壤类型为壤土, 耕层土壤含有机质 28.0 g/kg, pH 6.9。

1.2 供试材料

1.2.1 供试药剂 30%吡唑醚菌酯悬浮剂由先正达有限公司生产, 2%武夷菌素水剂由山东潍坊万胜农药有限公司生产, 5%氨基寡糖素水剂由海南正业中农高科技股份有限公司生产, 15%三唑酮可湿性粉剂由江苏剑牌农化股份有限公司生产。

1.2.2 供试植物材料及菌株 温室盆栽和田间药效试验分别选用小麦高感品种辉县红、铭贤 169; 供试菌株为条锈菌主要流行小种条中 32 号与条中 34 号的混合菌。供试小麦品种和菌株均由甘肃省农业科学院植物保护研究所麦类作物病害课题组提供。

1.3 试验方法

1.3.1 温室盆栽试验 试验于 2023 年 3—5 月进行, 小麦种子经消毒、浸种及催芽处理后, 每盆种植 15 株, 待出苗后每盆选取 10 株作为试验样本, 并于第 1 叶完全展开时进行后续处理。病原菌接种采用发病叶片 24 h 内产生的条锈菌新鲜夏孢子, 用 0.5%吐温溶液配制成浓度为 5×10^5 个/mL 的孢子悬浮液备用。试验共设 11 个处理, 3 次重复, 分别为 15%三唑酮、30%吡唑醚菌酯、2%武夷菌素、5%氨基寡糖素的单剂处理及 30%吡唑醚菌酯分别与 2%武夷菌素、5%氨基寡糖素以质量比 3 : 7、5 : 5、7 : 3(有效成分用量)进行混配处理, 以清水处理为对照(表1)。

小麦 1 叶 1 心期时, 将不同处理的药剂分别喷施于小麦幼苗表面。喷药后 1 d 进行条锈菌接种, 将孢子悬浮液均匀喷施于小麦叶片表面, 随后将接种后的植株置于保湿间中, 在 8~10 °C 的黑暗条件下进行 24 h 保湿处理。处理结束后, 将植株转移至适宜的生长环境中培养(温度为 10~18 °C, 光照为 10~14 h/d)。

1.3.2 田间药效试验 试验采用完全随机区组设计, 4 次重复, 小区面积 20 m²(4 m × 5 m)。在小麦条锈病发病初期, 使用手动喷雾器进行第 1 次叶面喷雾处理, 施药用水量为 750 L/hm², 共进行 2 次喷药处理, 各处理药剂施用量同 1.3.1 (表1)。第 1 次喷药当日(5月 4 日)平均气温为 16.5 °C, 相对湿度为 65%; 第 2 次喷药当日(5月 11 日)平均气温为 18.1 °C, 相对湿度为 52%。施药过程中, 确保药液均匀覆盖叶面。喷药后, 田间不定期观

表 1 药剂设计

处理	药剂	有效成分用量/(g/hm ²)			
		15%三唑酮	30%吡唑醚菌酯	2%武夷菌素	5%氨基寡糖素
T1	15%三唑酮	150			
T2	30%吡唑醚菌酯		150		
T3	2%武夷菌素			150	
T4	5%氨基寡糖素				150
T5	30%吡唑醚菌酯+2%武夷菌素(7:3)		105	45	
T6	30%吡唑醚菌酯+2%武夷菌素(5:5)		75	75	
T7	30%吡唑醚菌酯+2%武夷菌素(3:7)		45	105	
T8	30%吡唑醚菌酯+5%氨基寡糖素(7:3)		105		45
T9	30%吡唑醚菌酯+5%氨基寡糖素(5:5)		75		75
T10	30%吡唑醚菌酯+5%氨基寡糖素(3:7)		45		105
CK	清水				

察试验药剂各处理区对作物和其他非靶标生物有无药害，以及对其他病虫害的影响。田间管理严格遵循当地常规农事操作规程。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 安全性评价 药剂处理后，观察作物株高、分蘖数、叶色和叶片形态等指标。

1.4.2 温室盆栽防治效果 待清水对照发病充分后，依据小麦条锈病分级标准^[16]，对每盆 10 株全部叶片病害严重度进行调查统计。病情指数和防治效果分别按以下公式计算。

病情指数=[$\sum$ (各级病叶数×相对级数值)]/(调查总叶数×9)]×100

防治效果=[(清水对照病情指数-处理病情指数)/清水对照病情指数]×100%

1.4.3 田间防治效果 在喷药前进行病情基数调查，分别在第 1 次喷药后 7 d 和第 2 次喷药后 14 d 对各小区进行病情调查，3 次重复。每小区采用随机 5 点取样法，每点选取 20 株小麦，调查每株上部 3 个叶片的病情。小麦条锈病叶片病情分级标准及病情指数的计算方法同 1.4.2，田间防治效果按以下公式计算。

防治效果=[1-(CK₀×PT₁)/(CK₁×PT₀)]×100%
式中，CK₀为清水对照区施药前病情指数；CK₁为清水对照区施药后病情指数；PT₀为药剂处理区施药前病情指数；PT₁为药剂处理区施药后病情指数。

1.4.4 小麦产量 每小区选取 5 个样点，每个样点取 1 m²，测定千粒重，按小区收获计产。

1.5 数据统计与分析

试验数据采用 SPSS Statistics 19.0 软件进行统计分析，运用 Duncan’s 新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同药剂处理对作物安全性的影响

观察表明，各药剂处理的小麦植株在生长周期内均表现出正常的生理状态，未观察到任何异常或生长抑制现象。各药剂处理与 CK 作物株高、叶色、分蘖数和叶片形态基本一致。通过定期监测，证实试验所采用的药剂浓度范围对小麦生长未产生负面影响，表明各药剂在推荐剂量下均具有良好的作物安全性。

2.2 不同药剂处理对小麦条锈病的温室防治效果

由表 2 可以看出，药剂混配处理防效均高于药剂单独处理。不同药剂单独处理间防效均差异显著，其中 T2 处理对小麦条锈病的防效最高，为 91.19%；T1 处理的防效较高，为 89.83%；T3 处理的防效最低，为 81.68%，显著低于其他处理 (P<0.05)。在药剂混配处理中，所有处理的防效均高于单独使用 30%吡唑醚菌酯的 T2 处理，且均显著

表 2 不同药剂处理对小麦条锈病的温室防治效果

处理	病情指数	防效/%	处理	病情指数	防效/%
T1	4.48	89.83 e	T7	3.89	91.60 cd
T2	3.96	91.19 d	T8	3.04	93.68 bc
T3	6.99	81.68 g	T9	2.48	96.15 a
T4	5.87	83.71 f	T10	2.91	94.55 b
T5	3.13	93.25 bc	CK	23.33	
T6	3.54	92.02 cd			

高于 T1、T3、T4 处理($P<0.05$), 表明 2 种药剂配施存在显著的协同效应。其中, T9 处理对小麦条锈病的防治效果最佳, 防效为 96.15%, 显著高于其他处理 ($P<0.05$); T10 处理防效较高, 为 94.55%, 与 T5、T8 处理差异不显著, 显著高于其余处理 ($P<0.05$)。

2.3 不同药剂处理对小麦条锈病的田间防治效果

由表 3 可以看出, 药剂混配处理的田间防效均高于药剂单独处理。在第 1 次喷药后 7 d, 各药剂单独处理中, T2 处理防效最高, 为 72.22%, 与 T4 处理差异不显著, 均显著高于 T1、T3 处理($P<0.05$); T1 处理防效最低, 为 55.80%, 显著低于其他处理($P<0.05$)。在药剂混配处理中, T5、T8、T9 处理防效均超过 85%, 其中, T8 处理防效最高, 为 89.89%, 显著高于其他处理($P<0.05$); T9 处理防效较高, 为 86.03%。在第 2 次喷药后 14 d, 各药剂单独处理中, T2 处理仍表现出较高的防效, 为 75.11%, 显著高于 T1、T3、T4 处理($P<0.05$); T3、T4 处理对小麦条锈病的防治效果分别为 38.45%、45.25%, 未能有效控制病害的发生和流行。在药剂混配处理中, T8、T9、T10 处理防效均超过 80%, 其中, T9 处理对小麦条锈病的防治效果最佳, 防效为 85.23%, 显著高于其他处理 ($P<0.05$); T8、T10 处理间防效差异不显著, 分别为 81.05%、80.23%, 均显著高于其余处理 ($P<0.05$)。综上所述, 将 30%吡唑醚菌酯减量与 2%武夷菌素、5%氨基寡糖素进行混合施用, 对小麦条锈病的防治效果均优于单独施用 30%吡唑醚菌

表 3 不同药剂处理对小麦条锈病的田间防治效果

处理	药前病情指数	第1次药后7 d		第2次药后14 d	
		病情指数	防效 /%	病情指数	防效 /%
T1	1.39	20.96	55.80 f	15.96	56.30 e
T2	1.57	15.86	72.22 d	10.98	75.11 d
T3	1.62	17.26	63.36 e	28.82	38.45 g
T4	1.24	16.23	70.04 d	24.45	45.25 f
T5	1.67	8.04	85.49 b	8.64	78.59 c
T6	1.34	11.04	80.34 cd	9.33	76.60 cd
T7	1.67	12.58	79.62 cd	10.80	75.67 cd
T8	2.22	6.23	89.89 a	6.67	81.05 b
T9	1.57	7.79	86.03 b	5.37	85.23 a
T10	1.67	10.67	80.85 c	7.12	80.23 b
CK	1.34	21.93		30.22	

酯处理。特别是 30%吡唑醚菌酯与 5%氨基寡糖素的混配处理, 其防治效果显著高于单独施用 30%吡唑醚菌酯的处理。

2.4 不同药剂处理对小麦产量的影响

由表 4 可以看出, 与 CK 相比, 各施药剂处理均能显著提升小麦产量和千粒重。其中, T9 处理千粒重最重, 为 36.24 g, 与 T4、T8、T10 处理差异不显著, 显著高于其他处理 ($P<0.05$)。药剂混配处理小麦折合产量均达 6 000 kg/hm² 以上, 较 CK 增产 60.95%~79.22%。其中, T9 处理产量最高, 为 6 792.34 kg/hm², 显著高于其他处理 ($P<0.05$); T5 处理较高, 为 6 603.30 kg/hm², 较 CK 显著增产 74.23%。

表 4 不同药剂处理对小麦产量的影响

处理	千粒重 /g	折合产量 /(kg/hm ²)	较CK增产 /%
T1	31.33 c	5 482.74 de	44.66
T2	33.62 b	5 692.85 d	50.21
T3	30.14 cd	5 391.70 de	42.26
T4	34.86 ab	5 283.65 e	39.41
T5	32.22 bc	6 603.30 b	74.23
T6	31.44 c	6 295.15 c	66.10
T7	31.60 c	6 100.03 cd	60.95
T8	34.88 ab	6 390.04 c	68.60
T9	36.24 a	6 792.34 a	79.22
T10	35.80 a	6 210.03 c	63.85
CK	21.22 e	3 790.02 f	

3 讨论与结论

由条形柄锈菌小麦专化型(*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) 引起的小麦条锈病, 是一种严重威胁我国粮食生产安全的真菌病害, 常导致小麦产量大幅下降, 甚至造成绝收^[17-18]。目前, 化学防治仍是控制该病害的主要手段, 但长期依赖单一药剂已导致病原菌产生抗药性, 并伴随着生态环境污染及农药残留风险。因此, 减少化学药剂的使用量, 已成为推动农业绿色可持续发展的重要途径。而生物农药与化学农药的联合使用, 是实现这一目标的有效策略之一。吴玉星等^[19]的研究发现, 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂与化学杀菌剂戊唑醇、吡唑醚菌酯混用, 对小麦白粉病具有显著的协同增效作用, 能够有效降低杀菌剂的使用量。杜蕙等^[20]的研究显示, 生物农药 6%阿泰灵可湿性粉剂 1 000 倍液、0.5%氨基寡糖素水剂 500 倍液与

40%烯酰吗啉悬浮液 1 000 倍液的联合应用,对葡萄霜霉病的防治效果分别为 82.50%、80.20%。本研究结果表明,单独使用 2%武夷菌素或 5%氨基寡糖素对病害的防控效果有限,无法有效遏制病害的扩展与流行,这与吴玉星等^[21]的研究结果相吻合。然而,当 2%武夷菌素或 5%氨基寡糖素与 30%吡唑醚菌酯协同使用时,可以显著提高对小麦条锈病防治效果,并有效减少化学药剂的使用量。

本研究中,药剂混配处理在温室盆栽试验和田间药效试验中的防效均优于药剂单独处理。在温室盆栽试验中,5%氨基寡糖素与 30%吡唑醚菌酯按质量比 5 : 5(有效成分用量)混配处理防治效果最佳,防效为 96.15%,说明 2 种药剂之间存在显著的协同作用。这种协同效应可能源于生物农药和化学农药在植物作用机制上的互补性,氨基寡糖素通过增强植物防御酶活性^[21],激活植物的免疫系统,从而诱导小麦对条锈菌产生抗性^[22],而吡唑醚菌酯作为一种甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂,通过抑制病原菌线粒体呼吸作用来杀死病菌,可直接抑制病原菌的生长。在田间药效试验中,5%氨基寡糖素与 30%吡唑醚菌酯按质量比 5 : 5(有效成分用量)混配处理,在第 1 次施药后 7 d 和第 2 次施药后 14 d 的防效分别为 86.03%、85.23%,表明该混配方案在田间条件下也具有稳定的防治效果,能够有效控制小麦条锈病的发生和蔓延。此外,该混配方案促进小麦产量提升的效果最佳,千粒重为 36.24 g,折合产量为 6 792.34 kg/hm²,较清水对照增幅 79.22%。这一结果可能与生物农药对植物生长的促进作用有关^[23],氨基寡糖素不仅能增强植物的抗病能力,还可能通过调节植物的生理代谢,促进其生长发育,从而提高产量。尽管研究结果表明氨基寡糖素与吡唑醚菌酯之间存在协同效应,但其具体的作用机制仍需进一步研究。

综上所述,5%氨基寡糖素与 30%吡唑醚菌酯以质量比 5 : 5(有效成分用量)的混配施用方案在小麦条锈病的防治中表现出显著的协同效应,能够有效提升防治效果、减少化学药剂使用量,并促进作物产量的提升。该方案为小麦病害的绿色防控提供了新的思路,具有重要的实践意义和推

广价值。

参考文献:

- [1] SHEWRY P R, HEY S J. The contribution of wheat to human diet and health[J]. Food Energy Security, 2015, 4(3): 178–202.
- [2] 曹世勤, 贾秋珍, 张 勃, 等. 甘肃省小麦条锈病研究进展及机遇与挑战[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(6): 495–502.
- [3] 刘万才, 李 跃, 王保通, 等. 小麦条锈病跨区域全周期绿色防控技术体系的构建与应用[J]. 植物保护, 2024, 50(3): 1–9; 36.
- [4] 马占鸿. 中国小麦条锈病研究与防控[J]. 植物保护学报, 2018, 45(1): 1–6.
- [5] STEINER B, KURZ H, LEMMENS M, et al. Differential gene expression of related wheat lines with contrasting levels of head blight resistance after *Fusarium graminearum* inoculation[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2009, 118(4): 753–764.
- [6] 孙艳敏, 韩锦峰, 陈小丽, 等. 减施化学农药防治植物病害措施的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2021, 49(5): 58–66.
- [7] 刘 婕, 周泽华, 郭 瑶, 等. 噻呋酰胺与吡唑醚菌酯复配对烟草靶斑病菌的抑制活性及对烟草靶斑病的室内防效[J]. 农药学报, 2024, 26(4): 773–780.
- [8] YANG M, WEI Q, SHI L, et al. Wuyiencin produced by *Streptomyces albulus* CK-15 displays biocontrol activities against cucumber powdery mildew[J]. Journal of Applied Microbiology, 2021, 131(6): 2957–2970.
- [9] ZHE W, LEI S, YAN Y, et al. Effects of Bio-pesticide Wuyiencin on controlling tomato gray mould in perotected field[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(25): 173–178.
- [10] YANG M, ZHANG W, LV Z, et al. Induced defense response in soybean to *Sclerotinia sclerotiorum* using Wuyiencin from *Streptomyces albulus* CK-15[J]. Plant Disease, 2023, 10(2): 107–115.
- [11] XIN L, ZHI K, WAN Z, et al. Effects of Wuyiencin on growth and sporulation of *Colletotrichum camelliae* causing tea leaf blight[J]. Journal of Southwest China Normal University, 2008, 33(3): 42–47.
- [12] 李文志, 莫飞旭, 龙友华, 等. 4 种诱抗剂诱导烟草抗叶枯病的效果[J]. 农药, 2021, 60(10): 765–770.
- [13] 黄熊娟, 黄如葵, 冯诚诚, 等. 氨基寡糖素对苦瓜枯萎病的抗性诱导作用[J]. 西南农业学报, 2022, 35(11): 2544–2553.

- [14] 陈霁晖. 氨基寡糖素诱导猕猴桃抗溃疡病的效果及机理研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
- [15] 王怡萍. 氨基寡糖素对小麦条锈病防效及增产田间应用效果评估[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2024.
- [16] 中华人民共和国国家质量技术监督局, 中国国家标准化管理委员会. 农药 田间药效试验准则 (一) 杀菌剂防治禾谷类锈病 (叶锈、条锈、秆锈): GB/T 17980.23—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [17] 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.
- [18] 王万军, 贾秋珍, 曹世勤, 等. 15%三唑酮喷施次数对小麦条锈病的防治效果[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(5): 464–467.
- [19] 吴玉星, 王亚娇, 韩 森, 等. 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂与杀菌剂混用防治小麦白粉病的农药减施技术研究[J]. 植物保护, 2023, 9(3): 292–297; 316.
- [20] 杜 蕙, 蒋晶晶. 生物农药与化学杀菌剂对葡萄霜霉病的联合作用效果[J]. 甘肃农业科技, 2020(1): 25–29.
- [21] 吴玉星, 王亚娇, 韩 森, 等. 氨基寡糖素与吡唑醚菌酯混用防治小麦白粉病的减施增效作用[J]. 农药, 2022, 61(6): 449–452; 464.
- [22] 王怡萍, 彭予汐, 徐一仟, 等. 氨基寡糖素对小麦条锈病防控及增产效果评估[J]. 植物保护学报, 2025, 52(1): 222–230.
- [23] 王亚霜. 氨基寡糖素对小麦和玉米的促生作用及其机理的初步研究[D]. 新乡: 河南科技学院, 2020.

·公益广告·

加强耕地保护、提升耕地质量、完善占补平衡，落实藏粮于地、藏粮于技战略，坚持耕地数量、质量、生态“三位一体”保护，提高耕地生产能力，稳步拓展农业生产空间，把牢粮食安全主动权。