

盾壳霉对 2 种除草剂的敏感性评价

强翠翠^{1,2} 程家森^{1,2} 谢甲涛^{1,2} 付艳苹² 姜道宏^{1,2}

1. 华中农业大学农业微生物学国家重点实验室, 武汉 430070;

2. 华中农业大学湖北省作物病害监测和安全控制重点实验室, 武汉 430070

摘要 为了与播前除草措施相配合, 达到油菜轻简化栽培的目的, 开展了盾壳霉对田间常用灭生型除草剂草甘膦和草铵膦敏感性的研究。结果发现, 草甘膦和草铵膦原药对盾壳霉菌丝生长有较强抑制作用, EC_{50} 分别为 714.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和 574.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 草甘膦对盾壳霉孢子萌发抑制作用较弱, EC_{50} 为 1 019.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 而草铵膦原药对孢子的萌发基本没有抑制作用; 2 种除草剂原药均抑制核盘菌菌丝生长, EC_{50} 分别为 1 695.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和 223.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 2 种除草剂商品制剂对盾壳霉孢子没有杀灭作用, 但延迟孢子的萌发, 影响盾壳霉对核盘菌菌核的寄生。研究结果表明, 在田间生产中盾壳霉可以与草甘膦和草铵膦 2 种除草剂进行混合施用。

关键词 盾壳霉; 核盘菌; 草甘膦; 草铵膦; 敏感性

中图分类号 S 476 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)05-0025-07

由核盘菌 (*Sclerotinia sclerotiorum*) 引致的菌核病能侵染全世界范围内 75 个科、400 多个种的植物^[1-2], 包括菊科、伞形科、唇形科、车前科、景天科和十字花科等多种药用植物、农作物和园艺植物^[3]。在澳大利亚, 菌核病会导致油菜年均减产 24%^[4]。在中国, 菌核病会导致油菜减产 10%~80%^[5], 蔬菜产量减少超过 30%^[6], 黑龙江省、吉林省中北部地区及内蒙古北部地区向日葵菌核病的年平均发病率在 30%~50%, 有些地块发病率可高达 90%^[7-8], 流行年份造成大豆减产约 20%~30%, 严重减产达 50% 以上, 甚至颗粒无收^[9-11]。

盾壳霉 (*Coniothyrium minitans*) 属于半知菌门、腔胞纲、球壳孢目、盾壳霉属, 最早是由美国学者 Campell 于 1947 年在核盘菌的菌核上分离并报道^[12], 可以特异地寄生核盘菌的菌丝和菌核而被广泛应用于作物菌核病的生物防治^[13]。盾壳霉常用于土壤处理, 减少土壤中休眠的菌核数量, 或花期喷雾处理作物地上部分, 保护花瓣免受核盘菌的侵染。随着我国农业栽培模式的改变, 作物轻简化栽培技术得到大力推广, 盾壳霉生防制剂在播前土壤处理时, 不可避免地会遇到与除草剂共同施用问题。因此, 研究盾壳霉对化学除草剂的敏感性, 作为评价 2

种药剂共同施用的依据, 显得尤为重要。韩巨才等^[14]研究表明除草剂吡氟乙草灵、乳氟禾草灵、百草枯和草甘膦对盾壳霉菌丝生长具有很强的抑制作用, 在正常使用浓度下抑制率均在 80% 以上, 应尽量避免与盾壳霉制剂同时使用。游景茂等^[15]研究了油菜田间常用除草剂精禾草克和乙草胺对盾壳霉的影响, 表明乙草胺可以和盾壳霉生防制剂混用, 而精禾草克不宜与盾壳霉混用。黄涌等^[16]在实验室条件下, 研究三峡库区常用油菜除草剂草甘膦异丙胺盐、百草枯、乙草胺等 9 种除草剂对盾壳霉菌丝生长的影响, 结果只推荐乙草胺与盾壳霉混合施用。

以上的试验均只用除草剂对盾壳霉菌丝的抑制作用一个指标来判定盾壳霉生防制剂能否与除草剂共同施用。而 Budge 等^[17]在 PDA 平板上测试了盾壳霉对常用杀菌剂、杀虫剂和除草剂的敏感性后发现, 杀菌剂对盾壳霉生长及孢子萌发影响较大, 然而, 研究者模拟田间在室内用土壤测试时发现, 尽管在 PDA 平板中测定盾壳霉对异菌脉高度敏感, 但是土壤试验显示影响不大, 这些农药并不影响盾壳霉存活和侵染菌核。表明农药对盾壳霉菌丝的抑制作用不能作为判定能否共同施用的唯一依据。本研

收稿日期: 2018-04-18

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0200600); 中央高校基本科研业务费专项(2662015PY117); 油菜现代产业技术体系岗位科学家科研专项(CARS-13)

强翠翠, 硕士研究生, 研究方向: 分子植物病理学. E-mail: 15927467637@163.com

通信作者: 姜道宏, 博士, 教授, 研究方向: 分子植物病理学. E-mail: daohongjiang@mail.hzau.edu.cn

究一方面测定除草剂对盾壳霉菌丝和孢子萌发的抑制率,另一方面也测定草甘膦和草铵膦商品制剂对盾壳霉孢子的致死或抑制作用,评价盾壳霉对除草剂的敏感性,再结合 2 种除草剂本身的化学性质,作为判定共同施用的依据,旨在为盾壳霉制剂与除草剂混合使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试菌株和试剂

盾壳霉 ZS-1 菌株和核盘菌 1980 菌株由华中农业大学作物病害监测和安全控制重点实验室保存。

41% 草甘膦异丙胺盐:产于美国孟山都公司,田间最大用量(MRAR)为 4 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 200 g/L 草铵膦:产于山东侨昌现代农业有限公司,MRAR 为 2 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 草甘膦和草铵膦原药(纯度大于 95%)均购于浙江永农化工有限公司。

1.2 盾壳霉分生孢子、除草剂母液的配制及核盘菌菌核的制备

1) 盾壳霉 ZS-1 分生孢子制备: PDA 试管斜面 20 $^{\circ}\text{C}$ 培养 15 d, 用一定量的无菌水轻轻冲洗菌丝表面, 制成孢子液 $1 \times 10^8/\text{mL}$ 备用。

2) 除草剂母液的配制: 将除草剂商品制剂或原药与无菌水按一定比例混合, 41% 草甘膦异丙胺盐配制成质量浓度为 10 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、200 g/L, 草铵膦配制成质量浓度 5 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的母液, 备用。草甘膦和草铵膦原药母液配置质量浓度均为 5 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 备用。

3) 核盘菌菌核制备: 选取健康胡萝卜切成细条, 湿热灭菌 1 h, 接种已活化的核盘菌 1980 菌丝块, 于 20 $^{\circ}\text{C}$ 下培养 1 个月。收集菌核室温干燥后备用。

1.3 草甘膦和草铵膦原药对盾壳霉菌丝生长和分生孢子萌发的影响

1) 对菌丝生长的影响。将草甘膦和草铵膦原药母液分别与 PDA 培养基(50 $^{\circ}\text{C}$)按一定比例混合使 PDA 中草甘膦和草铵膦的终质量浓度依次为 0、1、50、100、200、400 和 800 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。将活化的盾壳霉 ZS-1 菌丝块(直径 5 mm)移至含不同浓度药剂的 PDA 平板中央, 每处理重复 5 次。20 $^{\circ}\text{C}$ 培养 10 d, 用十字交叉法测定各处理的菌落直径, 计算抑制率。

菌落生长抑制率 = (对照菌落直径 - 药剂处理菌落直径) / 对照菌落直径 $\times 100\%$

2) 对分生孢子萌发的影响。将草甘膦和草铵

膦原药母液分别与 PDA 培养基(50 $^{\circ}\text{C}$)按一定比例混合使 PDA 中草甘膦和草铵膦终质量浓度依次为 0、1、50、100、200、400 和 800 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。取 100 μL 盾壳霉分生孢子悬液($1 \times 10^6/\text{mL}$)均匀涂布于上述 PDA 平板中, 每处理重复 5 次。20 $^{\circ}\text{C}$ 培养 36 h, 10 倍镜下观察盾壳霉分生孢子萌发情况(芽管长度大于孢子视为萌发), 每处理每重复观察 200 个分生孢子, 计算孢子萌发抑制率。

孢子萌发抑制率 = (对照萌发率 - 药剂处理萌发率) / 对照萌发率 $\times 100\%$

1.4 草甘膦和草铵膦原药对核盘菌 1980 菌丝生长的影响

将草甘膦和草铵膦原药母液分别与 PDA 培养基(50 $^{\circ}\text{C}$)按一定比例混合使草甘膦的质量浓度依次为 0、1、200、400、800、1 200、1 600 和 2 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 草铵膦的质量浓度依次为 0、1、25、50、100、200 和 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。将活化的核盘菌 1980 菌丝块接入含药 PDA 平板上, 检测供试除草剂对核盘菌菌丝生长的影响, 测定方法同本文“1.3”中 1)。

1.5 草甘膦和草铵膦商品制剂对盾壳霉孢子致死或抑制的研究

为了确定草甘膦和草铵膦商品制剂对盾壳霉孢子是否具有杀灭作用, 将 41% 草甘膦异丙胺盐和 200 g/L 草铵膦商品制剂原液分别与 PDB 按一定比例混合, 使 41% 草甘膦异丙胺盐和 200 g/L 草铵膦的有效成分最终质量浓度分别为 8 200 ($2 \times \text{MRAR}$)、16 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ($4 \times \text{MRAR}$) 和 4 200 ($2 \times \text{MRAR}$)、8 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ($4 \times \text{MRAR}$), 再分别加入盾壳霉分生孢子, 使孢子终浓度为 $1 \times 10^6/\text{mL}$ 。于 20 $^{\circ}\text{C}$ 的摇床中摇培。分别在处理 0、12、24、48、72、96、120、144 h 和 168 h 之后进行取样, 将样品于 5 000 r/min, 20 $^{\circ}\text{C}$ 下离心 5 min 收集孢子, 然后用无菌水冲洗 3 次, 洗去药剂, 每个处理 3 次重复, 每个重复取 100 μL 涂布于 PDA 平板上培养 36 h 后进行第 1 次孢子萌发率统计, 以后每隔 12 h 观察统计 1 次孢子萌发率, 直至菌丝占满培养皿不能计数为止, 统计方法同本文“1.3”中 2)。

1.6 草甘膦和草铵膦商品制剂对盾壳霉寄生核盘菌菌核的影响

将河沙用蒸馏水冲洗多次后, 取适量的沙子装入培养皿(直径为 90 mm)中 121 $^{\circ}\text{C}$ 30 min 灭菌, 备用。将之前制备好的核盘菌菌核取大小一致的菌核放入培养皿, 半埋入沙子中, 每皿 10 粒菌核。将

41% 草甘膦异丙胺盐和 200 g/L 草铵膦商品制剂原液分别与盾壳霉孢子液以一定比例混合,使得草甘膦和草铵膦有效成分终质量浓度为 0、1/2 × MRAR、MRAR、2 × MRAR 和 4 × MRAR。0 表示只加盾壳霉孢子,以只加无菌水处理作为阴性对照,盾壳霉孢子终浓度为 10⁶/mL,每个处理重复 3 次。20 °C 培养 60 d,统计腐烂指数。

菌核腐烂程度分级如下:0 级,菌核表面无盾壳霉菌丝;1 级,菌核表面有盾壳霉菌丝,但无白色的分生孢子器原基;2 级,菌核表面有分生孢子器原基,但表层不腐烂;3 级,菌核表层腐烂,内部变色变软;4 级,整个菌核糜烂。腐烂指数 = Σ[腐烂级菌核数 × 该级代表数值] / (调查总菌核数 × 腐烂最高级的代表数值) × 100。

1.7 数据分析

用 Excel 对数据进行整理分析,采用 SAS 9.4 进

行差异显著性分析(LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 草甘膦和草铵膦原药对盾壳霉菌丝生长和孢子萌发的影响

将活化的盾壳霉 ZS-1 菌丝块移至含不同浓度药剂的 PDA 平板中央,20 °C 培养 10 d,用十字交叉法测定各处理的菌落直径,计算抑制率。由表 1 可知,草甘膦和草铵膦原药对盾壳霉菌丝生长均有一定程度的抑制作用。草甘膦和草铵膦原药对盾壳霉菌丝生长 EC₅₀ 分别为 714.3 μg/mL 和 574.5 μg/mL。草甘膦原药对盾壳霉分生孢子的萌发也有一定的抑制作用,EC₅₀ 为 1 019.8 μg/mL。而草铵膦对盾壳霉孢子的萌发基本没有抑制作用,2 种除草剂对盾壳霉孢子萌发的 EC₅₀ 分别为 1 019.8 μg/mL 和 522 116.6 μg/mL。

表 1 草甘膦和草铵膦原药对盾壳霉的抑制作用

Table 1 Inhibitory effects of glyphosate and glufosinate ammonium on strain ZS-1

除草剂 Herbicide	对菌丝生长的抑制效果 Inhibition effect on mycelium growth			对孢子萌发的抑制效果 Inhibition effect on spore germination		
	毒力回归方程 Virulence regression equation	相关系数 R ²	EC ₅₀ / (μg/mL)	毒力回归方程 Virulence regression equation	相关系数 R ²	EC ₅₀ / (μg/mL)
	草甘膦 Glyphosate	y=2.2834x - 1.5165	0.94	714.3	y=1.4481x + 0.6434	0.97
草铵膦 Glufosinate	y=0.9027x + 2.5092	0.81	574.5	y=0.4103x + 2.6540	0.99	522 116.6

2.2 草甘膦和草铵膦原药对核盘菌菌丝生长的影响

将活化的核盘菌 1980 菌丝块移至含不同浓度药剂的 PDA 平板中央,20 °C 培养,用十字交叉法测

定各处理的菌落直径,计算抑制率。由表 2 可知,草铵膦原药对核盘菌菌丝的抑制作用较强,EC₅₀ 为 223.5 μg/mL,远远小于田间最大质量浓度 2 100 μg/mL。草甘膦原药的 EC₅₀ 为 1 695.8 μg/mL,约

表 2 草甘膦和草铵膦原药对核盘菌菌丝的抑制作用

Table 2 Inhibitory effects of glyphosate and glufosinate ammonium on mycelial growth of strain 1980

除草剂 Herbicide	对菌丝生长的抑制效果 Inhibition effect on mycelium growth			田间最大使用量/ (μg/mL) MRAR
	毒力回归方程 Virulence regression equation	相关系数 R ²	EC ₅₀ /(μg/mL)	
	草甘膦 Glyphosate	y=2.0215x - 1.5282	0.71	
草铵膦 Glufosinate	y=0.9788x + 2.7005	0.79	223.5	

为田间最大使用量的 1/2。

2.3 草甘膦和草铵膦商品药剂对盾壳霉孢子萌发的影响

将盾壳霉分生孢子加入 41% 草甘膦异丙胺盐和 200 g/L 草铵膦的有效成分终质量浓度分别为 8 200(2 × MRAR)、16 400 μg/mL(4 × MRAR) 和 4 200(2 × MRAR)、8 400 μg/mL(4 × MRAR) 的 PDB 中,于 20 °C 的摇床中摇培处理。分别在处理

0、12、24、48、72、96、120、144 和 168 h 之后进行取样,洗去药剂后,取 100 μL 涂布于 PDA 平板中,20 °C 培养,定时观察并统计孢子萌发率。由表 3~ 表 6 可知,当草甘膦和草铵膦的有效终浓度为 2 × MRAR 和 4 × MRAR 时,2 种药剂均不能杀灭盾壳霉孢子,只会起抑制作用。在草甘膦浓度为 2 × MRAR 下,随着处理时间的增长,孢子开始萌发的时间也会增长,处理时间为 0 h 时孢子在 36 h 萌发

表 3 2×MRAR 浓度草甘磷处理对盾壳霉分生孢子萌发率的影响

Table 3 Effects of glyphosate on spore germination at 2×MRAR

%

处理时间/h Treatment time	处理后盾壳霉分生孢子培养时间/h Incubation time after treatment									
	36	48	60	72	84	96	108	120	132	
0	91.2									
12	21.2	45.2	78.2							
24	6.7	26.7	60.2	79.2						
48	3.3	13.7	31.2	63.3	76.3					
72	0.2	2.3	12.5	34.0	58.0	79.2				
96	0.0	0.7	9.2	19.3	30.8	74.8				
120	0.0	0.7	5.7	11.0	16.8	29.8	44.2	50.3	63.8	
144	0.0	0.0	1.0	1.8	6.0	10.8	21.3	56.2	64.2	
168	0.0	0.0	0.0	3.2	9.2	14.8	18.3	49.5	61.7	

表 4 4×MRAR 浓度草甘磷处理对盾壳霉分生孢子萌发率的影响

Table 4 Effects of glyphosate on spore germination at 4×MRAR

%

处理时间/h Treatment time	处理后盾壳霉分生孢子培养时间/h Incubation time after treatment											
	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
0	91.2											
12	7.2	28.0	67.3	85.8								
24	0.3	6.0	20.7	46.8	68.5							
48	0.0	1.3	5.8	20.5	37.8	74.3						
72	0.0	1.5	5.8	13.5	23.3	43.5						
96	0.0	0.0	3.8	10.3	17.3	24.5	34.8	49.3	66.7			
120	0.0	0.0	0.0	1.0	4.7	10.2	20.3	31.8	39.2	58.2		
144	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.2	4.5	10.2	15.2	39.3	48.7	67.8
168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.3	3.8	14.7	24.0	42.7	55.0

表 5 2×MRAR 浓度草铵磷处理对盾壳霉分生孢子萌发率的影响

Table 5 Effects of glufosinate on spore germination at 2×MRAR

%

处理时间/h Treatment time	处理后盾壳霉分生孢子培养时间/h Incubation time after treatment									
	36	48	60	72	84	96	108	120	132	
0	84.8									
12	86.5									
24	93.5									
48	10.7	30.5	51.8	76.5						
72	26.7	38.7	51.5	73.8						
96	0.0	6.2	12.7	21.5	58.0					
120	0.0	2.8	4.3	10.0	61.3					
144	0.0	0.2	0.3	0.3	9.0	27.5	57.0			
168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.3	9.3	32.8	57.2	

表 6 4×MRAR 浓度草铵磷处理对盾壳霉分生孢子萌发率的影响

Table 6 Effects of glufosinate on spore germination at 4×MRAR

%

处理时间/h Treatment time	处理后盾壳霉分生孢子培养时间/h Incubation time after treatment											
	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
0	84.8											
12	71.5											
24	87.3											
48	10.0	28.7	46.2	67.0								
72	0.0	0.0	15.0	17.2	28.3	39.0	48.7	63.5				
96	0.0	0.7	3.2	4.0	10.3	21.7	34.0	61.2				
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	30.2	58.2				
144	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	13.0	25.2	54.2		
168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.3	20.5	38.0	51.7

率即可达 91.2%，而当处理时间达到 168 h 时，孢子在洗去药剂后的 72 h 时才会开始萌发，132 h 后孢子萌发率可达 61.7%。由表 3 和表 4 可知，当处理时间一致时，草甘膦的浓度越高，孢子开始萌发需要的时间也更长，如当处理时间都为 120 h 时，在草甘膦浓度为 $2 \times \text{MRAR}$ 时，孢子开始萌发的时间为 48 h，132 h 后孢子萌发率可达 63.8%；在草甘膦浓度为 $4 \times \text{MRAR}$ 时，孢子在 60 h 后才开始萌发，144 h 后孢子萌发率可达 58.2%。由表 5 和表 6 可知，草铵膦和草甘膦的情况类似。

2.4 草甘膦和草铵膦商品制剂对盾壳霉寄生核盘菌菌核的影响

在进行菌核寄生时，伴随着盾壳霉孢子加入不同浓度的草甘膦和草铵膦，20℃ 培养 60 d 后进行菌

核腐烂指数的统计。由图 1 和图 3 可知，当草甘膦浓度为 $1/2 \times \text{MRAR}$ 、 $1 \times \text{MRAR}$ 和 $2 \times \text{MRAR}$ 时，菌核均能被盾壳霉寄生，在菌核表面可见盾壳霉菌丝的生长和分生孢子器的形成，菌核腐烂指数分别为 70.8、61.7 和 20.8，与对照 98.3 相比呈显著下降。当草甘膦浓度为 $4 \times \text{MRAR}$ 时，盾壳霉不能寄生核盘菌菌核，草甘膦也不能抑制菌核以菌丝形式萌发。由图 2 和图 3 可知，当草铵膦浓度为 $1/2 \times \text{MRAR}$ 和 $1 \times \text{MRAR}$ 时，有 50% 菌核能被盾壳霉寄生，菌核腐烂指数分别为 16.7 和 9.2，与对照相比呈显著下降。当草铵膦浓度为 $2 \times \text{MRAR}$ 和 $4 \times \text{MRAR}$ 时，盾壳霉均不能寄生核盘菌菌核，同时草铵膦对核盘菌的萌发也具有强烈抑制作用，在未被寄生的菌核上，菌核均不能以菌丝形式萌发。

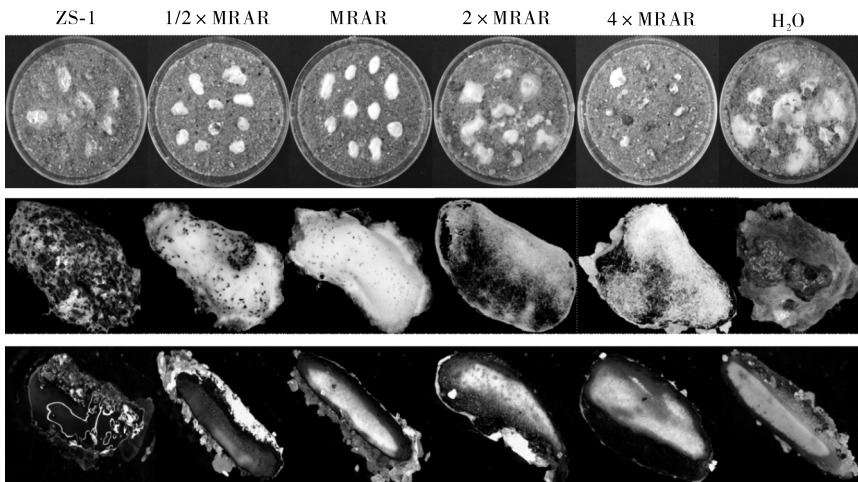


图 1 草甘膦处理对盾壳霉寄生核盘菌菌核的影响

Fig.1 Effects of glyphosate on parasitism of strain ZS-1 to sclerotia of strain 1980

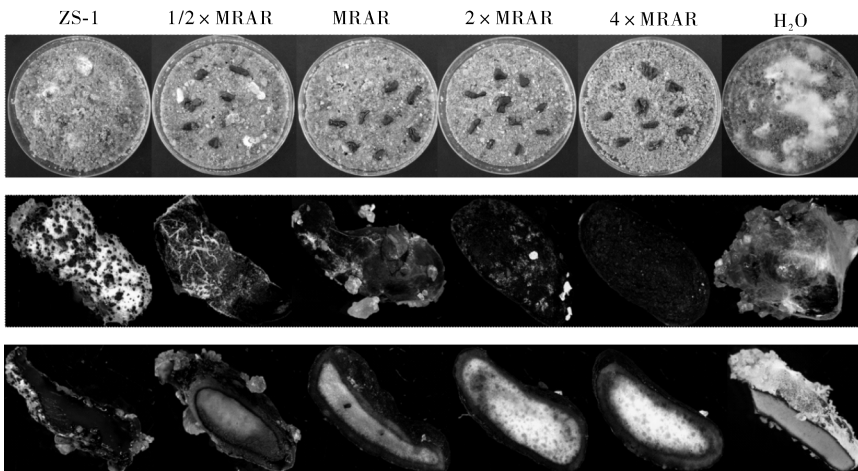


图 2 草铵膦处理对盾壳霉寄生核盘菌影响

Fig.2 Effects of glufosinate on parasitism of strain ZS-1 to sclerotia of strain 1980

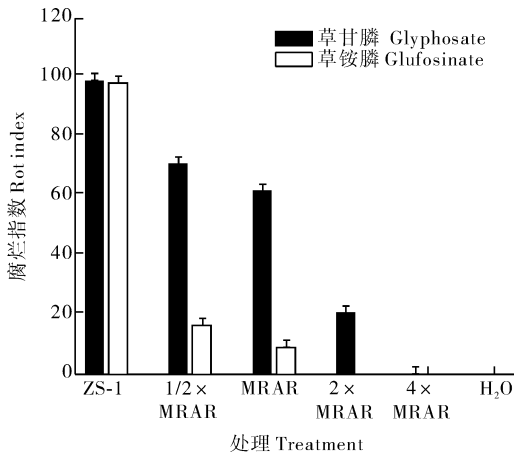


图 3 菌核腐烂指数测定

Fig.3 Rot index of sclerotia treated with spores of strain ZS-1 and glyphosate or glufosinate

3 讨 论

通过测定田间 2 种常用灭生型除草剂草甘膦和草铵膦对盾壳霉菌丝、盾壳霉孢子以及盾壳霉寄生核盘菌菌核的敏感性,研究盾壳霉生防制剂能否与除草剂草甘膦和草铵膦共同施用。结果表明,草甘膦原药对盾壳霉菌丝的 EC_{50} 为 $714.3 \mu\text{g/mL}$;对盾壳霉孢子萌发的 EC_{50} 为 $1\ 019.8 \mu\text{g/mL}$;对核盘菌菌丝的 EC_{50} 为 $1\ 695.8 \mu\text{g/mL}$ 。将盾壳霉孢子置于终浓度为 $2 \times \text{MRAR}$ 和 $4 \times \text{MRAR}$ 的草甘膦商品制剂中处理一定时间后发现,盾壳霉孢子在药剂存在条件下均不能萌发,待洗去药剂后,盾壳霉孢子经过一段时间后,开始慢慢萌发。在菌核寄生试验中,当草甘膦浓度为 $1/2 \times \text{MRAR}$ 、 $1 \times \text{MRAR}$ 和 $2 \times \text{MRAR}$ 时,菌核均能被盾壳霉寄生,但是菌核腐烂指数分别为 70.8、61.7 和 20.8,与对照相比呈显著下降。综上所述,草甘膦虽然对盾壳霉菌丝有一定的抑制作用,但是结合寄生试验来看,在实际田间条件下,可以与盾壳霉生防制剂进行混合施用。

草铵膦原药对盾壳霉菌丝的 EC_{50} 为 $574.5 \mu\text{g/mL}$;对盾壳霉孢子萌发的抑制中浓度为 $522\ 116.6 \mu\text{g/mL}$,可以视为没有抑制作用;对核盘菌菌丝的 EC_{50} 为 $223.5 \mu\text{g/mL}$ 。将盾壳霉孢子置于终浓度为 $2 \times \text{MRAR}$ 和 $4 \times \text{MRAR}$ 的草铵膦商品制剂中处理 24 h 后发现,盾壳霉孢子的萌发率和萌发时间与对照相比无显著差异。在菌核寄生试验中发现,当草铵膦浓度为 $1/2 \times \text{MRAR}$ 和 $1 \times \text{MRAR}$ 时,有 50% 菌核能被盾壳霉寄生,但是菌核腐烂指数分别为 16.7 和 9.2,与对照相比呈显著下

降。当草铵膦浓度为 $2 \times \text{MRAR}$ 和 $4 \times \text{MRAR}$ 时,盾壳霉均不能寄生核盘菌菌核。草铵膦对核盘菌的萌发也具有强烈抑制作用,在未被寄生的菌核上,菌核均不能长出核盘菌菌丝。综上所述,尽管在草铵膦存在下对盾壳霉寄生菌核有较大影响,但是结合草铵膦无土壤活性的性质,草铵膦也是可以与盾壳霉生防制剂共同施用的。

播前除草是轻简化农业的重要措施,将盾壳霉生防制剂和除草剂混合施用不仅可以预防和防治菌核病,而且还能节约人力资源,降低农业成本。灭生型除草剂草甘膦在田间的有效期较长(为 5~7 d),但是在实验室条件下,草甘膦浓度为 $1/2 \times \text{MRAR}$ 和 $1 \times \text{MRAR}$ 时,菌核均能被盾壳霉寄生,且菌核腐烂指数分别为 70.8 和 61.7。此外,除草剂草甘膦为内吸性除草剂,在喷湿杂草后会快速地被杂草吸收,再加上土壤的淋溶等作用,实际田间浓度会降低很多。除草剂草铵膦对盾壳霉菌丝和核盘菌菌丝均存在较强的抑制作用,但是草铵膦对盾壳霉孢子的抑制作用较弱且草铵膦无土壤活性,在土壤中 2~3 d 就可以被土壤中的微生物完全降解。所以综合试验结果,笔者认为盾壳霉生物制剂可以与除草剂草甘膦和草铵膦共同施用。但是田间具体应用的条件是复杂的,若想得到更进一步的证据,还需要在田间具体试验。

参 考 文 献

- [1] BOLAND G J, HALL R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum* [J]. Canadian journal of plant pathology, 1994, 16 (2): 93-108.
- [2] PURDY L H. *Sclerotinia sclerotiorum*: history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact [J]. Phytopathology, 1979, 69(8): 875-880.
- [3] EVANS N, CHEN W, CAROL F, et al. Stem and crown rot of chickpea in California caused by *Sclerotinia trifoliorum* [J]. Plant disease, 2008, 92(6): 917-922.
- [4] GARG H, SIVASITHAMPARAM K, BANGA S S, et al. Cotyledon assay as a rapid and reliable method of screening for resistance against *Sclerotinia sclerotiorum*, in *Brassica napus*, genotypes [J]. Australasian plant pathology, 2008, 37(2): 106-111.
- [5] ZHAO J, MENG J. Genetic analysis of loci associated with partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*, in rape seed (*Brassica napus* L.) [J]. Theoretical & applied genetics, 2003, 106 (4): 759-764.
- [6] 何永成. 青海省蔬菜菌核病的防治措施及农药残留现状与对策 [J]. 农业工程技术, 2017, 37(14): 23.

- [7] 孟庆林,马立功,刘佳,等.向日葵菌核病田间接种方法及品种抗病性研究[J].中国油料作物学报,2014,36(1):113-116.
- [8] 孟庆林,马立功,石凤梅,等.向日葵菌核病田间接种方法研究[J].中国农学通报,2014,30(19):272-276.
- [9] 董全中.大豆菌核病的发生规律及综合防治[J].大豆科技,2003(3):13.
- [10] 赵丹,许艳丽,李春杰.大豆菌核病的识别与综合防治[J].大豆科技,2006(3):15-16.
- [11] 董志敏,王曙明,刘玉芝,等.大豆抗菌核病研究进展[J].大豆科学,2008,27(6):1053-1057.
- [12] CAMPBELL W A. A new species of *Coniothyrium minitans* parasitic on sclerotia[J]. Mycologia, 1947, 39:190-195.
- [13] HUANG H C, KOZUB G C. Monocropping to sunflower and decline of sclerotinia wilt[J]. Botanical bulletin of academia sinica, 1991, 32:163-170.
- [14] 韩巨才,张永杰,刘慧平,等.杀虫剂和除草剂对生防菌盾壳霉生长的影响[J].中国生态农业学报,2006,14(4):150-152.
- [15] 游景茂,谢甲涛,付艳苹,等.除草剂精禾草克和乙草胺对油菜菌核病生防菌盾壳霉生长和寄生的影响[J].中国生物防治学报,2010,26(3):340-346.
- [16] 黄涌,徐洪志,曾川,等.除草剂对盾壳霉菌丝生长的影响研究[J].南方农业,2013,7(7):1-3.
- [17] BUDGE S P, WHIPPS J M. Potential for integrated control of *Sclerotinia sclerotiorum* in glasshouse lettuce using *Coniothyrium minitans* and reduced fungicide application[J]. Phytopathology, 2001, 91(2):221-227.

Sensitivity evaluation of *Coniothyrium minitans* to glyphosate and glufosinate

QIANG Cuicui^{1,2} CHENG Jiasen^{1,2} XIE Jiatao^{1,2} FU Yanping² JIANG Daohong^{1,2}

1. State Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. The Provincial Key Laboratory of Crop Diseases Monitoring and Safety Control, Hubei Province, College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract *Coniothyrium minitans* is a parasitic fungus of *Sclerotinia sclerotiorum*, and has been developed into biological agent to control diseases caused by *S. sclerotiorum*. To apply the agent with the nonselective herbicides glyphosate and glufosinate to the soil before seeding, in this study, the sensitivity of *C. minitans* strain ZS-1 to glyphosate and glufosinate was evaluated. Both glyphosate and glufosinate had inhibitory effects on the mycelial growth of strain ZS-1, with EC₅₀ of 714.3 μg/mL and 574.5 μg/mL, respectively. The inhibition of spore germination of glyphosate was much weak (EC₅₀ 1 019.8 μg/mL), while glufosinate had no effect on spore germination. Both herbicides could strongly inhibit the mycelial growth of *S. sclerotiorum* strain 1980 with stronger inhibition of glufosinate (EC₅₀ 223.5 μg/mL) than glyphosate (EC₅₀ 1 695.8 μg/mL). In the presence of both herbicides, parasitism of strain ZS-1 to sclerotia was reduced. Considering the characteristics of glyphosate and glufosinate, *C. minitans* could be used to the soil before seeding with the herbicides.

Keywords *Coniothyrium minitans*; *Sclerotinia sclerotiorum*; glyphosate; glufosinate; sensitivity

(责任编辑:边书京)