

玉米秸秆深翻还田对禾谷丝核菌生长与小麦纹枯病发生的影响

闫翠梅^{1,2}, 肖 茜^{1,2}, 齐永志^{1,2*}, 甄文超^{2,3,4*}

(1. 河北农业大学植物保护学院, 河北 保定 071001; 2. 省部共建华北作物改良与调控国家重点实验室, 河北 保定 071001; 3. 河北农业大学农学院, 河北 保定 071001; 4. 河北省作物生长调控重点实验室, 河北 保定 071001)

摘要:为明确秸秆深翻还田对小麦纹枯病发生的影响,采用生长速率法测定深翻与旋耕土壤浸提液处理后禾谷丝核菌生长指标的变化,通过盆栽和大田试验研究深翻对纹枯病发病率和病情指数的影响。结果表明:与旋耕相比,除望都试验基地5.0、2.5 g/mL深翻耕层土壤浸提液处理外,其他深翻耕层土壤浸提液均对禾谷丝核菌菌丝生长表现明显抑制作用,抑制率在3.84%~28.19%。1.25、0.625、0.3125 g/mL望都试验基地深翻耕层土壤浸提液处理后菌核数量降幅为16.18%~33.62%;其他深翻耕层土壤浸提液对菌核数量均无影响。深翻耕层土壤浸提液(5 g/mL除外)处理菌核鲜重与旋耕同耕层处理无显著差异。浇灌固安试验基地2.5 g/mL土壤浸提液后,深翻耕层处理纹枯病病指在18.84~28.72,显著低于旋耕同浓度处理;其他同浓度处理间纹枯病病指差异不显著。在拔节期,深翻显著降低了田间纹枯病发病率,降幅约15%,但病指未发生明显变化。

关键词:玉米秸秆还田;禾谷丝核菌;小麦纹枯病;深翻;土壤浸提液

中图分类号:S512.1

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2021)04-0053-06

Effect of Corn Straw Deep Tillage Returning on the Growth of *Rhizoctonia Cerealis* and the Occurrence of Wheat Sheath Blight

YAN Cuimei^{1,2}, XIAO Xi^{1,2}, QI Yongzhi^{1,2*}, ZHEN Wenchao^{2,3,4*}

(1. College of Plant Protection, Hebei Agricultural University, Baoding 071001; 2. State Key Laboratory of Crop Improvement and Regulation in North China, Baoding 071001; 3. College of Agronomy, Hebei Agricultural University, Baoding 071001; 4. Key Laboratory of Crop Growth Regulation in Hebei Province, Baoding 071001, China)

Abstract:In order to clarify the effect of deep tillage on the occurrence of wheat sheath blight (WSB) under the condition of corn straw returning to the field, an experiment was made by potted and field. The result showed that, compared with rotary tillage, except for at the concentration of 5.0 and 2.5 g/mL soil extracts from the deep tillage plow layers in Wangdu, the soil extracts from other deep tillage plow layers all inhibited the growth of *R.cerealis* mycelium obviously, with the inhibition rates from 3.84% to 28.19%. After treatment with 1.25, 0.625 and 0.3125 g/mL soil extracts from deep plow layer in Wangdu experimental base, the number of sclerotia decreased by 16.18%~33.62%. There was no significant difference on the fresh weight of sclerotia between the deep tillage (except for at the concentration of 5 g/mL) and rotary tiller at the same plowing layer. After irrigating the soil extracts from deep tillage plow layers in Gu'an at the concentration of 2.5 g/mL, the disease index of WSB was from 18.84 to 28.72, which was significantly lower than that of rotary tillage. At the Jointing stage, deep tillage could significantly reduce the WSB incidence with a decrease about 15%, but the disease index didn't change significantly.

Key words:Corn straw returning; *Rhizoctonia Cerealis*; Wheat sheath blight; Deep tillage; Soil extracts

收稿日期:2020-04-14

基金项目:“十三五”国家重点研发计划(2017YFD0300906、2018YFD0300502);河北省教育厅项目(ZD2016162)

作者简介:闫翠梅(1994-),女,在读硕士,研究方向:植物土传病害发生生态机制与综合防控。

通讯作者:齐永志,男,博士,副教授,E-mail: qiyongzhi1981@163.com

甄文超,男,博士,教授,E-mail: wenchao@hebau.edu.cn

玉米秸秆还田是中国北方麦区普遍采用的耕作方式。虽然秸秆还田后可有效改善土壤理化性质,提高有机质含量^[1-2],但是秸秆还田为病原菌营造了适宜的环境条件,为小麦纹枯病(Wheat sharp eyespot)等土传病害发生提供了充足菌源^[3]。目前,纹枯病已成为中国北方秸秆还田麦区小麦优质高产的重要障碍之一^[4-5]。赵永强等发现,小麦秸秆全量还田加重小麦纹枯病的发生^[6]。齐永志研究表明,长年秸秆还田麦区纹枯病发生呈逐渐加重趋势^[7]。

胡颖慧等研究发现,秸秆深翻处理玉米茎基腐病病指明显低于免耕处理,降低77.38%^[8]。与免耕相比,秸秆深翻还田可降低小麦根腐病病指^[9]。刘海洋等证明,深翻对棉花黄萎病也有一定的防控作用^[10]。孙秀娟研究发现,秸秆深埋20 cm以上可使赤霉菌含量减少67.03%^[11]。截至目前,有关玉米秸秆深翻还田对小麦纹枯病发生的影响未见报道。

本研究通过室内模拟研究深翻与旋耕不同耕层土壤浸提液对禾谷丝核菌菌落直径、菌核数量、菌核鲜重和小麦幼苗纹枯病发生程度的影响,测定深翻对大田小麦纹枯病的防控效果,旨在为揭示“秸秆还田+旋耕”条件下小麦纹枯病重发的原因及其科学防控提供部分理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试品种:邢麦7号(冀审麦2012003)、邢麦13号(国审麦2016021),均为纹枯病感病品种。

供试病原菌:禾谷丝核菌,由河北农业大学植物保护学院植病生态学研究室保存。

1.2 试验方法

1.2.1 试验基地概况

试验于2018年10月~2019年6月在河北省廊坊市固安县民众家庭农场和河北省保定市望都县民得富生态园试验基地进行。试验设深翻和旋耕两种耕作方式,以旋耕为试验对照:①深翻:前茬玉米秸秆粉碎还田→施底肥→深翻(深度30 cm)→耙地→等行距机播;②旋耕(对照):前茬玉米秸秆粉碎还田→施底肥→旋耕2遍(深度15 cm)→耙地→等行距机播。固安、望都基地分别于2018年10月15、18日播种邢麦7号和邢麦13号,播量为225 kg/hm²。小麦种植期间统一按常规方法进行肥水管理。

1.2.2 土壤浸提液的制备

利用随机五点法采取土样:深翻上层(深0~20 cm,简称S0-20)、深翻下层(深20~40 cm,简称S20-40)、旋耕上层(深0~20 cm,简称X0-20)和旋耕下层(深20~40 cm,简称X20-40),每层3次重复,每重复约3 kg土壤。将每重复土样混匀装入无菌袋,于室内阴干,剔除杂物;然后过60目筛,保存备用。

将各重复250 g土壤加到含有500 mL蒸馏水的三角瓶中,摇床振荡(25℃、180 r/min)浸提24 h后,用6层无菌纱布过滤;再经3层定性滤纸过滤3次,即得原土壤浸提液;经旋转减压蒸发(110 r/min、50℃)浓缩至5 g/mL土壤浸提液,低温保存备用。

1.2.3 深翻耕层土壤浸提液对禾谷丝核菌生长影响的测定

PDA培养基^[12]:无菌条件下,将5 g/mL土壤浸提液依次加无菌水稀释成2.5、1.25、0.625、0.3125 g/mL土壤浸提液,经一次性细菌过滤器(0.22 μm)过滤后,用无菌移液枪分别按浸提液与PDA培养基1:9比例充分混匀,制成含土壤浸提液的PDA培养基。以加入等体积无菌水为空白对照。

接菌培养:无菌条件下,用直径为0.6 cm的打孔器打取菌饼,菌丝面向下将菌饼接种至上述含不同浓度土壤浸提液的培养基中,每皿1枚,每浓度3个重复。25℃黑暗倒置培养72 h后,采用十字交叉法测量菌落直径,并按(1)式计算抑制率。培养21 d后,测菌核数量后,用镊子将菌核夹入2 mL离心管中称其鲜重。

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{(\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径})}{\text{对照菌落直径}} \times 100$$

.....(1)

1.2.4 深翻耕层土壤浸提液对小麦幼苗纹枯病发生影响的测定

参考李海燕等^[13]方法制备麦粒接种体,粉碎备用。按沙土与麦粒接种体质量100:1比例^[14]混匀装入培养钵(60 mm×60 mm×60 mm)后,选取已萌发、芽长均一的种子播种,每钵4粒,置于18℃/暗、25℃/光(8000 lx)的温室内培养,湿度60%。自培养第10 d开始,每隔5 d浇灌1次不同浓度土壤浸提液,共浇3次;分别设浇灌5 mL浓度为2.5、1.25、0.625 g/mL的土壤浸提液3个处理,每处理5个重复,每重复2钵。培养15 d后,每隔5 d调查纹枯病发病情况,调查3次,病情分级^[15]后分别按(2)和(3)式计算病情指数和防治效果。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{病情级值} \times \text{该级病情株数})}{(\text{病情最高级值} \times \text{调查总株数})} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{防治效果}(\%) = \frac{(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数})}{\text{对照病情指数}} \times 100 \dots\dots(3)$$

1.2.5 玉米秸秆深翻还田地块小麦纹枯病发生程度调查

于拔节期分别调查望都和固安试验基地深翻和旋耕纹枯病发病程度。均采用五点随机取样,每样点调查30株,依据田间纹枯病病情分级标准分级,计算发病率、病情指数和相对防效。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 22.0 软件进行数据处理与方差分析。

2 结果与分析

2.1 深翻耕层土壤浸提液对禾谷丝核菌菌丝生长影响

5 g/mL 固安深翻上层土壤浸提液处理的菌落直径小于旋耕上层处理,抑制率为 17.26%(表 1);但 0.625、0.3125 g/mL 深翻上层处理的抑制率分别

表 1 固安秸秆还田不同耕层土壤浸提液对禾谷丝核菌菌丝生长的影响

耕层 (cm)	土壤浸提液浓度(g/mL)									
	5		2.5		1.25		0.625		0.3125	
	直径 (cm)	抑制率 (%)	直径 (cm)	抑制率 (%)	直径 (cm)	抑制率 (%)	直径 (cm)	抑制率 (%)	直径 (cm)	抑制率 (%)
S0-20	5.86b	17.26b	5.99b	15.37a	6.35c	10.31a	6.67c	5.74a	6.81b	3.84a
S20-40	5.26a	25.73c	5.13a	27.50b	5.84a	17.49c	6.24a	11.84c	6.48a	8.43bc
X0-20	6.11c	13.72a	5.79b	18.20a	6.34c	10.43a	6.47b	8.66b	6.45a	8.90c
X20-40	5.33a	24.79c	5.68b	19.73a	6.12b	13.61b	6.23a	12.07c	6.68ab	5.60ab
CK	7.08c	-	7.08d	-	7.08d	-	7.08c	-	7.08c	-

注:同列数据后不同字母表示经 Duncan's 新复极差法验证 $P < 0.05$ 水平差异显著,下同

为 5.74% 和 3.84%,均显著低于旋耕上层处理;2.5、1.25 g/mL 深翻下层处理的抑制率(27.50% 和 17.49%)均高于旋耕下层处理。其他深翻耕层处理菌落直径与旋耕处理均无显著差异。

5 g/mL 望都深翻上层土壤浸提液处理的菌落

直径小于旋耕同耕层处理,抑制率为 28.19%(表 2);2.5 g/mL 深翻下层处理的抑制率为 10.31%,显著高于旋耕下层处理;经 1.25、0.625、0.3125 g/mL 深翻耕层处理后,菌落直径均小于旋耕同耕层处理。随着深翻与旋耕土壤浸提液处理浓度的提

表 2 望都秸秆还田不同耕层土壤浸提液对禾谷丝核菌菌丝生长的影响

耕层 (cm)	土壤浸提液浓度(g/mL)									
	5		2.5		1.25		0.625		0.3125	
	直径(cm)	抑制率 (%)	直径(cm)	抑制率 (%)	直径(cm)	抑制率 (%)	直径(cm)	抑制率 (%)	直径(cm)	抑制率 (%)
S0-20	5.56a	28.19c	5.78a	25.28c	6.07a	21.62d	6.25a	19.25d	6.44a	16.77d
S20-40	6.64c	14.19a	6.94b	10.31b	7.10c	8.27b	7.13c	7.32b	7.02c	9.35b
X0-20	6.25b	19.25b	5.78a	25.28c	6.38b	17.64c	6.54b	15.48c	6.76b	12.68c
X20-40	6.57c	15.16a	7.17c	7.14a	7.36d	4.80a	7.50d	2.99a	7.64d	1.27a
CK	7.73d	-	7.73d	-	7.73e	-	7.73e	-	7.73d	-

高,禾谷丝核菌菌落直径均呈减小趋势,且深翻处理降幅较大。

2.2 深翻耕层土壤浸提液对禾谷丝核菌菌核生长影响

1.25 g/mL 望都深翻下层土壤浸提液处理的禾谷丝核菌菌核数量显著少于旋耕下层处理,降幅 33.62%;0.625 g/mL 深翻上层、0.3125 g/mL 深翻下层处理的菌核数量均少于旋耕同层处理,菌核数量分别为 17.17 个和 24.33 个;其他处理间菌核数

量无显著差异(图 1A)。0.3125 g/mL 固安深翻下层处理的菌核数量为 25.33 个,显著多于旋耕下层处理;固安其他深翻耕层处理菌核数量与旋耕同耕层处理间无显著差异(图 1B)。

2.5 g/mL 望都深翻上层土壤浸提液处理的禾谷丝核菌菌核鲜重轻于旋耕上层处理,降幅为 3.00%,深翻下层处理的菌核鲜重重于旋耕下层处理,增幅为 2.06%(图 2A);1.25 g/mL 深翻上、下层处理的菌核鲜重轻于旋耕同层处理,分别为

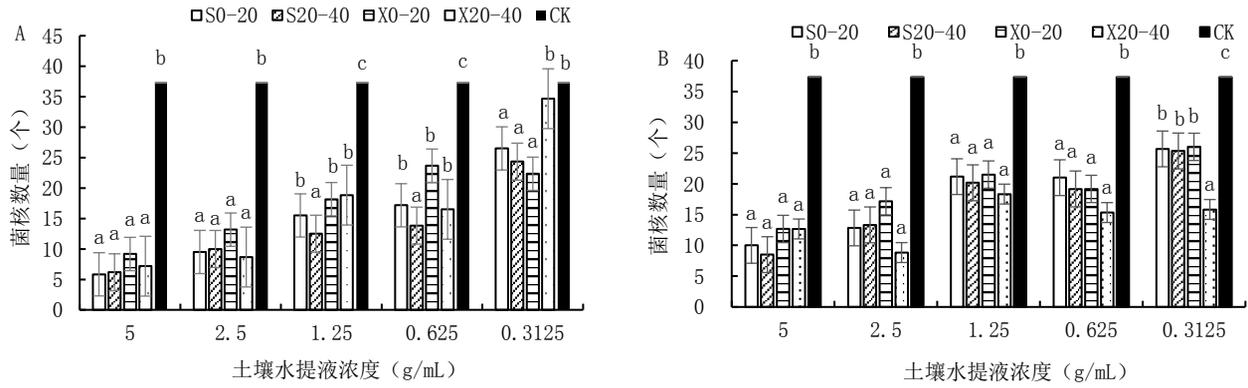


图1 望都(A)和固安(B)秸秆还田不同耕层土壤浸提液对禾谷丝核菌菌核数量的影响

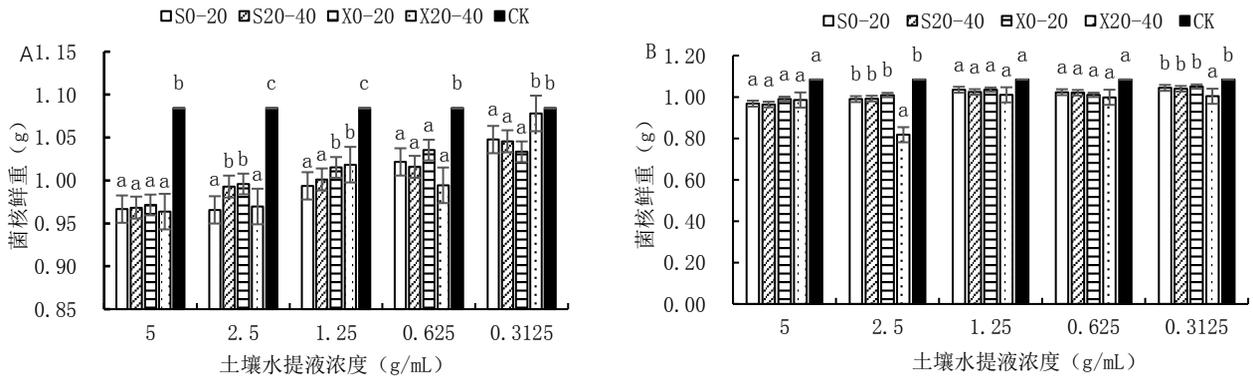


图2 望都(A)和固安(B)秸秆还田不同耕层土壤浸提液对禾谷丝核菌菌核鲜重的影响

0.99、1.00 g; 0.3125 g/mL 深翻下层处理菌核鲜重轻于旋耕同层处理, 降幅为 27.78%。0.3125 g/mL 固安深翻下层处理的菌核鲜重重于旋耕同层处理, 菌核鲜重为 1.04 g; 其他深翻耕层处理菌核数量与旋耕同耕层处理间无显著差异(图 2B)。

2.3 深翻耕层土壤浸提液对小麦幼苗纹枯病发生的影响

接菌 15 d 后, 2.5 g/mL 固安深翻上、下耕层土壤浸提液处理纹枯病防效(24.01% 和 44.19%) 明

显高于旋耕同耕层(表 3); 1.25 g/mL 深翻上层处理的病指显著低于旋耕同耕层, 降幅为 50.34%, 但深翻下层处理的病指显著高于旋耕同耕层。接菌 20 d 后, 2.5、0.625 g/mL 深翻上下耕层土壤浸提液处理的病指明显低于旋耕同耕层, 防效分别为 31.45%、22.45%、38.01% 和 -3.94%; 1.25 g/mL 深翻上层处理的病指显著低于旋耕同耕层。接菌 25 d 后, 所有深翻下层处理的病指均显著低于旋耕下层, 降幅为 12.62% ~ 24.60%。而深翻上层处理的

表 3 固安试验基地秸秆还田土壤浸提液对纹枯病发生情况的影响

接菌后天数 (d)	耕层(cm)	土壤浸提液浓度(g/mL)					
		2.5		1.25		0.625	
		病情指数	防效(%)	病情指数	防效(%)	病情指数	防效(%)
15	S20	25.16b	24.01c	16.56a	5.00c	21.16a	36.08c
	S40	18.48a	44.19d	34.89c	-5.37a	29.98c	9.47a
	X20	53.63e	-61.98a	33.35c	-0.73a	19.19a	42.06d
	X40	41.30b	-24.72b	22.11b	33.21b	24.07b	27.29b
	CK	33.11c	-	33.11c	-	33.11d	-
20	S20	25.39a	31.45b	34.07a	8.01c	22.96a	38.01d
	S40	28.72ab	22.45b	42.03c	-13.48b	38.50bc	-3.94c
	X20	51.69c	-39.55a	40.78bc	-10.10b	42.96c	-15.99b
	X40	55.43c	-49.66a	45.55c	-22.99a	52.51d	-41.77a
	CK	37.04b	-	37.04ab	-	37.04b	-

续表 3

接菌后天数 (d)	耕层 (cm)	土壤浸提液浓度 (g/mL)					
		2.5		1.25		0.625	
		病情指数	防效 (%)	病情指数	防效 (%)	病情指数	防效 (%)
25	S20	64.96c	-40.30a	46.50a	-0.43b	49.84a	-7.63b
	S40	55.23b	-19.28b	48.31a	-4.35b	48.22a	-4.15b
	X20	67.20c	-45.15a	46.83a	-1.13b	47.04a	-1.59b
	X40	63.21c	-36.52ab	64.07b	-38.39a	58.93b	-27.28a
	CK	46.30a	-	46.30a	-	46.30a	-

病指与旋耕同耕层处理间均无显著差异。

接菌 15 d 后, 2.5、0.625 g/mL 望都深翻耕层土壤浸提液处理病指显著高于旋耕同耕层, 但 1.25 g/mL 深翻耕层处理病指低于旋耕同耕层, 上、下耕层降幅分别为 29.07% 和 15.51% (表 4)。接菌

20 d 后, 1.25 g/mL 深翻上层处理病指增加 14.21%, 0.625 g/mL 深翻上、下耕层处理的病指分别为 41.11 和 43.17, 显著低于旋耕同耕层。接菌 25 d 后, 深翻上层所有浓度处理病指分别为 46.80、53.33 和 44.81, 均显著低于旋耕同耕层处

表 4 望都试验基地秸秆还田土壤浸提液对纹枯病发生情况的影响

接菌后天数 (d)	耕层 (cm)	土壤浸提液浓度 (g/mL)					
		2.5		1.25		0.625	
		病情指数	防效 (%)	病情指数	防效 (%)	病情指数	防效 (%)
15	S20	38.72d	-16.96a	25.11ab	24.15bc	37.98d	-14.27a
	S40	27.20b	17.84b	23.26a	29.75c	36.53d	-10.32a
	X20	22.60a	31.73b	35.40c	-6.91a	30.04b	9.28b
	X40	22.59a	31.76b	27.53b	16.68b	22.92a	30.77c
	CK	33.11c	-	33.11c	-	33.11c	-
20	S20	40.74ab	-9.99b	43.28b	-16.85a	41.11a	-10.99c
	S40	44.50b	-20.15a	40.72ab	-9.94a	43.17a	-16.55c
	X20	37.99a	-2.55b	37.13a	-0.24b	51.85b	-39.99b
	X40	44.62b	-20.45a	42.59b	-14.99a	73.13c	-100.12a
	CK	37.04a	-	37.04a	-	37.04a	-
25	S20	46.80b	-1.08b	53.33bc	-15.19b	44.81b	3.21c
	S40	61.97c	-33.86a	60.00cd	-29.60ab	60.00c	-29.59b
	X20	57.70c	-24.61a	67.19d	-45.13a	73.07d	-57.82a
	X40	36.88a	20.35e	45.72a	1.25c	31.32a	32.35d
	CK	46.30b	-	46.30b	-	46.30b	-

理, 但深翻下层处理病指显著高于旋耕同耕层。

2.4 深翻对田间小麦纹枯病发生的影响

在固安试验基地, 拔节期深翻处理邢麦 7 号

纹枯病发病率显著低于旋耕处理, 降幅为 19.99%; 深翻处理邢麦 13 号病指为 37.33, 明显低于旋耕处理, 防效为 31.30%。在望都试验基地, 邢麦 7 号、邢麦 13 号深翻处理的发病率均显著低

表 5 深翻对田间小麦纹枯病发生程度的影响

品种	处理	固安			望都		
		发病率 (%)	病指	防效 (%)	发病率 (%)	病指	防效 (%)
邢麦 7 号	深翻	66.67a	45.33ab	8.97	73.33ab	42.00a	23.17
	旋耕	83.33b	49.62ab	-	86.67c	46.95a	-
邢麦 13 号	深翻	60.00a	37.33a	31.30	66.67a	43.11a	7.21
	旋耕	73.33ab	54.00b	-	83.33bc	43.04a	-

于旋耕处理,降幅分别为15.39%和15.99%;但深翻处理病情指数与旋耕处理无显著差异(表5)。

3 结论与讨论

关于土壤浸提液对土传病原菌生长的影响已有相关报道。玉竹根际土壤浸提液对根腐病茄镰孢菌菌丝生长均具有促进作用^[16]。西芹根区土壤浸提液可显著抑制黄瓜枯萎病菌尖孢镰刀菌菌丝生长,抑制率12.89%~84.83%^[17]。早茄根际土壤浸提液对大丽轮枝菌和菌核盘菌菌丝生长均表现出明显促进作用,促进率分别为13.29%和11.32%^[18]。本试验固安和望都试验基地深翻耕层土壤浸提液(除望都5、2.5 g/mL处理)对禾谷丝核菌菌丝生长均表现出显著抑制作用。不同类型土壤浸提液对土传病原菌作用效果差异较大,可能与土壤浸提液中物质种类和病原菌特性相关。

研究表明,土壤深翻对作物土传病害具有一定的防控效果。深翻土壤中棉花黄萎菌微菌核存活数量比常规棉田低40%~50%,黄萎病发病程度也轻^[10]。土壤深翻棉田黄萎病发病时间比常规翻耕棉田晚10 d,后者棉田病指比深翻提高44.0%~89.4%^[19]。深翻处理的小麦根腐病病指、镰刀菌数量均明显低于免耕和旋耕处理。本试验研究表明,接菌15、20 d后,浇灌深翻耕层土壤浸提液处理纹枯病病指基本均显著低于旋耕耕层处理^[9];深翻处理可减轻邢麦13号和邢麦7号纹枯病发病率。上述结果与张勇、程晓亮等研究结果类似。但是,深翻处理纹枯病的病指与旋耕处理差异不明显(固安邢麦13号除外),究其原因可能是试验区纹枯病相对偏重所致。

随着种植技术水平的提升,秸秆还田量也呈逐渐增大趋势。自20世纪90年代中期,秸秆还田在提高土壤肥力、提升作物抗逆(病)性等方面表现尤为明显^[20],但随着秸秆还田量的逐年增大,引发秸秆难以及时腐解、耕层变浅、粉碎效果差等系列问题,最终出现小麦长势偏弱、土传病害发生重等现象^[21]。深翻不仅可加厚耕作层、扩大秸秆分布范围,还可破坏病原菌和害虫适生环境。在有纹枯病发病史的麦区,可每隔2~3年深翻1次,以减少大量秸秆还田引发的部分生产问题,但深翻是否影响禾谷丝核菌及其他微生物在耕层土壤中的空间分布特征有待于进一步研究。

参考文献:

[1] Humberto B C, Lal R. Soil structure and organic carbon relation-

ships following 10 years of wheat straw management in no-till[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 95(1-2): 240-254.

[2] 崔正果,李秋祝,张玉斌,等.玉米秸秆全量粉碎耕翻还田条件下播种深度与镇压强度对玉米出苗率的影响[J].东北农业科学,2018,43(6):16-19.

[3] 陆宁海,杨蕊,郎剑锋,等.秸秆还田对土壤微生物种群数量及小麦茎基腐病的影响[J].中国农学通报,2019,35(34):102-108.

[4] 苏强,荣玮,张增艳.小麦类受体蛋白激酶基因TaPK3A的克隆与抗纹枯病功能初步分析[J].作物学报,2019,45(8):1158-1165.

[5] 国淑梅,牛贞福,张凯,等.45%烯肟·苯醚·噻虫嗪悬浮种衣剂对冬小麦主要病虫害田间防效研究[J].东北农业科学,2016,41(6):82-85.

[6] 赵永强,徐振,张成玲,等.稻麦秸秆全量还田对小麦纹枯病发生的影响[J].西南农业学报,2017,30(5):1063-1067.

[7] 齐永志.玉米秸秆还田的微生物生态效应及对小麦纹枯病的适应性控制技术[D].保定:河北农业大学,2014.

[8] 胡颖慧,时新瑞,李玉梅,等.秸秆深翻和免耕覆盖对玉米土传病虫害及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2019(5):60-63.

[9] 程晓亮.耕作方式对小麦病害发生及根际真菌群落结构的影响[D].保定:河北农业大学,2010.

[10] 刘海洋,王兰,努尔孜亚,等.棉田深翻对棉花黄萎病发病及其微菌核分布影响的初步研究[J].新疆农业科学,2010,47(5):932-935.

[11] 孙秀娟.秸秆集中掩埋还田对赤霉病菌(*Fusarium graminearum* Schw.)和二化螟(*Chilo suppressalis* Walker)幼虫存活的影响[D].南京:南京农业大学,2012.

[12] 秦立金,曹巨峰,韩伟秋,等.黄瓜和西芹间作对黄瓜生长及枯萎病发生的影响[J].中国生态农业学报,2018,26(5):684-692.

[13] 李海燕,齐永志,甄文超.河北省小麦纹枯病菌群体组成及致病力分化[J].植物保护学报,2015,42(4):497-503.

[14] 茹李军,郑雪松,丑靖宇,等.45%烯肟菌胺·苯醚甲环唑·噻虫嗪悬浮种衣剂对小麦纹枯病和蚜虫的防治效果[J].麦类作物学报,2016,36(2):251-256.

[15] 余蓬勃,任妍,侯玮秀,等.小麦苗期抗纹枯病鉴定方法的改良及抗病品种筛选[J].植物病理学报,2019,49(5):715-720.

[16] 肖岚.连作对玉竹生物学特性及抗肿瘤作用的影响[D].长沙:湖南中医药大学,2016.

[17] 曹阳.西芹腐根及腐根区物浸提液处理对黄瓜枯萎病病原化感作用的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.

[18] 黄奔立,朱键鑫,许云东,等.茄根分泌物及其浸提液对3种土传病原菌生长的促进作用[J].江苏农业学报,2005,21(4):301-305.

[19] 张勇.棉田深翻对黄萎病重病田的抑制效应研究[D].石河子:石河子大学,2014.

[20] Liu Xin, Zhu Xiuliang, Wei Xuening, et al. The wheat LLM-domain-containing transcription factor TaGATA1 positively modulates host immune response to *Rhizoctonia cerealis*[J]. Journal of Experimental Botany, 2020, 71(1): 344-355.

[21] Grzegorz L, Hanna K. Effects of sharp eyespot (*Rhizoctonia cerealis*) on yield and grain quality of winter wheat[J]. European Journal of Plant Pathology, 2013, 135(1): 187-200.