

王思宇,邢鲲,贺润平,等. 秸秆还田模式对旱地玉米主要病虫害发生和产量的影响[J]. 山西农业科学, 2025, 53(5):30-38.

WANG S Y, XING K, HE R P, et al. Effects of straw returning modes on the occurrence of major pests and yield of maize in dryland [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(5):30-38.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2025.05.04

秸秆还田模式对旱地玉米主要病虫害发生和产量的影响

王思宇¹, 邢 鲲¹, 贺润平¹, 刘 翥¹, 孙东宝², 赵 飞¹

(1. 山西农业大学 植物保护学院/农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 山西 太原 030031;

2. 中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

摘 要:为了明确不同秸秆还田模式对旱地玉米大斑病、穗腐病和玉米螟的发生以及产量的影响,在固定玉米田开展长期定点试验,其中,主区设春还田和秋还田2个处理,副区设3个还田深度(15、30、45 cm)和2个还田量(半量、全量还田),系统评估还田时间、还田深度和还田量对旱地玉米大斑病、穗腐病和玉米螟发生以及产量的影响。结果表明,对于玉米大斑病病情指数而言,秋还田比春还田低12.24%;春还田模式下,半量还田比全量还田低13.32%;秋还田模式下,不同还田量间差异不显著。对于玉米穗腐病病情指数而言,与秋还田相比,春还田穗腐病病情指数降低;还田深度45 cm比还田深度15 cm显著降低30.43%;全量还田比半量还田降低4.29%。对于玉米螟危害率而言,春还田比秋还田降低21.64%;还田深度45 cm比还田深度15 cm显著降低51.82%,还田量对玉米螟危害的玉米被害株率无显著影响。在产量方面,秋还田+全量还田可以提高旱地玉米产量;还田深度为30 cm时的玉米产量较高。因此,依据不同地区玉米病虫害的发生规律差异,可以采用秋还田+半量还田的措施抑制大斑病等气传病害发生,采用春还田+还田深度(30~45 cm)的措施防控穗腐病与玉米螟等土传病害以及在土壤中越冬的害虫。

关键词: 玉米;病虫害;还田深度;还田时间;还田量

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2025)05-0030-09

Effects of Straw Returning Modes on the Occurrence of Major Pests and Yield of Maize in Dryland

WANG Siyu¹, XING Kun¹, HE Runping¹, LIU Biao¹, SUN Dongbao², ZHAO Fei¹

(1.College of Plant Protection/Key Laboratory of Integrated Pest Management on Agriculture in Shanxi Province,

Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, China; 2.Institute of Environment and Sustainable

Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: In order to clarify the effects of different straw returning modes on the occurrence of maize northern leaf blight, ear rot, and *Ostrinia furnacalis*, as well as the yields of maize in dryland, in this study, long-term field experiments in the fixed fields were carried out. The main area was set up with two treatments, spring straw returning and autumn straw returning. Three returning depths(15, 30, and 45 cm) and two returning amounts(half and full returning) were performed in the secondary area. The effects of straw returning time, returning depth, and returning amount on the occurrence of maize northern leaf blight, ear rot, and *O. furnacalis*, as well as the yields of maize in dryland were systematically evaluated. The results showed that for the disease index(DI) of maize northern leaf blight, the autumn straw returning was 12.24% lower than the spring straw returning. Under the spring straw returning mode, the DI of the half amount straw returning was 13.32% lower than that of the full amount straw returning. Under the autumn straw returning mode, there was no significant difference in the DI among different straw returning amounts. For the DI of ear rot, compared with the autumn straw returning, the spring straw returning led to a lower DI of ear rot. Compared with 15 cm, straw returning depth of 45 cm significantly reduced the DI by 30.43%. The

收稿日期:2025-08-05

基金项目:国家重点研发计划(2021YFD1900705);山西省玉米产业技术体系(2025CYJSTX01-19, YMZD202403)

作者简介:王思宇,在读硕士,研究方向:农业有害生物综合治理, E-mail:wangsiyu0912@126.com

通信作者:赵 飞,研究员,博士,主要从事昆虫生态与农业害虫综合治理研究, E-mail:zhaofei12@126.com

full amount straw returning was 4.29% lower than the half amount straw returning. For the damage rate of *O. furnacalis*, the spring straw returning was 21.64% lower than the autumn straw returning. The straw returning depth of 45 cm significantly reduced the damage rate by 51.82% compared with 15 cm, and the straw returning amount had no significant effect on the number of maize plants number of maize plants damaged by *O. furnacalis*. In terms of yield, the combination of the full amount straw returning and the autumn straw returning mode could increase the maize yield in dryland. The yield of maize was higher when the returning depth was 30 cm. Therefore, according to the differences in the occurrence of *O. furnacalis* and the two diseases of maize in different regions, the measure of autumn straw returning and half amount straw returning could be adapted to inhibit the occurrence of air borne diseases such as corn northern leaf blight, and the measures of spring straw returning and returning depth(30-45 cm) could be adapted to prevent and control soil-borne diseases like ear rot and pests that overwinter in the soil such as *O. furnacalis*.

Keywords: maize; pests and diseases; returning depth; returning time; returning amount

玉米作为全球主要粮食作物,占我国全部农作物种植面积的25%。年产玉米秸秆总量接近2亿t,其中,70%的秸秆无法得到合理利用,造成资源浪费与潜在的环境压力^[1-3]。秸秆还田作为我国大力推广的一种秸秆资源再利用方式,不仅为土壤提供营养物质、增加土壤有机物含量,而且可以增加作物产量^[4-5]。同时,秸秆还田还可以通过土壤微生态系统间接影响病虫害的发生,如通过改变秸秆降解速率,进一步改变土壤理化性质与农作物生产力,进而提高玉米抗性^[6]。已有研究发现,玉米秸秆经粉碎精耕处理后,玉米螟越冬幼虫极少存活^[7]。此外,控制还田秸秆量能够增加土壤中微生物的种类和数量,从而干扰土壤中病原菌的生存环境,进而减轻土传病害的发生^[8]。但是,目前生产中采用的秸秆还田技术质量参差不齐,使得大量秸秆集中于地表,造成作物出苗障碍^[9]、地温降低^[10]等问题。值得注意的是,秸秆长期还田为农作物病害病原菌和害虫的生长、繁殖和积累提供了良好的环境,从而导致病虫害的流行,甚至暴发^[11]。因此,科学地进行秸秆还田对于促进农业生产发展的可持续性以及维持农田生态系统的良性循环具有重要意义。

黄土高原旱作农业区是我国春玉米第二大集中产区,占粮食总产的30.8%左右,对保障我国粮食安全具有战略意义^[12]。该区域昼夜温差大、光照充足,但是降水稀少且分布不均,是典型的雨养旱作玉米主产区^[13]。据报道,该地区玉米病虫害总体呈中等偏重发生态势^[14]。甘肃省玉米大斑病在低温高湿条件下易发,尤其在春玉米区普遍发生^[15];玉米穗腐病在山西晋东南地区每年都有发生,尤其在多雨潮湿年份更加严重^[16];黄土高原地区玉米螟总体呈偏轻发生态势,其中,山西部分地区虫量

中等,不构成主要威胁,但仍需关注其作为穗腐病诱因的间接影响^[17]。该地区秸秆还田比例较大,不当的还田方式,则会加重玉米病害病原菌在土壤中的积累,增加发病潜在风险^[18]。目前,黄土高原农业区秸秆还田方式以直接还田、粉碎还田和堆沤还田为主^[19],且研究大多局限于表面土层(0~20 cm)^[20-21],忽略了秸秆还田对底层土层的影响。该区域目前已形成春还田、秋还田2种还田时间模式,并以全量还田为主推模式^[22]。然而,目前有关黄土高原不同还田深度、还田时间和还田量对玉米大斑病、穗腐病和玉米螟、产量的关系尚缺乏系统的研究。

本研究于2020年在山西省寿阳县旱作农业区进行不同秸秆还田深度(15、30、45 cm)、还田时间(春、秋还田)、还田量(半量、全量还田)的农业生产试验,并于2022年研究了旱地秸秆还田模式对玉米大斑病、穗腐病和玉米螟及产量的影响,旨在为制定更加科学的秸秆还田技术标准、促进农田生态系统健康发展提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

本研究在山西省寿阳县景尚乡张韩村(37.77°N, 113.22°E,海拔1 100 m)进行长期定位试验。该试验站地处典型的黄土高原旱作农业区,属温带大陆性季风气候,半湿润气候类型,年均温度为8.1℃,年平均降雨量为474.2 mm,但分布不均,干湿季节分明,降雨主要集中于6—9月,无霜期为130 d。土壤为黄土母质的褐土,质地为壤土,土层深厚,200 cm土层的最大可持水量为698.9 mm,孔隙度平均为51.7%。本研究于2021年对该试验地土壤理化性状进行了测定,结果如表1所示。

表 1 试验前土壤理化性状

Tab.1 Soil physical and chemical properties prior to the present study

土层深度/ cm Soil depth	有机质含量/ (g/kg) Organic mat- ter content	全氮含量/ (g/kg) Total nitro- gen content	全磷含量/ (g/kg) Total phos- phorus content	全钾含量/ (g/kg) Total potas- sium content	有效氮含量/ (mg/kg) Available nitro- gen content	有效磷含量/ (mg/kg) Available phos- phorus content	速效钾含量/ (mg/kg) Available potas- sium content	pH
0~20	12.68	0.97	0.69	16.1	68.95	12.2	111	8.45
20~40	10.40	0.77	0.58	14.4	60.55	9.4	84	8.42
40~60	4.29	0.42	0.50	15.4	28.70	5.4	52	8.38
60~80	8.24	0.41	0.45	15.5	20.65	3.8	66	8.43
80~100	3.61	0.40	0.45	15.2	14.70	4.2	51	8.36

1.2 试验设计

试验采用分区设计(表 2),主区设为春季还田(Spring straw returning, SR)和秋季还田(Autumn straw returning, AR),副区设不同还田深度(15、30、45 cm)和不同秸秆还田量(半量还田(50%)、全量还田(100%)),主、副区共计 12 个处理,每个试验大区面积为 667 m²。旱地春玉米播期为 2022 年

4 月 26 日,供试玉米品种为大丰 30。秸秆还田量中半量还田 50% 和全量还田 100% 分别为当季玉米秸秆产生量的 50% 和 100%。秋还田与春还田处理为当季玉米收获后根据秸秆还田时间、还田量和还田深度要求,进行旋耕深翻还田。各小区播种密度为 6.6 万株/hm²,管理条件均一致。

表 2 小区试验处理

Tab.2 Treatments in experimental plots

还田时间 Returning time	还田深度/cm Returning depth	还田量/% Returning amount	还田时间 Returning time	还田深度/cm Returning depth	还田量/% Returning amount
春还田 Spring straw returning	15	50	秋还田 Autumn straw returning	15	50
		100			100
	30	50		30	50
		100			100
	45	50		45	50
		100			100

1.3 病虫害田间调查

1.3.1 大斑病调查 玉米大斑病的发生具有明显的阶段性特征,选择在玉米灌浆期至乳熟期,按玉米大斑病的 6 级分级标准(中华人民共和国农业行业标准 NY/T1248.1—2006)(表 3),分别调查并记

录大斑病的严重度(单株玉米发生大斑病严重程度)。每个处理调查 3 个位点,每个位点调查 30 株玉米,采用式(1)计算病情指数。

病情指数 = $(\sum(\text{各级病株数} \times \text{病级代表值})) / (\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值}) \times 100\%$ (1)

表 3 玉米大斑病严重度分级

Tab.3 A scale of disease severity of maize northern leaf blight

病情级别 Disease severity grade	危害症状 Symptom description
0	全株叶片无病斑
1	穗下部叶片上有零星病斑,病斑占叶面积比例 $\leq 5\%$
3	穗下叶片有少量病斑,占叶面积 $> 5\% \leq 10\%$,穗上部叶片有零星病斑
5	穗下叶片上病斑较多,占叶面积 $> 10\% \leq 30\%$,穗上部叶片有少量病斑
7	叶片有大量病斑,病斑相连,占叶面积 $> 30\% \leq 70\%$
9	全株叶片基本为病斑覆盖,叶片枯死

1.3.2 穗腐病及蛀穗玉米螟调查 在玉米成熟期

调查穗腐病、玉米螟的发生,每个处理按 3 位点取

样,每位点取30株玉米果穗,同时观察植物茎秆和雌穗等处是否有蛀孔,如果有蛀孔即用小刀撬开茎秆将虫取出,将结果记入玉米螟幼虫数量调查

表,计算玉米被害株率;按玉米穗腐病严重程度标准调查穗腐病发生情况(表4)^[23],计算病情指数。病情指数计算方法参考大斑病。

表4 玉米穗腐病严重程度分级

Tab.4 A scale of disease severity of ear rot

病情级别 Disease severity grade	危害症状 Symptom description	病情级别 Disease severity grade	危害症状 Symptom description
0	全穗无病斑	5	发病面积占雌穗总面积 $>10\% \leq 25\%$
1	发病面积占雌穗总面积比例 $\leq 1\%$	7	发病面积占雌穗总面积 $>25\% \leq 50\%$
3	发病面积占雌穗总面积 $>1\% \leq 10\%$	9	发病面积占雌穗总面积 $>50\% \leq 100\%$

1.3.3 玉米产量测定 收获玉米时,按每个小区 12 m^2 (双行 10 m)取样测定产量;采用水分仪测定玉米水分含量,按我国玉米入库标准的 14% 相对含水量计算公顷面积产量^[24]。

1.4 数据分析

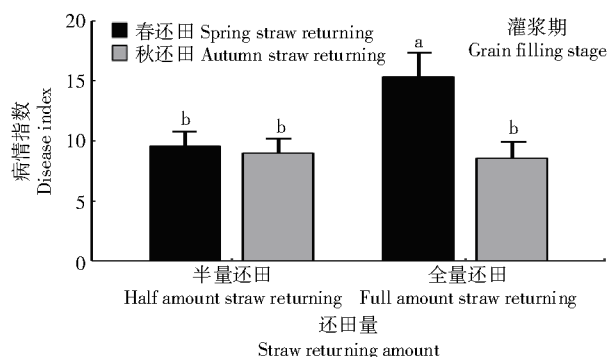
数据使用Excel 2013记录,采用SPSS 26.0进行方差分析,多重比较采用LSD法进行检验($P < 0.05$)。使用R软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆还田方式对玉米大斑病发生的影响

由图1可知,在玉米灌浆期,还田时间以及还田时间与还田量二者的互作均对玉米大斑病发生

有显著影响($P < 0.05$),其他处理均对玉米大斑病发生无显著影响。在半量还田处理下,不同还田时间差异不显著,秋还田的玉米大斑病病情指数略低于春还田;在全量还田处理下,秋还田的玉米大斑病病情指数显著低于春还田($P < 0.05$),降幅为 44.09% 。在春还田处理下,半量还田的玉米大斑病病情指数显著低于全量还田($P < 0.05$),降幅为 37.62% ;在秋还田处理下,不同还田量差异不显著,且半量还田、全量还田的病情指数相近。综上,秋还田+全量还田可显著抑制玉米大斑病,其次为秋还田+半量还田;若必须春还田,则以半量还田为宜,可将大斑病病情指数控制在10以下。



不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下图同

Different lowercase letters indicated the significant difference at the 0.05 level among different treatments. The same as below

图1 不同秸秆还田方式对玉米大斑病的病情指数的影响

Fig.1 Effects of different straw returning methods on the disease index of maize northern leaf blight

由图1可知,在玉米乳熟期,还田深度、还田时间、还田量以及3个处理间的互作均对玉米大斑病无显著影响。在半量还田和全量还田处理下,秋还田的玉米大斑病病情指数均低于春还田,但差异不显著;在春还田和秋还田处理下,半量还田的玉米大斑病病情指数均低于全量还田,但差异不

显著。因此,各处理对玉米乳熟期的大斑病病情指数均未达到显著水平,其中,秋还田+半量还田的玉米大斑病病情指数最低。

2.2 不同秸秆还田方式对玉米穗腐病发生的影响

由图2可知,还田深度、还田时间、还田量以及3个处理间的互作对玉米穗腐病发生均有显著影

响($P<0.05$)。在不同还田深度处理下,还田量对玉米穗腐病发生无显著影响,全量还田的玉米穗腐病病情指数低于半量还田。在半量还田和全量还田处理下,玉米穗腐病的病情指数均随还田深度的增加而显著降低($P<0.05$);其中,半量还田处理下,还田深度由 15 cm 加深至 45 cm 时,玉米穗腐病的病情指数由 8.50 降为 5.50,降幅为 35.29%;在全量还田处理下,还田深度由 15 cm 加深至 45 cm 时,玉米穗腐病的病情指数由 8.00 降为 5.30,降幅为 33.75%。

在春还田和秋还田处理下,玉米穗腐病的病情指数均随还田深度的增加而显著降低($P<0.05$);其中,春还田处理下,还田深度由 15 cm 加

深至 45 cm 时,玉米穗腐病的病情指数由 8.45 降为 5.20,降幅为 38.46%;在秋还田处理下,还田深度由 15 cm 加深至 45 cm 时,玉米穗腐病的病情指数由 8.05 降为 5.60,降幅为 30.43%。在还田深度为 30 cm 处理下,春还田的玉米穗腐病病情指数显著低于秋还田($P<0.05$),降幅为 18.83%。

在半量还田和全量还田处理下,春还田的玉米穗腐病病情指数均低于秋还田,但差异不显著;在春还田和秋还田处理下,全量还田的玉米穗腐病病情指数均低于半量还田,但差异不显著。综上,防控玉米穗腐病的最优组合为春还田+还田深度(30~45 cm)。

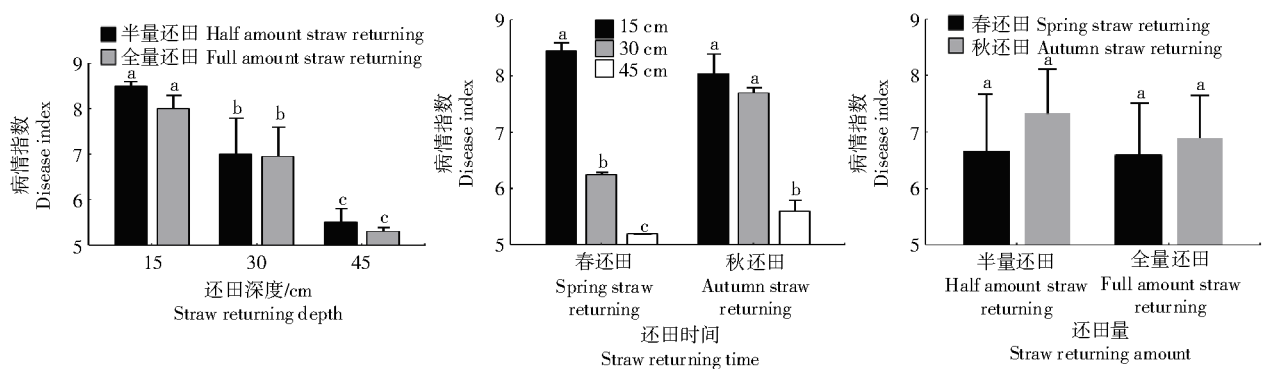


图2 不同秸秆还田方式对穗腐病的病情指数的影响

Fig.2 Effects of different straw returning methods on the disease index of ear rot

2.3 不同秸秆还田方式对玉米螟发生的影响

害株率的影响如图3所示。

不同秸秆还田方式对由玉米螟危害的玉米被

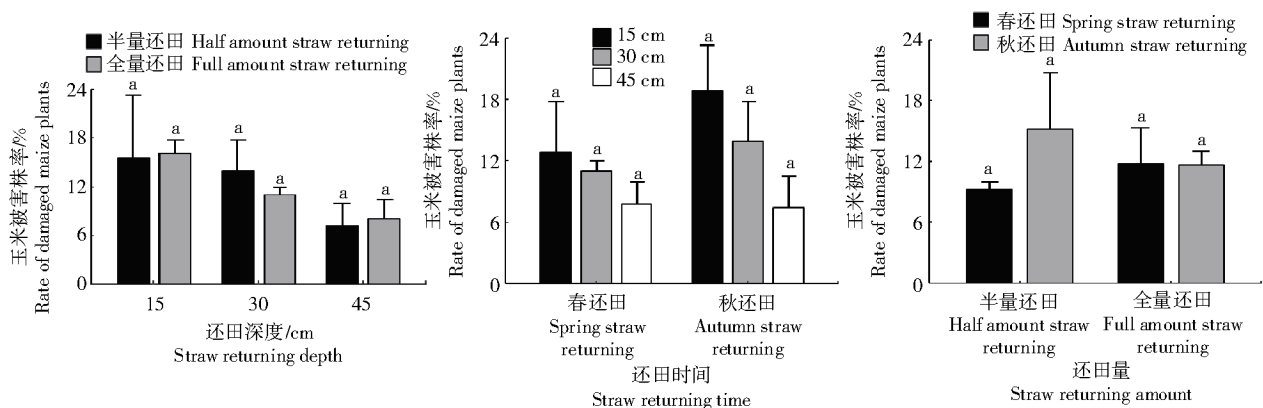


图3 不同秸秆还田方式对由玉米螟危害的玉米被害株率的影响

Fig.3 Effects of different straw returning methods on the rate of maize plants damaged by *O. furnacalis*

由图3可知,还田深度、还田时间、还田量以及3个处理间的互作均对玉米螟危害的玉米被害株率无显著影响。在半量还田和全量还田处理下,

随着还田深度的增加,玉米被害株率均逐渐下降。

在春还田和秋还田处理下,随着还田深度的增加,玉米被害株率逐渐下降;在不同还田深度处

理下,春还田的玉米被害株率均低于秋还田,但差异不显著。

在半量还田处理下,春还田的玉米被害株率均低于秋还田,但差异不显著;在全量还田处理下,春还田的玉米被害株率与秋还田相近,差异不显著;在春还田处理下,半量还田的玉米被害株率略低于全量还田;在秋还田处理下,全量还田的玉米被害株率略低于半量还田。综上,玉米被害株

率随还田深度的增加呈降低趋势,春还田的玉米被害株率总体上低于秋还田,且还田量对玉米被害株率影响不显著。因此,防控玉米螟的最优组合为春还田+还田深度(30~45 cm)。

2.4 不同秸秆还田方式对玉米产量的影响

不同秸秆还田方式对玉米产量的影响如图4所示。

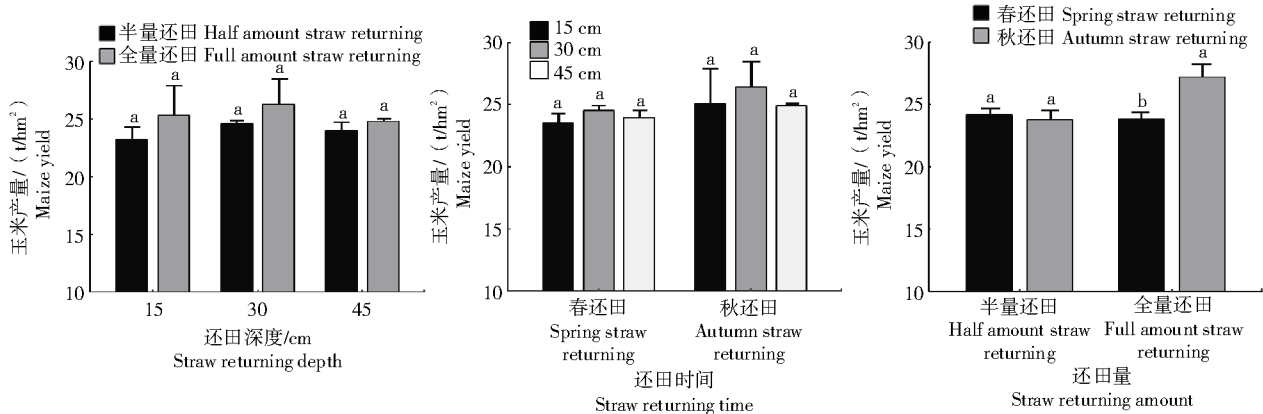


图4 不同秸秆还田方式对玉米产量的影响

Fig.4 Effects of different straw returning methods on maize yield

在不同还田深度处理下,全量还田的玉米产量均高于半量还田,但差异不显著;在半量还田和全量还田处理下,还田深度为30 cm时的玉米产量均较高。

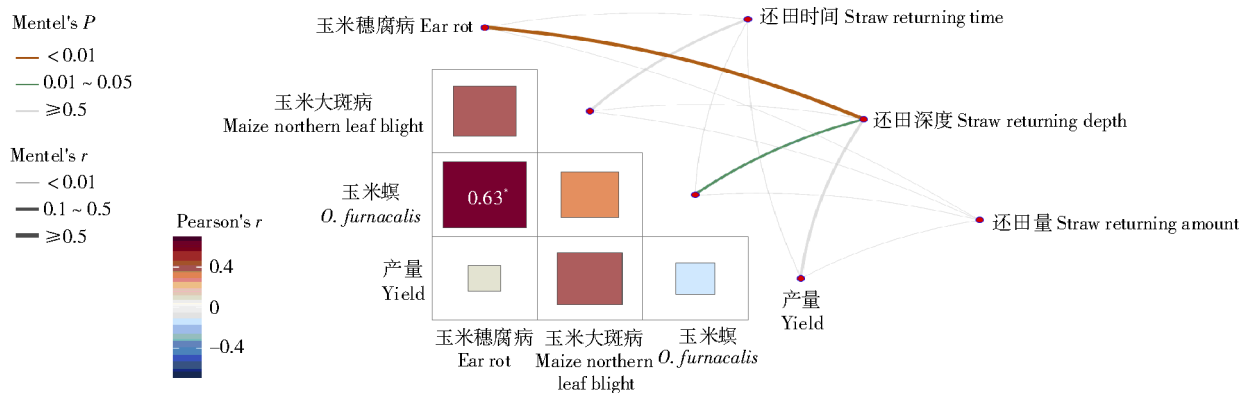
在春还田和秋还田处理下,还田深度对玉米产量无显著影响;在不同还田深度处理下,秋还田的玉米产量均高于春还田,但差异不显著。

在半量还田处理下,春还田与秋还田的玉米产量相近;在全量还田处理下,秋还田玉米产量显

著高于春还田($P < 0.05$),增加14.12%;在春还田处理下,全量还田与半量还田的玉米产量相近;在秋还田处理下,全量还田的玉米产量高于半量还田,差异不显著。综上,提升玉米产量的最优组合为秋还田+全量还田+还田深度(30~45 cm)。

2.5 秸秆还田方式与玉米的病虫害发生、产量的相关性分析

不同秸秆还田方式与玉米病虫害、产量的相关性分析如图5所示。



* 表示0.05水平显著相关

* indicated a significant correlation at the 0.05 level

图5 不同秸秆还田方式与玉米病虫害、产量的相关性分析

Fig.5 Correlation analysis of different straw returning methods and pests, diseases, and yield of maize

秸秆还田方式与玉米的病虫害发生以及产量之间的相关性分析结果表明(图5),玉米螟危害的玉米被害株率与穗腐病的病情指数之间呈现显著的正相关($r=0.63$; $P<0.05$),表明玉米螟的危害程度越高,穗腐病的发病程度也越严重;玉米螟危害的玉米被害株率与玉米产量呈负相关,即玉米螟危害率的增加会导致玉米产量的下降。还田深度对玉米穗腐病的病情指数和玉米螟危害率有显著影响($P<0.05$),增加还田深度可以显著降低玉米穗腐病的病情指数和玉米被害株率。还田时间与玉米大斑病病情指数之间呈正相关,但未达到显著水平;还田深度与玉米产量之间同样表现出高度正相关,体现为还田深度在一定范围内增加时,玉米产量呈现上升态势,但未达到显著水平。

3 结论与讨论

在旱作农业生产中,不同的秸秆还田方式会对玉米病虫害产生显著影响。秸秆还田虽然具有提升土壤肥力、改善土壤结构的作用,但也会促进玉米大斑病的发生。本研究结果表明,秋还田+半量还田可显著抑制玉米大斑病发生。在黄土高原旱作农业区,春还田虽能缓解春旱胁迫^[25],但是,因其延缓了秸秆腐熟^[26]、保护了病菌越冬结构、积累了菌源集中释放,因此,显著加重了典型气传病害玉米大斑病的危害,且危害程度随玉米生育期进程呈递增趋势。此外,本研究进一步证实,全量还田会加重玉米大斑病的发生与流行。玉米大斑病的发病严重程度与秸秆还田量成正相关,病情指数随秸秆量的增多而增大^[27]。因此,合理控制还田量、避免春季还田能够有效控制大斑病等气传病害的发生。

穗腐病作为一种普遍发生且危害严重的真菌性病害,严重影响玉米的产量和品质^[28]。玉米螟作为中国玉米生产上的第一大常发性害虫,以幼虫钻蛀取食为典型特征。本研究结果表明,春还田+还田深度(30~45 cm)模式对土传病害玉米穗腐病和在土壤中越冬的玉米螟抑制效果最佳。春季还田可能使秸秆在玉米生长早期被分解,减少了玉米螟的栖息场所,而秋季还田则为玉米螟提供了更多越冬场所,增加了其危害率^[29]。此外,本研究还证实,还田深度的增加可以降低穗腐病的发生。已有研究发现^[30],春季秸秆还田深度为30 cm时,能够降低病原菌越冬基数,增加深层土壤的拮

抗菌群数量以及对镰孢属真菌的竞争抑制作用,从而降低病害的病情指数。这可能是由于深层还田可加速秸秆腐解,破坏并降低病原菌在表层土壤的积累^[31]。而对在土壤中越冬的玉米螟来说,深层还田促进土壤微生物的活动,加速秸秆分解,从而减少玉米螟的栖息和繁殖场所^[32]。因此,春季还田+还田深度(30~45 cm)能够有效降低旱作农业区的玉米穗腐病和玉米螟危害的风险。

产量高低是评价农业操作好坏的重要指标。本研究结果表明,还田深度为30 cm时可提高玉米产量,且秋还田+全量还田处理的玉米产量最高。秸秆还田深埋至25~30 cm土层中,既能保墒又能加快秸秆腐解^[33]。全量秸秆秋还田并覆膜处理,翌年春玉米平均产量提高29.5%,百粒质量、穗粒数增幅均显著高于春施肥处理^[34]。秋还田同时还能避免因春季相对湿度低而导致的秸秆与作物争水,同时利用冬季冻融使秸秆在玉米播种前完成60%以上的腐解,为拔节期集中供肥奠定基础^[33]。此外,玉米螟与穗腐病的发病呈显著正相关。这可能是因为玉米螟幼虫钻蛀行为造成的损伤为穗腐病的病原菌提供了侵染途径,从而加剧了穗腐病的发生,进而导致穗粒数、千粒质量下降,最终造成产量损失^[35]。

基于不同秸秆还田方式对主要玉米病虫害的发生及其影响的研究,提出以下还田策略:大斑病高发区,建议采用秋还田+半量还田模式,利用冬季冻融和低温腐解效应来抑制病原菌的存活与繁殖。在穗腐病及玉米螟危害严重的区域,采用春还田+还田深度(30~45 cm)模式,集中处理病虫越冬存活的玉米残体,避免越冬庇护,并在播种前为土壤创造稳定的环境。此外,还田深度建议控制在30 cm以上,既能保证土壤与秸秆充分接触,促进秸秆分解转化,提高土壤肥力,又能避免秸秆还田过深影响土壤通气性和根系生长,同时将病虫存活的玉米残体埋入越冬临界深度以下,有助于减少病原菌的滋生与侵染,并且可增加玉米产量。综上所述,根据不同病虫害的危害特点选择适宜的秸秆还田方式,可有效防控病虫害,发挥秸秆资源价值,实现农业可持续发展。

参考文献:

- [1] 吕开宇,仇焕广,白军飞,等.中国玉米秸秆直接还田的现状与发展[J].中国人口·资源与环境,2013,23(3):171-176.

- LÜ K Y, QIU H G, BAI J F, et al. Development of direct return of corn stalk to soil: current status, driving forces and constraints[J]. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(3): 171-176.
- [2] 王明兰. 山西玉米秸秆直接还田的现状与发展[J]. 农业技术与装备, 2017(10): 31-32.
- WANG M L. Current situation and development of maize straw returning directly to field[J]. Agricultural Technology & Equipment, 2017(10): 31-32.
- [3] JOSHI D R, SIEVERDING H L, XU H, et al. A global meta-analysis of cover crop response on soil carbon storage within a corn production system[J]. Agronomy Journal, 2023, 115(4): 1543-1556.
- [4] 王美琦, 刘银双, 黄亚丽, 等. 秸秆还田对土壤微生态环境影响的研究进展[J]. 微生物学通报, 2022, 49(2): 807-816.
- WANG M Q, LIU Y S, HUANG Y L, et al. Research progress on effects of straw incorporation on soil micro-ecological environment[J]. Microbiology China, 2022, 49(2): 807-816.
- [5] LIU C Z, SI B C, ZHAO Y, et al. Drivers of soil quality and maize yield under long-term tillage and straw incorporation in Mollisols[J]. Soil and Tillage Research, 2025, 246: 106360.
- [6] 税红霞, 王秀全, 卢庭启, 等. 川北丘区玉米改土培肥高产增效技术研究[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(S1): 13-16.
- SHUI H X, WANG X Q, LU T Q, et al. Study on high-yield and efficiency-increasing techniques of improving soil and fertilizing maize in hilly area of northern Sichuan[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2017, 23(S1): 13-16.
- [7] 杨宸. 不同秸秆还田方式对亚洲玉米螟幼虫越冬基数的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2019.
- YANG C. Effects of different straw returning methods on overwintering base of Asian corn borer larvae[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2019.
- [8] 丛萍, 王婧, 董建新, 等. 秸秆还田对黑土亚表层微生物群落结构的影响特征及原因分析[J]. 农业工程学报, 2020, 36(1): 109-118.
- CONG P, WANG J, DONG J X, et al. Effects and analysis of straw returning on subsoil microbial community structure in black soil[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(1): 109-118.
- [9] 陈翔, 张乐乐, 吴宇, 等. 秸秆还田对小麦出苗质量的影响及对策[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(2): 27-29.
- CHEN X, ZHANG L L, WU Y, et al. Effect of straw returning to field on the quality of wheat seedling emergence and its countermeasures[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2021, 27(2): 27-29.
- [10] PRETORIUS R J, HEIN G L, BLANKENSHIP E E, et al. Comparing the effects of two tillage operations on beneficial epigeal arthropod communities and their associated ecosystem services in sugar beets[J]. Journal of Economic Entomology, 2018, 111(6): 2617-2631.
- [11] 梁志刚, 王全亮, 贾明光, 等. 山西襄汾县秸秆还田对小麦病害的影响及防治[J]. 农业工程技术, 2017, 37(29): 40.
- LIANG Z G, WANG Q L, JIA M G, et al. Effect of straw returning to field on wheat diseases and its control in Xiangfen county, Shanxi Province[J]. Agricultural Engineering Technology, 2017, 37(29): 40.
- [12] 李军, 王立祥, 邵明安, 等. 黄土高原地区玉米生产潜力模拟研究[J]. 作物学报, 2002, 28(4): 555-560.
- LI J, WANG L X, SHAO M A, et al. Simulation of maize potential productivity in the Loess Plateau Region of China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2002, 28(4): 555-560.
- [13] 邓浩亮, 张恒嘉, 田建良, 等. 黄土高原半湿润农作区春玉米土壤环境和产量对种植方式的响应[J]. 水土保持学报, 2019, 33(5): 257-265.
- DENG H L, ZHANG H J, TIAN J L, et al. Response of spring maize soil environment and yield to planting patterns in semi-humid region of the Loess Plateau[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2019, 33(5): 257-265.
- [14] 姜玉英, 刘万才, 黄冲, 等. 2020年全国农作物重大病虫害发生趋势预报[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(2): 37-39.
- JIANG Y Y, LIU W C, HUANG C, et al. Trend forecast of major crop diseases and insect pests in China in 2020[J]. China Plant Protection, 2020, 40(2): 37-39.
- [15] 郭建国, 谢玉琴, 蒋晶晶, 等. 甘肃省玉米大斑病菌对啮酰菌胺的敏感性监测[J]. 玉米科学, 2022, 30(2): 162-167.
- GUO J G, XIE Y Q, JIANG J J, et al. Monitoring for sensitivity of exserohium turicum to SDHIs boscalid in Gansu[J]. Journal of Maize Sciences, 2022, 30(2): 162-167.
- [16] 于舒怡, 傅俊范, 周如军, 等. 不同栽培模式对玉米大斑病发生和流行的影响[J]. 玉米科学, 2011, 19(1): 132-135.
- YU S Y, FU J F, ZHOU R J, et al. Effects of different cultivation patterns on the occurrence and epidemic of northern leaf blight on maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2011, 19(1): 132-135.
- [17] 曹旻旻. 白僵菌孢子悬浮液对亚洲玉米螟生长发育的影响[J]. 农业技术与装备, 2022(2): 169-171.
- CAO M M. Effects of *Beauveria bassiana* spore suspension on the growth and development of maize borer in Asian[J]. Agricultural Technology & Equipment, 2022(2): 169-171.
- [18] 张红娟, 孙婷, 王春静, 等. 玉米秸秆还田配施腐熟剂对土壤微生物群落结构和功能的影响[J/OL]. 微生物学通报, 2025: 1-17. [2025-06-06]. <https://link.cnki.net/doi/10.13344/j.microbiol.china.250015>.
- ZHANG H J, SUN T, WANG C J, et al. Effects of maize straw returning combined with a decomposition agent on soil microbial community structure and function[J/OL]. Microbiology China, 2025: 1-17. [2025-06-06]. <https://link.cnki.net/doi/10.13344/j.microbiol.china.250015>.
- [19] 王应, 袁建国. 秸秆还田对农田土壤有机质提升的探索研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2007, 27(S2): 120-121.
- WANG Y, YUAN J G. Straw on the soil organic matter enhance the exploration and research soil and fertilizer[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2007, 27(S2): 120-121.
- [20] 张春霞, 郝明德, 谢佰承. 长期秸秆还田对黄土旱塬区土壤肥力的影响[J]. 甘肃农业科技, 2010, 41(2): 18-20.
- ZHANG C X, HAO M D, XIE B C. Effect of long-term straw returning on soil fertility in dryland of Loess Plateau[J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2010, 41(2): 18-20.
- [21] 程曼, 解文艳, 杨振兴, 等. 黄土旱塬长期秸秆还田对土壤养

- 分、酶活性及玉米产量的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(10): 1528-1536.
- CHENG M, XIE W Y, YANG Z X, et al. Effects of long-term straw return on corn yield, soil nutrient contents and enzyme activities in dryland of the Loess Plateau, China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2019, 27(10): 1528-1536.
- [22] 慕平. 黄土高原农田综合地力及碳汇特征对连续多年玉米秸秆全量还田的响应[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- MU P. Response of integrated soil fertility and carbon sequestration to continuous entire maize stalk returning into field in Loess Plateau[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2012.
- [23] 龚洛. 防治玉米穗腐病药剂筛选及效果评价[D]. 泰安: 山东农业大学, 2022.
- GONG L. Screening and effect evaluation of fungicides for controlling corn ear rot[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2022.
- [24] 侯云鹏, 孔丽丽, 尹彩侠, 等. 覆膜滴灌下氮肥与种植密度互作对东北春玉米产量、群体养分吸收与转运的调控效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(1): 54-65.
- HOU Y P, KONG L L, YIN C X, et al. Interaction between nitrogen fertilizer and plant density on nutrient absorption, translocation and yield of spring maize under drip irrigation in Northeast China[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2021, 27(1): 54-65.
- [25] 陈亚飞, 王辉, 牛彪, 等. 黄土高原春玉米氮肥生产力对不同耕作措施的响应: Meta 分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2024, 32(5): 755-765.
- CHEN Y F, WANG H, NIU B, et al. Response of nitrogen fertilizer productivity of spring maize on the Loess Plateau to different tillage measures: a meta-analysis[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2024, 32(5): 755-765.
- [26] 孙竺鹤, 徐香茹, 裴久渤, 等. 秸秆添加量对棕壤有机碳固定与周转的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2019, 50(5): 536-542.
- SUN Z H, XU X R, PEI J B, et al. Effects of straw addition amount on organic carbon fixation and turnover in brown earth[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2019, 50(5): 536-542.
- [27] 郭晓源. 玉米秸秆还田对玉米大斑病发生及流行要素的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- GUO X Y. Effect of returning corn stalk to field on occurrence and epidemic factors of maize great leaf blight[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2016.
- [28] 胡颖雄, 刘玉博, 王慧, 等. 玉米穗腐病抗性遗传与育种研究进展[J]. 玉米科学, 2021, 29(2): 171-178.
- HU Y X, LIU Y B, WANG H, et al. Research progress on ear rot resistant genetics and breeding in maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2021, 29(2): 171-178.
- [29] 刘兴龙, 王克勤, 王晓曦, 等. 不同秸秆还田模式对亚洲玉米螟发生及玉米产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2023(4): 31-35.
- LIU X L, WANG K Q, WANG X X, et al. Effects of different straw returning field modes on the occurrence of *Ostrinia furnacalis* and yield of maize[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2023(4): 31-35.
- [30] OSUNLAJA S O. Effect of organic soil amendments on the incidence of stalk rot of maize[J]. Plant and Soil, 1990, 127(2): 237-241.
- [31] 陈盛, 黄达, 张力, 等. 秸秆还田对土壤理化性质及水肥状况影响的研究进展[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(6): 1-11.
- CHEN S, HUANG D, ZHANG L, et al. The effects of straw incorporation on physicochemical properties of soil: a review[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2022, 41(6): 1-11.
- [32] 饶越悦, 周顺利, 黄毅, 等. 秸秆富集深层还田对农田土壤质量影响的研究进展[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(10): 1579-1587.
- RAO Y Y, ZHOU S L, HUANG Y, et al. Advances in research involving deep incorporation of enriched straw on soil quality[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2023, 31(10): 1579-1587.
- [33] 杨治平, 周怀平, 李红梅. 旱农区秸秆还田秋施肥对春玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 49-52.
- YANG Z P, ZHOU H P, LI H M. Effect of autumn fertilization combined with returning stalks to field on corn yield and water use efficiency in arid farming areas[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2001, 17(6): 49-52.
- [34] 周怀平, 杨治平, 关春林, 等. 旱地玉米秸秆还田秋施肥生态效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(1): 125-127.
- ZHOU H P, YANG Z P, GUAN C L, et al. Ecological effect of returning corn stalks to the field and applying fertilizer in autumn in dry land[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2005, 13(1): 125-127.
- [35] 李少昆, 王克如, 谢瑞芝, 等. 实施密植高产机械化生产实现玉米高产高效协同[J]. 作物杂志, 2016(4): 1-6.
- LI S K, WANG K R, XIE R Z, et al. Implementing higher population and full mechanization technologies to achieve high yield and high efficiency in maize production[J]. Crops, 2016(4): 1-6.