

黑龙江省半干旱区水稻稻瘟病及纹枯病药肥统防技术研究

马军韬^{1,2}, 张国民^{1,2}, 王永力^{1,2}, 邓凌韦^{1,2}, 高洪儒^{1,2}, 肖明纲^{1,2}, 赵北平^{1,2}, 任洋², 官秀杰³, 郑桂萍⁴, 刘丽华⁴

(1. 黑龙江省农业科学院生物技术研究所, 哈尔滨 150028; 2. 黑龙江省作物与家畜分子育种重点实验室, 哈尔滨 150028; 3. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 哈尔滨 150028; 4. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:为减轻黑龙江省半干旱区水稻稻瘟病及纹枯病的危害程度,应用农药配施硅肥技术开展综合防控试验。结果显示,在 30 kg/hm² 纯 Si 作底肥,分蘖末期喷洒 2% 春雷霉素水剂 1 800 mL/hm² 和孕穗末期喷洒 27% 戊唑·噻霉酮水乳剂 450 mL/hm² 的条件下,对稻瘟病和纹枯病的防控效果最好,防效分别为 100% 和 96.59%;水稻产量最高,为 9 145.50 kg/hm²,较对照增加 5.03%,病害损失率降低 5.03%。

关键词:水稻稻瘟病;水稻纹枯病;农药;硅肥;综合防控

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2022)06-0070-06

Study on the Comprehensive Control of Rice Blast and Sheath Blight by Pesticide and Silicon Fertilizer in Semi-Arid Area of Heilongjiang Province

MA Juntao^{1,2}, ZHANG Guomin^{1,2}, WANG Yongli^{1,2}, DENG Lingwei^{1,2}, GAO Hongru^{1,2}, XIAO Minggang^{1,2}, ZHAO Beiping^{1,2}, REN Yang², GONG Xiuji³, ZHENG Guiping⁴, LIU Lihua⁴

(1. Institute of Biotechnology, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150028; 2. Key Laboratory of Crop and Livestock Molecular Breeding of Heilongjiang, Harbin 150028; 3. Institute of Crop Cultivation and Tillage, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150028; 4. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: In order to relieve the hazard level of rice blast and sheath blight in semi-arid area of Heilongjiang Province, using the technology of silicon fertilizer in combination with pesticides to carry out the diseases control test. The main results indicated as following. Under the conditions of silicon fertilizer 30 kg/ha, 2% kasugamycin 1800 mL/ha and 27% tebuconazole·benzothiazolinone 450 mL/ha, the diseases control results were obvious and the control effects to rice blast and sheath blight were 100% and 96.59%, respectively. Furthermore, the yield of rice was 9145.50 kg/ha, the production increased 5.03% and the disease loss rate reduced 5.03% than the control.

Key words: Rice blast; Rice sheath blight; Pesticide; Silicon fertilizer; Comprehensive prevention and control

黑龙江省是北方水稻生产大省,是国家重要的口粮基地,年均种植水稻面积 430 万 hm² 以上^[1],其中,低温半干旱区主要集中在黑龙江省西部,主要包括哈尔滨、齐齐哈尔、大庆、绥化所属的 29 个市县,总土地面积占全省的 1/5 强。该区域属于中温带、半干旱大陆性季风气候区,主要气候特点

为春季风大干燥,夏季温热多雨,冬季干冷,多数年份降水量不足 500 mm,但全年 70% 的降水量集中在 7~8 月,雨热相对同季的气候特点明显,在利于水稻中后期生长的同时也给相关病虫害的发生带来了新的特点。以域内危害最为严重的水稻稻瘟病、纹枯病为例,受上述条件影响,病害的发生期明显后移、但扩展更为迅速,爆发力也更强,使用笼而统之的防控手段难以获得最佳防控效果。

关于水稻稻瘟病和水稻纹枯病的防控技术,国内外研究较多,在农业防治方面,鉴于稻瘟病的致病性分化特性^[2],可利用高抗基因或品种^[3-5]防控病害,马军韬等^[1]分析了 24 个抗瘟基因和 8

收稿日期:2020-02-27

基金项目:黑龙江省农业科学院院级科研项目(2019SJ001);国家重点研发计划项目(2018YFD0300104-5)

作者简介:马军韬(1979-),男,副研究员,硕士,主要从事水稻病虫害研究。

个水稻品种的抗性情况,结果显示,抗性最好的基因为 $Pi-z$ 和 $Pi-z^5$,抗性最好的品种为松粳 12、五优稻 4 和东农 425。雷财林等^[6]、何海燕等^[7]也进行了类似研究。水稻纹枯病受自身遗传影响,高抗品种很少^[8]。清除病菌初侵染源^[9-10]及优化水肥管理措施^[11]均可在一定程度上减轻病害。在生物防治方面,生物农药^[12-14]及生防菌株^[15-19]具有一定效果,春雷霉素对稻瘟病防效较好,井冈霉素对纹枯病防效较好,枯草芽孢杆菌具有一定的兼防效果。张海霞等^[20]从 48 份土样中分离到 403 株放线菌,30 株对稻瘟病有抑制作用,其中鲜黄链霉素 WM2-4 对稻瘟病的抑菌率达到 89.35%。聂亚锋等^[21]从海水和海泥中分离到海洋细菌 11 株,菌株 PY-sw1-1 对纹枯病防治效果最好。此外,稻鸭共作等生态模式,不仅能中耕除草,对纹枯病也有一定抑制作用^[22-23]。在化学防治方面,喷药时期、喷药方法和药剂选择均很重要,需相互配合。防治叶瘟的最佳时期为水稻分蘖末期,防治穗颈瘟的最佳时期为水稻破口期和齐穗期。喷药时要选择无风天气,喷头朝上,使叶片正反面均匀受药;同时要注意避开花期,以免影响授粉。药剂方面,三环唑、富士一号、噻菌酯等防效较好^[24-26]。防治纹枯病的最佳时期为分蘖末期、孕穗期和齐穗期,喷药时注意喷头朝下,将药液尽量均匀喷洒至稻株中下部。药剂方面,噻呋酰胺、戊唑醇、噻菌酯防效较好,戊唑醇·噻霉酮合剂兼防效果较好^[27-29]。

在上述防控技术中,选用抗病品种虽操作轻简、效果较好,但受水稻产量、品质、市场导向及抗性品种缺乏等多重因素影响,作用难以全部发挥;清除菌源及加强水肥管理等农业措施虽有一定效果,但需要增加人工且需要一定的技术,操

作起来相对困难;生物防治目前整体效果偏差,产品数量偏少。因此,在生产上必须结合药剂防治手段对其进行补充。因此,本着提高防效同时兼顾生态平衡的原则,本文针对黑龙江省半干旱区水稻稻瘟病、纹枯病为害的具体特点,应用药肥统防技术进行了兼防试验,以期获得最佳的防控效果,实现粮食增产增收,部分解决域内“三农”问题。

1 材料与方法

1.1 材料

供试水稻品种为牡丹江 27,供试药剂为 50% 大粒 Si 肥(山东汉大生物科技有限公司)、2% 春雷霉素水剂(临沂庆丰年农资有限公司)和 27% 的戊唑·噻霉酮水乳剂(陕西西大华特科技实业有限公司)。

1.2 方法

试验地点为黑龙江省泰来县二龙涛农场,2018 年 5 月 20 日播种,6 月 20 日插秧,分别施入纯 N、 P_2O_5 和 K_2O 180、50、75 kg/hm²,250 g/L 噻草酮乳油做封闭除草剂,480 g/L 灭草松水剂补除,杀虫双水剂防二化螟,其他田间管理正常进行。

试验采用裂区设计,主区是 Si 肥使用量,副区是杀菌剂类型,副副区是杀菌剂使用量,纯 Si 作为底肥施入,设置 22.5 kg/hm² 和 30 kg/hm² 2 个梯度;水稻分蘖末期喷洒 2% 春雷霉素水剂,设置 0、1 350、1 800 mL/hm² 3 个梯度;水稻孕穗末期喷洒 27% 戊唑·噻霉酮水乳剂,设置 0、300、450 mL/hm² 3 个梯度,加上其他对照,共设置 22 个处理,每个处理 20 m²,3 次重复,具体处理设置情况见表 1。

1.3 调查指标

叶瘟分级标准:0~5 级,0 级,无病;1 级,病斑

表 1 试验处理设置情况

处理	纯 Si (kg/hm ²)	2% 春雷霉素 (mL/hm ²)	27% 戊唑·噻霉酮 (mL/hm ²)	处理	纯 Si (kg/hm ²)	2% 春雷霉素 (mL/hm ²)	27% 戊唑·噻霉酮 (mL/hm ²)
处理 1	22.5	0	450	处理 12	30	1 800	300
处理 2	22.5	0	300	处理 13	30	1 350	450
处理 3	22.5	1 800	450	处理 14	30	1 350	300
处理 4	22.5	1 800	300	处理 15	30	0	450
处理 5	22.5	1 350	450	处理 16	30	0	300
处理 6	22.5	1 350	300	处理 17	22.5	0	0
处理 7	22.5	1 800	0	处理 18	30	0	0
处理 8	22.5	1 350	0	处理 19	0	0	0
处理 9	30	1 800	0	处理 20	0 且无 N	0	0
处理 10	30	1 350	0	处理 21	0 且无 P_2O_5	0	0
处理 11	30	1 800	450	处理 22	0 且无 K_2O	0	0

小而少,病斑面积占叶片面积1%以下;2级,病斑小而多、或大而少,病斑面积占叶片面积1%~5%;3级,病斑大而较多,病斑面积占叶片面积5%~10%;4级,病斑大而多,病斑面积占叶片面积10%~50%;5级,病斑面积占叶片面积50%以上,全叶将枯死。

穗颈瘟分级标准:0~5级,0级,无病;1级、每穗损失5%以下,或个别枝梗发病;2级,每穗损失5.1%~20%,或1/3枝梗发病;3级,每穗损失20.1%~50%,或穗颈或主轴发病;4级,每穗损失50.1%~70%,或穗颈发病,大部分秕粒;5级,每穗损失70%以上,或穗颈发病造成白穗。

纹枯病分级标准:0~5级,0级,全株无病;1级,基部叶片叶鞘发病;2级,第三叶以下各叶鞘或叶片发病(自顶叶算起,下同);3级,第二叶以下各叶鞘或叶片发病;4级,顶叶叶鞘或顶叶发病;5级,全株发病枯死。

8月10日调查水稻叶瘟发病率和发病级别,计算病情指数;9月15日调查水稻穗颈瘟及纹枯病发病率和发病级别,计算病情指数。

7月至9月陆续调查水稻抽穗期、株高、每平方米穴数、每穴分蘖数、千粒重、实粒数等农艺指标,完成产量测定。

病情指数=100×Σ(各级病叶数×各级代表

值)/(调查总叶数×最高级代表值)

相对防效(%)=100×(对照病情指数-处理病情指数)/对照病情指数

2 结果与分析

2.1 不同处理下水稻病害的发生及药剂防效情况

由表2可知,Si肥、春雷霉素及戊唑·噻霉酮对稻瘟病及纹枯病均有一定的防控效果,但各个处理间也不尽相同,针对水稻叶瘟而言,18个有效处理与对照(处理19)相比,均有一定的防控效果,发病率明显降低,下降幅度介于11.33%~100%,平均下降63.00%,病情指数平均下降62.95%。其中,处理3、处理11和处理12相对防效较好,均达到100%,完全控制住了水稻叶瘟,处理17和处理18,由于杀菌剂的缺失,单纯依靠Si元素控制病害,相对防效较差,分别为11.33%和12.77%。

针对水稻穗颈瘟而言,18个有效处理与对照相比,均有一定的防控效果,发病率明显降低,下降幅度介于9.87%~100%,平均下降64.46%,病情指数平均下降64.55%。其中,处理3、处理11、处理12和处理13相对防效较好,均达到100%,完全控制住了水稻穗颈瘟,处理17和处理18相对防效较差,分别为10.07%和11.19%。

表2 水稻病害指标调查

处理	叶瘟			穗颈瘟			纹枯病		
	发病率(%)	发病级别	病情指数	发病率(%)	发病级别	病情指数	发病率(%)	发病级别	病情指数
处理1	6.71±0.17	3	4.03	1.12±0.08	3	0.67	1.37±0.04	2	0.55
处理2	7.33±0.05	3	4.40	1.55±0.07	3	0.93	2.2±0.11	2	0.88
处理3	0±0	0	0.00	0±0	0	0.00	0.57±0.04	2	0.23
处理4	0.53±0.01	3	0.32	0.57±0.06	3	0.34	1.37±0.04	2	0.55
处理5	1.45±0.03	3	0.87	0.24±0.03	3	0.14	0.69±0.03	2	0.28
处理6	1.96±0.05	3	1.18	0.83±0.04	3	0.50	1.55±0.07	2	0.62
处理7	2.14±0.02	3	1.28	3.05±0.09	3	1.83	4.46±0.06	2	1.78
处理8	3.42±0.04	3	2.05	3.29±0.13	3	1.97	4.65±0.07	2	1.86
处理9	1.83±0.03	3	1.10	2.96±0.05	3	1.78	4.02±0.04	2	1.61
处理10	3.05±0.04	3	1.83	3.22±0.04	3	1.93	4.15±0.04	2	1.66
处理11	0±0	0	0.00	0±0	0	0.00	0.24±0.02	2	0.10
处理12	0±0	0	0.00	0±0	0	0.00	1.12±0.03	2	0.45
处理13	1.21±0.04	3	0.73	0±0	0	0.00	0.41±0.02	2	0.16
处理14	1.76±0.04	3	1.06	0.91±0.08	3	0.55	1.23±0.03	2	0.49
处理15	6.75±0.12	3	4.05	1.12±0.07	3	0.67	0.91±0.02	2	0.36
处理16	7.33±0.05	3	4.40	1.68±0.07	3	1.01	1.88±0.03	2	0.75
处理17	8.22±0.03	3	4.93	4.02±0.09	3	2.41	5.41±0.08	2	2.16
处理18	8.09±0.06	3	4.85	3.97±0.06	3	2.38	4.83±0.08	2	1.93
处理19	9.27±0.11	3	5.56	4.46±0.09	3	2.68	7.32±0.04	2	2.93

针对水稻纹枯病而言,18个有效处理与对照相比,均有一定的防控效果,发病率明显降低,下降幅度介于26.09%~96.72%,平均下降68.85%,病情指数平均下降68.94%,其下降程度均高于稻瘟病。其中,处理11、处理13和处理3相对防效较好,分别为96.59%、94.54%和92.15%,基本控制住了水稻纹枯病,处理17和处理18相对防效较差,分别为26.28%和34.13%,但明显好于稻瘟病。

纯Si、2%春雷霉素和27%戊唑·噻霉酮对稻瘟病和纹枯病均有一定的防控效果,但其防效的权重差别较大,通过各处理间病情指数的相互对比分析,其权重存在如下范围,叶瘟防效,纯Si:2%春雷霉素:27%戊唑·噻霉酮=0.11~0.13:0.58~0.77:0.09~0.18;穗颈瘟防效,纯Si:2%春雷霉素:27%戊唑·噻霉酮=0.10~0.11:0.18~0.25:0.58~0.72;纹枯病防效,纯Si:2%春雷霉素:27%戊唑·噻霉酮=0.26~0.34:0.14~0.18:0.59~0.81。

2.2 不同处理下水稻生长状态及农艺性状

由表3可知,水稻施Si后抽穗期提前1天,但整体差别不大;株高差别不大,且规律性不明显;每平方米穴数差别不大,规律性不明显;每穴分蘖数开始出现差异,18个有效处理的千粒重介于18.41~18.80 g,比对照高出1.54%~3.70%,平均高出2.57%,其中,处理11分蘖数最多,处理16次之,处理8最少;千粒重也出现类似规律,18个有效处理的千粒重介于26.41~26.85 g,比对照高出0.72%~2.40%,平均高出1.41%,其中,处理11千粒重最高,处理13次之,处理15最低;每穗实粒数差别不大,规律性不明显;从产量结果来看,有一定差异,施Si后产量明显提高,18个有效处理的产量介于8 935.5 kg/hm²~9 145.5 kg/hm²,比对照高出2.62%~5.03%,平均高出3.51%,其中,处理11产量最高,比对照高出5.03%,处理13次之,比对照高出4.25%,处理17最低,仅比对照高出2.62%。

表3 水稻生长状态及农艺性状调查

处理	抽穗期	株高(cm)	穴数(穴/m ²)	分蘖数(个/穴)	千粒重(g)	实粒数(粒/穗)	产量(kg/hm ²)
处理1	7.28	92.52±1.41	19.83±0.41	18.45±0.26	26.63±0.17	102.23±0.72	8 959.5±37.86
处理2	7.28	91.93±1.41	19.67±0.52	18.52±0.30	26.50±0.20	101.34±0.61	8 952.0±24.56
处理3	7.28	93.30±1.41	19.83±0.41	18.52±0.10	26.74±0.26	104.45±0.56	9 034.5±39.77
处理4	7.28	93.22±1.41	19.67±0.41	18.56±0.17	26.43±0.20	103.21±0.40	8 967.0±113.96
处理5	7.28	92.74±1.41	19.83±0.41	18.52±0.36	26.65±0.30	102.00±0.30	8 988.0±127.62
处理6	7.28	92.92±1.41	19.67±0.52	18.56±0.20	26.47±0.10	103.54±0.36	8 959.5±17.69
处理7	7.28	93.43±1.41	19.83±0.41	18.52±0.30	26.65±0.10	103.27±0.34	8 971.5±40.36
处理8	7.28	93.25±1.40	19.83±0.41	18.41±0.44	26.52±0.40	103.36±0.62	8 967.0±23.00
处理9	7.28	93.44±1.40	19.83±0.41	18.73±0.52	26.55±0.30	103.78±0.52	9 078.0±18.00
处理10	7.28	94.26±1.40	19.67±0.52	18.73±0.36	26.47±0.10	105.22±1.47	9 039.0±73.30
处理11	7.28	94.43±1.41	19.83±0.41	18.80±0.26	26.85±0.26	105.22±0.89	9 145.5±23.57
处理12	7.28	93.60±1.41	19.98±0.41	18.64±0.20	26.67±0.26	103.00±0.35	9 054.0±21.00
处理13	7.28	92.88±1.41	19.67±0.52	18.64±0.26	26.82±0.26	104.66±0.30	9 078.0±25.63
处理14	7.28	93.21±1.41	19.83±0.41	18.64±0.36	26.67±0.30	102.23±0.46	9 054.0±2309
处理15	7.28	92.97±1.41	19.67±0.52	18.73±0.44	26.41±0.10	104.37±0.26	9 054.0±40.61
处理16	7.28	93.49±1.40	19.83±0.41	18.78±0.30	26.52±0.17	104.86±0.52	9 039.0±70.16
处理17	7.28	92.83±1.40	19.50±0.55	18.45±0.20	26.58±0.17	102.51±0.53	8 935.5±53.39
处理18	7.28	92.92±1.40	19.83±0.41	18.52±0.44	26.47±0.26	103.27±1.40	8 967.0±60.22
处理19	7.29	93.25±1.39	19.83±0.41	18.13±0.50	26.22±0.10	102.39±0.87	8 707.5±70.04

2.3 不同处理下肥料利用率分析

由表4可知,施Si后18个有效处理的肥料吸收量和利用率均有一定程度的提升,但处理间相差不大。各处理纯N吸收量介于157.6~158.2 kg/hm²,利用率介于35.22%~35.56%,比对照高出2.11%~2.45%,平均高出2.28%,其中,处理9和处理16最高,处理5最低;各处理P₂O₅吸收量介于54.7~55.4

kg/hm²,利用率介于24.2%~25.6%,比对照高出3.2%~5.8%,平均高出4.47%,其中,处理11和处理12最高,处理3最低;各处理K₂O吸收量介于153.2~153.6 kg/hm²,利用率介于40.80%~41.33%,比对照高出1.2%~1.73%,平均高出1.47%,其中,处理5、处理6和处理16最高,处理2、处理4和处理14最低。

表 4 不同处理肥料利用率情况分析

处理	纯 N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	吸收量(kg/hm ²)	利用率(%)	吸收量(kg/hm ²)	利用率(%)	吸收量(kg/hm ²)	利用率(%)
处理 1	157.7±0.78	35.28	54.9±0.79	24.6	153.3±0.44	40.93
处理 2	157.8±0.44	35.33	55.0±0.36	24.8	153.2±0.46	40.80
处理 3	157.9±0.70	35.39	54.7±0.61	24.2	153.3±0.56	40.93
处理 4	157.7±0.56	35.28	54.8±0.44	24.4	153.2±0.52	40.80
处理 5	157.6±0.35	35.22	54.9±0.70	24.6	153.6±0.26	41.33
处理 6	157.7±0.87	35.28	55.1±0.50	25.0	153.6±0.20	41.33
处理 7	157.8±0.53	35.33	54.8±0.72	24.4	153.3±0.44	40.93
处理 8	157.8±0.20	35.33	54.9±0.79	24.6	153.4±0.40	41.07
处理 9	158.2±0.61	35.56	54.8±0.40	24.4	153.5±0.36	41.20
处理 10	158.0±0.80	35.44	55.3±0.62	25.4	153.4±0.35	41.07
处理 11	158.1±0.78	35.50	55.4±0.26	25.6	153.5±0.44	41.20
处理 12	157.9±0.36	35.39	55.4±0.35	25.6	153.4±0.50	41.07
处理 13	158.1±0.11	35.50	55.2±0.42	25.2	153.4±0.20	41.07
处理 14	158.0±0.46	35.44	55.1±0.62	25.0	153.2±0.87	40.80
处理 15	158.1±0.40	35.50	55.2±0.60	25.2	153.5±0.26	41.20
处理 16	158.2±0.35	35.56	55.0±0.50	24.8	153.6±0.26	41.33
处理 17	157.7±0.62	35.28	54.9±0.35	24.6	153.3±0.10	40.93
处理 18	158.0±0.62	35.44	55.2±0.66	25.2	153.5±0.40	41.20
处理 19	153.8±0.85	33.11	52.8±0.46	20.4	152.3±1.35	39.60
处理 20	94.2	—	—	—	—	—
处理 21	—	—	42.6	—	—	—
处理 22	—	—	—	—	122.6	—

3 讨 论

2018 年水稻稻瘟病和纹枯病发生不重,病情指数均低于警戒阈值,所以本研究结果适用于病害常发年份或中度发生年份,如是病害大爆发年份,试验结论可能需要一定微调;综合 2 种病害的数据,防控效果最好的药肥配比依次是处理 11(纯 Si 30 kg/hm², 2% 春雷霉素 1 800 mL/hm² 和 27% 戊唑·噻霉酮 450 mL/hm²)、处理 13(纯 Si 30 kg/hm², 2% 春雷霉素 1 350 mL/hm² 和 27% 戊唑·噻霉酮 450 mL/hm²) 和处理 12(纯 Si 30 kg/hm², 2% 春雷霉素 1 800 mL/hm² 和 27% 戊唑·噻霉酮 300 mL/hm²), 其他处理防效相对较差;从各类型药剂对各类型水稻病害的防控效果来看,对水稻叶瘟、水稻穗颈瘟和水稻纹枯病起主导防控作用的药剂分别是 2% 春雷霉素、27% 戊唑·噻霉酮和 27% 戊唑·噻霉酮,但纯 Si 对水稻纹枯病也有较好的防控效果。

水稻生长状态及农艺性状正常且差别不大,说明各处理并未对水稻本身造成明显药害或发育迟滞,药剂安全性没有问题;虽然各处理间差别不大,但的确存在一定的影响,如 Si 肥对分蘖数的影响、27% 戊唑·噻霉酮对千粒重的影响等,这

些可能都是病害发生程度受限、水稻生存状态改善所带来的直接影响,正是由于这些细微影响,最终导致产量的差异,因此,在外部环境基本一致的前提下,水稻单产的增加量基本等同于病害的减损量,本试验产量水平最高的药肥配比依次是处理 11(纯 Si 30 kg/hm², 2% 春雷霉素 1 800 mL/hm² 和 27% 戊唑·噻霉酮 450 mL/hm²), 处理 13(纯 Si 30 kg/hm², 2% 春雷霉素 1 350 mL/hm² 和 27% 戊唑·噻霉酮 450 mL/hm²) 和处理 9(纯 Si 30 kg/hm², 2% 春雷霉素 1 800 mL/hm²), 单产分别增加 5.03%、4.25% 和 4.25%, 即病害损失率分别降低 5.03%、4.25% 和 4.25%, 其他处理效果相对较差。

施 Si 模式下,各处理间肥料吸收量及利用率均有一定程度的提高,但彼此间差别较小且无规律可循,说明 Si 元素才是肥料利用率提升的核心因子,杀菌剂的调节作用可暂时忽略,针对本研究数据,无论采用哪种处理,其肥料利用率均增加 6.50% 以上。

参考文献:

[1] 马军韬,张国民,张丽艳,等.黑龙江省水稻种质抗瘟性及稻瘟病菌致病性分析[J].植物保护学报,2017,44(2):209-216.

- [2] Flor H H. Current status of the gene for gene concept[J]. Annual Review Phytopath, 1971, 9: 275-296.
- [3] Xiao W M, Yang Q Y, Wang H, et al. Identification and fine mapping of a major *R* gene to *Magnaporthe oryzae* in a broad-spectrum resistant germplasm in rice[J]. Molecular Breeding, 2012, 30(4): 1715-1726.
- [4] Liu Y, Liu B, Zhu X Y, et al. Fine-mapping and molecular marker development for *Pi56(t)*, a NBS-LRR gene conferring broad-spectrum resistance to *Magnaporthe oryzae* in rice[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2013, 126(4): 985-998.
- [5] 李耀栋,张银霞,李金吉,等.宁夏水稻代表性种质及后代抗稻瘟病基因型分析[J].植物遗传资源学报,2019,20(2): 321-334.
- [6] 雷财林,张国民,程治军,等.黑龙江省稻瘟病菌生理小种毒力基因分析与抗病育种策略[J].作物学报,2011,37(1): 18-27.
- [7] 何海燕,柴荣耀,邱海萍,等.五个抗稻瘟病基因在浙江省水稻品种中的分布和抗性评价[J].浙江农业学报,2019,31(6): 922-929.
- [8] 李 鹏,穆娟微.黑龙江省水稻品种对纹枯病抗病性差异分析[J].黑龙江农业科学,2015(10): 82-84.
- [9] 李 涛,路雪君,廖晓兰,等.水稻纹枯病的发生及其防治策略[J].江西农业学报,2010,22(9): 91-93.
- [10] 伏荣桃,王 剑,卢代华,等.水稻纹枯病发生与防治技术[J].四川农业科技,2016(11): 32-33.
- [11] 任 海,付立东,王 宇,等.不同硅肥施入模式对水稻产量及品质的影响[J].东北农业科学,2019,44(4): 13-18, 58.
- [12] 李 颖.四种生物农药防治稻瘟病的筛选试验[J].农业开发与装备,2018(1): 168, 121.
- [13] 朱彤彤,陈达川,袁梦思,等.井冈霉素、多菌灵和不动杆菌 A2 混用对水稻纹枯病病菌的抑制作用[J].江苏农业科学, 2019, 47(12): 146-149.
- [14] 张俊华,李新斌,余小清,等.生物农药“枯草芽孢杆菌”防治水稻纹枯病试验[J].湖北植保,2019(3): 14-15.
- [15] Kumar L P, Niranjana S R, Prakash H S, et al. Effect of *Pseudomonas fluorescens* Formulation against *Piricularia grisea* in rice [J]. Crop Improvement, 2000, 27(2): 159-166.
- [16] Nzojiyobiri Jean-Berchmans,徐 同,宋凤鸣,等.哈茨木霉 NF9 菌株对水稻的诱导抗病性[J].中国生物防治,2003, 19(3): 111-114.
- [17] 陈立华,沈珊珊,邵孝侯,等.水稻纹枯病生防菌株的筛选及其应用方式的研究[J].中国生态农业学报,2014, 22(12): 1469-1475.
- [18] 韩雨桐,刘 烨,张淋淋,等.稻瘟病菌拮抗细菌的筛选及其防效作用研究[J].东北农业科学,2016, 41(3): 67-72.
- [19] 张清霞,张 迎,何玲玲,等.水稻纹枯病拮抗细菌 7-5 的鉴定及生防机制初步研究[J].中国水稻科学,2018, 32(3): 277-284.
- [20] 张海霞,王彦杰,孙冬梅,等.一株拮抗稻瘟病菌的放线菌筛选及初步鉴定[J].黑龙江八一农垦大学学报,2010, 22(2): 15-19.
- [21] 聂亚锋,刘永锋,李德全.海洋源拮抗细菌对水稻纹枯病的防治[J].江苏农业学报,2007, 23(5): 420-427.
- [22] 刘 薇,杨 超,邹剑锋,等.水稻纹枯病生物防治研究进展[J].广西农业科学,2009, 40(5): 512-516.
- [23] 郑 希,蒋云飞,李明灌,等.稻田养鸭对免耕抛秧晚稻病、虫、草害的影响[J].杂交水稻,2006, 21(S1): 120.
- [24] 郭晓刚,王晓梅,侯志广,等.15 种杀菌剂及其相关配比对水稻稻瘟病菌的室内毒力及田间防效[J].农药,2015, 54(3): 223-226.
- [25] 刘祥业.11 种杀菌剂防治水稻叶瘟病效果探究[J].农业技术与装备,2017, 333(9): 6-7.
- [26] 胡建坤,黄瑞荣,黄 蓉,等.4 种杀菌剂防治稻瘟病的效果及其评价[J].江西农业学报,2015, 27(1): 39-41.
- [27] 陈海霞,朱明芬,常晓丽.4 种杀菌剂防治水稻纹枯病效果研究[J].上海农业学报,2019, 35(2): 52-55.
- [28] 茅忠权,汪国文,李章达,等.7 种药剂对水稻纹枯病的防治效果[J].浙江农业科学,2019, 60(1): 95-96.
- [29] 陆英发,张永强,王飞钊,等.植保无人机施用不同药剂防治水稻纹枯病效果[J].热带农业工程,2019, 43(2): 96-98.
- (责任编辑:刘洪霞)