

徐伟豪,柳洪良,朴雪梅,等. 利用光合细菌肥药双减对水稻病害发生及产量的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2023,40(4):39- 43.
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32- 1769/s.2023.04.008.

利用光合细菌肥药双减对水稻病害发生及产量的影响

徐伟豪,柳洪良,朴雪梅,白学峰,杨学智,韩云哲*

(延边朝鲜族自治州农业科学院,吉林 龙井 133400)

摘要:为了探索利用光合细菌与化肥农药双减融合施用技术,设计3个减肥减药、3个光合细菌喷洒减肥减药和1个对照(CK)处理,研究光合细菌喷洒对稻瘟病发生及水稻产量、品质方面的影响。结果发现:利用光合细菌喷洒减肥(减N 10%~20%)减药处理的稻瘟病病情指数为0.41~0.44,防治效果为22.5%~28.1%,肥料减N 10%,稻瘟病药使用1次,插秧后每月2次喷洒光合细菌50 L/hm²,水稻产量达到7 511 kg/hm²,糙米率65.3%,食味值83.3,能够确保在稳产的前提下实现水稻减肥减药绿色生产。

关键词:水稻;光合细菌;减肥减药;双减

中图分类号:S511

文献标志码:B

文章编号:1673- 6486- 20230180

水稻是延边州主要的粮食作物之一,也是农户主要经济来源之一,水稻产量的高低直接影响农户的收入。肥料作为决定水稻产量的一个关键因素,是水稻生产投入的主要部分,所以农户对化肥增产的深度依赖和期望,存在宁多勿少的盲目性,导致当前化肥施用量偏高而利用率明显偏低^[1]。不合理的化肥施用,不仅造成资源浪费、土壤结构恶化,还导致水体富营养化等农业面源污染问题^[1-2]。另外,利用无人机的高浓度农药投入也增强了病虫害的抗药性,形成恶性循环,大大降低了肥药的利用效率^[3]。过度化学防治易造成水稻农药残留超标,影响水稻品质安全^[4]。

光合细菌是地球上最早出现的原核生物,具有固氮、固碳、脱氢等生理特性^[5]。光合细菌利用土壤与其他环境的含氮物质,缓解土地肥料所引起的土壤板结、盐化等问题,改善土壤菌群结构,促进有益微生物生长,可以改善土壤理化性质等^[6]。同时还发现光合细菌对有害微生物具有强烈的抑制作用,光合细菌培养液中还含有抗稻瘟病菌的物质,无论在光照还是黑暗条件下,光合细菌均有抑制病原菌及钝化病毒致病力的能力,可在一定程度上帮助植物起到抵御病害的作用^[4]。大面积使用光合细菌,可有

效地分解土壤中的有害物质,促进水稻生长,抽穗期提前,明显表现出省肥、固氮、分解有机物,促进早熟和提高稻米食味值的作用^[5-6]。

延边州位于吉林省东部山区,水稻种植面积4.6万hm²,水稻生育期间积温为2 400~2 900℃,日照时数1 000 h,无霜期为100~150 d,为农业生产提供了良好的条件,很适合种植水稻。水稻是延边州第二大作物,在延边州粮食生产中占举足轻重的地位。本文通过利用光合细菌肥药双减对水稻病害发生及产量的影响进行研究,并通过不同处理来研究减肥减药对水稻稻瘟病发生率、产量、米质的影响,为科学经济地利用光合细菌、促进水稻可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区基本概况

试验于2022年在吉林省和龙市东城镇琵岩村(129°36'E、42°76'N)进行。试验区种植制度为一年一熟水稻连作。试验地土壤类型为黏壤土,0~20 cm耕层土壤有机质含量(质量分数,下同)32.9 g/kg,碱解氮含量117 mg/kg,有效磷含量209 mg/kg,速效钾含量267 mg/kg,pH值为5.7。主要虫害为潜叶蝇(*hydrellia griseola*)、负泥虫(*Oulema oryzae*),病害为稻瘟病(*Phyricularia grisea*)。

1.2 试验材料

试验品种为吉宏6,是2014年通过吉林省品种

收稿日期:2023-03-13;修回日期:2023-06-16

基金项目:2021年延边州科技局科技成果转化项目(2021NS07)。

作者简介:徐伟豪(1988—),男,硕士,助理研究员,主要从事水稻育种及栽培研究。Email: weihao07@126.com。

*通信作者:韩云哲(1970—),男,博士,副研究员,主要从事水稻栽培及育种研究。Email: hanyunzhe1970@163.com。

审定委员会审定(审定编号:吉审稻 2014019)的中晚熟偏早品种,生育期 138 d,需 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温 2 800 $^{\circ}\text{C}$ 左右。光合细菌是由延边朝鲜族自治州农业科学院作物栽培研究室分离的荚膜红假单胞菌(*Rhodopseudomonas capsulatus*),菌液含菌量为 18 亿个/mL 以上。供试肥料:尿素(N 质量分数 46%),四川泸天化股份有限公司生产;磷酸二铵(N 质量分数 18%、 P_2O_5 质量分数 46%),云南三环中化化肥有限公司生产;氯化钾(K_2O 质量分数 60%),中化化肥有限公司生产。供试农药:38%噁草酮,河南瀚斯作物保护有限公司生产;30%苄嘧丙草胺、46%二甲灭草松,合肥合农农药有限公司生产;10%高效氯氟氰菊酯,上海悦联化工有限公司生产;20%吡虫啉,江苏如东县华盛化工有限公司生产;40%稻瘟灵,江苏龙灯化学有限公司生产;75%三环唑,通

州正大农药化工有限公司生产。

1.3 试验设计

按肥料、农药减量、光合细菌喷洒 3 个因子,肥料减量设减 N 10%(F1)、减 N 20%(F2)、减 N 30%(F3)共 3 个梯度方案,常规农药减量设减量(Y),光合细菌处理(G),组成 6 个处理:F1Y、F2Y、F3Y、F1YG、F2YG、F3YG,另设一个常规肥料、农药、不施用光合细菌方案作为对照(CK),共 7 个处理,每个处理面积 1 000 m^2 。为方便施肥施药和水分管理,本试验按大区设计,调查时,每处理调查 3 个点。

1.3.1 肥料施用。对照(CK)按总施肥量为纯 N 150 kg/hm^2 、 P_2O_5 46 kg/hm^2 、 K_2O 60 kg/hm^2 。全部磷肥和钾肥作基肥于翻耕地前施入,氮肥的基肥、促蘖肥、保蘖肥与穗肥质量比为 4 : 3 : 2 : 1。肥料减量按不同梯度减量基肥施用(表 1)。

表 1 不同处理的氮肥施用时期和施用量

kg/hm^2

处理	基肥	促蘖肥	保蘖肥	穗肥
CK	60	45	30	15
F1Y	45	45	30	15
F2Y	30	45	30	15
F3Y	15	45	30	15
F1YG	45	45	30	15
F2YG	30	45	30	15
F3YG	15	45	30	15

1.3.2 农药施用。杂草防治:所有的处理水稻插秧之前施噁草酮插前封闭,插秧 5 d 后用促蘖肥(尿素)拌苄嘧丙草胺土壤封闭,6 月末 7 月初用二甲灭草松茎叶处理。虫害:所有的处理 6 月上旬用吡虫啉防治潜叶蝇,6 月中下旬用高效氯氟氰菊酯防治负泥虫。病害:对照(CK)7 月中下旬水稻出穗之前用稻瘟灵 + 三环唑防治稻瘟病,用 40%稻瘟灵可湿性粉剂 100 g + 20%三环唑可湿性粉剂 100 g 防治稻瘟病;8 月份水稻齐穗后用 40%稻瘟灵可湿性粉剂 100 g + 20%三环唑可湿性粉剂 100 g 再次防治稻瘟病。农药减量处理:稻瘟病防治,于 8 月份水稻齐穗后使用一次 40%稻瘟灵可湿性粉剂 100 g。

1.3.3 光合细菌施用。6 月 15 日开始施用光合细菌到 8 月末为止,每月施用 2 次,每次菌液 50 L/hm^2 ,以 T50 大疆无人机喷洒。

1.4 田间管理

以机械插秧盘育苗,4 月 15 日播种,5 月 25 日插秧,株、行距分别为 30、15 cm。5—6 月份分蘖期浅灌 3~5 cm,7 月份孕穗期深灌 10 cm 左右,7 月中下旬减数分裂期深灌 20 cm,出穗后浅灌 3 cm 左右,30 d 后停止灌水,自然落干,避免收获前遇风倒伏,9 月 10—15 日排除田间积水,等待收获。全生育期按方案施用肥料、杀菌剂、杀虫剂、除草剂。

1.5 调查记载

水稻插秧后,6 月 5 日起,每隔 5 d 进行生育调查。对 9 月 15 日水稻进入黄熟期之后调查 1 次稻瘟病发病情况,分级标准及病情指数计算公式参照 GB/T 17980.19—2000《农药田间药效试验准则(一)杀菌剂防治水稻叶部病害》执行。产量测定以对角线取样法取 5 个点进行收获、自然晾晒,稻谷水分达到 15%以下测定产量,同时选取 10 穴考种分析。

1.6 数据处理方法

利用 DPS 9.01、Excel 2010 统计软件对试验结果进行统计分析,比较各处理间的差异性。

2 结果与分析

2.1 对水稻主要病害稻瘟病的影响

由表 2 可知,CK 和减肥处理 F1Y、F2Y 病情指数间的差异无统计学意义,减肥处理 F1Y、F2Y 的防治效果分别为 1.3%、11.1%,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。光合细菌喷洒减肥减药 F1YG、F2YG 处理之间病情指数差异无统计学意义,但防治效果差异具有统计学意义($P < 0.05$)。6 个减肥减药处理中防治效果较好的为 F3Y 和 F3YG,分别为 41.0%、51.6%,两者之间差异有统计学意义($P < 0.05$)。这说明光合细菌的喷洒可以降低病情指数,提高防治效果。

2.2 对水稻生育期的影响

水稻插秧后每隔 5 d 对不同处理进行生育期调查,结果显示(表 3),截至 6 月 20 日,CK 和各处理叶龄差异无统计学意义;CK 和光合细菌喷洒减肥减药处理 F1YG、F2YG、F3YG 的株高差异无统计学意义,但与减肥减药处理 F1Y、F2Y、F3Y 间的差异有统计学意义($P < 0.05$);茎数 CK 每穴 18.3 个,与各处理间的差异有统计学意义($P < 0.05$),光合细菌喷洒减肥减药 F2YG 和减肥减药 F1Y 处理间差异无统计学意义。有效分蘖终止期 CK 和 F1YG 均为 6 月 30 日,其他处理均为 6 月 28 日,最高分蘖期出现在 7 月 7—10 日,抽穗期 8 月 10—12 日,随着减肥量的增加,抽穗期提前 1~2 d。成熟期株高减肥减药 F3Y 与其他处理差异具有统计学意义($P < 0.05$);穗长 CK 和各处理间的差异无统计学意义;每穴穗数 CK 和 F1Y、F1YG 间的差异无统计学意义;成穗率是 F3YG (82.7%)最高,与其他处理间的差异有统计学意义($P < 0.05$),成穗率最低为 CK(75.0%)。

表 2 不同处理稻瘟病发生情况

处理	调查穗数 / 个	病穗率 / %	病情指数	防治效果 / %
CK	250	5.13 a	0.57 a	—
F1Y	250	5.06 a	0.56 a	1.3 f
F2Y	250	4.56 b	0.51 ab	11.1 e
F3Y	250	3.05 d	0.34 bc	41.0 b
F1YG	250	3.97 c	0.44 cd	22.5 c
F2YG	250	3.68 c	0.41 de	28.1 d
F3YG	250	2.48 e	0.28 e	51.6 a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异有统计学意义($P < 0.05$)。下表同。

表 3 不同处理生育期调查情况

处理	分蘖期 6 月 20 日			有效分蘖 终止期 (月 - 日)	最高 分蘖期 (月 - 日)	抽穗期 (月 - 日)	成熟期 9 月 10 日			
	叶龄 / 叶	株高 / cm	茎数 / (个 / 穴)				株高 / cm	穗长 / cm	穗数 / (个 / 穴)	成穗率 / %
CK	7.6 b	39.5 ab	18.3 a	06-30	07-10	08-12	103.7 a	17.3 a	19.6 a	75.0 g
F1Y	7.7 b	38.3 c	17.9 cd	06-28	07-10	08-12	103.6 a	17.2 a	19.5 ab	75.9 f
F2Y	7.7 b	38.9 c	17.6 e	06-28	07-09	08-12	103.5 a	17.0 ab	19.0 cd	79.1 c
F3Y	7.8 ab	38.6 c	17.2 f	06-28	07-07	08-11	102.0 b	17.0 ab	18.2 e	81.0 b
F1YG	7.8 ab	40.5 a	18.1 b	06-30	07-10	08-11	103.8 a	17.3 a	19.6 a	78.1 e
F2YG	7.8 ab	39.4 ab	18.0 bc	06-28	07-10	08-11	103.5 a	17.2 a	19.1 c	78.9 d
F3YG	7.9 ab	39.6 ab	17.8 d	06-28	07-08	08-10	103.4 a	17.2 a	18.9 d	82.7 a

2.3 对水稻产量的影响

由表4可知,CK的总粒数(100.7粒/穗)比其他处理多0.5~3.5粒/穗,实粒数和结实率最多的处理均为F3YG,最少的均为CK。对千粒质量进行分析发现,CK和其他处理差异有统计学意义($P < 0.05$)。从产量上看,光合细菌喷洒减肥减药F1YG处理水稻产量最高,为7511 kg/hm²,与CK和各处理间的差异有统计学意义($P < 0.05$),产量较低的处理为F3Y和F3YG,与CK和其他处理间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。总的来讲,光合细菌喷洒减肥(减N 10%)减药时与CK产量差异有统计学意义($P < 0.05$),CK与光合细菌喷洒减肥(减N

20%)减药差异无统计学意义,与光合细菌喷洒减肥(减N 30%)减药时差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.4 对米质的影响

由表5可知,糙米率最高的是F3YG处理。3个减肥减药处理糙米率和整精米率均为F1Y < F2Y < F3Y,同样3个光合细菌喷洒减肥减药处理也均是F1YG < F2YG < F3YG。说明适当减少N肥施用量可以提高糙米率、整精米率。蛋白质质量分数、直链淀粉质量分数、食味值CK与其他处理的差异均有统计学意义($P < 0.05$),说明减少N肥施用量可以降低蛋白质和直链淀粉质量分数,提高食味值。

表4 不同处理对水稻产量结构及产量的影响

处理	穗/穴	总粒数/(粒/穗)	实粒数/(粒/穗)	结实率/%	千粒质量/g	实际产量/(kg/hm ²)
CK	19.6	100.7	73.7	73.2	23.3 b	7451 b
F1Y	19.5	98.7	79.2	80.2	23.8 a	7442 d
F2Y	19.0	98.0	79.5	81.1	23.8 a	7446 cd
F3Y	18.2	97.2	79.8	82.1	24.0 a	7381 f
F1YG	19.6	100.2	80.6	80.4	23.9 a	7511 a
F2YG	19.1	99.2	80.8	81.5	24.0 a	7449 bc
F3YG	18.9	98.0	82.1	83.8	24.0 a	7421 e

表5 不同处理对米质的影响

处理	糙米率/%	整精米率/%	蛋白质质量分数/%	直链淀粉质量分数/%	食味值
CK	65.1 c	60.7 d	7.5 a	19.9 a	82.5 b
F1Y	65.8 b	61.1 cd	7.3 b	19.2 b	83.6 a
F2Y	66.8 b	62.8 bc	7.2 bc	19.3 b	83.6 a
F3Y	68.1 a	63.6 ab	7.1 c	19.1 b	83.1 a
F1YG	65.3 b	61.0 d	7.2 bc	19.2 b	83.3 a
F2YG	66.6 b	61.3 cd	7.1 c	19.2 b	83.2 a
F3YG	68.3 a	64.1 a	6.9 d	19.1 b	83.1 a

3 讨论与结论

光合细菌是自然界中广泛分布的一种原核生物,它在代谢过程中,能够完成固碳、固氮、分解有机物3个自然界物质循环中极为重要的化学过程^[6]。韩云哲等研究表明,光合细菌促进水稻叶龄、株高、分蘖的生长,并提早抽穗期,明显表现出固氮、省肥、分解有机物、促进早熟的作用^[7]。赵志强等研究发现,光合细菌与尿素联合施用能够改善水稻农艺

性状,促进产量增加和品质提升^[8]。本试验中3个光合细菌喷洒结合减肥减药处理生育期长势明显优于3个减肥减药处理。在产量上光合细菌喷洒减肥减药处理F3YG与CK差异有统计学意义,与F2YG处理间的差异无统计学意义,说明光合细菌施用可减N 10%~20%。

稻瘟病是水稻的主要病害之一,一般减产10%~20%,严重时导致水稻减产40%~50%,危害巨大。主要防治方法包括化学防治、抗性品种培育

和生物防治等手段。高杜娟等认为自然界中存在有益微生物,它们具有抗菌、溶菌等作用,人们可以利用有益微生物抑制有害病菌,提高植株的抗病性^[7]。曾益波在光合细菌拮抗作用研究中发现,光合细菌胞蛋白亦能有效地抑制稻瘟病菌的生长、附着胞形成以及对寄主的侵染^[8]。本试验中光合细菌喷洒结合减肥减药 F3YG 处理水稻病穗率和病情指数最低,防治效果最佳,除 F2YG 之外,与其他处理差异均有统计学意义,病穗率和病情指数 F1Y>F1YG、F2Y>F2YG、F3Y>F3YG,防治效果是 F1Y<F1YG、F2Y<F2YG、F3Y<F3YG。说明光合细菌的喷洒具有显著抑制稻瘟病、防止寄生和侵染的作用。

本试验结果表明,利用光合细菌喷洒结合减肥减药处理可降低水稻病情指数,促进植株生长,提早成熟期,增加产量,提高品质。水稻生产中利用光合细菌双减栽培技术时肥料减 N 10%~20%,8 月份水稻齐穗后使用 1 次稻瘟灵,光合细菌喷洒于 6—8 月份每月 2 次,水稻产量达到 7 449~7 511 kg/hm²,糙米率 65.3%~66.6%,稻瘟病病情指数 0.41~0.44,能够有效减少化肥农药的使用量,对粮食安全和绿色

发展具有促进作用。

参考文献:

- [1] 剧成欣,季红娟,张春梅,等. 中国水稻生产“双减”的目的意义与途径方法[J]. 中国农学通报,2018,34(23):12-18.
- [2] 王丹英,陈松,刘侃诚,等. 基于微生物产品(肥料及菌剂)的水稻肥药双减绿色生产技术初探[J]. 中国稻米,2022,28(6):27-29.
- [3] 韩云哲,朴雪梅,许震宇,等. 光合细菌对水稻生育、产量及效益影响的研究[J]. 吉林农业科学,2012,37(5):6-8.
- [4] 赵志强,文孝荣,高雁,等. 光合细菌与尿素联合施用对土壤理化性质和酶活性及水稻产量和加工品质的影响[J]. 中国稻米,2021,27(5):105-110.
- [5] 姜辉. 光合细菌不同施用时期对水稻产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学,2016(3):35-37.
- [6] 苏品,张德咏,张卓,等. 光合细菌的农用微生物功能解读[J]. 中国生物防治学报,2021,37(1):30-37.
- [7] 高杜娟,唐善军,陈友德,等. 水稻主要病害生物防治的研究进展[J]. 中国农学通报,2019,35(26):140-147.
- [8] 曾益波. 光合细菌 PSB06 对水稻促生作用及其胞外蛋白对稻瘟病菌的拮抗作用研究[D]. 长沙:湖南大学,2018.

Effect of Fertilizer and Pesticide Reduction by Photosynthetic Bacteria on Rice Disease Occurrence and Yield

XU Weihao, LIU Hongliang, PIAO Xuemei, BAI Xuefeng, YANG Xuezhi, HAN Yunzhe
(Yanbian Korean Autonomous Prefecture Academy of Agricultural Sciences, Longjing 133400, China)

Abstract: In order to explore the use of photosynthetic bacteria for the dual reduction fusion application technology of fertilizers and pesticides, three fertilizer and pesticide reductions, three photosynthetic bacteria spraying fertilizer and pesticide reductions, and one CK treatment were designed to study the effects of photosynthetic bacteria spraying on the occurrence of rice blast, rice yield and quality. The results showed that the disease index of rice blast disease was 0.41~0.44, and the control effect was 22.5%~28.1%. N of fertilizer was reduced by 10%~20%, and rice blast disease drug was used once. After transplanting, photosynthetic bacteria were sprayed twice a month with 50 L/hm². The rice yield reached 7 511 kg/hm². Brown rice rate was 65.3%, and taste value was 83.3. It can ensure the stable yield of rice and the green production of rice under the condition of fertilizer and pesticide reduction.

Key Words: Rice; Photosynthetic bacteria; Fertilizer and pesticide reduction; Double reduction