

西藏设施大白菜根肿病药剂筛选研究

德吉央宗, 赵艳宁, 杨杰

(西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所, 西藏拉萨, 850032)

摘要:为探讨5种药剂(氟啶胺、多粘类芽孢杆菌 ZF129、副地衣芽孢杆菌 ZF481、复合微生物菌剂和枯草芽孢杆菌)对西藏设施大白菜根肿病的防治效果,以大白菜商品种“良庆”为材料,采用盆栽试验、播前预防和播后防治田间试验筛选根肿病最佳防治药剂,统计全生育期内不同处理间的发病株数、发病等级、产量等指标,综合评价并筛选出西藏设施大白菜根肿病最佳防治药剂。结果表明:采用盆栽试验、播前预防和播后防治田间试验,氟啶胺和枯草芽孢杆菌对预防或防治大白菜根肿病效果最好,根肿病发病率和病情指数最低,防治效果最佳,单株产量也最高。综上,氟啶胺和枯草芽孢杆菌适用于西藏地区大白菜根肿病的预防或防治。

关键词:大白菜;根肿病;药剂防治;西藏

中图分类号:S634.3

文献标识码:A

A Preliminary Study on Plasmodiophora Screening for Controlling Clubroot in Facility-cultivated Cabbage (*Brassica rapa*) in Xizang

Dejiyangzong, ZHAO Yanning, YANG Jie

(Vegetable Research Institute, Xizang Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Lhasa Xizang 850032, China)

Abstract: To evaluate the control efficacy of five agents (fluazinam, *Bacillus polymyxa* ZF129, *Bacillus paralicheniformis* ZF481, compound microbial agent and *Bacillus subtilis*) against clubroot of facility-cultivated Chinese cabbage in Xizang, the commercial variety “Liangqing” was used as material. Pot experiments, pre-sowing prevention and post-sowing control field trials were conducted to screen the optimal control agents. The number of diseased plants, disease grade, yield and other indicators were investigated during the whole growth period for comprehensive evaluation. The results showed that fluazinam and *Bacillus subtilis* had the best control effect, with the lowest disease incidence and disease index, and the highest yield per plant. In conclusion, fluazinam and *Bacillus subtilis* are suitable for the prevention and control of Chinese cabbage clubroot in facility cultivation in Xizang.

Key words: *Brassica rapa*; clubroot; pharmacological control; Xizang

西藏位于青藏高原西南部,受地形、地貌和大气环流等因素的影响,形成了热带、亚热带、高原温带、高原亚寒带、高原寒带等多种特殊的青藏高原小气候类型^[1]。长期以来,因西藏独特的高原气候和地理地貌特征,逐渐形成了藏区农牧民以大白菜、萝卜、土豆为主的蔬菜偏好性^[2],且此偏好冬春季尤为明显。大白菜(*Brassica ra-*

pa)生产成本低、产量高、耐储存运输、周年供应、营养丰富、栽培简单等特点,成为藏区农牧民栽培和种植面积最广的蔬菜之一^[3],冬春季在藏区的消费市场巨大。西藏大白菜种植面积较大,夏秋季主要以露地种植为主,冬春季节则以设施种植为主。

大白菜根肿病由芸薹根肿菌 *Plasmodio-*

收稿日期:2025-11-27

基金项目:西藏自治区科技厅重点研发计划项目(XZ202401ZY0049);西藏财政预算内项目——设施蔬菜连作土壤综合治理技术及作用机理研究(LSKJ202428-01);国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-23-G39)。

作者简介:德吉央宗(1989—),女,研究实习员,主要从事植物保护研究,E-mail:519083321@qq.com。

通信作者:杨杰(1982—),男,研究员,主要从事植物保护研究,E-mail:yangjie5251@126.com。

phora brassicae 侵染引起,是大白菜的主要病害之一^[4-5]。根肿菌属于原生动物界,不能离体培养,专性寄生于十字花科作物^[6],侵染大白菜根毛,造成根部细胞异常增大和分裂,阻碍营养和水分运输,引起植株根部肿大和萎蔫,导致品质和产量大幅下降^[7-8]。大白菜染病后,主根和侧根上形成大小不一、形状不同的肿瘤,轻则造成植株地上部分生长缓慢、株型矮小、叶片颜色变淡,使得作物产量和品质严重下降,重则整株萎蔫,直至死亡^[9-10]。

研究显示,采用枯草芽孢杆菌 300 倍液+德高 CR117 根部喷灌后,土壤速效态养分含量,尤其是硝态氮、速效钾、有机质含量显著提升,可作为生物防治大白菜根肿病的适宜组合^[11]。放线菌株 KA-35 对白菜根肿病的防治效果为 57.11%,地上部鲜质量也增加 127.40%^[12]。枯草芽孢杆菌包衣+土壤调理剂+枯草芽孢杆菌 300 倍液灌根处理对大白菜根肿病的防效达 93.56%,效果最好^[13]。生防菌 ZF129、ZF72、ZF480 和 ZF481,防治效果达到 70%以上^[14]。氰霜唑和氟啶胺对根肿病均具有良好的防治效果,综合防治效果达到 80%以上^[15]。

本研究以 5 种药剂(氟啶胺、多粘类芽孢杆菌 ZF129、副地衣芽孢杆菌 ZF481、复合微生物菌剂和枯草芽孢杆菌)进行盆栽、播前预防和播后防治大白菜根肿病,通过不同处理间的发病株数、发病等级、产量等指标,以期筛选根肿病最佳防治药剂,为西藏大白菜根肿病防治提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

以大白菜商品种“良庆”为试验材料,2024 年 4 月初将试验材料采取盆栽、大田两种方式播种于西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所原种繁育基地,前茬为豆科作物。

1.2 试验设计

盆栽、播前及播后处理试验均设置在同一个大棚,保持大白菜播种时间、土壤、施肥数量与时间、药剂灌根时间和试剂用量等一致。设置氟啶胺 3000 倍液(T1)、多粘类芽孢杆菌 ZF129500 倍液(T2)、副地衣芽孢杆菌 ZF481500 倍液(T3)、复合微生物菌剂 500 倍液(T4)、枯草芽孢

杆菌 500 倍液(T5)及清水(CK)共 6 个处理,各药剂有效成分浓度一致。盆栽试验所用土壤为田间试验区域的土壤,采取直播方式栽培,出苗后每盆定苗 3 株,各处理 30 盆,重复 3 次。播前及播后处理试验采用随机区组排列方式,处理面积为 $2 \times 2 \text{ m}^2$,开沟条播,株距 40 cm,行距 30 cm。出苗后长至三叶一心期间苗定植,每个小区最终定植 45 株。整个生育期采用常规田间管理,重复 3 次。

1.3 根肿病调查

采收后切下大白菜根部,称取大白菜地上部鲜质量,统计平均值。依据根肿分级标准将每株大白菜分别予以定级,填写调查表,参考《白菜根肿病防治技术规程》DB53/T 645 的方法。

分级标准:

0 级,根部无肿大;

1 级,肿根只附着在侧根上,占全部根系 1%~25%;

2 级,主根上有肿根附着,侧根上肿根占 25%~50%;

3 级,主根上有肿根附着,肿根占根系 50%~75%;

4 级,主根上有根肿附着,肿根占根系 75%以上。

病情指数按式公(1)计算:

$$X = \frac{\sum(N_i \times i)}{N \times 9} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X 为病情指数; N_i 为各级病株数,单位为株; i 为相应级数值; N 为调查总株数,单位为株。

防治效果按式公(2)计算:

$$P = \frac{(CK - PT)}{CK} \times 100\% \quad (2)$$

式中: P 为防治效果,单位为百分率(%); CK 为空白对照区施药后病情指数; PT 为药剂处理区施药后病情指数。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Office 2016 软件制表,SPSS 26.0 软件对各指标进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同药剂处理盆栽试验结果分析

将大白菜进行盆栽种植,采用 5 种药剂进行

根肿病防治试验(表1)。结果显示,CK处理下根肿病发病率达到60.94%,病情指数为11.11%;使用T2(多粘类芽孢杆菌ZF129)、T3(副地衣芽孢杆菌ZF481)和T4(复合微生物菌剂)防治后,根肿病发病率均达到50%以上(51.56%、53.13%和50.00%),病情指数达到8%以上(9.28%、9.00%和8.86%),使用3种药剂的防治效果高于15%(16.46%、18.99%和20.25%);T1(氟啶胺)和T5(枯草芽孢杆菌),发病率均为21.88%,病情指数均为3.38%,防治效果均为69.62%,二者防治效果一致,但T1处理下1级和2级病株多于T5处理,说明T1对重度根肿病防治效果要好于T5。综上,5种药剂对大白菜根肿病均具有一定的防治作用,其中T1(氟啶胺)和T5(枯草芽孢杆菌)的防治效果近70%,防治效果最好。

表1 不同药剂处理大白菜根肿病发生情况 %

处理	发病率	病情指数	防治效果
CK	60.94a	11.11a	/
T1	21.88c	3.38c	69.62a
T2	51.56b	9.28b	16.46d
T3	53.13b	9.00b	18.99c
T4	50.00b	8.86b	20.25c
T5	21.88c	3.38c	69.62a

注:不同字母表示各药剂处理间差异具有统计学意义($p < 0.05$),下同。

2.2 播前处理对大白菜根肿病的防治效果分析

为进一步确认5种药剂的根肿病防治效果,在大白菜播种前进行药剂预处理试验。结果显示,除T3处理外(表2),T1、T2、T4和T5处理单株质量均显著高于CK处理,其中T1和T5的单株质量均显著高于其他处理(单株质量均在2.80 kg以上),发病率显著低于其他处理(分别为31.65%和30.61%),病情指数显著低于其他处理(5.50%和5.63%),同时防治效果显著高于其他处理(64.00%和63.16%);T1处理下1级和2级病株多于T5处理,说明T1对重度根肿病防治效果好于T5。综上,T1和T5药剂作为播前处理药剂对根肿病防治效果最好,可以作为大白菜种植前处理根肿病的预防药剂。

2.3 播后处理对大白菜根肿病的防治效果分析

为进一步确认5种药剂的根肿病防治效果,设计在大白菜播种后进行药剂处理试验以比较其防治效果。结果显示,与CK处理相比(表3),

T1、T2、T3、T4和T5处理单株质量均有升高,其中T1和T5的单株质量均显著高于其他处理(3.75 kg和3.91 kg),发病率显著低于其他处理(分别为32.50%和30.89%),病情指数显著低于其他处理(6.38%和5.78%),同时防治效果显著高于其他处理(77.84%和79.91%);T5处理下1级和2级病株多于T1处理,说明T5对重度根肿病防治效果要好于T1。综上,T1和T5药剂作为播后处理药剂对根肿病防治效果最好,可以作为大白菜种植后处理根肿病防治药剂。

表2 播前处理对大白菜根肿病的防治效果

处理	单株质量 /kg	发病率 /%	病情指数 /%	防治效果 /%
CK	2.02c	80.11a	15.29a	/
T1	2.89a	31.65e	5.50d	64.00a
T2	2.42b	40.88c	7.81b	48.91c
T3	2.12bc	48.13b	6.30c	58.80b
T4	2.56b	37.06c	6.56c	57.11b
T5	2.95a	30.61e	5.63d	63.16a

表3 播后处理对大白菜根肿病的防治效果

处理	单株质量 /kg	发病率 /%	病情指数 /%	防治效果 /%
CK	2.02	85.40a	28.77a	/
T1	3.75	32.50d	6.38d	77.84a
T2	2.15	76.92b	17.93b	37.68c
T3	2.15	76.34b	18.27b	36.49c
T4	2.03	60.00c	10.87c	62.23b
T5	3.91	30.89d	5.78d	79.91a

3 讨论与结论

3.1 讨论

大白菜因其耐寒、耐储存运输和高产的特性,确实是西藏适应性好、推广度高的重要蔬菜品种,特别是在传统农业区和海拔较高的地区。西藏种植的大白菜主要适应于海拔3700 m以下地区栽培,具有产量高、品质好的特点,但需在保护地或适宜季节种植,因此需要合理用地和轮作^[16]。根肿病是十字花科作物/蔬菜的主要病害之一,是一种破坏性极强的土传病害,主要危害作物根部,其特点是致病力强、传播途径广、防治难度大,是制约十字花科作物/蔬菜生产的主要因素之一,病菌以休眠孢囊在土壤中存活(可达10年以上),主要通过病土、带病种苗、灌溉水、农具及人畜携带等方式传播,因此采用与非十字花科作物/蔬菜轮作、化学/生物药剂防治是预防根肿病的有效措施^[17-20]。

利用盆栽试验进行大白菜根肿病防治药剂筛选,发现复合土壤生态修复剂防治效果较好,防治效果达到 91.2%;氰霜唑和多菌灵等生物药剂防治效果亦可,防治效果达到 50%以上^[19]。百菌清、多菌灵的药肥复配剂是防治根肿病的有效药剂,播前预防效果较好^[17]。拉萨大白菜根肿病由根肿病菌(*Plasmiodiophora brassicae*)引起,其休眠孢子可长期残存土中^[16]。氟啶胺和氰霜唑拌种对直播油菜根肿病的防病效果较好,采用苗床消毒结合百菌清 0.5 g/L 液灌根对移栽油菜田根肿病的防治效果最好^[21]。枯草芽孢杆菌 300 倍液+德高 CR117 对大白菜根肿病防治效果最佳,相较于对照地上部鲜质量增加 20%,病情指数降低 34%,防治效果达 47%^[11]。唐荔民^[15]研究显示,氰霜唑和氟啶胺对根肿病防治效果较好,防治效果达到 82%以上。本研究采用盆栽试验、播前预防和播后防治均显示氟啶胺和枯草芽孢杆菌对大白菜根肿病的预防和防治效果较好。其中,盆栽试验防效均为 69.62%,播前预防防效分别为 64.00%和 63.16%,播后防治防效分别为 77.84%和 79.91%,同时大白菜的单株产量明显增加,结果与唐荔民^[15]的研究相似。

3.2 结论

本研究以大白菜商品种“良庆”为试验材料,以 5 种药剂(氟啶胺、多粘类芽孢杆菌 ZF129、副地衣芽孢杆菌 ZF481、复合微生物菌剂和枯草芽孢杆菌)分别采用盆栽试验、播前预防和播后防治试验筛选根肿病最佳防治药剂。采用盆栽试验、播前预防和播后防治试验,均得到氟啶胺和枯草芽孢杆菌对预防或防治大白菜根肿病效果最好(盆栽均为 69.62%,播前预防 64.00%和 63.16%,播后防治 77.84%和 79.91%),单株产量也最高。综上,氟啶胺和枯草芽孢杆菌是预防或防治大白菜根肿病的最佳药剂。

参考文献:

[1] 沙万英,邵雪梅,黄玫.20 世纪 80 年代以来中国的气候变暖及其对自然区域界线的影响[J].中国科学(D 辑:地球科学),2002,32(4):317-326.
 [2] 林日暖,张勇.拉萨露地大白菜霜冻试验研究[J].中国农业气象,1998,19(6):35-38.
 [3] ZHANG S J, LI F, HE H P, et al. Molecular Marker Linked to a Dominant Male Sterile Gene in Chinese Cabbage [*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson][J].

Scientia Agricultura Sinica,2008,41(8):2379-2385.
 [4] 叶乃玮,陈信武,陈信辉,等.4 种微生物农药防治青菜根肿病的效果[J].中国植保导刊,2023,43(5):66-68,73.
 [5] YI J C, ZHANG D J, CHENG Y J, et al. The Impact of *Paenibacillus Polymyxa* HY96-2 luxS on Biofilm Formation and Control of Tomato Bacterial Wilt[J]. Applied Microbiology and Biotechnology,2019,103(23):9643-9657.
 [6] JÄSCHKE D, DUGASSA-GOBENA D, KARLOVSKY P, et al. Suppression of Clubroot (*Plasmiodiophora brassicae*) Development in *Arabidopsis Thaliana* by the Endophytic Fungus *Acremonium Alternatum* [J]. Plant Pathology,2010,59(1):100-111.
 [7] 何朋杰,崔文艳,何鹏飞,等.叶面喷施枯草芽孢杆菌 XF-1 防治大白菜根肿病[J].植物保护,2019,45(1):104-108.
 [8] 叶乃玮,王承芳,干华磊,等.多黏类芽孢杆菌 *Paenibacillus polymyxa* 菌株 P1 防治黄瓜霜霉病的研究[J].植物保护,2021,47(2):271-275.
 [9] FU L N, LI H M, WEI L F, et al. Antifungal and Biocontrol Evaluation of Four *Lysobacter* Strains Against Clubroot Disease[J]. Indian Journal of Microbiology, 2018,58(3):353-359.
 [10] 谢晶.植物病原菌拮抗微生物的筛选、鉴定及拮抗机理研究[D].成都:四川大学,2004.
 [11] 孙永,米宏彬,石超.不同微生物菌剂及品种对大白菜根肿病防治及土壤养分的影响[J].陕西农业科学,2023,69(7):88-92.
 [12] 刘振香,顾志光,徐文凤,等.白菜根肿病生防菌的筛选及防治效果评价[J].山东农业科学,2019,51(10):130-134.
 [13] 吴庆丽,贾刚,秦刚,等.生防菌应用模式对普通白菜根肿病的防治效果[J].中国蔬菜,2020(4):80-83.
 [14] 张思雨.十字花科蔬菜根肿病生防菌的筛选及应用[D].天津:天津农学院,2020.
 [15] 唐荔民.大白菜根肿病不同药剂处理防治效果试验[J].农业与技术,2023,43(8):43-46.
 [16] 安姬,王喜龙,朱荣杰,等.拉萨地区大白菜根肿病防治技术[J].西藏科技,2009,31(3):13-15.
 [17] 杨家鸾,杨明英,严位中,等.昆明菜区大白菜根肿病防治技术研究初探[J].云南农业科技,2003(B6):176-179.
 [18] 张琴.根肿病防治药剂的筛选和防治研究[D].雅安:四川农业大学,2012.
 [19] 曹春霞,龙同,刘翠君,等.大白菜根肿病防治药剂筛选盆栽试验[J].湖北农业科学,2010,49(12):3055-3056.
 [20] 沈璐,李勤超,田中贵,等.太阳热处理对小白菜根肿病防治效果的研究[J].浙江农业学报,2020,32(1):98-107.
 [21] 陈坤荣,任莉,刘凡,等.三种杀菌剂防治油菜根肿病技术研究[J].中国油料作物学报,2013,35(4):424-427.