

6 种病毒抑制剂对西藏青稞上大麦黄矮病的防治效果

刘何春^{1,2}, 姚小波^{1,2*}, 李 杨^{1,2}, 雷雪萍^{1,2}, 王文峰^{2,3}

(1. 西藏自治区农牧科学院农业研究所, 拉萨 850032; 2. 农业农村部拉萨作物有害生物科学观测试验站, 拉萨 850032; 3. 西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所, 拉萨 850032)

摘要 通过田间小区试验, 开展了 6 种病毒抑制剂对西藏青稞上大麦黄矮病防治效果的研究。采用带毒蚜虫人工接种法, 于青稞起身拔节期每株接种 10~15 头带毒麦长管蚜, 7 d 后灭蚜, 灭蚜后 3 d 喷施病毒抑制剂, 在成株期出现黄矮病症状后调查病株率、病情指数、防治效果, 以及长势和产量。结果表明, 6 种病毒抑制剂对青稞上大麦黄矮病有不同程度的防治效果, 其中 6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%香菇多糖 AS 和 8%宁南霉素 AS 防治效果分别为 65.38%、52.41% 和 50.11%; 处理后的青稞有不同程度的增产, 其中 6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%香菇多糖 AS 和 40%烯·啉·吗啉胍 SP 处理增产率分别为 78.44%、53.22%、27.42%。综合本文结果表明, 6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%香菇多糖 AS 对西藏大麦黄矮病有较好的防治效果和增产率。

关键词 大麦黄矮病; 病毒抑制剂; 防效; 长势; 产量

中图分类号: S 482.2; S 432.41 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020184

Control efficacy of six plant virus inhibitors on barley yellow dwarf disease in Tibet

LIU Hechun^{1,2}, YAO Xiaobo^{1,2*}, LI Yang^{1,2}, LEI Xueping^{1,2}, WANG Wenfeng^{2,3}

(1. Agriculture Research Institute, Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850032, China; 2. Lhasa Crop Pest Scientific Observation and Experiment Station of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Lhasa 850032, China; 3. Institute of Agricultural Resources and Environment, Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850032, China)

Abstract Control efficacy of six plant virus inhibitors on barley yellow dwarf disease of highland barley were evaluated in Tibet. The experiments were carried out to inoculate *Barley yellow dwarf virus* to the highland barley leaves at the stage of standing to jointing with viruliferous aphids (*Sitobion miscanthi*). Each plant was inoculated with 10 to 15 viruliferous aphids. Aphids were killed with imidacloprid 10% WP seven days after inoculation, and all plants were sprayed three days later with plant virus inhibitors. Investigation of disease index, growth, and yield showed that six plant virus inhibitors have different degrees of control effect on barley yellow dwarf disease of highland barley. When treated by oligosaccharins·plant activator protein 6% WP, fungous proteoglycan 0.5% AS, and ningnanmycin 8% AS, the control efficacies on barley yellow dwarf disease were 65.38%, 52.41% and 50.11%, respectively. Compared with water treatment, the increase rate of barley yields were 78.44%, 53.22% and 27.42%, respectively, when treated by oligosaccharins·plant activator protein 6% WP, fungous proteoglycan 0.5% AS, and enadenine·oxyenadenine·moroxydine hydrochloride 40% SP. The above results indicate that oligosaccharins·plant activator protein 6% WP and fungous proteoglycan 0.5% AS have good control effect on barley yellow dwarf disease in Tibet.

Key words barley yellow dwarf disease; plant virus inhibitor; control efficacy; crop growth; grain yield

收稿日期: 2020-04-08

修订日期: 2020-05-27

基金项目: 西藏自治区自然科学基金(XZ2018ZR G-62(Z)); 国家重点研发计划-政府间国际科技创新合作重点专项(2017YFE0104900); 西藏自治区科技重大专项(XZ2019NA01-2020-011)

* 通信作者 E-mail: yaobo1031@163.com

大麦黄矮病(barley yellow dwarf disease, BYD)是世界各地最重要且分布最广泛的麦类作物病毒病害,是包括大麦(青稞)、小麦和燕麦等作物在内的多种禾谷类作物的主要病害之一。作物感染黄矮病毒后,表现出植株矮缩、叶片黄化和有效分蘖减少等症状,从而导致减产^[1]。

近年来,大麦黄矮病在西藏青稞上时有发生。2011 年拉萨达孜县、墨竹工卡县的春青稞大麦黄矮病发病面积 100 余公顷,2016 年曲水县冬青稞‘冬青 18’发病面积 70 余公顷,发病田减产 30%~50%^[2-3]。大麦黄矮病造成了青稞严重减产,甚至绝收,且导致青稞产量与品质不同程度下降,严重影响西藏青稞生产的可持续发展^[2-3]。目前西藏自治区主要通过适当调整播期、施用化学农药防控传毒介体麦蚜等措施进行病害防治^[2]。针对植物病毒还没有特效药,该病害的防治是生产上的一大难题。为防治大麦黄矮病,选育抗 BYDV 品种是最经济有效的方法,但栽培品种中抗病基因缺乏,常规育种周期长,定向性差,易带入不良性状;化学防治也是控制大麦黄矮病的主要途径之一,但主要以杀虫剂控制蚜虫为主,而蚜虫难以准确预报^[4]。

病毒抑制剂作用机理主要为抑制病毒侵染、复制和增殖、症状表达,也可能诱导寄主产生抗病性和促进植株生长。抑制剂种类包括化学合成的具有抗植物病毒活性的化合物,以及植物源、微生物源、动

物源和植物激素类抗病毒物质^[5-6]。

目前进入中国市场的病毒抑制剂有 37 种以上,用于农业生产的制剂有 23 个以上^[7],如盐酸吗啉胍类、氨基酸衍生物类、磺酸衍生物类、三唑类衍生物类、三嗪类衍生物类和微生物源类等^[8-9]。这些制剂多见于其他植物病毒病的防治报道^[9-14],对大麦尤其是青稞上黄矮病防治效果的报道目前尚未见。为尝试用病毒抑制剂防治青稞大麦黄矮病,本研究开展了小区药效试验,旨在为青稞上大麦黄矮病的防控筛选优良药剂。

1 材料与方法

1.1 供试材料

田间小区试验青稞品种为‘青稞喜拉 22’;室内盆栽用于无毒蚜虫扩繁、饲养的青稞品种为‘青稞藏青 2000’。灭蚜所用药剂为 10%吡虫啉可湿性粉剂(WP),山东恒利达生物科技有限公司产品。

供试病毒抑制剂:0.5%香菇多糖水剂(AS),青岛东生药业有限公司;8%宁南霉素水剂(AS),德强生物股份有限公司;6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂(WP),中国农业科学院植物保护研究所廊坊农药中试厂;40%烯·羟·吗啉胍可溶粉剂(SP),河北中保绿农作物科技有限公司;0.5%氨基寡糖素水剂(AS),河北奥德植保药业有限公司;30%毒氟·吗啉胍可湿性粉剂(WP),广西田园生化股份有限公司。

表 1 病毒抑制剂种类和毒性

Table 1 Types and toxicities of plant virus inhibitors

病毒抑制剂 Plant virus inhibitor	有效成分用量 Dosage	毒性 Toxicity
0.5%香菇多糖 AS fungous proteoglycan 0.5% AS	15 mL/hm ²	低毒
8%宁南霉素 AS ningnanmycin 8% AS	120 mL/hm ²	低毒
6%寡糖·链蛋白 WP oligosaccharins·plant activator protein 6% WP	90 g/hm ²	低毒
40%烯·羟·吗啉胍 SP enadenine·oxenadenine·moroxydine hydrochloride 40% SP	600 g/hm ²	低毒
0.5%氨基寡糖素 AS oligosaccharins 0.5% AS	7.5 mL/hm ²	低毒
30%毒氟·吗啉胍 WP dufulin·moroxydine hydrochloride 30% WP	270 g/hm ²	低毒
清水 Water	—	—

1.2 试验方法

1.2.1 试验设置

小区试验选在农业农村部拉萨作物有害生物科学观测试验站网室内。试验地海拔 3 650 m。各小区的肥水、田间管理严格一致,小区等行距、随机区组排列。6 种病毒抑制剂分别为 6 种处理,CK1 为健康植株喷施清水对照,CK2 为接种饲毒蚜并喷施

清水对照,每处理 3 个小区重复,每个小区面积为 9 m²,共 24 个小区。

1.2.2 带毒蚜虫人工接种和病毒抑制剂喷施

采用水培青稞苗饲养麦蚜法获得大量虫龄、大小一致的无毒麦长管蚜 *Sitobion miscanthi* (Fabricius)。采集感染大麦黄矮病毒-GAV(BYDV-GAV)的具有典型症状的青稞叶片,剪成 1~2 cm 小段,放

入底部垫有保湿滤纸的培养皿中,投放饥饿 24 h 的无毒麦长管蚜,盖严,置于 15℃培养箱,黑暗离体饲毒 24~48 h 后转移到试验小区内处于起身拔节期的青稞植株上,每株接种 10~15 头带毒麦长管蚜。CK1 罩网不接种蚜虫。接毒 7 d 后喷施 10%吡虫啉 WP(有效成分用量为300 g/hm²)灭蚜。灭蚜 3 d 后喷施 6 种病毒抑制剂和清水,每间隔 7 d 喷施 1 次,共 3 次。

1.2.3 调查方法

1.2.3.1 成株期出现典型黄矮症状后的病情调查
青稞成株期出现典型黄矮症状后,按 NY/T3060. 6-2016^[15] 计算病株率、病情指数和防治效果。

病株率=发病青稞株数/调查青稞总株数×100%;病情指数=Σ(各级病株数×各级代表值)/(调查总株数×最高级代表值)×100;防治效果=(对照病情指数-处理病情指数)/对照病情指数×100%。

1.2.3.2 6 种病毒抑制剂处理对青稞长势和产量的影响调查

长势参数:收获期采用 5 点取样法,每点 20 株青稞,每小区共 100 株青稞,测量株高、穗长和分蘖数。

产量参数:每小区随机选取 1 m²,收获全部青稞麦穗,统计 1 m² 穗数、每穗粒数、千粒重及 1 m² 产量,

并根据重复区组的千粒重折算每 667 m² 产量(折合产量)。折合产量(kg/666. 7 m²)=1 m² 实际产量(g)×666. 7/1 000;理论产量(kg/666. 7 m²)=[1 m² 穗数×每穗粒数×千粒重(g)×666. 7]/1 000。

1.3 数据统计

采用 Excel 2010 对数据进行整理,SPSS 20. 0 One-way ANOVA 模块对数据进行单因素方差分析,采用 Origin Pro 8. 5 作图。统计检验前,用 Kolmogorov-Smirnov 和 Levene 统计量分别检验所有数据的正态性和方差同质性,满足方差齐性采用 LSD 多重比较,不满足方差齐性采用 Games-Howell 多重比较法进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同病毒抑制剂处理对青稞上大麦黄矮病的防治效果

不同病毒抑制剂处理对青稞上大麦黄矮病的防治效果如表 2 所示。不同处理之间病株率、病情指数均有极显著差异(病株率 $F_{(6,14)}=53. 249, P<0. 01$;病情指数 $F_{(6,14)}=54. 981, P<0. 01$)。6 种病毒抑制剂对青稞上大麦黄矮病的防治效果为 27. 06%~65. 38%。其中 6%寡糖·链蛋白 WP、0. 5%香菇多糖 AS 和 8%宁南霉素 AS 防治效果突出,分别为 65. 38%、52. 41%和 50. 11%。

表 2 不同病毒抑制剂处理对青稞上大麦黄矮病的防治效果¹⁾

Table 2 Effect of different virus inhibitors on barley yellow dwarf disease of highland barley

病毒抑制剂 Plant virus inhibitor	病株率/% Rate of diseased plants	病情指数 Disease index	防治效果/% Control efficacy
CK1	—	—	—
0. 5%香菇多糖 AS fungous proteoglycan 0. 5% AS	(19. 07±1. 97)F	(11. 43±1. 33)D	52. 41±5. 20
8%宁南霉素 AS ningnanmycin 8% AS	(23. 32±3. 10)E	(12. 01±0. 97)D	50. 11±4. 10
6%寡糖·链蛋白 WP oligosaccharins·plant activator protein 6% WP	(15. 33±1. 68)F	(9. 33±1. 35)E	65. 38±2. 55
40%烯·羟·吗啉胍 SP enadenine·oxyenadenine·moroxydine hydrochloride 40% SP	(35. 19±2. 65)C	(17. 55±1. 32)B	27. 06±1. 99
0. 5%氨基寡糖素 AS oligosaccharins 0. 5% AS	(31. 55±2. 24)CD	(14. 65±1. 26)C	39. 11±3. 44
30%毒氟·吗啉胍 WP dufulin·moroxydine hydrochloride 30% WP	(36. 77±1. 10)AB	(16. 82±0. 97)B	30. 10±2. 58
CK2	(40. 27±2. 33)A	(24. 07±0. 88)A	—

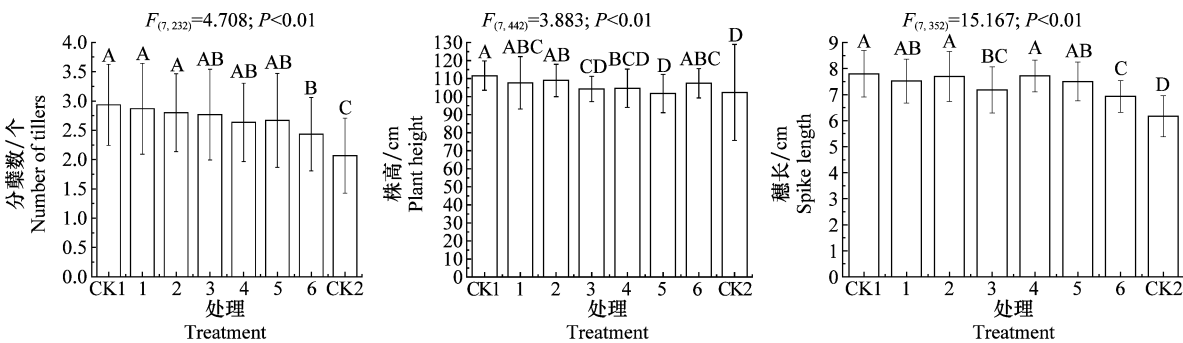
1) 表中数据为平均值±标准差,同列数据后不同大写字母表示单因素方差分析在 α=0. 01 水平差异极显著。CK1:健康植株喷施清水对照;CK2:接种饲毒蚜并喷施清水对照。—:无统计数据。下同。
Data in the table were mean±SD. Different capital letters in the same column indicated extremely significant difference at the level of 0. 01 by One-way ANOVA. CK1: Healthy plants sprayed with clear water for control; CK2: Plants inoculated with viruliferous aphid and sprayed with clear water for control. —: There was no statistics. The same applies below.

2.2 不同病毒抑制剂处理对青稞长势的影响
健康植株喷施清水对照(CK1)与接种饲毒蚜并

喷施清水对照(CK2)相比较,分蘖数差异极显著,证实了大麦黄矮病毒危害使青稞有效分蘖减少;6 种

病毒抑制剂处理与接种饲毒蚜并喷施清水对照 (CK2) 相比,分蘖数极显著增加,说明喷施 6 种病毒抑制剂能够有效降低大麦黄矮病毒造成的青稞分蘖数减少。

与接种饲毒蚜并喷施清水对照 (CK2) 相比,健康植株喷施清水对照 (CK1)、6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%香菇多糖 AS 和 30%毒氟·吗啉胍 WP 株高差异极显著,这 3 种病毒抑制对株高有促进作用。



1: 6%寡糖·链蛋白WP; 2: 0.5%香菇多糖AS; 3: 8%宁南霉素AS; 4: 0.5%氨基寡糖素AS; 5: 40%烯·羟·吗啉胍SP; 6: 30%毒氟·吗啉胍WP。CK1:健康植株喷施清水对照; CK2:接种饲毒蚜并喷施清水对照。不同大写字母表示单因素方差分析在 $\alpha=0.01$ 水平差异极显著
1: oligosaccharins·plant activator protein 6% WP; 2: fungous proteoglycan 0.5% AS; 3: ningnanmycin 8% AS; 4: oligosaccharins 0.5% AS; 5: enadenine · oxenadenine · moroxydine hydrochloride 40% SP; 6: dufulin · moroxydine hydrochloride 30% WP; CK1: Healthy plants sprayed with clear water for control; CK2: Plant inoculated with viruliferous aphid and sprayed with clear water for control. Different capital letters indicated extremely significant difference at the level of 0.01

图 1 病毒抑制剂对青稞长势的影响

Fig. 1 Effect of virus inhibitors on highland barley growth

2.3 不同病毒抑制剂处理对青稞产量的影响

与接种饲毒蚜并喷施清水对照 (CK2) 对比,只有健康植株喷施清水对照 (CK1) 的穗粒数极其显著增加。6 种病毒抑制剂处理与接种饲毒蚜并喷施清水对照 CK2 差异不显著,说明 6 种病毒抑制剂对提高穗粒数作用不明显。

6 种病毒抑制剂对于穗头数的影响不大。健康植株喷施清水对照 (CK1) 和接种饲毒蚜并喷施清水对照 (CK2) 穗头数差异不显著,说明大麦黄矮病毒对穗头的生成影响不大。

健康植株喷施清水处理组 (CK1) 的千粒重和 6 种病毒抑制剂处理及接种饲毒蚜并喷施清水的处理 (CK2) 差异极显著,说明喷施 6 种病毒抑制剂可提高青稞的千粒重。6 种病毒抑制剂处理的青稞中,千粒重最高的 6%寡糖·链蛋白 WP 显著高于其他处理,千粒重最低的是 30%毒氟·吗啉胍 WP。

6%寡糖链蛋白 WP 和 0.5%香菇多糖 AS 处

与接种饲毒蚜并喷施清水对照 (CK2) 相比,健康植株喷施清水对照 (CK1) 和 6 种病毒抑制剂处理的穗长极显著增加,说明 6 种病毒抑制剂促进了青稞穗长增长。

综上,大麦黄矮病毒的侵染造成青稞分蘖数减少、株高降低、穗长变短,但是喷施 6 种病毒抑制剂能增加分蘖数、增长穗长,喷施 6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%香菇多糖 AS、30%毒氟·吗啉胍 WP 还能提高株高。

理,其 1 m² 实际产量显著高于接种饲毒蚜并喷施清水的处理 (CK2); 另外 4 种病毒抑制剂处理与 CK2 差异不显著;说明 6%寡糖链蛋白 WP 和 0.5%香菇多糖 AS 对青稞有增产作用。

综上,6 种药剂处理对比接种饲毒蚜并喷施清水对照 (CK2),穗粒数和穗头数差异不显著,千粒重差异极显著,所喷施的 6 种病毒抑制剂是通过提高千粒重来增加理论产量的。

不同病毒抑制剂处理对青稞产量的影响如表 3 所示。接种饲毒蚜并喷施清水对照 (CK2) 与健康植株喷施清水对照 (CK1) 相比,减产率高达 60.54%,说明大麦黄矮病毒对青稞产量的影响较大。穗粒数、穗头数和千粒重为产量三因素,其中千粒重是决定理论产量的关键因素。通过对比千粒重、病株率等参数的差异显著性,6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%香菇多糖 AS 两种病毒抑制剂作为防治大麦黄矮病的药剂效果较好。

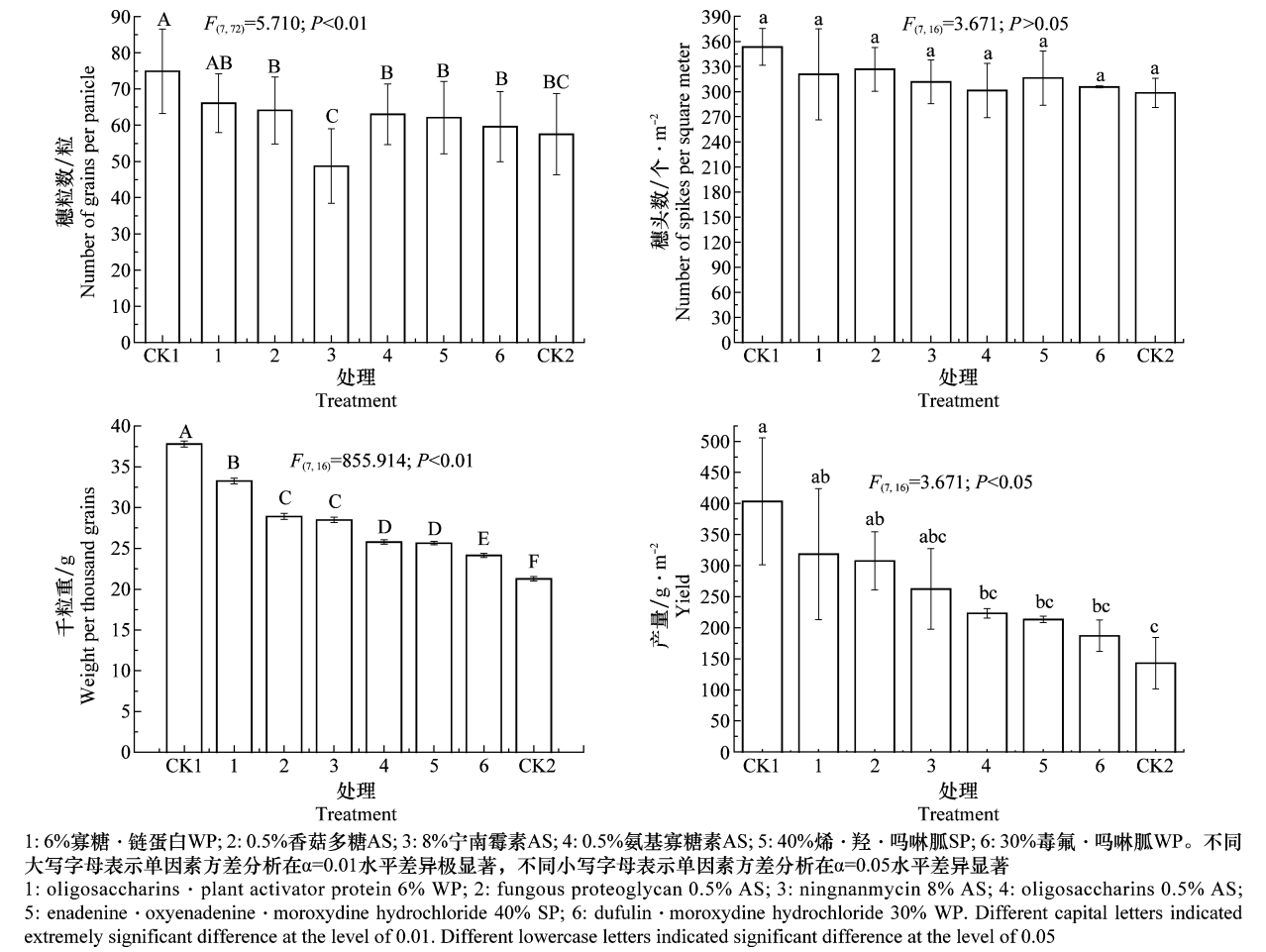


图 2 病毒抑制剂对青稞产量的影响

Fig. 2 Effect of virus inhibitors on highland barley yield

表 3 不同病毒抑制剂处理对青稞产量影响

Table 3 Effect of different virus inhibitors treatments on the yield of highland barley

病毒抑制剂 Plant virus inhibitor	理论产量/ kg·(666.7 m ²) ⁻¹ Theoretical yield	折合产量/ kg·(666.7 m ²) ⁻¹ Equivalent yield	相对于 CK2 的增产率/% Increased yield relative to CK2	相对于 CK1 的减产率/% Reduced yield relative to CK1
CK1	333.69	268.99	153.40	—
6%寡糖·链蛋白 WP oligosaccharins · plant activator protein 6% WP	234.99	212.41	78.44	29.58
0.5%香菇多糖 AS fungus proteoglycan 0.5% AS	201.78	205.20	53.22	39.53
0.5%氨基寡糖素 AS oligosaccharins 0.5% AS	144.09	174.99	9.41	56.82
8%宁南霉素 AS ningnanmycin 8% AS	162.97	148.81	23.75	51.16
40%烯·羟·吗啉胍 SP enadenine · oxynadenine · moroxydine hydrochloride 40% SP	167.80	142.33	27.42	49.71
30%毒氟·吗啉胍 WP dufulin · moroxydine hydrochloride 30% WP	146.52	124.77	11.26	56.09
CK2	131.69	108.70	—	60.54

3 结论与讨论

通过千粒重、病株率等参数的差异显著性,建议选用 6%寡糖·链蛋白 WP 和 0.5%香菇多糖 AS

这两种病毒抑制剂作为防治大麦黄矮病的药剂。健康对照 CK1,在严格一致的肥水、田间管理、取样等条件下,1 m² 实际产量及 667 m² 折合产量接近大田正常产量;而不喷药感病对照 CK2 减产率

达 60.54%,说明大麦黄矮病导致青稞明显减产。

病毒抑制剂通过提高千粒重(籽粒饱满度)、增加分蘖数、增长穗长、提高株高等一系列途径减少黄矮病毒造成的减产,从另一方面讲就是提高了产量。

病毒抑制剂对烟草花叶病^[9-10]、小麦黄矮病^[5,7,11]、番茄病毒病^[12]等其他植物病毒病害^[13-14]的防治效果已有研究。张琼芬^[9]采用 8%宁南霉素 AS 1 600 倍液、20%盐酸吗啉胍 SP 600 倍液、0.5%氨基酸寡糖素 AS 600 倍液、20%吗胍·乙酸铜 WP 700 倍液进行烟草花叶病毒田间药效试验,结果表明 20%吗胍·乙酸铜 WP 700 倍液具有较好的防治效果。闫佳会等^[11]曾在田间条件下研究了病毒抑制剂对小麦黄矮病的防治效果,结果表明,不同药剂处理对小麦黄矮病均有一定的抑制作用,且小麦产量有不同程度的增加,并同样得出了 6%寡糖·链蛋白 WP 防效最高、增产效果最显著。病毒抑制剂除了对小麦黄矮病和烟草花叶病效果较好外,对其他植物病毒病害也有较明显的效果^[12-14],而 6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%香菇多糖 AS 相比其他药剂,效果更为突出,可以作为未来防治大麦黄矮病的药剂使用。

本研究中效果较好的 2 种药剂 6%寡糖·链蛋白 WP 和 0.5%香菇多糖 AS 均为生物源制剂。6%寡糖·链蛋白 WP 包括 3%氨基寡糖素、3%极细链格孢激活蛋白,作用方式为抑制病毒基因表达和病毒复制,同时通过细胞活化作用修复受害植株损伤,促根壮苗,增强作物的抗逆性;激发植物体内基因表达,产生几丁酶、葡聚糖酶及 PR 蛋白等物质,诱导植物产生多重防御作用,提升自身抗病能力。0.5%香菇多糖 AS 起主要作用的成分系食用菌菌体代谢所产生的蛋白多糖,而真菌多糖、云芝多糖等多糖在相关研究中已经证实对小麦黄矮病防治效果突出^[16-17]。6%寡糖·链蛋白 WP、0.5%香菇多糖 AS、0.5%氨基寡糖素 AS,这些成分均为生物源成分农药,相比 30%毒氟·吗啉胍 WP 等化学成分农药,效果略佳。通过本试验推断,化学农药阻断病毒复制过程,对大麦黄矮病防治起到了一定的作用,但是生物农药中的生物源成分不仅能阻断病毒复制传

播过程,还可作为营养物质促根壮苗提升植株自身抵抗力,对大麦黄矮病的防治起到了更好的作用。上述推断还需要进一步的分子试验论证。

参考文献

- [1] 马苏里 D E. 大麦病害概略[M]. 蔺瑞明,冯晶,陈万权,等译. 第 2 版. 北京:中国农业科学技术出版社,2014.
- [2] 刘仁建. 青稞黄矮病发生规律及防治方法[J]. 西藏农业科技, 2015, 37(2): 34-35.
- [3] 央珍,才旺卓玛,参培,等. 普兰县青稞黄矮病及防治[J]. 农民致富之友, 2015(12): 131.
- [4] 张文斌,安德荣,任向辉. 中国小麦黄矮病的发生及综合防控研究进展[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(2): 361-364.
- [5] 张文斌. 小麦黄矮病防治关键技术及其新型病毒抑制剂的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [6] 赫尔 R. 马修斯. 植物病毒学[M]. 范在丰,李怀方,韩成贵,等译. 北京:科学出版社,2007: 764.
- [7] 张文斌,任向辉,安德荣,等. 几种药剂对小麦黄矮病的防治效果[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(5): 930-933.
- [8] 杨崇实,王勇,刘耕春. 防治植物病毒制剂进展及其无害化应用前景[J]. 农药市场信息, 2008(8): 4-6.
- [9] 张琼芬. 几种病毒抑制剂对烟草花叶病防效试验[J]. 江西农业学报, 2011, 23(7): 141-142.
- [10] 谢鑫,桑维钧,张新强,等. 6 种病毒抑制剂对烟草花叶病毒的抑制作用及其机制初探[J]. 河南农业科学, 2011, 40(5): 104-107.
- [11] 闫佳会,姚强,郭青云. 10 种病毒抑制剂对小麦黄矮病的防治效果[J]. 植物保护, 2016, 42(1): 239-242.
- [12] 王春梅,潘晓芬. 植物源抗病毒剂 20%丁香酚水乳剂防治番茄病毒病田间药效试验[J]. 农药, 2013, 52(6): 442-443.
- [13] 陈浩,胡梁斌,王春梅,等. 植物源抗病毒剂 20%丁香酚 AS 防治西葫芦病毒病药效试验[J]. 江西农业学报, 2009, 21(12): 112-113.
- [14] 姚鑫. 5%壳寡糖水剂防治辣椒病毒病药效试验报告[J]. 湖北植保, 2016(4): 6-7.
- [15] 中华人民共和国农业部. 大麦品种抗病性鉴定技术规程:第 6 部分 抗黄矮病:NY/T 3060. 6-2016 [S]. 北京:中国农业出版社, 2017: 1-6.
- [16] 谢咸升,安德荣. 不同种类真菌多糖对小麦黄矮病的防治效果[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(4): 557-562.
- [17] 杨海燕. 云芝葡聚糖对小麦黄矮病的防治及植物内生放线菌的筛选[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2015: 17-18.

(责任编辑:杨明丽)