

王丽岩, 韩志磊, 刘然鹏, 等. 脱毒处理对大蒜生长及产量的影响[J]. 山西农业科学, 2026, 54(2): 87-94.

WANG L Y, HAN Z L, LIU R P, et al. Effects of detoxification treatment on garlic growth and yield[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2026, 54(2): 87-94.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2026.02.11

脱毒处理对大蒜生长及产量的影响

王丽岩^{1,2}, 韩志磊¹, 刘然鹏^{1,3}, 洪浩¹, 阴筱¹, 姜珊珊¹

(1. 山东省农业科学院 植物保护研究所/山东省农业有害生物绿色防控重点实验室, 山东 济南 250100;

2. 山东种业智科农业服务集团有限公司, 山东 济南 250100; 3. 山东农业大学 植物保护学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 采用市售脱毒大蒜品种进行田间种植试验, 通过比较脱毒处理与未脱毒处理(对照)在大蒜病毒携带情况以及生长和产量方面的差异, 以探讨脱毒处理对大蒜生长及产量的影响。结果表明, 脱毒处理显著降低了大蒜携带病毒种类, 减轻了病毒病症状, 但并未实现完全脱毒。脱毒和未脱毒大蒜在出苗率上差异不显著, 脱毒蒜的苗期株高、成株期地上假茎高、假茎粗较对照分别提升了18.72%、8.25%和6.72%。脱毒大蒜减少了二次生长的发生率, 减少幅度为26.55个百分点。脱毒蒜头的大小均一性和形状规整性明显优于未脱毒蒜头, 横径和纵径分别较未脱毒显著增加3.41%、8.10%; 单蒜头质量和单瓣质量也较未脱毒分别显著提高6.83%和9.95%, 大蒜整株生物量较未脱毒增加17.16%。脱毒蒜区的平均产量为1 289.87 kg/hm², 较未脱毒提高了15.93%。综上, 大蒜采用脱毒处理可有效减少病毒感染, 提升蒜苗的生长性能及产量, 对大蒜生产具有重要的实际意义。

关键词: 脱毒处理; 大蒜; 病毒感染; 生长特性; 产量

中图分类号: S633.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-2481(2026)02-0087-08

Effects of Detoxification Treatment on Garlic Growth and Yield

WANG Liyan^{1,2}, HAN Zhilei¹, LIU Ranpeng^{1,3}, HONG Hao¹, YIN Xiao¹, JIANG Shanshan¹

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences/Shandong Key Laboratory for

Green Prevention and Control of Agricultural Pests, Ji'nan 250100, China; 2. Shandong Seed Industry

Zhike Agricultural Service Group Co., Ltd., Ji'nan 250100, China; 3. College of Plant Protection,

Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: In this study, field planting trials were conducted using commercially available detoxified garlic varieties, the differences in virus carrying, growth, and yield between the detoxification treatment and the no detoxification treatment (the control treatment) were compared to explore the effects of the detoxification treatment on garlic growth and yield. The results indicated that the detoxification treatment significantly reduced the variety of viruses carried by garlic and alleviated the virus disease symptoms, but did not achieve complete detoxification. Although there was no significant difference in seedling emergence rates between detoxified and non detoxified garlic, plant height at seeding stage, the above-ground pseudostem height and pseudostem thickness at adult stage increased by 18.72%, 8.25%, and 6.72% in detoxified garlic, respectively. Moreover, the secondary growth rate in detoxified garlic was reduced by 26.55 percentage point. Additionally, the uniformity of size and shape of the bulbs in detoxified garlic was significantly better than that in non detoxified garlic, with increases in both transverse and longitudinal diameters of 3.41% and 8.10% respectively. Weight per bulb and single garlic clove weight also improved significantly by 6.83% and 9.95% respectively, resulting in a total biomass increase of 17.16%. Finally, the average yield in the detoxified garlic plots reached 1 289.87 kg/ha, representing an increase of 15.93% compared to that in the control.

收稿日期: 2025-01-13

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFD1401200); 山东省农业科学院农业科技创新工程(CXGC2024G12); 国家特色蔬菜产业技术体系(CARS-24-C-04)

作者简介: 王丽岩, 农艺师, 硕士, 主要从事植物病理学研究, E-mail: liyanw19@163.com。王丽岩、韩志磊为同等贡献作者

通信作者: 姜珊珊, 副研究员, 博士, 主要从事病毒病害监测与防控研究, E-mail: shanshan2113@163.com

In conclusion, the application of the detoxification treatment effectively reduced viral infections and improved garlic seedling growth and yield, which had important practical implications for garlic production.

Keywords: detoxification treatment; garlic; virus infection; growth traits; yield

大蒜 (*Allium sativum* L.) 属于石蒜科 (Amaryllidaceae) 葱属 (*Allium*), 是一种重要的经济作物和调味品, 在全球范围内广泛种植, 在我国已有超过 2 000 a 的种植历史^[1]。大蒜不仅具有重要的营养价值, 其提取物大蒜素还广泛应用于杀菌剂, 具有显著的药用价值^[2-4]。然而, 大蒜的生长常受到各种病害的影响, 其中植物病毒感染是限制大蒜产业安全发展的关键因素之一^[5-6]。大蒜主要通过无性繁殖方式 (分瓣或气生鳞茎等) 进行繁殖, 这使病毒易于在种质材料中累积, 导致病毒病逐年加重^[5-7]。病毒感染会导致大蒜叶片褪绿黄化、扭曲, 植株生长减缓、矮小, 鳞茎变小等症状, 严重影响品质和产量^[5-7]。目前, 已报道可感染大蒜的病毒种类超过 20 种, 主要包括香石竹潜隐病毒属 (*Garlavirus*)、青葱 X 病毒属 (*Allexivirus*)、马铃薯 Y 病毒属 (*Potyvirus*) 的病毒和正番茄斑萎病毒属 (*Orthotospovirus*) 的病毒^[8-10]。在我国的大蒜栽培区, 大多数大蒜品种受到多种病毒的复合侵染, 这些病毒统称为大蒜病毒复合物^[9-11]。大蒜病毒复合物不仅影响大蒜的生长特性, 还导致显著的经济损失, 报告显示其产量损失可高达 50%^[7]。为了提高大蒜的产量和质量, 脱毒技术逐渐成为研究热点之一^[12-13]。脱毒处理是一种通过物理、化学或生物方法去除植物体内病毒的有效手段。近年来, 脱毒技术已在马铃薯、甘薯、草莓和百合等作物上得到广泛应用^[14-22]。研究表明, 脱毒处理可以显著改善植物的抗病能力, 提高其农艺性状和产量。在甘薯和马铃薯等作物中, 脱毒处理已被证明能有效降低病毒携带率, 促进生长, 提高产量^[14-15]。然而, 大蒜病毒种类繁多, 这给脱毒技术带来了挑战。已有大量研究证明了各种脱毒技术对大蒜病毒的脱除效果和增产效果^[12-13], 但生产中市场销售的脱毒蒜病毒携带情况及生产优势还有待深入探讨。

本研究以市售的脱毒大蒜为试验材料, 通过田间种植试验, 比较了脱毒大蒜与未脱毒大蒜在病毒携带种类、生长指标及产量方面的差异, 旨在深入探讨脱毒处理对大蒜生长的影响, 探讨脱毒技术在生产实际中的应用效果, 为脱毒大蒜在农

业生长中的应用提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试大蒜品种为金蒜一号, 脱毒蒜和未脱毒蒜均从市场购买。

1.2 试验设计

试验于山东省农业科学院济阳试验基地进行, 试验地排灌便利, 肥力中等, 适宜大蒜种植。前茬作物为玉米, 无与大蒜共患病虫害, 满足田间试验需求。试验共设置 2 个处理组, 分别为脱毒大蒜种植区 (TD) 和未脱毒大蒜种植区 (WTD)。大蒜种植行距为 20 cm, 株距为 10 cm; 每个种植区面积为 150 m²。田间种植时间为 2021 年 10 月 18 日至次年 5 月 31 日, 种植周期为 225 d。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 大蒜病毒观察和检测 在大蒜出苗后第 30 天, 进行病毒症状观察, 然后在出苗后第 45 天, 分别采集脱毒处理和未脱毒处理的大蒜幼叶, 各取 10 株, 样品送至北京诺禾致源科技股份有限公司进行转录组测序, 以确定各处理幼苗的病毒携带情况。

1.3.2 大蒜生长指标及产量测定 播种 30 d 后调查出苗率。分别在脱毒处理区和未脱毒处理区进行五点调查, 每个点调查 1 m² 内 20 株大蒜的出苗情况。

$$\text{出苗率} = \text{出苗数} / \text{栽种数} \times 100\% \quad (1)$$

播种 30 d 后调查大蒜苗期株高, 测量植株从地面基部至叶片最高处的自然高度。在成株期, 调查地上假茎高和地上假茎粗。地上假茎高为测量植株自土壤表面至植株抽叶口处的距离, 地上假茎粗为测量自土壤表面上 1/3 处的最大直径。收获前统计大蒜种质发生二次生长的数量。以上指标的测定均在脱毒处理区和未脱毒处理区随机取 5 点, 每个点调查 20 株蒜苗。在鳞茎收获期, 测定鳞茎高、鳞茎横径、单头鳞茎质量、单鳞芽质量、鳞芽数, 并观察鳞茎排列方式。播种 225 d 时收获, 分别在 2 个处理区进行五点取样, 每个取样点收取 1 m² 内的所有鳞茎称质量, 并测算公顷产量。

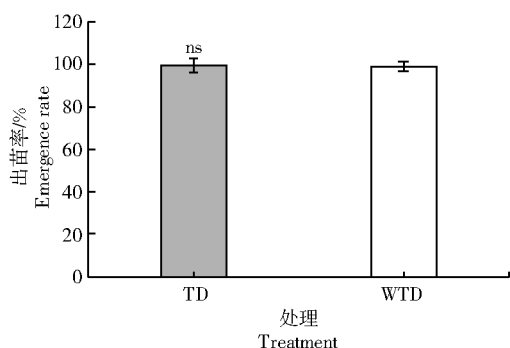
1.4 数据处理

试验使用 Microsoft Excel 2019 进行数据分析并作图;采用 *t* 检验分析样本间的差异性。

2 结果与分析

2.1 脱毒处理对大蒜出苗率的影响

分别于出苗后对脱毒蒜区和未脱毒蒜区的出苗情况进行统计。从图 1 可以看出,脱毒蒜处理区和未脱毒蒜处理区的大蒜出苗率都高于 99%,处理间差异不显著。表明本试验选取脱毒蒜和未脱毒蒜的出苗率无差别。



ns 表示差异不显著

ns indicated the difference was not significant

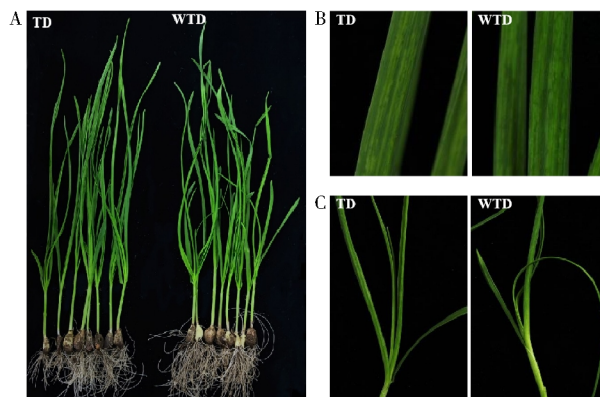
图 1 不同处理大蒜出苗率比较

Fig.1 Comparison of emergence rate in different treatments

2.2 脱毒处理后大蒜病毒检测

种植 30 d 后分别对脱毒蒜区(TD)和未脱毒蒜

区(WTD)大蒜苗期形态及病毒病症状进行观察,脱毒蒜苗植株和叶片挺立向上伸展,而未脱毒蒜苗植株和叶片卷曲不挺直(图 2-A)。对蒜苗病毒病症状进行观察发现,脱毒株与未脱毒株蒜叶均表现出褪绿条纹,而未脱毒蒜苗叶片上的症状比脱毒株更严重(图 2-B),且新叶出现卷曲(图 2-C)。



A. 不同处理蒜苗整体形态; B. 不同处理蒜叶局部症状; C. 不同处理新生叶形态

A. Overall morphology of garlic seedlings in different treatments; B. Local symptoms of garlic leaves in different treatments; C. Morphology of new leaves in different treatments

图 2 不同处理大蒜 30 d 时植株形态及病毒病症状

Fig.2 Plant morphology and virus disease symptoms after 30 days of garlic planting in different treatments

通过 RNA-Seq 检测脱毒蒜苗和未脱毒蒜苗携带的病毒种类,结果如表 1 所示。

表 1 大蒜样品的病毒检测结果

Tab.1 Virus detection results of garlic samples

病毒名称 Virus name	病毒检测结果 Virus detection results	
	TD	WTD
大蒜病毒 A Garlic virus A(GarV-A)	-	+
大蒜病毒 B Garlic virus b(GarV-B)	-	+
大蒜病毒 C Garlic virus C(GarV-C)	-	+
大蒜病毒 D Garlic virus D(GarV-D)	-	+
大蒜病毒 E Garlic virus E(GarV-E)	-	+
大蒜病毒 X Garlic virus X(GarV-X)	+	+
大蒜普通隐潜病毒 Garlic common latent virus(GCLV)	+	+
大蒜隐潜病毒 Garlic latent virus(GLV)	+	+
韭葱黄条病毒 Leek yellow stripe virus(LYSV)	+	+
洋葱黄矮病毒 Onion yellow dwarf virus(OYDV)	+	+

注:“+”表示检出该病毒;“-”表示未检出该病毒。

Note: "+" indicated the detection of the virus; "-" indicated no detection of the virus.

从表 1 可以看出,未脱毒蒜苗中检出病毒共 10 种,分别为:大蒜病毒 A(Garlic virus A, GarV-A)、大蒜病毒 B(Garlic virus B, GarV-B)、大蒜病毒 C(Garlic virus C, GarV-C)、大蒜病毒 D(Garlic virus D, GarV-D)、大蒜病毒 E(Garlic virus E, GarV-E)、大蒜病毒 X(Garlic virus X, GarV-X)、大蒜隐潜病毒(Garlic latent virus, GLV)、大蒜普通隐潜病毒(Garlic common latent virus, GCLV)、韭葱黄条病毒(Leek yellow stripe virus, LYSV)和洋葱黄矮病毒(Onion yellow dwarf virus, OYDV);而脱毒处理的蒜苗仅检出 GarV-X、GLV、GCLV、LYSV、OYDV 等 5 种病毒。由此表明,脱毒处理可以脱除大部分大蒜病毒,减轻蒜苗病毒病

症状。

2.3 脱毒处理对大蒜植株生长性状的影响

分别于苗期和成株期对大蒜植株的株高、茎粗进行调查。从表 2 可以看出,脱毒蒜苗苗期株高平均为 21.25 cm,比未脱毒蒜增加了 3.35 cm,提高了 18.72%,差异达极显著水平($P < 0.01$);脱毒蒜苗成株期假茎高平均为 28.33 cm,与未脱毒蒜相比增加了 2.16 cm,提高了 8.25%,差异达极显著水平($P < 0.01$)。脱毒蒜苗成株期假茎粗平均为 1.27 cm,与未脱毒蒜相比增加了 0.08 cm,提高了 6.72%,差异达极显著水平($P < 0.01$)。由此表明,脱毒处理对大蒜株高和茎粗有显著促进作用。

表 2 大蒜植株生长性状的调查

Tab.2 Investigation on the growth traits of garlic plants

cm

处理 Treatment	苗期株高 Plant height at seeding stage	成株期假茎高 Pseudostem height at adult stage	成株期假茎粗 Pseudostem thickness at adult stage
TD	21.25±2.36aA	28.33±3.16aA	1.27±0.04aA
WTD	17.90±2.31bB	26.17±4.94bB	1.19±0.03bB

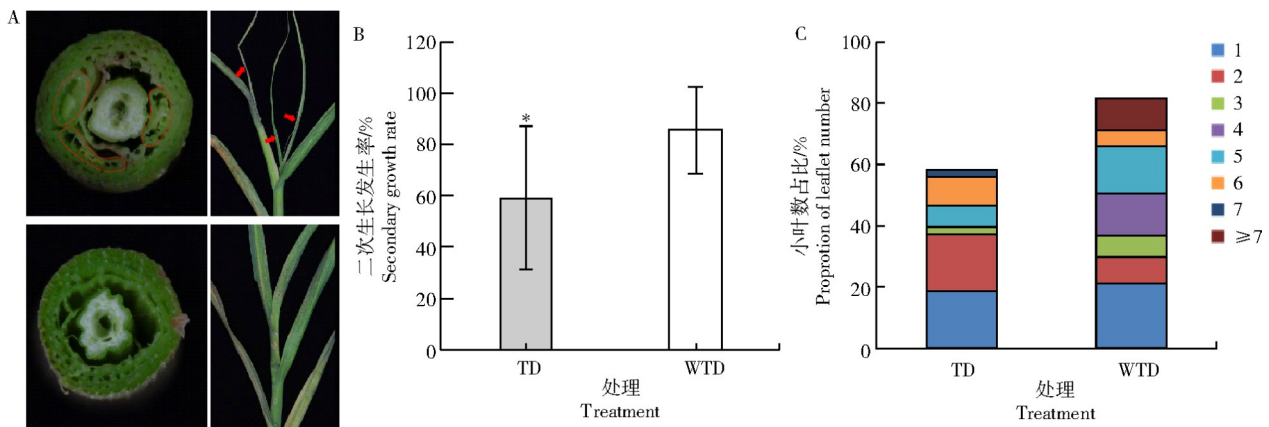
注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示处理间差异极显著($P < 0.01$)。表 3 同。

Note: Different lowercase letters indicated significant differences between the treatments($P < 0.05$), different uppercase letters indicated extremely significant differences between the treatments($P < 0.01$). The same as Tab.3.

2.4 脱毒处理对大蒜二次生长的影响

于收获前对田间大蒜二次生长情况进行调查

统计,结果如图 3 所示。



A. 大蒜二次生长情况。上排图为出现二次生长大蒜植株的假茎横截面和小叶,红圈和红箭头所指为小叶;下排图为未出现二次生长的大蒜植株。B. 不同处理大蒜植株二次生长发生率。C. 不同处理二次生长小叶数。*表示处理间差异显著($P < 0.05$)

A. Secondary growth of garlic. The upper image showed the cross-section of the pseudostem and leaflets of garlic plants with secondary growth. The red circles and red arrows indicated the leaflets. The bottom row showed garlic plants without secondary growth. B. Statistics on the secondary growth rate in garlic plants in the different treatments. C. Statistics of the number of secondary growth leaflets in different treatments. * indicated significant difference($P < 0.05$)

图 3 不同处理大蒜二次生长情况统计

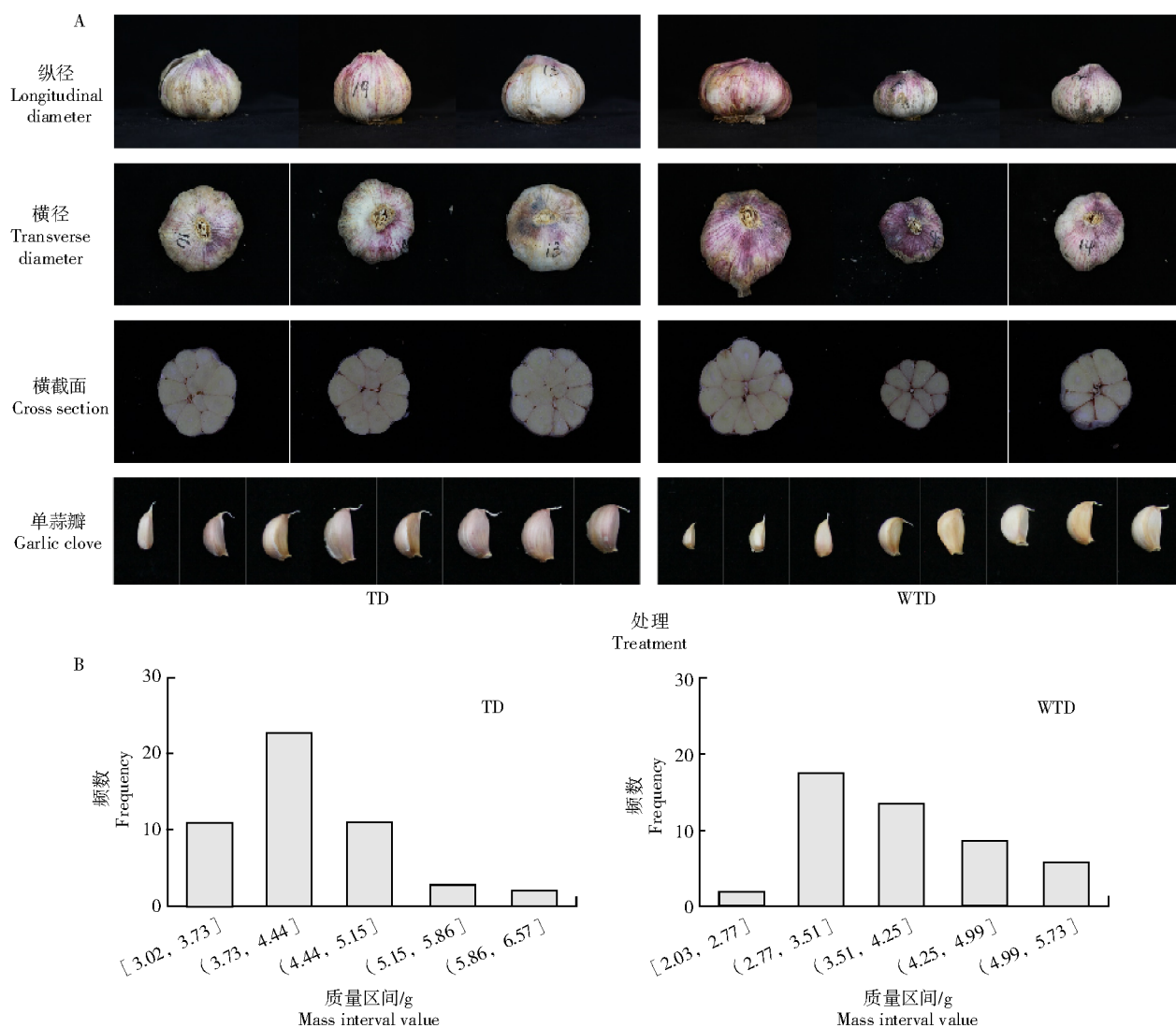
Fig.3 Statistics on secondary growth of garlic in different treatments

从图3可以看出,未脱毒大蒜出现二次生长的植株占比为85.64%,脱毒大蒜出现二次生长的植株占比为59.09%。对出现二次生长的大蒜植株的再生叶数量进行统计,结果如图3-C所示,脱毒区大蒜单株再生叶最多为7片,其中1片和2片的总占比为64%;而未脱毒区单株再生叶最多为13片,超过7片的植株占比为12.24%。由此表明,脱毒处理可以有效减缓大蒜植株出现二次生长的现象。

2.5 脱毒处理对大蒜产量性状的影响

于收获期对大蒜鳞茎的产量性状进行观察,

结果如图4-A所示,与未脱毒处理相比,脱毒蒜鳞茎大小均一,形状规整,蒜瓣排列更为紧实,排列更规则。从表3可以看出,单头脱毒蒜与未脱毒蒜的蒜瓣数分别为14.14、13.84个,差异不显著。脱毒处理的鳞茎横径和纵径分别为5.54、3.46 cm,与未脱毒蒜相比分别增加了3.41%和8.10%,差异极显著($P<0.01$)。脱毒蒜单瓣质量和单鳞茎质量平均分别为4.21、54.89 g,与未脱毒蒜相比分别增加了9.95%和6.83%,且差异达显著($P<0.05$)和极显著($P<0.01$)。



A. 脱毒处理和未脱毒处理单鳞茎产量性状形态对比; B. 2个处理单瓣质量的频数分布

A. A morphological comparison of yield traits of single bulbs between the detoxification treatment and the no detoxification treatment; B. Frequency distribution of single clove weights in the two treatments

图4 不同处理鳞茎产量性状比较

Fig.4 Comparison of yield traits of garlic bulbs in different treatments

表 3 不同处理对大蒜产量性状的影响

Tab.3 Effects of different treatments on the yield traits of garlic

处理 Treatments	鳞茎横径/cm Bulb transverse stem	纵径/cm Longitudinal diameter	蒜瓣数量/个 Number of garlic cloves	单瓣质量/g Single clove weight
TD	5.54±0.15aA	3.46±0.17aA	14.14±1.25a	4.21±0.75a
WTD	5.36±0.28bB	3.20±0.23bB	13.84±1.76a	3.83±0.78b

处理 Treatments	单鳞茎质量/g Weight per bulb	地上鲜质量/(g/m ²) Aboveground fresh weight	地下鲜质量/(g/m ²) Underground fresh weight	平均产量/(kg/hm ²) Average yield
TD	54.89±4.18aA	1 237.07±178.60a	1 934.80±289.49a	1 289.87±192.99a
WTD	51.37±5.57bB	1 038.42±78.55a	1 668.90±125.59a	1 112.61±83.73a

利用直方图对单瓣质量占比进行分析,结果如图 4-B 所示,脱毒蒜单瓣质量占比最高的为 3.73~4.44 g,而未脱毒蒜单瓣质量占比最高的为 2.77~3.51 g,表明脱毒处理有助于增加单瓣质量进而导致单鳞茎质量增加。脱毒蒜地上鲜质量和地下鲜质量分别为 1 237.07、1 934.80 g/m²,与未脱毒蒜相比脱毒蒜整株生物量增加了 17.16%。对 2 个处理区的产量进行测算,未脱毒区折合产量为 1 112.61 kg/hm²,脱毒区产量为 1 289.87 kg/hm²,脱毒区总产量比未脱毒区总产量增加了 15.93%。由此表明,脱毒处理有助于增加大蒜整株生物量,促进鳞茎的形成和生长,实现增产。

3 结论与讨论

本研究通过田间种植试验评估了市售的脱毒大蒜与未脱毒蒜相比在生长及产量上的优势。结果表明,经过脱毒处理的大蒜在出苗后携带病毒种类显著低于未脱毒大蒜,病害症状也有所减轻,尽管仍可检出多种病毒。这一发现与前人研究一致,支持了脱毒技术可有效降低植物体内病毒携带量的观点^[23]。多种病毒共存会严重影响大蒜生长,导致产量下降^[7],而通过脱毒处理能够有效减少大蒜植株中感染病毒的种类,从而改善大蒜的健康状况,提升经济价值。

本研究选用的未脱毒蒜中共检出 10 种病毒,在脱毒蒜样品中共检出 5 种病毒,脱毒处理对大多数属于 *Allxivirus* 的病毒 (GarV-A、GarV-B、GarV-C、GarV-D 和 GarV-E) 展现出良好的清除效果,但同属中的 GarV-X 及 *Garlavirus*、*Potyvirus* 的 4 种病毒仍可在脱毒蒜中检出。LYSV 和 OYDV 在我国大蒜上是分布最广、危害最重的 2 种病毒^[9],由此推测,LYSV 和 OYDV 较难通过脱毒处理清除,是导致这 2 种病毒与其他病毒相比在产业中危

害更重的因素之一。

虽然研究发现脱毒大蒜与未脱毒大蒜在出苗率方面无显著差异,但脱毒大蒜在整个生长期的表现却明显优于未脱毒蒜。本研究中,与未脱毒蒜相比,脱毒大蒜的苗期株高、地上假茎高及地上假茎粗分别提高了 18.72%、8.25% 和 6.72%。这些结果表明,脱毒处理有助于促进大蒜的健康生长。由此推测,脱毒蒜中病毒对植物正常生理活动的抑制作用得到了缓解^[24]。在收获期,脱毒大蒜在蒜头的横纵茎和质量方面均显著高于未脱毒大蒜,总产量增加了 15.93%。本研究的结果进一步强调了脱毒处理不仅改善了大蒜的生长特性,还直接提升了农作物的经济价值^[12-13]。

大蒜二次生长是大蒜植株上发生的异常生长现象,发生二次生长的大蒜会出现蒜头畸形、蒜瓣排列不规则且易松散脱落的问题,严重影响大蒜的商品性和销售^[25]。本研究结果表明,脱毒大蒜的二次生长发生率比未脱毒大蒜的降低了 26.55 百分点,表明脱毒处理能够有效减少大蒜二次生长现象,与前人研究结果一致^[26]。大蒜出现二次生长一般是因为大蒜在不适宜生长条件下,经历胁迫后,为了适应逆境、试图恢复生长潜力,产生再生芽的现象^[26]。病毒感染对植物生长的影响是复杂的,当植物受到病毒感染时,其在水分、营养物质和光合作用等方面的获取能力受限,可能导致生长停滞或不均匀生长^[27]。在本研究中,脱毒蒜携带病毒种类减少且二次生长发生率降低,由此推测,脱毒处理可以通过降低病毒对植株的危害,从而减少了大蒜产生二次生长的需求,使其更好地利用土壤中的养分和水分,提高了生长的一致性和稳定性。

值得注意的是,虽然脱毒处理可以降低大蒜携带病毒种类,但由于某些病毒未被完全去除,可

能会对大蒜的长期生长和产量产生一定影响。本研究发现,脱毒蒜苗依然可以观察到褪绿条纹的病毒病症状。有研究表明,不同的脱毒方法对不同病毒脱除效率有差异^[18-20]。草莓感染的3种病毒经超低温处理后可以完全脱除,而茎尖脱毒培养却无法完全清除所有病毒^[20],且不同作物在脱毒技术应用上也存在差异^[28]。因此,未来的研究应进一步探索更为有效的脱毒技术,以实现对所有病毒的有效去除。

综上所述,本研究的结果显示,市售的脱毒大蒜在减缓病毒病危害、健康生长及增加产量上与未脱毒大蒜相比均有优势,表明脱毒处理对大蒜病毒的脱除效果是显著的,能够有效提升大蒜的生长性能和产量,为脱毒大蒜的种植提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 王申奥,杜新豪. 中国蒜的分类、栽培与利用史略[J]. 中国科技史杂志,2024,45(1):170-179.
WANG S A, DU X H. A brief history of classification, cultivation and utilization of garlic and *Allium macrostemon* in China [J]. The Chinese Journal for the History of Science and Technology, 2024, 45(1):170-179.
- [2] SHANG A, CAO S Y, XU X Y, et al. Bioactive compounds and biological functions of garlic(*Allium sativum* L.)[J]. Foods, 2019, 8(7):246.
- [3] EL-SAADONY M T, SAAD A M, KORMA S A, et al. Garlic bioactive substances and their therapeutic applications for improving human health: a comprehensive review[J]. Frontiers in Immunology, 2024, 15:1277074.
- [4] 张亚峰,姚振,马强,等. 青海碱性土壤区天然富硒大蒜硒积累规律[J]. 山西农业科学,2024,52(1):101-106.
ZHANG Y F, YAO Z, MA Q, et al. Selenium accumulation of natural selenium-rich garlic in alkaline soil area of Qinghai province[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2024, 52(1):101-106.
- [5] CREMER J, CAMPBELL P, STEELE V, et al. Detection and distribution of viruses infecting garlic crops in Australia[J]. Plants, 2021, 10(5):1013.
- [6] 徐培文,杨又迪,杨崇良. 大蒜病毒病的研究进展[J]. 世界农业,1997(4):32-34.
XU P W, YANG Y D, YANG C L. Research progress of garlic virus disease[J]. World Agriculture, 1997(4):32-34.
- [7] 刘莹. 大蒜病毒病的发生与综合防治技术[J]. 长江蔬菜,2023(13):55-56.
LIU Y. Occurrence and integrated control techniques of garlic virus disease[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2023(13):55-56.
- [8] NAM M, LEE Y H, PARK C Y, et al. Development of multiplex rt-PCR for simultaneous detection of garlic viruses and the incidence of garlic viral disease in garlic genetic resources[J]. The Plant Pathology Journal, 2015, 31(1):90-96.
- [9] 肖立,程超,石朝鹏,等. 山东省大蒜病毒病害的病原种类鉴定[J]. 植物病理学报,2023,53(2):338-342.
XIAO L, CHENG C, SHI Z P, et al. Identification of pathogenic species of garlic virus diseases in Shandong province[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2023, 53(2):338-342.
- [10] 宋晓宇,刘勇,陈建斌,等. 番茄斑萎病毒系统侵染我国大蒜[J]. 植物保护,2019,45(3):149-151.
SONG X Y, LIU Y, CHEN J B, et al. Systemic infection of Chinese garlic by *Tomato spotted wilt tospovirus*[J]. Plant Protection, 2019, 45(3):149-151.
- [11] 阳文龙,王洋,宋江萍,等. 我国大蒜种质资源携带的病毒种类及分布[J]. 微生物学报,2022,62(12):4868-4877.
YANG W L, WANG Y, SONG J P, et al. The species and distribution of viruses in the garlic germplasm resources of China[J]. Acta Microbiologica Sinica, 2022, 62(12):4868-4877.
- [12] 刘灿玉,杨峰,陆信娟,等. 脱毒对大蒜生长、碳氮代谢的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(8):141-145.
LIU C Y, YANG F, LU X J, et al. Effects of detoxification on growth, carbon-nitrogen metabolism of garlic[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022, 50(8):141-145.
- [13] 雷玉明,郑天翔,雷鑫,等. 脱毒对民乐紫皮大蒜农艺性状、产量及品质的影响[J]. 蔬菜,2023(5):17-22.
LEI Y M, ZHENG T X, LEI X, et al. Effects of virus-free on agronomic traits, yield and quality of Minle purple garlic[J]. Vegetables, 2023(5):17-22.
- [14] 张忠新,李仁敬,季青. 新疆大蒜脱毒苗的研究[J]. 新疆农业科学,1985,22(6):21-22.
ZHANG Z X, LI R J, JI Q. Study on virus-free garlic seedlings in Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 1985, 22(6):21-22.
- [15] 徐培文,孙慧生,孙瑞杰,等. 大蒜茎尖培养脱毒及增产效果的研究[J]. 山东农业科学,1991,23(6):6-10.
XU P W, SUN H S, SUN R J, et al. Virus elimination of garlic(*Allium sativum* L.) by shoot-tip culture and its effect on yield improvement[J]. Shandong Agricultural Sciences, 1991, 23(6):6-10.
- [16] 董玉惠,顾启玉,苑磊,等. 大蒜气生鳞茎脱毒快繁[J]. 植物生理学报,2019,55(9):1315-1324.
DONG Y H, GU Q Y, YUAN L, et al. Rapid propagation of virus-free garlic aerial bulbs[J]. Plant Physiology Journal, 2019, 55(9):1315-1324.
- [17] 高畅,杨飞,沈若刚,等. 嘉定白蒜脱毒微鳞茎诱导的快繁技术研究[J]. 中国蔬菜,2019(3):66-72.
GAO C, YANG F, SHEN R G, et al. Studies on virus-free microbulb rapid propagation technology of garlic variety 'Jiadingbaisuan'[J]. China Vegetables, 2019(3):66-72.
- [18] 古丽米拉·热合木土拉,徐琳黎,孙慧,等. 不同脱毒技术对马铃薯病毒脱毒效果的影响[J]. 陕西农业科学,2022,68(4):43-48.
GULIMILA R, XU L L, SUN H, et al. Effects of different virus-free techniques on virus-free effect of potato virus[J].

- Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2022, 68(4): 43-48.
- [19] 杨崇良, 尚佑芬, 赵玖华, 等. 甘薯脱毒技术及增产效果研究[J]. 植物保护学报, 1998, 25(1): 51-55.
YANG C L, SHANG Y F, ZHAO J H, et al. Produce techniques and practice of virus-free sweet potato[J]. Journal of Plant Protection, 1998, 25(1): 51-55.
- [20] 刘子元, 赵艳艳, 苏艺芃. 草莓超低温脱毒体系优化及效果检测[J]. 甘肃农业大学学报, 2025, 60(2): 137-144.
LIU Z Y, ZHAO Y Y, SU Y P. Optimization and effect detection of ultra-low temperature virus-free treatment of strawberries[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2025, 60(2): 137-144.
- [21] 吴然, 边光亚, 薛少红, 等. 兰州百合脱毒原种球繁育技术[J]. 蔬菜, 2022(7): 77-79.
WU R, BIAN G Y, XUE S H, et al. Breeding techniques of virus-free original bulbs of Lanzhou lily[J]. Vegetables, 2022(7): 77-79.
- [22] 黎文敏, 薛铭, 谢利, 等. 兰花病毒检测与脱毒技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(3): 8-11.
LI W M, XUE M, XIE L, et al. Research progress on technology of virus detection and virus-removing in orchids[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(3): 8-11.
- [23] ZARGHAMI R, AHMADI B. Production of plum pox virus-free and *Prunus* necrotic ringspot virus-free regenerants using thermo-therapy and meristem-tip culture in *Prunus persica* L. [J]. Erwerbs-Obstbau, 2023, 65(4): 719-727.
- [24] 丁明珠, 邓竹根, 胡克玲, 等. 蜜薯的脱毒培养及脱毒苗的生理变化[J]. 安徽农业大学学报, 2021, 48(4): 560-568.
DING M Z, DENG Z G, HU K L, et al. Virus-free culture of sweet potato and physiological changes of virus-free seedlings [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2021, 48(4): 560-568.
- [25] 陈广平. 大蒜二次生长形成原因及其内部生理特性的变化[D]. 泰安: 山东农业大学, 2008.
CHEN G P. The forming reason of secondary growth and changes of inner physiological properties in garlic bulb[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2008.
- [26] 王润泓, 张庆元. 大蒜二次生长的主要原因及预防措施[J]. 现代农业科技, 2010(23): 155.
WANG J H, ZHANG Q Y. Main reasons and preventive measures of garlic secondary growth[J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2010(23): 155.
- [27] EVALLO E, TAGUIAM J D, BALENDRES M A. A brief review of plant diseases caused by *Cactus virus X*[J]. Crop Protection, 2021, 143: 105566.
- [28] 胡琳琳, 王雁楠, 卞倩倩, 等. 甘薯郑红 23 号高效脱毒技术探讨[J]. 山西农业科学, 2022, 50(9): 1249-1255.
HU L L, WANG Y N, BIAN Q Q, et al. Study on the highly efficient detoxification technology of sweet potato Zhenghong 23[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2022, 50(9): 1249-1255.

著作权使用声明

本刊已许可中国知网以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含中国知网著作权使用费, 所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。如有异议, 请在投稿时说明, 本刊将按作者说明处理。

《山西农业科学》编辑部