



吴贵生,董爱书,杜吉到,等.芸豆普通细菌性疫病绿色防控措施建立[J].黑龙江农业科学,2024(3):23-29.

芸豆普通细菌性疫病绿色防控措施建立

吴贵生¹,董爱书²,杜吉到¹,赵 强¹

(1.黑龙江八一农垦大学 农学院/国家杂粮工程技术研究中心,黑龙江 大庆 163319; 2.嫩江市农业技术推广中心,黑龙江 嫩江 161400)

摘要:为筛选出一种简便、成本低且环保的方法提高芸豆普通细菌性疫病防治效果,提高籽粒产量和品质,以芸豆品种垦芸 15 为试验材料,采取裂区试验设计,主因素为种植密度(M),副因素为防控次数(T),在芸豆花期喷施混合杀菌剂(丙环唑乳油 20 g·L⁻¹+35%喹啉铜 40 g·L⁻¹+四霉素悬浮剂 40 g·L⁻¹+30%吡唑醚菌酯悬浮剂 30 g·L⁻¹+30%苯甲 20 g·L⁻¹)处理,通过调查病情指数、防治效果、产量、株高等指标,明确不同种植密度下绿色防控措施对芸豆普通细菌性疫病的防治效果。结果表明,在不进行防控措施时,芸豆普通细菌性疫病的发病指数随种植密度的增加而升高。不同种植密度下,芸豆普通细菌性疫病的发病率随防控次数的增加而显著下降,各种种植密度下均以 T3 处理下的防效最高,其中 M1T3、M2T3 和 M3T3 的防效分别达到 75.05%、73.97%和 84.11%。同时,各种种植密度下,与不防控相比较,T3 处理下芸豆产量的上升幅度分别达到 11.52%、9.03%和 8.68%。通过比较效益分析,建议在芸豆低种植密度时进行 2 次防控,而中、高种植密度时则需防控 3 次。

关键词:芸豆;种植密度;细菌性疫病;绿色防控

芸豆(*Phaseolus vulgaris* L.)又名四季豆,学名普通芸豆,为豆科芸豆属植物,在我国具有悠久的种植历史,是黑龙江省主要的杂粮作物之一^[1]。芸豆营养含量丰富,是粮食和饲料兼用的作物,在国内外具有较高的需求^[2-4]。芸豆的产量和品质易受到外界环境条件的影响。在芸豆生产过程中常见的病害主要分为 3 类:(1)真菌性病害,如角斑病、锈病、炭疽病;(2)细菌性病害,如细菌性疫病、晕疫病、细菌性萎蔫病;(3)病毒病,如花叶病毒、金色黄花叶病毒、花叶坏死病毒等。其中,芸豆普通细菌性疫病是近些年来导致世界范围内芸豆减产的最重要病害之一^[5]。

导致我国黑龙江地区芸豆普通细菌性疫病的病原菌主要为地毯草黄单胞杆菌的芸豆致病变种(*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, Xap)和褐色黄单胞菌褐色亚种(*Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans*, Xff),其可侵染芸豆、豇豆、扁豆、小豆、绿豆等多种植物,是欧洲和地中海植物保护组织(EPPO)的 A2 类检疫性有害生物,也被我国列为三类危险性有害生物^[5-6]。这两类病菌可侵染芸豆的叶片、茎、荚及种子等组织,严重影响植株的生长和产量的形成^[7]。芸豆普通细菌性

疫病的发病率受环境影响较大,高温和高湿环境下该病害的发生率较高。在我国黑龙江省地区,芸豆的花荚期是该病害发生的主要时期,发病时可导致芸豆减产 20%~60%,严重时可导致高感品种减产 80%以上,甚至绝产。并且,近些年来黑龙江省芸豆主产区的普通细菌性疫病危害程度呈加重趋势,严重威胁着我国芸豆的生产^[8]。

绿色防控是指在农业生产中采用生态友好、环保健康的方式进行的病虫害防治措施,主要以农业防控、物理诱杀、生物防控为基础,采用精准用药等技术,配合施用生物制剂和低毒、低残留的农药进行病虫害防治,以减少农药使用量,从而提高综合防治效果和农产品质量安全,以最大限度地减少对环境和生态系统的不良影响^[9-11]。吴燕君等^[12]在丝瓜蔓枯病全程绿色防控技术模式的应用效果研究中发现,绿色防控区丝瓜蔓枯病发病程度显著轻于常规防控区和空白对照区,防效好且持效期长,果实商品性最好。张建国等^[13]的猕猴桃病虫害绿色防控技术研究结果表明,与常规化学防治技术相比,绿色防治技术可减少用药 2 次,减少化学农药 7 种,且防效更好,具有持效期长、降低成本、节约人力、减少对非靶标生物的

收稿日期:2024-01-24

基金项目:黑龙江省重点研发计划(GA21B009-04)。

第一作者:吴贵生(1996—),男,硕士研究生,从事芸豆良种繁育研究。E-mail:wgs000526@163.com。

通信作者:赵强(1987—),男,博士,副教授,从事豆类抗逆基因挖掘、特用豆育种研究。E-mail:zqiang1987@126.com。

影响等优点。目前在芸豆生产过程中,关于绿色防控措施相关研究较少,对于病虫害的防治方法依然依靠种植者的经验,导致芸豆生产的比较效益较差,同时环境污染增加。因此,建立高效的芸豆细菌性疫病的绿色防控措施对于减轻黑龙江地区芸豆细菌性疫病病情指数和增加芸豆产量具有重要意义。

本研究以芸豆品种垦芸 15 为试验材料,采取裂区试验设计,分析不同种植密度下不同防控措施对芸豆普通细菌性疫病的防治效果及对芸豆生长的影响,为芸豆病虫害绿色防控措施的优化提供基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于 2022 年 6 月 1 日—9 月 15 日在嫩江市农业科技园区(49°19'N,125°30'E)内进行。该地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温约 2 230 $^{\circ}\text{C}$ 。试验地前茬作物为玉米,土壤质地为黑土,有机质含量为 4.87%,有效磷含量为 45.23 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,碱解氮含量为 169.3 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾含量为 293.3 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH 为 5.84。试验期间月平均降水量和平均气温如图 1 所示。

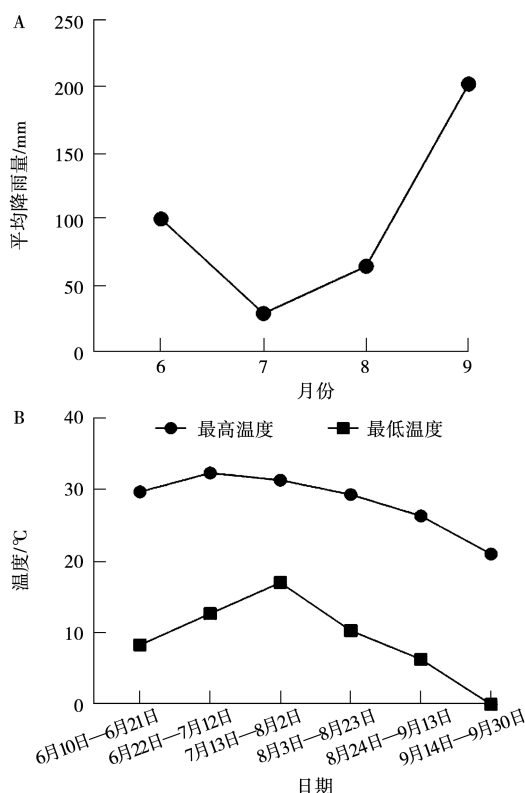


图 1 试验周期内月平均降水量(A)和平均气温(B)

1.2 材料

1.2.1 供试材料 芸豆品种垦芸 15 种子由黑龙江八一农垦大学种质资源创新团队提供。为建立芸豆普通细菌性疫病绿色防控措施,试验选用的药剂均为低毒、低残留。

1.2.2 供试药剂 试验药剂 30%吡唑醚菌酯悬浮液购自江西禾益化工股份有限公司;30%苯甲乳剂购自河北博嘉农业有限公司;丙环唑乳油购自山东省青岛格力斯药业有限责任公司生产;35%喹啉铜购自山西运城绿康实业有限公司;四霉素悬浮剂购自山东正鑫利华生物科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 本研究采取裂区试验设计,主因素为芸豆种植密度,副因素为混合杀菌剂防控喷施次数。设置芸豆种植密度分别为 21.74 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ (低密度, M1)、32.40 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ (常规种植密度, M2)和 43.48 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ (高密度, M3)。于芸豆植株的花期开始进行叶面喷施混合杀菌剂处理,喷施次数设置为 0 次(CK)、1 次(T1)、2 次(T2)和 3 次(T3),喷液量为 10 L $\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ 。为防止其他病害的发生对本研究的影响,在处理液中添加吡唑醚菌酯和苯甲丙环唑作为炭疽病的防治药剂。本研究所用处理液配方为:丙环唑乳油 20 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ +35%喹啉铜 40 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ +四霉素悬浮剂 40 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ +30%吡唑醚菌酯悬浮剂 30 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ +30%苯甲 20 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。采取人工播种的方式,垄距 46 cm,每种处理种植 5 垄,小区面积 15 m^2 。每个处理重复 3 次,小区田间随机分布。其他管理同当地大田生产。

1.3.2 疫病的调查方法 按照芸豆细菌性疫病分级标准(表 1),在第 3 次喷药处理后的第 7 天,开展芸豆植株普通细菌性疫病病情调查。采用 5 点取样法,每点选连续的 10 株芸豆植株,对其全部叶片的普通细菌性疫病发病情况进行调查。

1.3.3 防控效果计算 按照病情指数计算公式计算各处理的防控效果。

$$\text{病情指数} = \left[\sum (\text{各级病叶数} \times \text{相对应的级数值}) / (\text{调查总数} \times 9) \right] \times 100$$

$$\text{防治效果}(\%) = (\text{CK} - \text{PT}) / \text{CK} \times 100$$

其中,CK 为对照组病情指数,PT 为处理组病情指数^[9]。

1.3.4 植株产量性状和品质性状调查 当普通菜豆成熟后,采取 5 点取样法,每点取连续 10 株

芸豆植株进行考种,调查植株的底荚高度、主茎节数、可育节数、分枝、荚数、粒数等数据。使用谷物分析仪测定籽粒含水量后,折合 13% 的水分计算

籽粒百粒重和单株粒重。使用近红外分析仪,测定芸豆籽粒中蛋白质(P)和脂肪(O)的含量。按照张兆宁等^[14]的方法,测定芸豆籽粒发芽率和发芽势。

表 1 芸豆细菌性疫病分级标准

病害等级	植株状况
1 级	无病害,即植株完全没有任何病征或者病斑,并且健康生长没有出现任何症状
3 级	轻度感染,仅有少数叶片或部分植株出现了一些小的病斑或者其他异常,这些异常范围较小且数量不多,并且整体上并未明显影响到植物的生长
5 级	中度感染,相比于 3 级感染更多的叶片或部分植株被感染,并且这些异常范围较大可能会合并成更大的坏死斑,在整个叶子面积约为 5% 左右发生了扩散,此时已经能够看到一定程度上对于植物生长产生了轻微影响
7 级	重度感染,在大部分叶片甚至是多个位置都有明显表现出来的坏死斑和其他异常征象存在,并且这些坏死斑较多融合成一个巨大区域,约占整个叶子面积的 10% 左右,此时可以明显观察到对植物生长产生了负面影响甚至可能导致其凋萎或死亡
9 级	重度感染,几乎所有叶片和各种位置都有明显的巨大坏死斑存在,并且这些坏死斑非常多以至于融合在一起形成一个巨大区域,在整个叶子面积超过 25% 以上。此时可以明显地观察到其阻碍了植物正常生长并导致植物凋萎、产量急剧下降甚至死亡

1.3.5 数据分析 采用 Excel 2021 和 SPSS 19.0 软件进行数据的处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆细菌性疫病发病指数的影响

由表 2 可知,在不喷施混合杀菌剂的情况下(CK),与地方常规芸豆种植密度(M2)相比较,高密度处理(M3)导致芸豆植株普通细菌性疫病的发病指数显著($P<0.05$)升高,升高幅度为 41.51%,而低密度处理(M1)导致芸豆植株普通细菌性疫

病的发病指数显著($P<0.05$)降低,降低幅度为 18.62%。与对照组(CK)相比较,3 种密度下芸豆植株各级细菌性疫病发病率均随绿色防控次数的增加而呈显著下降趋势,而防效则呈显著上升趋势。3 种密度下均以 T3 处理的防效最好,防效分别达到 75.05%(M1T3)、73.97%(M2T3)和 84.11%(M3T3)。多因素分析结果表明,密度、防控次数和密度×防控次数对芸豆普通性疫病的 1 级、3 级、5 级、7 级和 9 级发病率和病情指数均有极显著影响($P<0.001$)。

表 2 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆细菌性疫病发病指数的影响

密度	处理	发病率/%					病情指数	防效/%
		1 级	3 级	5 级	7 级	9 级		
M1	CK	89.33±0.58 c	42.67±1.53 c	28.33±2.52 c	4.33±0.58 b	0.67±0.58 c	9.83±0.63 c	—
	T1	68.33±1.53 e	31.33±1.53 d	11.33±1.53 g	1.67±0.58 c	0.00±0.00 d	5.57±0.31 f	44.16±0.39 g
	T2	43.67±1.53 h	28.33±1.53 e	8.33±0.58 h	0.00±0.00 e	0.00±0.00 d	4.30±0.22 h	56.79±0.35 e
	T3	29.00±1.00 i	14.67±0.58 g	5.33±0.58 i	0.00±0.00 e	0.00±0.00 d	2.47±0.05 j	75.05±0.17 b
M2	CK	117.00±2.00 b	61.33±2.52 b	30.33±1.53 b	2.00±0.00 c	1.67±0.58 b	11.66±0.31 b	—
	T1	76.00±2.00 d	40.33±2.08 c	13.33±0.58 f	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	6.42±0.26 e	44.87±0.09 g
	T2	55.00±1.00 g	32.33±1.53 d	8.67±0.58 h	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	4.91±0.17 g	58.85±0.28 d
	T3	43.33±1.53 h	21.33±1.53 f	4.33±0.58 i	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	3.19±0.21 i	73.97±0.68 b
M3	CK	138.33±1.53 a	73.33±1.53 a	42.67±1.15 a	6.33±0.58 a	4.67±0.58 a	16.50±0.46 a	—
	T1	88.33±1.53 fc	31.33±1.53 d	24.00±1.00 d	0.67±0.58 d	0.67±0.58 b	7.71±0.11 d	51.65±0.89 f
	T2	62.00±1.00 f	22.00±1.00 f	16.67±1.53 e	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	5.17±0.27 fg	67.88±0.79 c
	T3	25.33±1.53 j	11.33±1.53 h	9.00±1.00 h	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	2.60±0.28 j	84.11±0.35 a
密度		665.224***	108.141***	229.436***	47.250***	40.750***	189.315***	785.180***
防控次数		5320.539***	1178.736***	847.436***	328.917***	104.250***	1702.504***	50156.597***
密度×防控次数		195.803***	88.736***	11.836***	32.917***	26.750***	75.742***	102.567***

注:数据为平均值±标准差;不同小写字母代表各处理间在 0.05 水平上具有显著差异; *、**、*** 分别代表 0.05、0.01 和 0.001 水平上具有显著影响。下同。

2.2 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆植株产量的影响

由表 3 可知,在不喷施杀菌混合剂的情况下,与地方常规芸豆种植密度(M2)相比较,高密度处理(M3)增加芸豆产量,增加幅度为 6.89%,但未达到显著水平;而低密度处理下(M1)则降低了芸豆植株的产量,降低幅度为 3.76%,但未达到显著水平。在相同种植密度下,与 CK 相比较,T3

处理显著($P<0.05$)增加了芸豆产量。多因素分析结果表明,密度和防控次数均对芸豆产量具有极显著($P<0.001$)的影响,而密度 \times 防控次数对芸豆产量无显著影响。同时,密度对芸豆植株的单株粒重具有极显著($P<0.001$)影响,而防控次数则对植株的百粒重具有极显著($P<0.01$)影响。各处理下,M3T3 处理芸豆植株的平均产量最高,达到了 2 358.80 kg \cdot hm⁻²。

表 3 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆植株产量的影响

密度	处理	单株粒重/g	百粒重/g	产量/(kg \cdot hm ⁻²)
M1	CK	11.99 \pm 0.42 b	30.50 \pm 0.91 a	1954.24 \pm 111.99 e
	T1	13.18 \pm 0.82 a	30.73 \pm 0.19 a	2109.12 \pm 131.52 cde
	T2	13.90 \pm 0.05 a	31.68 \pm 0.59 a	2143.36 \pm 69.17 bcd
	T3	13.90 \pm 1.17 a	31.89 \pm 0.58 a	2179.28 \pm 86.17 bcd
M2	CK	8.08 \pm 0.63 cd	29.57 \pm 3.96 b	2030.56 \pm 35.84 de
	T1	9.11 \pm 0.83 c	31.56 \pm 0.09 a	2138.08 \pm 118.38 bcd
	T2	9.21 \pm 0.66 c	31.63 \pm 1.51 a	2172.08 \pm 56.70 bcd
	T3	9.26 \pm 0.81 c	32.66 \pm 1.96 a	2213.92 \pm 59.62 abc
M3	CK	6.73 \pm 1.17 e	30.75 \pm 3.18 a	2170.48 \pm 132.47 bcd
	T1	7.16 \pm 0.40 de	32.07 \pm 0.09 a	2250.56 \pm 106.29 abc
	T2	7.31 \pm 1.13 de	32.07 \pm 0.14 a	2288.72 \pm 87.82 ab
	T3	7.37 \pm 0.69 de	33.09 \pm 0.14 a	2358.80 \pm 64.96 a
密度		194.231***	1.375	10.846***
防控次数		4.985	3.178**	7.368***
密度 \times 防控次数		0.519	0.220	0.115

2.3 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆植株农艺性状的影响

由表 4 可知,在不喷施杀菌混合剂的情况下,与地方常规芸豆种植密度(M2)相比较,高密度(M3)和低密度(M1)处理均对芸豆植株的株高、主茎节数和可育节数无显著影响。与低密度种植

相比较,高密度种植显著增加了底荚高度。在相同种植密度下,防控次数对芸豆植株的株高、底荚高度、主茎节数、可育节数、分枝数等植株形态无显著影响。多因素分析结果表明,除密度对底荚高度有极显著影响外,密度、防控次数和密度 \times 防控次数均对芸豆植株的形态指标无显著影响。

表 4 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆植株形态参数的影响

密度	处理	株高/cm	底荚高度/cm	主茎节数/个	可育节数/个	分枝数/个
M1	CK	41.33 \pm 0.58 ab	23.67 \pm 1.55 cd	8.00 \pm 1.00 a	4.00 \pm 1.00 a	3.33 \pm 0.58 a
	T1	42.00 \pm 1.00 ab	23.00 \pm 1.00 cd	8.33 \pm 0.58 a	4.33 \pm 0.58 a	3.67 \pm 0.58 a
	T2	43.33 \pm 0.58 ab	21.67 \pm 0.58 d	8.33 \pm 1.53 a	4.67 \pm 0.58 a	3.67 \pm 1.15 a
	T3	43.67 \pm 1.15 ab	21.00 \pm 1.00 d	8.67 \pm 0.58 a	4.67 \pm 1.15 a	4.00 \pm 0.00 a
M2	CK	38.00 \pm 2.00 b	20.33 \pm 1.53 abc	8.67 \pm 0.58 a	4.33 \pm 0.58 a	3.67 \pm 0.58 a
	T1	40.02 \pm 2.01 ab	20.67 \pm 3.06 abc	9.00 \pm 1.00 a	4.67 \pm 0.58 a	4.00 \pm 1.00 a
	T2	40.67 \pm 3.79 ab	19.67 \pm 0.58 bcd	9.33 \pm 1.54 a	5.00 \pm 1.00 a	4.67 \pm 0.58 a
	T3	42.02 \pm 4.36 ab	19.67 \pm 0.58 bcd	9.33 \pm 2.51 a	5.33 \pm 1.53 a	4.67 \pm 1.15 a
M3	CK	40.00 \pm 1.73 ab	18.67 \pm 1.06 ab	7.67 \pm 0.58 a	5.00 \pm 0.00 a	3.67 \pm 0.58 a
	T1	41.01 \pm 5.00 ab	18.67 \pm 2.08 ab	9.00 \pm 1.00 a	5.00 \pm 1.00 a	4.00 \pm 0.00 a
	T2	41.33 \pm 1.53 a	16.67 \pm 2.31 abc	9.33 \pm 1.54 a	5.33 \pm 0.58 a	4.33 \pm 0.58 a
	T3	42.33 \pm 0.58 a	16.67 \pm 2.31 abc	9.67 \pm 0.58 a	5.67 \pm 0.58 a	4.67 \pm 1.15 a
密度		2.831	19.446***	1.396	2.885	1.550
防控次数		2.161	2.344	1.556	1.487	2.467
密度 \times 防控次数		0.990	0.196	0.285	0.064	0.217

2.4 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆种子品质的影响

由表 5 可知,在不喷施杀菌混合剂的情况下,与地方常规芸豆种植密度(M2)相比较,低密度种植(M1)和高密度种植(M3)对芸豆籽粒的蛋白质含量均无显著的影响;而高密度种植则显著降低了芸豆籽粒中的脂肪含量。与对照组(CK)相比较,相同种植密度下,芸豆籽粒中蛋白质含量和脂肪含量随防控次数的增加分别呈上升和下降趋

表 5 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆种子品质的影响

处理	M1		M2		M3	
	蛋白质含量/%	脂肪含量/%	蛋白质含量/%	脂肪含量/%	蛋白质含量/%	脂肪含量/%
CK	18.97±0.48 gh	1.35±0.02 a	18.66±0.46 gh	1.30±0.02 b	18.47±0.56 h	1.13±0.02 e
T1	21.44±0.57 de	1.25±0.03 c	21.25±0.69 e	1.26±0.01 c	19.30±0.45 g	1.04±0.02 gh
T2	22.50±0.58 c	1.18±0.02 d	22.14±0.33 cd	1.06±0.04 fg	20.30±0.29 g	0.94±0.02 i
T3	24.65±0.53 a	1.10±0.03 ef	23.66±0.40 b	1.01±0.02 h	22.76±0.71 c	0.82±0.02 j
密度	33.553***	347.878***				
防控次数	143.566***	278.467***				
密度×防控次数	2.713	5.536***				

2.5 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆种子活力的影响

本研究中,各处理对芸豆籽粒的发芽率均无显著影响,籽粒的发芽率均达到 95%以上。在不喷施混合杀菌剂的情况下,与地方常规芸豆种植密度(M2)相比较,低密度种植(M1)和高密度种植(M3)对芸豆籽粒的平均芽发时间和平均发芽速度无显著的影响;而 M3 处理则显著($P<0.05$)降低了芸豆种子的萌发指数和发芽指数。在相同种植密度下,芸豆籽粒的萌发指数和发芽指数随绿色防控次数的增加而增加,均在 T3 处理达到最高,

势。多因素分析结果表明,密度和防控次数均对芸豆籽粒中蛋白质和脂肪含量具有极显著($P<0.001$)影响,密度×防控次数对芸豆籽粒中脂肪含量具有极显著($P<0.001$)影响,而对蛋白质含量无显著影响。在所有处理中,M1T3 处理下芸豆籽粒中蛋白质含量最高;M1CK 处理下芸豆籽粒中脂肪含量最高,M3T3 处理下芸豆籽粒中脂肪含量最低。

但对平均发芽时间和平均发芽速度无显著影响。多因素分析结果表明,密度处理对芸豆籽粒的平均发芽时间、平均发芽速度和发芽指数具有极显著($P<0.001$)影响;防控次数对芸豆籽粒发芽势、种子萌发指数、平均发芽时间、平均发芽速度和发芽指数具有极显著($P<0.001$)影响;而密度×防控次数对芸豆籽粒的平均发芽速度具有极显著($P<0.001$)影响。在所有处理中,M1T3 处理下芸豆籽粒的发芽指数最高,而 M3CK 处理下芸豆籽粒的发芽指数最低。

表 6 不同种植密度下绿色防控次数对芸豆种子活力的影响

密度	处理	发芽率/%	发芽势/%	种子萌发指数	平均发芽时间/d	平均发芽速度/d	发芽指数
M1	CK	95.88±0.72 a	0.93±0.06 ab	1.70±0.17 ef	4.55±0.13 abc	2.16±0.31 abc	15.12±0.94 cd
	T1	96.11±0.53 a	0.93±0.12 ab	1.90±0.10 abcd	4.52±0.05 abc	2.10±0.17 abc	15.87±0.59 bc
	T2	96.32±0.66 a	1.00±0.00 a	1.97±0.06 ab	4.48±0.03 c	1.97±0.06 cd	16.43±0.50 b
	T3	97.03±1.21 a	1.00±0.00 a	1.97±0.06 ab	4.38±0.05 d	1.80±0.10 d	18.10±0.76 a
M2	CK	95.66±1.10 a	0.93±0.06 ab	1.80±0.10 cde	4.57±0.02 abc	2.17±0.05 abc	14.62±0.68 d
	T1	99.35±4.65 a	1.00±0.00 a	1.83±0.06 bcde	4.57±0.03 abc	2.17±0.06 abc	15.10±0.29 cd
	T2	98.65±3.25 a	0.97±0.06 ab	1.93±0.06 abc	4.54±0.03 abc	2.10±0.10 abc	15.48±0.42 cd
	T3	96.55±1.26 a	1.00±0.00 a	1.97±0.06 ab	4.51±0.02 bc	2.03±0.06 abcd	15.76±0.29 bc
M3	CK	96.55±0.99 a	0.90±0.00 b	1.63±0.06 f	4.62±0.08 a	2.28±0.20 a	13.59±0.25 e
	T1	97.62±2.57 a	1.00±0.00 a	1.77±0.06 def	4.60±0.03 ab	2.23±0.06 ab	14.76±0.29 d
	T2	98.66±5.69 a	0.97±0.06 ab	1.83±0.06 bcde	4.58±0.01 ab	2.20±0.00 abc	14.98±0.10 cd
	T3	95.68±1.22 a	1.00±0.00 a	2.00±0.00 a	4.50±0.00 bc	2.00±0.00 bcd	15.93±0.00 bc
密度		0.606	0.660	3.364	9.987***	25.203***	32.212***
防控次数		1.058	4.905***	18.731***	8.596***	7.053***	29.986***
密度×防控次数		0.552	1.095	1.363	0.731	9.362***	2.363

3 讨论

近年来,芸豆普通细菌性疫病在我国黑龙江、山西、内蒙古等芸豆主产区的发生频率和程度呈现逐年上升趋势,影响芸豆的生长、产量和品质^[15-16]。尽管化肥和农药的应用可有效减缓病虫害对作物生长和产量的影响,但其长期过量施用也造成了严重的土壤退化和环境污染^[17]。与传统的化学防治相比较,采取环境友好型植保方法、措施或手段保护农田生态环境,提高病虫害的防治效率是农业植保的新趋势^[18-19]。

芸豆的普通细菌性疫病在植株生长的各个生育期均可能发生,可对叶片、茎蔓、豆荚及种子等组织器官造成危害^[5]。该病原菌发育的最适宜温度为24~32℃,而叶片上有水滴是发病的重要条件。同时,栽培条件的不合理,例如多氮肥、通风不良、田间湿度大、荫蔽和重茬等,均易导致该病害发生。本研究中,在不进行防控的情况下,芸豆普通细菌性疫病的发病率随种植密度的增加而呈上升趋势,这可能是由于田间植株群体较大,叶片荫蔽程度较大,通风不畅导致田间湿度大而诱发该病原菌的快速繁殖。前人的研究结果也表明,田间作物种植密度较大的情况下,病原菌的宿主数量丰富,发病条件良好,易导致病害的发生。例如,密植能够增加番茄灰霉病、早疫病、病毒病的病株率和病情指数^[20];随着播种密度的增加,马铃薯晚疫病株数呈升高趋势^[21]。而随着防控次数的增多,各种种植密度下芸豆细菌性普通疫病的发病率显著下降,表明防治效果良好。

细菌性疫病感染芸豆植株后,会导致叶片上产生病斑、枯黄、死亡等现象,影响植株的光合能力和物质传输能力^[22]。此外,当病原菌侵染植株的幼荚后,导致幼荚皱缩,最终影响产量的形成。在本研究中,不进行绿色防控时,随着种植密度的增加,芸豆普通性疫病的病情指数升高,导致植株的单株粒重下降,籽粒的脂肪含量显著下降。在相同的种植密度下,喷施混合杀菌剂能够有效防治芸豆普通性疫病的发生,从而促进植株的生长,增加植株的产量,并提升品质。

外部和内部感染的种子是病原菌重要的传播载体和初次侵染源^[23]。而菜豆普通细菌性疫病菌可通过侵染豆荚导致种子感染,病原菌在种子上存活时间可长达15年^[24]。当种子萌发后,病

原菌通过侵染子叶和生长点导致幼苗发病,影响幼苗生长。在本研究中,种植密度增加导致芸豆种子活力下降,表现为种子萌发指数和发芽指数下降,这可能是由于种植密度过大,导致植株生长不良,干物质积累下降,养分供给不足导致种子中储存物质含量下降。而在相同种植密度下,通过喷施混合杀菌剂增加了芸豆籽粒的萌发指数和发芽指数,表明该防控措施可有效降低芸豆细菌性疫病对种子活力的影响。但绿色防控措施处理下,芸豆种子田间出苗率及幼苗长势是否会受到影响,有待进一步研究。

4 结论

本研究针对黑龙江省嫩江地区芸豆普通细菌性疫病的发病情况,分析了不同种植密度下不同防控次数对芸豆普通细菌性疫病发病情况、植株生长和产量品质的影响。在不进行防控措施时,芸豆普通细菌性疫病的发病指数随种植密度的增加而升高。不同种植密度下,芸豆普通细菌性疫病的发病率随防控次数的增加而显著下降,各种种植密度下均以T3处理的防效最高,其中M1T3、M2T3和M3T3的防效分别达到75.05%、73.97%和84.11%。同时,各种种植密度下,与不防控相比较,T3处理下芸豆产量的上升幅度分别达到11.52%、9.03%和8.68%。通过比较效益分析,建议在芸豆低种植密度时进行2次防控,而中、高种植密度时则需防控3次。本研究结果将为黑龙江省嫩江地区的芸豆种植绿色防控措施的开发提供技术支持。

参考文献:

- [1] 沈宝宇,李玲,宗绪晓.豌豆种质资源主要品质性状的分析与评价[J].山东农业科学,2022,54(8):46-53.
- [2] 瞿传红.芸豆栽培技术[J].农民致富之友,2016(17):35.
- [3] 党根友,冯佰利,高小丽,等.芸豆种子蛋白组分及其在种子萌发过程中的变化[J].华北农学报,2008,23(5):85-88.
- [4] 曹龙奎,王倩文.芸豆萌发前后淀粉理化特性变化[J].黑龙江八一农垦大学学报,2016,28(3):87-94,138.
- [5] 徐新新.菜豆普通细菌性疫病病原学研究及抗病种质资源鉴定[D].北京:中国农业科学院,2012.
- [6] 朱吉凤.菜豆普通细菌性疫病抗病基因发掘与定位[D].北京:中国农业科学院,2015.
- [7] 陈奇来.花芸豆细菌性疫病的发生与防治技术[J].农村实用科技信息,2016(2):57.
- [8] 丁健.黑龙江垦区芸豆主要病害的发生与防治[J].现代农业,2018(4):13-14.

[9] 毛亮, 张以和, 周成松, 等. 吐鲁番市设施蔬菜病虫害发生特点及绿色防控技术[J]. 黑龙江农业科学, 2024(1): 120-124.

[10] 卓富彦, 陈学新, 夏玉先, 等. 2013—2022 年我国水稻病虫害发生特点与绿色防控技术集成[J/OL]. 中国生物防治学报, 2024; 1-13 (2023-12-25) [2024-01-03]. <https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x2023.11.011>.

[11] 王欢, 李兴华, 蔡星星, 等. 绿色防控技术在水稻种植中的发展现状及展望[J]. 河北农业, 2023(12): 62-64.

[12] 吴燕君, 洪文英, 朱徐燕, 等. 丝瓜蔓枯病全程绿色防控技术模式的应用效果[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(12): 2948-2951.

[13] 张建国, 王李斌, 王晖. 城固猕猴桃病虫害绿色防控技术示范[J]. 西北园艺(果树), 2023(5): 31-34.

[14] 张兆宁, 李江辉, 赵怡宇, 等. 不同程度盐胁迫下大豆萌发期耐盐性鉴定[J]. 大豆科学, 2023, 42(3): 335-343.

[15] 王野. 齐齐哈尔地区芸豆主要病害及防治方法[J]. 种子世界, 2018(5): 42-43.

[16] 左豫虎, 柯希望, 台莲梅, 等. 芸豆茎秆折断症状诊断报告[J]. 植物医学, 2023, 2(2): 43-47.

[17] 方昌春. 绿色食品: 菜豆生产技术操作规程[J]. 吉林蔬菜, 2018(3): 8-9.

[18] 江丰, 王健生, 谢洪芳, 等. 南京市农作物病虫害绿色防控示范区建设现状与发展建议[J]. 现代农业科技, 2023(22): 77-79.

[19] 杜小平, 任婧, 云红梅, 等. 内蒙古乌兰察布市农药减量工作成效与思考[J]. 农业工程, 2023, 43(25): 56-57.

[20] 刘燕. 宽垄大行栽培对温室番茄产质量形成及其生理生态的影响研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2020.

[21] 密其鹏, 杨宝戈, 王瑞良, 等. 种植密度对机播条件下红玫瑰马铃薯结薯性状及产量的影响[J]. 蔬菜, 2021(10): 13-16.

[22] 朱吉凤, 武晶, 王兰芬, 等. 菜豆种质资源抗普通细菌性疫病鉴定[J]. 植物遗传资源报, 2015, 16(3): 467-471.

[23] CAFATI C R. Transmission of *Xanthomonas phaseoli* in seed of resistant and susceptible *Phaseolus* genotypes[J]. Phytopathology, 1980, 70(7): 638.

[24] SCHUSTER M L, COYNE D P. Survival mechanisms of phytopathogenic bacteria[J]. Annual Review of Phytopathology, 1974, 12: 199-221.

Green Control Measures for Bacterial Blight in Common Beans

WU Guisheng¹, DONG Aishu², DU Jidao¹, ZHAO Qiang¹

(1. College of Agriculture, Heilongjiang Bayi Agricultural University / National Coarse Cereals Engineering Technology Research Center, Daqing 163319, China; 2. Nenjiang Agricultural Technology Extension Center, Nenjiang 161400, China)

Abstract: In order to screen for a convenient, cost-effective, and environmentally friendly method to enhance the prevention and control of common bacterial blight in common beans, and to improve seed yield and quality, the present study utilized the common bean variety Kenyun 15 as the experimental material. Employing a split-plot experimental design, with planting density (M) as the main factor and control frequency (T) as the secondary factor, a mixture of fungicides (35% quinocetone-copper, tetracycline suspension concentrate 40 g·L⁻¹, 30% pyrazoxystrobin suspension concentrate 30 g·L⁻¹, and 30% tebuconazole emulsion 20 g·L⁻¹) were sprayed during the flowering period. Through the investigation of disease indices, control efficacy, yield, plant height, and other indicators, the study aimed to elucidate the preventive and control effects of green measures against common bacterial blight in common beans under different planting densities. The results indicated that, without control measures, the incidence index of common bacterial blight increased with the rise in planting density. Under various planting densities, the incidence rate of common bacterial blight significantly decreased with an increase in the frequency of control. Among different planting densities, the control efficacy was highest under the T3 treatment, with M1T3, M2T3, and M3T3 achieving control efficacies of 75.05%, 73.97%, and 84.11%, respectively. Meanwhile, compared to the untreated control, the application of T3 treatment resulted in yield increases of 11.52%, 9.03%, and 8.68% under various planting densities. Through a comparative benefit analysis, it is recommended to conduct two control measures at low planting density and three control measures at medium and high planting densities for effective management.

Keywords: common bean; planting density; bacterial blight; green control