

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20250725005

植物疫苗对油菜生长发育及农艺性状的影响

朱瑜婷^{1,2} 欧岗³ 刘小娟³ 向思柔¹ 杨脂胭^{1,2} 罗璐^{1,2}
吕静文^{1,2} 王楠^{1,2} 王朝巍^{1,2} 曾川¹

(¹重庆三峡农业科学院,重庆 404155;²重庆三峡学院,重庆 404100;³重庆市云阳县种植发展中心,云阳 404500)

摘要:为探究植物疫苗对油菜生长发育及农艺性状的影响,以6个甘蓝型油菜品种为试验材料,观测植物疫苗处理下油菜生长发育、病虫害、农艺性状等各项指标变化情况。结果显示,各品种使用疫苗处理后延长了油菜的花期与成熟期,株高和有效分枝高度有所提升,中油杂501、万油410、珑乡油618单株有效角果数明显提高;与对照清水处理相比,疫苗处理后各油菜品种产量均有所增加,产量在2442.19~4039.32kg/hm²之间,较对照增产0.44%~8.44%,珑乡油618、渝华1号、川早油12居前3位;疫苗处理下油菜菌核病和霜霉病发病率与病情指数均有所降低,表现相对较好的为万油410、珑乡油618。植物疫苗处理在油菜种植中具有明显优势,但需匹配适宜品种才能有效发挥其促进油菜生长发育、增强抗病能力并提高产量的作用。

关键词:植物疫苗;生长性状;产量构成;油菜;绿色生产

Effects of Plant Vaccines on the Growth, Development and Agronomic Traits of Rapesee

ZHU Yuting^{1,2}, OU Gang³, LIU Xiaojuan³, XIANG Sirou¹, YANG Zhiyan^{1,2}, LUO Lu^{1,2},
LYU Jingwen^{1,2}, WANG Nan^{1,2}, WANG Chaowei^{1,2}, ZENG Chuan¹

(¹Chongqing Three Gorges Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 404155; ²Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404100; ³Yunyang County Planting Development Center, Yunyang 404500, Chongqing)

植物疫苗是利用植物的诱导抗性原理而开发的一种新型生物农药,通过激活或提高植物的免疫系统,调节植物的新陈代谢,从而增强植物抗病和抗逆能力。植物疫苗大多来自动植物和微生物,在自然环境中易分解、无残留,对人畜无毒和副作用^[1]。油菜是我国重要的油料作物之一,2023年播种面积为780.5万hm²,占农作物总播种面积的4.55%,单位面积产量2091kg/hm²,油菜籽产量为1631.7万t,约占油料作物总产量的42.2%^[2],但其产量和品质受多种病害威胁。缪平贵等^[3]研究发现,陕西关中地区油菜品种受菌核病侵染后均存在减产现象,籽粒产量降低20.74%~40.51%;王靖等^[4]的研究

表明,油菜根肿病苗期发病率可达17%,成株期田间平均发病率为15%,造成油菜减产10.2%。传统的病虫害防控方法主要依赖化学农药,虽然能在一定程度上控制病虫害的发生,但也会引发一系列环境和健康问题^[5]。应用油菜病虫害绿色防控技术,能够有效减少对化学农药的依赖,提高油菜的品质和安全性,降低对环境的不利影响,提高油菜产业的可持续发展水平^[6]。华中农业大学研发的真菌病毒介导植物疫苗,已在油菜上实现抗病增产双重效应。在此背景下,为了在重庆市万州区种植的甘蓝型油菜中筛选出适宜使用植物疫苗拌种的高产油菜品种,推进油菜绿色、高效生产,本试验选用6个甘蓝型油菜品种,于2023-2025年开展了2年品种比较试验,对油菜各农艺性状进行综合评价。

基金项目:重庆市油菜产业技术体系创新团队项目(CQMAITS202404);
万州区高品质油料作物创新团队项目

通信作者:曾川

1 材料与方法

1.1 试验地概况 2023年9月至2025年5月在重庆三峡农业科学院甘宁试验基地开展。该地海拔350m,土壤理化性质:速效钾含量235.6mg/kg,有效磷含量106.5mg/kg,土壤碱解氮含量13.7mg/kg,土壤有机质含量11.6g/kg,试验田前茬作物为油菜。

1.2 试验材料 供试油菜品种有6个,分别为中油杂501、万油410、川早油12、渝华1号、珑香油88和珑乡油618。植物疫苗“绿油宝”由华中农业大学提供并进行拌种处理。

1.3 试验设计 试验设疫苗处理和对照处理,疫苗处理包括浸种和花期喷雾,浸种为每5L疫苗溶液浸种10kg种子,花期喷雾每667m²用300mL疫苗溶液兑水2L喷施。对照为裸种子,花期每667m²喷施清水2L。随机区组设计,每个品种设置2次重复,小区面积9.6m²,小区周围设置保护行,小区之间设置空行便于田间操作。

1.4 田间管理 2023年9月25日旋耕整地,开沟整平,清除地块中的杂物。9月28日采用旱地人工穴直播的方式进行播种,各小区播种量为10g。10月19日查看出苗情况,进行适当补播。10月28日人工间苗定苗,行距0.4m,窝距0.4m,每穴留1株,间苗后施定根水,每hm²定根水由2.2L微量元素型含氨基酸水溶肥料、43.4kg国光甲98%磷酸二氢钾、1.08kg甲基硫菌灵、868mL甲霜·噁霉灵、868mL14-羟基芸苔素甾醇混合兑水浇灌。11月11日进行菜青虫防治。11月17日进行中耕除草。2024年

3月21日盛花期按试验设计对各品种的疫苗拌种处理喷施植物疫苗药剂。4月30日人工割倒后,各品种结合成熟期分开收获,5月8日进行机械脱粒。各处理田间管理措施均一致,同时满足油菜生产要求^[7-8]。第2年试验大田操作同上。

1.5 调查指标与方法 记录各品种不同处理下的生育期,包括油菜播种期、出苗期、抽薹期、初花期、盛花期、末花期、成熟期,全生育期为播种期到成熟期的时间^[9]。

记录各处理在当地越冬期间的病虫害害状况,各小区内随机选取田间样品2行,记录总株数后,调查分析霜霉病与菌核病发病率、病情指数,有虫株率、虫口数量,杂草种类、覆盖率等指标。

油菜达到收获标准后,在各小区内连续取样5株油菜植株进行考种,记录各品种的产量性状,测定株高、有效分枝高度、有效分枝数、主花序长度、单株有效角果数、每角果粒数、千粒重等性状。对各试验小区单打单收,计算油菜每hm²产量。各小区人工割倒前进行田间菌核病调查。

1.6 数据处理 所有数据均为2年试验的平均值,使用Excel 2013进行试验数据整理,使用DPS 9.01进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 植物疫苗对油菜生育期的影响 如表1所示,各品种使用植物疫苗处理后生育期均有所推迟。中油杂501、万油410疫苗处理出苗期较相应对照均推迟了3d,川早油12推迟了2d,其他3个品种疫苗

表1 不同处理下参试品种的生育期

品种	处理	播种期	出苗期	抽薹期	初花期	盛花期	末花期	成熟期	全生育期(d)
中油杂501	疫苗	9月28日	10月6日	1月15日	3月1日	3月10日	4月2日	5月1日	215
	对照	9月28日	10月3日	1月18日	3月1日	3月10日	3月29日	4月30日	214
万油410	疫苗	9月28日	10月9日	1月5日	2月18日	3月3日	3月29日	4月20日	204
	对照	9月28日	10月6日	12月20日	2月15日	2月28日	3月25日	4月15日	199
川早油12	疫苗	9月28日	10月5日	1月15日	2月28日	3月8日	3月27日	4月26日	210
	对照	9月28日	10月3日	1月5日	2月15日	2月28日	3月27日	4月22日	206
渝华1号	疫苗	9月28日	10月3日	1月20日	3月3日	3月12日	3月25日	5月3日	217
	对照	9月28日	10月3日	1月20日	3月3日	3月10日	3月25日	5月1日	215
珑香油88	疫苗	9月28日	10月3日	1月15日	2月15日	3月5日	3月20日	4月28日	212
	对照	9月28日	10月3日	1月15日	2月15日	2月25日	3月20日	4月25日	209
珑乡油618	疫苗	9月28日	10月3日	1月18日	3月1日	3月12日	4月2日	5月1日	215
	对照	9月28日	10月3日	1月18日	3月1日	3月10日	3月31日	4月30日	214

处理与对照出苗期一致。疫苗处理下中油杂 501 抽薹期较对照提前了 3d, 万油 410 和川早油 12 分别推迟了 16d、10d, 其他 3 个品种疫苗处理与对照抽薹期一致。万油 410 疫苗处理初花期较对照推迟了 3d, 川早油 12 推迟了 13d, 其他 4 个品种疫苗处理与对照一致。中油杂 501 疫苗处理盛花期与对照一致, 其他 5 个品种疫苗处理盛花期较对照推迟了 2~8d。疫苗处理下中油杂 501 和万油 410 末花期较对照均推迟了 4d, 珑乡油 618 推迟了 2d, 其他 3 个品种与对照一致。中油杂 501、珑乡油 618 疫苗处理成熟期较对照推迟了 1d, 其余品种推迟了 2~5d。疫苗处理下油菜全生育期为 204~217d, 对照全生育期为 199~215d, 中油杂 501、万油 410、川早油 12、渝华 1 号、珑香油 88、珑乡油 618 的全生育期分别推迟了 1d、5d、4d、2d、3d、1d。

2.2 植物疫苗对油菜病虫害的影响 如表 2 所示, 疫苗处理下霜霉病发病率为 48.4%~67.7%, 对照发病率为 54.9%~73.5%, 珑香油 88 较对照略有上升, 其余品种下降 4.1~6.5 个百分点; 疫苗处理下霜霉病病情指数为 13.7~20.8, 对照病情指数为 15.0~24.9, 中油杂 501 较对照上升了 0.7, 渝华 1 号上升了 0.3, 其余品种下降了 1.3~4.6; 总体来讲, 使用疫苗拌种后油菜霜霉病发病率与病情指数有所降低, 下降幅度较高的品种有万油 410、川早油 12、珑乡油 618。

疫苗处理下菌核病发病率为 16.8%~47.9%, 对照

发病率为 26.3%~56.7%, 参试油菜品种发病率均有所下降, 较对照降低 0.9~9.5 个百分点; 疫苗处理下菌核病病情指数为 4.4~18.9, 对照病情指数为 7.0~22.4, 参试油菜品种病情指数均有所下降, 较对照降低 0.4~4.4; 总体来讲, 使用疫苗拌种后油菜菌核病发病率与病情指数有所降低, 下降幅度较高的品种有中油杂 501、万油 410、珑香油 88、珑乡油 618。

疫苗处理下有虫株率为 9.1%~26.1%, 对照有虫株率 15.9%~28.8%, 渝华 1 号、珑乡油 618 分别较对照上升 10.2、4.4 个百分点, 其余品种下降 2.9~10.9 个百分点; 疫苗处理下虫口数量为 4.4~8.3 只, 对照虫口数量为 3.4~7.5 只, 川早油 12、渝华 1 号、珑香油 88 较对照提高了 1.5~3.4 只, 其余 3 个品种降低了 0.1~3.1 只; 不同油菜品种使用疫苗后的虫口变化不同, 万油 410 使用疫苗拌种后有虫株率与虫口数量明显降低。

疫苗处理下杂草种类为 5.8~7.0 个, 对照杂草种类为 5.5~6.5 个, 川早油 12、珑香油 88、珑乡油 618 较对照略有下降, 但变化不明显, 其余品种上升了 0.5~1.2 个杂草种类; 疫苗处理下杂草覆盖率为 10.0%~50.0%, 对照杂草覆盖率为 11.3%~42.5%, 渝华 1 号、珑香油 88、珑乡油 618 较对照下降了 1.3~3.0 个百分点, 中油杂 501 无明显变化, 其余品种上升了 1.2~7.5 个百分点; 总体来讲, 使用疫苗后油菜杂草未得到明显抑制, 保持不变或略有上升, 变化不明显。

表 2 不同处理下参试品种的病虫害害情况

品种	处理	霜霉病		菌核病		虫害		草害	
		发病率(%)	病情指数	发病率(%)	病情指数	有虫株率(%)	虫口数量	杂草种类	杂草覆盖率(%)
中油杂 501	疫苗	59.6	18.9	16.8	4.4	24.3	6.5	6.0	12.5
	对照	63.7	18.2	26.3	7.0	28.8	6.6	5.5	12.5
万油 410	疫苗	54.1	15.5	47.9	18.9	9.1	4.9	6.8	50.0
	对照	60.1	18.3	56.7	22.4	20.0	7.5	6.3	42.5
川早油 12	疫苗	48.4	13.7	40.2	16.9	13.1	8.3	5.8	15.0
	对照	54.9	15.0	45.3	18.0	20.0	6.8	6.0	13.8
渝华 1 号	疫苗	65.4	20.8	26.1	10.1	26.1	7.9	7.0	10.0
	对照	71.5	20.5	27.0	10.5	15.9	4.5	5.8	11.3
珑香油 88	疫苗	67.7	18.0	23.9	9.6	14.7	5.4	6.3	10.0
	对照	66.5	19.3	33.7	13.5	17.6	3.4	6.5	12.5
珑乡油 618	疫苗	67.3	20.3	24.0	6.5	21.2	4.4	6.0	12.0
	对照	73.5	24.9	29.9	10.9	16.8	7.5	6.3	15.0

2.3 植物疫苗对油菜农艺性状的影响 如表3所示,疫苗处理下油菜株高为206.0~242.9cm,对照株高为196.0~242.8cm,参试油菜品种株高均有所上升,较对照提高0.1~10.0cm,万油410变化最明显。疫苗处理下有效分枝高度为91.5~123.6cm,对照有效分枝高度为77.8~109.7cm,中油杂501较对照降低4.5cm,其余品种较对照提高2.3~16.3cm,万油410、川早油12、珑乡油618变化较明显,疫苗处理对有效分枝高度具有提升作用。疫苗处理下有效分枝数为8.0~11.4个,对照有效分枝数为7.6~10.8个,中油杂501、万油410、川早油12较对照提高0.3~1.1个,其余品种较对照均降低0.7个,疫苗处理

表3 不同处理下参试品种的农艺性状

品种	处理	株高 (cm)	有效分枝高度 (cm)	有效分枝数	主花序长度 (cm)
中油杂501	疫苗	221.8	98.8	11.4	51.0
	对照	218.2	103.3	10.8	51.2
万油410	疫苗	206.0	91.5	8.7	51.3
	对照	196.0	77.8	7.6	54.1
川早油12	疫苗	242.9	123.6	9.3	60.4
	对照	242.8	109.7	9.0	60.1
渝华1号	疫苗	218.7	112.4	8.7	55.1
	对照	215.5	109.5	9.4	56.6
珑香油88	疫苗	227.3	101.5	8.0	64.2
	对照	223.9	99.2	8.7	65.6
珑乡油618	疫苗	220.6	117.0	8.0	58.6
	对照	218.2	100.7	8.7	57.1

对有效分枝数的影响不明显。疫苗处理下主花序长度为51.0~64.2cm,对照主花序长度为51.2~65.6cm,川早油12、珑乡油618较对照提高0.3~1.5cm,其余品种降低0.2~2.8cm,疫苗处理对主花序长度的影响不明显。

2.4 植物疫苗对油菜产量相关性状的影响 如表4所示,疫苗处理下单株有效角果数为499.5~781.4个,对照单株有效角果数为447.3~778.4个,珑香油88较对照下降17.5个,其余品种较对照上升3.0~62.9个,中油杂501、万油410、珑乡油618变化较明显,分别较对照提高5.80%、13.26%、12.48%。疫苗处理下每角果粒数为21.1~25.9粒,对照每角果粒数为18.6~25.4粒,参试油菜品种较对照提高0.5~2.5粒,但变化不明显。疫苗处理下千粒重为3.33~4.30g,对照千粒重为3.36~4.22g,中油杂501、万油410、川早油12较对照降低0.03~0.14g,其余品种提高了0.07~0.15g,疫苗处理下千粒重的变化不明显。

疫苗处理下单株产量为22.4~38.0g,对照单株产量为20.3~43.4g,中油杂501、万油410、渝华1号较对照分别提高4.1g、3.7g、4.2g,其余品种降低1.8~5.4g。疫苗处理下油菜每 hm^2 产量为2442.19~4039.32kg,对照产量为2431.51~3880.99kg,参试油菜品种较对照提高10.68~232.29kg,增幅为0.44%~8.44%;珑乡油618增幅最高,为8.44%,其次为渝华1号,比对照增产5.36%,川早油12次之,增幅为4.84%,中油杂501增幅为4.08%,珑香油88增幅为0.57%,万油410增幅最低,为0.44%。

表4 不同处理下参试品种的产量相关性状

品种	处理	单株有效角果数	每角果粒数	千粒重 (g)	单株产量 (g)	产量 (kg/hm^2)
中油杂501	疫苗	720.9	24.6	3.33	37.6	4039.32
	对照	681.4	23.9	3.36	33.5	3880.99
万油410	疫苗	506.6	21.1	4.07	25.6	2442.19
	对照	447.3	18.6	4.15	21.9	2431.51
川早油12	疫苗	781.4	23.7	3.44	34.7	3491.67
	对照	778.4	22.0	3.58	37.5	3330.47
渝华1号	疫苗	499.5	25.9	3.85	24.5	2978.13
	对照	474.4	25.4	3.70	20.3	2826.56
珑香油88	疫苗	657.9	23.6	4.30	38.0	3702.08
	对照	675.4	21.6	4.22	43.4	3681.25
珑乡油618	疫苗	566.9	25.9	4.03	22.4	2983.07
	对照	504.0	25.4	3.96	24.2	2750.78

3 讨论

为实现油菜菌核病绿色防控,华中农业大学姜道宏团队研发了真菌病毒介导的植物疫苗,能在促进油菜生长的同时帮助其抵御多种病害^[10]。研究人员认为,植物疫苗在种子阶段或种苗阶段开始使用,使植物从幼苗阶段即获得快速启动免疫的能力,在植物的生长阶段再次进行叶面喷施,可加强免疫效果,有着助力棉粮油瓜果蔬菜等植物抗病、促生长、增产、保鲜等生物学功能^[11]。戎聪敏^[12]的研究中提到,油菜种子浸种处理后能够使萌发速度加快,秧苗健壮。高建芹等^[13]的研究结果表明,浸种处理与花期疫苗兑水喷施能促进植株发育时间增长,盛花期更具观赏性,不同药剂对油菜生育期的影响不一样。本研究中疫苗处理普遍推迟了各油菜品种的出苗期,延长了花期与成熟期。Zhang等^[14]的研究中,植物疫苗可通过将致病真菌转变为有益内生真菌激活油菜抗病代谢途径,以及诱发病原真菌群体衰退等方式降低油菜病虫害率。本研究疫苗处理使得霜霉病与菌核病发病率总体有所降低,表现较好的品种是万油410和珑乡油618,并且万油410使用疫苗拌种后有虫株率与虫口数量也明显降低。鉴于供试材料万油410为特早熟油菜新品种,由重庆三峡农业科学院选育而成^[15],因此较其他供试品种更加适宜本地环境,病虫害防治表现更好。

肖月华等^[16]的研究表明,HAU-1种子处理剂处理后油菜单株角果数增加了1.1%~4.2%,千粒重增加了0.2%~3.1%。本试验使用疫苗后株高均有所上升,对有效分枝高度也具有一定的提升作用,中油杂501、万油410、珑乡油618单株有效角果数明显提高。植物疫苗可通过增强油菜抗病能力、调节生长激素、促进养分吸收等方式,使油菜在面对环境胁迫和病虫害时,将更多能量和养分用于生长发育,保障株高正常增长、分枝正常分化、角果正常发育等,对维持和提高每角粒数、千粒重等有积极作用,最终实现增产。疫苗处理下,参试品种产量均较对照提高,增幅为0.44%~8.44%。梁晴等^[17]的研究表明,植物疫苗具有绿色、高效、广谱、环保及耐储存等特点,可以广泛普适粮棉油瓜果菜等诱导抗病、高产及减少呕吐毒素含量,降低农业投入成本,提升农产品质量。

综上所述,植物疫苗处理能够有效促进油菜的生长发育、增强抗病能力并提高产量,在甘蓝型油菜

种植中具有明显优势,是一项值得推广应用的绿色农业技术。但使用效果在品种间有较大差异,生产实践中还需进一步研究植物疫苗的最佳使用剂量、拌种方法、与其他农业措施的配合,以及与当地品种的适配度,以助力实现油菜的优质高产。

参考文献

- [1] 王海峰,何召梅,邱询学,王怡弘,刘宝良,卢爱义. 浅谈植物疫苗在烤烟生产中的应用. 农业开发与装备,2023(4):150-151
- [2] 国家统计局. 中国统计年鉴2024. 北京:中国统计出版社,2024
- [3] 缪平贵,任军荣,张智,周忠玉,姜丽霞,陈妙妙. 菌核病对关中地区不同油菜品种产量及品质的影响. 寒旱农业科学,2025,4(2):182-187
- [4] 王靖,黄云,胡晓玲,牛应泽,李晓兰,梁勇. 油菜根肿病症状、病原形态及产量损失研究. 中国油料作物学报,2008,30(1):112-115
- [5] 于俊玲. 农作物病虫害绿色防控中存在的问题与对策. 河南农业,2020(28):43-44
- [6] 徐礼梅,张显东,李定远. 油菜病虫害绿色防控技术浅析. 农业灾害研究,2024,14(4):130-132
- [7] 何成芳,朱鸿杰,孔祥强,何彩芬. 水稻秸秆还田下油菜免耕生产力保持技术研究. 安徽农业科学,2017,45(32):24-26
- [8] 缪平贵,任军荣,姜丽霞,张智,李殿荣,张亚周,杨建利,王京宏,陈妙妙. 密度与行距配置对油菜品种秦优797产量相关性状的影响. 中国种业,2024(9):53-57,63
- [9] 赵予艾,马长青,张鑫鑫,茆光华,张瑛,吕逸琦,钟越. 2023年—2024年高邮市秋播油菜品种比较试验. 上海农业科技,2025(3):66-68
- [10] 李思辉,蒋朝常. 为小麦打“植物疫苗”. 中国科学报,2024-05-14(001)
- [11] 黄朝武,杨瑞雪. “植物疫苗”步入农业生产. 农民日报,2024-01-03(006)
- [12] 戎聪敏. 不同条件下药剂浸种对油菜发芽率及幼苗长势的影响. 武汉:华中农业大学,2013
- [13] 高建芹,龙卫华,陈锋,彭琦,张洁夫,胡茂龙. 景观油菜花期调控技术的效果. 江苏农业学报,2022,38(6):1465-1473
- [14] Zhang H X, Xie J T, Fu Y P, Cheng J S, Qu Z, Zhao Z Z, Cheng S F, Chen T, Li B, Wang Q Q, Liu X Q, Tian B N, Collinge D B, Jiang D H. A 2-kb mycovirus converts a pathogenic fungus into a beneficial endophyte for *Brassica* protection and yield enhancement. *Molecular Plant*, 2020, 13(10):1420-1433
- [15] 尹璐. 播期播量施肥量对早熟油菜万油410产量及相关性状的影响. 重庆:重庆三峡学院,2023
- [16] 肖月华,高建芹,王洁,邹玉国,陈松,周晓婴,龙卫华,彭琦. 种子处理剂对甘蓝型油菜生长发育及菌核病的效应. 江苏农业科学,2020,48(23):111-114
- [17] 梁晴,殷煜杰. 山东种业:良法良种促夏粮丰产丰收. 山东国资,2024(7):32-33

(收稿日期:2025-07-25)