

棉隆土壤消毒联合种植密度防除油菜田杂草及对作物产量和田间光照的影响

朱文达¹, 颜冬冬², 刘晓洪¹, 李林¹, 曹塬程^{2*}

(1. 湖北省农业科学院, 武汉 430064; 2. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要 在农田杂草的治理中,结合农艺措施来治理草害的发生,可有效减少化学除草剂的使用,实现草害的综合治理。本文采用田间试验研究了棉隆土壤消毒联合油菜不同种植密度对油菜田主要杂草野燕麦 *Avena fatua*、苦苣菜 *Sonchus oleraceus* 的防除效果,及杂草对氮、磷、钾及水分消耗的影响。结果表明,土壤消毒联合种植密度对油菜田杂草防除效果显著,对野燕麦、苦苣菜均有良好防效,总鲜重防效达到 89.8%~100.0%。采取防除措施后,杂草对田间氮、磷、钾和水分的消耗量减少 85%以上,有效改善了田间的水肥和光照条件。土壤消毒联合种植密度不同处理的油菜籽产量达到 3 155.0~4 920.5 kg/hm²,增产效果显著,产量较未消毒土壤区增加 13.3%~76.8%,增收 1 857.3~10 684.8 元/hm²。研究表明采用土壤消毒结合种植密度对油菜田杂草具有很好的控制效果,适度增加油菜种植密度既能保证对杂草防效,同时也能保证产量。

关键词 棉隆; 种植密度; 杂草防效; 养分; 油菜籽产量

中图分类号: S 482.6 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2023113

Effect of dazomet soil disinfestation combined with planting density on weed control, light intensity and yield in rape field

ZHU Wenda¹, YAN Dongdong², LIU Xiaohong¹, LI Lin¹, CAO Aocheng^{2*}

(1. Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China; 2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract Pesticide combined with agronomic practices to control weed can effectively reduce the use of chemical herbicides and realize the integrated management of weed. The objective of our research is to evaluate the effect of soil disinfestation combined planting density on weed control in rape field, and the impact on nitrogen, phosphorus, potassium and water consumption after weed control. The results indicated that the efficacy of weed control was remarkable by soil disinfestation combined with planting density in rape field. The control efficacy on *Avena fatua* and *Sonchus oleraceus* was ranged from 89.8% to 100.0%. After weed control, the consumption of nitrogen, phosphorus, potassium and water of weeds in the field was reduced by more than 85%, and the water, nutrients conditions and light intensity in the field were effectively improved. The rapeseed yield was ranged 3 155.0 to 4 920.5 kg/hm² after treatment with soil disinfestation combined with planting density, which increased by 13.3%–76.8% compared to untreated control. Moreover, the yield income increased by 1 857.3–10 684.8 Yuan/hm². Our research shows that soil disinfestation combined with planting density has good control effect on weeds in rape field, and moderately increasing the planting density of rape can not only ensure the prevention of weeds, but also ensure the rape yield.

Key words dazomet; planting density; weed control effect; nutrient content; rapeseed yield

油菜是我国重要的油料作物,在我国播种面积约占油料作物总播种面积的一半^[1],杂草危害是影响油菜产量的主要因素之一。采用土壤消毒是控制土壤中病虫草害最为有效的方法^[2],是源头控制病

虫草害发生的重要手段。棉隆是一种广泛使用的土壤熏蒸剂,可用于种子苗床、温室和大田土壤处理,而且在土壤中无残留风险,是一种环境友好的土壤熏蒸剂。棉隆不仅对土传病害具有优异的防控效

收稿日期: 2023-03-08 修订日期: 2023-04-27

基金项目: 国家重点研发计划 (2023YFD1701200)

* 通信作者 E-mail: caoac@vip.sina.com

果^[3-4],对土壤中杂草也表现出很好的防效^[5]。室内活性研究表明棉隆对禾本科杂草马唐 *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. 和阔叶杂草苘麻 *Abutilon theophrasti* Medikus 具有很好的杀灭活性^[6],棉隆在烟草苗床上应用对杂草的防控效果与溴甲烷相当^[7],在人参田应用也能有效防除杂草,对人参生长安全^[8]。在农田杂草的治理策略上,提倡通过多种措施的结合来治理草害的发生^[9],以减少和替代化学除草剂的使用,达到草害的综合治理,实现农产品优质高产和农业绿色发展。合理密植、稻草覆盖等农作措施也可有效降低杂草发生基数,减轻化学除草的压力^[10]。本文主要研究了棉隆土壤消毒联合种植密度对油菜田杂草的防除效果以及对油菜产量的影响,同时评价防除杂草后对养分、水分的消耗和田间光照的变化,为新型除草措施的推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地情况

试验在湖北省嘉鱼县官桥镇油菜田(29°55' N, 113°57' E)进行,试验地为典型的稻油轮作田。土壤类型为黏壤土,pH 6.8,有机质含量 1.8%。试验地地势平坦,肥力均匀,排灌方便。油菜于 2020 年 9 月 14 日播种,11 月 30 日移栽,播种时撒施复合肥作底肥,不中耕,不进行人工除草,各小区追肥量一致,按照常规方法进行田间管理。

1.2 供试材料

试验选用的油菜品种为‘华油杂 62’,供试 98% 棉隆微粒剂由江苏南通施壮化工有限公司提供。

1.3 试验设计与土壤消毒处理方法

棉隆土壤消毒处理于 2020 年 9 月进行,秋季油菜移栽时提前 30 d 进行土壤消毒,按 10 kg/667m² 用药量将药剂均匀撒施于表面,之后机械旋耕混匀,按照《NY/T 3127-2017 棉隆土壤消毒技术规程》处理,覆膜消毒 10 d 后揭膜,松土敞气,等待油菜移栽。土壤消毒区域设置油菜种植密度 4、6、8、10、12 株/m² 共 5 个种植密度处理。各处理均不采用其他方式除草,重复 4 次。小区面积 25 m²,随机排列。同时设置未土壤消毒油菜传统种植密度(8 株/m²)的对照处理。

1.4 调查方法及统计分析

油菜出苗后 30 d 目测土壤消毒处理对油菜的安全性。杂草调查在油菜开花期进行,取样方法为每小区取 4 个代表性样点,每点 0.25 m²,即每小区共取 1 m²,分别记载杂草野燕麦和苦苣菜株数、鲜

重,计算防效。采集每处理小区 1 m² 的杂草植株样本送往湖北省农业科学院农业测试中心测量杂草的氮、磷、钾养分含量和含水量。全氮量的测定采用凯氏定氮法,全磷量和全钾量的测定采用高频电感耦合等离子体原子发射光谱法,含水量的测定参考 GB/T 5009.3-2003《食品中水分的测定》标准测定。各处理区杂草养分和水分的消耗量计算如下:杂草养分和水分消耗量=杂草单位质量养分或水分含量×各处理区杂草鲜重。在油菜抽薹期采用便携式照度计(SM700)分别测定油菜顶部(LI_T)、距离地面 75 cm 和 50 cm 处的光照强度(LI_H),每样点的透光率(LPR, light penetration rate)计算如下: $LPR = (LI_H/LI_T) \times 100\%$ 。在油菜成熟期考种测产,观察各处理对油菜产量的影响。所得数据采用 DPS 软件进行统计分析,利用邓肯氏新复极差法进行多重比较,数据在进行方差分析前进行正态性和齐性检验,百分数进行反正弦平方根转化。

2 结果与分析

2.1 土壤消毒联合种植密度对油菜田主要杂草的防效

试验结果显示,土壤消毒后油菜出苗正常,对照处理野燕麦发生密度达到 129 株/m²,苦苣菜发生密度 10.3 株/m²。棉隆土壤消毒结合不同种植密度对野燕麦的株防效为 87.4%~100.0%,对苦苣菜的株防效为 86.9%~100.0%。对野燕麦的鲜重防效为 89.8%~100.0%,对苦苣菜的鲜重防效为 90.1%~100.0% (表 1)。统计分析结果表明,土壤消毒结合油菜种植密度 4 株/m² 对杂草野燕麦和苦苣菜的防治效果要显著低于其他各处理。土壤消毒结合油菜种植密度 10、12 株/m² 对野燕麦的防治效果要显著优于种植密度 4、6 株/m²。

2.2 土壤消毒联合种植密度对油菜田间光照强度的影响

杂草的发生严重影响了油菜田的光照强度,土壤消毒联合种植密度处理后,离地 75 cm 处的光照强度达到 9 189~21 808 lx,透光率为 17.9%~46.1%,对照处理透光率仅为 14.8%;离地 50 cm 处的光照强度达到 5 156~13 123 lx,透光率达到 10.0%~27.7%,对照处理透光率仅为 5.1% (表 2),土壤消毒联合种植密度处理后均显著改善了油菜田中下部的光照强度和透光率。

表 1 土壤消毒联合种植密度对油菜田杂草的株防效和鲜重防效¹⁾

Table 1 Plant and weight control effect of soil disinfection combined with planting density on weeds in rape field

处理 Treatment	野燕麦 <i>Avena fatua</i>				苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>			
	株数/(株/m ²) Number of plants	株防效/% Plant control efficacy	鲜重/(g/m ²) Fresh weight	鲜重防效/% Fresh weight control efficacy	株数/(株/m ²) Number of plants	株防效/% Plant control efficacy	鲜重/(g/m ²) Fresh weight	鲜重防效/% Fresh weight control efficacy
土壤消毒+种植密度 4 株/m ² Soil disinfection+planting density of 4 plants/m ²	(15.8±3.4)b	(87.4±3.2)d	(263.0±60.4)b	(89.8±2.8)c	(1.3±0.3)b	(86.9±4.0)b	(347.5±68.1)b	(90.1±2.7)b
土壤消毒+种植密度 6 株/m ² Soil disinfection+planting density of 6 plants/m ²	(7.5±1.6)bc	(94.1±1.4)c	(105.8±19.9)b	(95.9±1.0)b	(0.5±0.3)b	(95.2±2.8)a	(120.3±70.9)b	(97.0±1.8)a
土壤消毒+种植密度 8 株/m ² Soil disinfection+planting density of 8 plants/m ²	(1.3±0.6)c	(99.1±0.5)b	(19.3±10.5)b	(99.4±0.3)a	(0.3±0.3)b	(97.9±2.1)a	(45.7±39.5)b	(99.0±1.0)a
土壤消毒+种植密度 10 株/m ² Soil disinfection+planting density of 10 plants/m ²	(0.0±0.0)c	(100.0±0.0)a	(0.0±0.0)b	(100.0±0.0)a	(0.0±0.0)b	(100.0±0.0)a	(0.0±0.0)b	(100.0±0.0)a
土壤消毒+种植密度 12 株/m ² Soil disinfection+planting density of 12 plants/m ²	(0.0±0.0)c	(100.0±0.0)a	(0.0±0.0)b	(100.0±0.0)a	(0.0±0.0)b	(100.0±0.0)a	(0.0±0.0)b	(100.0±0.0)a
未土壤消毒对照处理 Untreated control	(129.0±9.6)a	(0.0±0.0)e	(2 783.5±345.6)a	(0.0±0.0)d	(10.3±0.9)a	(0.0±0.0)c	(3 738.8±337.3)a	(0.0±0.0)c

1) 表中同列不同字母代表处理间多重比较在 5%水平差异显著,表格中的数据为平均值±标准误,下同。

Means within columns followed by the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$) according to Duncan's new multiple range test. Data are shown as the arithmetic mean with standard error. The same below.

表 2 土壤消毒联合种植密度对油菜田光照强度的影响

Table 2 Effect of soil disinfection combined with planting density on field light intensity in rape field

处理 Treatment	光照强度/lx			透光率/%		
	油菜顶部 Top of rape	离地 75 cm 75 cm from ground	离地 50 cm 50 cm from the ground	离地 75 cm 75 cm from ground	离地 50 cm 50 cm from the ground	Light transmittance
土壤消毒+种植密度 4 株/m ² Soil disinfection+planting density of 4 plants/m ²	(47 368±438)d	(21 808±1 997)a	(13 123±1 100)a	46.1	27.7	
土壤消毒+种植密度 6 株/m ² Soil disinfection+planting density of 6 plants/m ²	(48 814±209)c	(19 946±690)a	(10 973±695)b	40.9	22.5	
土壤消毒+种植密度 8 株/m ² Soil disinfection+planting density of 8 plants/m ²	(50 000±408)b	(16 968±674)b	(7 212±427)c	34.0	14.4	
土壤消毒+种植密度 10 株/m ² Soil disinfection+planting density of 10 plants/m ²	(49 380±215)bc	(13 122±972)c	(6 537±310)cd	26.6	13.2	
土壤消毒+种植密度 12 株/m ² Soil disinfection+planting density of 12 plants/m ²	(51 428±433)a	(9 189±859)d	(5 156±308)d	17.9	10.0	
未土壤消毒对照处理 Untreated control	(51 339±279)a	(7 614±283)d	(2 640±176)e	14.8	5.1	

2.3 土壤消毒联合种植密度处理杂草对养分和水分的消耗

调查田间 2 种主要杂草的水肥含量,由表 3 可知,对照处理区 2 种主要杂草合计消耗全氮量 271.0 kg/hm²,土壤消毒联合种植密度处理后减少全氮消耗量达 90.5%~100.0%;对照处理区 2 种主要杂草合计全磷消耗量 40.0 kg/hm²,土壤消毒联合种植密度处理后减少全磷消耗量达 85.1%~100.0%;对照处理区 2 种主要杂草合计全钾消耗量 381.7 kg/hm²,土壤消毒联合种植密度处理后减少全钾消耗量达 91.1%~100.0%;对照处理区 2 种主要杂草合计消耗水分 44 131.9 kg/hm²,土壤消毒

联合种植密度处理后减少消耗水分达 89.8%~100.0%。

2.4 土壤消毒联合种植密度对油菜的增产效果

土壤消毒联合种植密度处理对油菜果枝数、角果数及产量均有影响,其中对油菜籽产量的影响较大。在试验条件下,随着种植密度的增加,产量迅速提高。土壤消毒联合种植密度处理油菜籽产量达到 3 155.0~4 920.5 kg/hm²,增产效果显著,比对照(2 783.5 kg/hm²)增产 13.3%~76.8%,较对照每公顷增收 1 857.3~10 684.8 元。统计分析结果表明,油菜种植密度 8、10、12 株/m² 处理之间油菜籽产量没有显著差异。

表 3 油菜田 2 种主要杂草的养分和水分累计消耗量

Table 3 Cumulative nutrient and water consumption of two major weeds in rape field

处理 Treatment	全氮消耗量 Total nitrogen consumption		全磷消耗量 Total phosphorus consumption		全钾消耗量 Total potassium consumption		水分消耗 Water content consumption	
	合计/ (kg/hm ²) Total	减少率/% Reduction rate	合计/ (kg/hm ²) Total	减少率/% Reduction rate	合计/ (kg/hm ²) Total	减少率/% Reduction rate	合计/ (kg/hm ²) Total	减少率/% Reduction rate
土壤消毒+种植密度 4 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 4 plants/m ²	(25.8±3.4)b	90.5	(5.9±0.5)b	85.1	(34.2±5.0)b	91.1	(4 487.5±546.4)b	89.8
土壤消毒+种植密度 6 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 6 plants/m ²	(9.5±2.9)b	96.5	(2.2±0.4)b	94.6	(12.4±4.8)b	96.7	(1 648.2±460.2)b	96.3
土壤消毒+种植密度 8 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 8 plants/m ²	(2.8±1.3)b	99.0	(0.7±0.2)b	98.3	(3.9±2.2)b	99.0	(490.7±204.9)b	98.9
土壤消毒+种植密度 10 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 10 plants/m ²	(0.0±0.0)b	100.0	(0.0±0.0)b	100.0	(0.0±0.0)b	100.0	(0.0±0.0)b	100.0
土壤消毒+种植密度 12 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 12 plants/m ²	(0.0±0.0)b	100.0	(0.0±0.0)b	100.0	(0.0±0.0)b	100.0	(0.0±0.0)b	100.0
未土壤消毒对照处理 Untreated control	(271.0±27.9)a	—	(40.0±4.2)a	—	(381.7±38.1)a	—	(44 131.9±4 563.9)a	—

表 4 土壤消毒联合种植密度对油菜产量的影响¹⁾

Table 4 Effect of soil disinfestation combined with planting density on rape yield

处理 Treatment	果枝数/个 Number of branches	千粒重/g 1 000-grain weight	油菜籽产量/ (kg/hm ²) Yield	增产量/ (kg/hm ²) Increased yield	增产率/% Increment rate	增产效益/ (元/hm ²) Increased income
土壤消毒+种植密度 4 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 4 plants/m ²	(11.7±0.5)a	(4.9±0.04)a	(3 155.0±261.5)c	371.5	13.3	1 857.3
土壤消毒+种植密度 6 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 6 plants/m ²	(11.5±0.1)a	(4.4±0.05)b	(3 935.5±91.0)b	1 152.0	41.4	5 759.8
土壤消毒+种植密度 8 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 8 plants/m ²	(10.6±0.4)ab	(4.7±0.13)ab	(4 703.2±144.6)a	1 919.7	69.0	9 598.5
土壤消毒+种植密度 10 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 10 plants/m ²	(9.6±0.3)bc	(4.5±0.18)b	(4 738.5±134.7)a	1 955.0	70.2	9 774.8
土壤消毒+种植密度 12 株/m ² Soil disinfestation+planting density of 12 plants/m ²	(10.2±0.5)b	(4.5±0.07)b	(4 920.5±200.5)a	2 137.0	76.8	10 684.8
未土壤消毒对照处理 Untreated control	(8.7±0.3)c	(4.0±0.1)c	(2 783.5±184.5)c	—	—	—

1) 表中增产效益中油菜籽价格按价格 5.0 元/kg 计算。
The price of rapeseed in the table is based on the price of 5.0 RMB/kg.

3 结论与讨论

油菜田杂草发生种类多、危害重,湖北地区油菜田主要优势杂草种群有看麦娘 *Alopecurus aequalis*、婆婆纳 *Veronica polita*、苘草 *Beckmannia syzigachne*、猪殃殃 *Galium spurium* 等^[11]。生态控草是指采取各种农业技术措施来控制杂草的发生,创造不利于杂草生长而有利于作物生长的环境。采用农艺措施控草不会对环境造成污染,是杂草可持续治理中替代化学除草的重要措施,并且农艺措施的选择压力较化学除草低,不会诱导杂草抗药性的产生,它们一般通过提供多样化的选择压力来限制杂草的发生危害^[12]。增加作物种植密度也能通过影响杂草的生存环境而限制杂草的发生危害,从而促进油菜产量的提高。本文综合分析了土壤消毒联合种植密度对杂草发生量和作物产量的影响,结果表明棉隆土壤消毒后结合不同油菜种植密度对杂草表现出优异的防控效果。棉隆按技术规程使用对油菜作物安全,无药害。土壤消毒结合种植密度处理对野燕麦和苦苣菜均有良好防效,总鲜重防效达到 89.8%~100.0%。土壤杂草种子库是农田杂草发生危害的主要根源,控制土壤杂草种子库规模是杂草综合治理策略的重要组成部分^[13],通过种植前的土壤消毒处理也是最直接有效降低土壤杂草种子库的方法之一。

分析田间 2 种主要杂草对养分和水分的消耗,结果表明土壤消毒结合种植密度处理显著降低了杂草对田间氮、磷、钾和水分的消耗,有效改善了田间的水肥和光照条件。土壤消毒联合种植密度不同处理的油菜籽产量达到 3 155.0~4 920.5 kg/hm²,增产效果显著,产量较对照增加 13.3%~76.8%,每公顷增收 1 857.3~10 684.8 元。增加作物种植密度可导致作物与杂草之间的种间竞争加剧、杂草的生存资源减少,种间竞争是密度控草的主要原因。但是如果种植密度过大,将会增加成本投入,同时会导致油菜减产,因此适度增加种植密度能保证对杂

草防效,同时也能保证产量。通过本文研究表明采用土壤消毒结合种植密度控制油菜田杂草具有一定的应用前景,推荐油菜种植密度为 8~10 株/m²。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴-2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [2] 王秋霞, 颜冬冬, 王献礼, 等. 土壤熏蒸剂研究进展[J]. 植物保护学报, 2017, 44(4): 529-543.
- [3] MAO Liangang, JIANG Hongyun, WANG Qiuxia, et al. Efficacy of soil fumigation with dazomet for controlling ginger bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in China [J]. Crop Protection, 2017, 100: 111-116.
- [4] FU Chuenhsu, HU Bauyuan, CHANG Tuntschu, et al. Evaluation of dazomet as fumigant for the control of brown root rot disease [J]. Pest Management Science, 2012, 68(7): 959-962.
- [5] GILREATH J, SANTOS B M. Efficacy of methyl bromide alternatives on purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) control in tomato and pepper [J]. Weed Technology, 2004, 18(2): 341-345.
- [6] MAO Liangang, YAN Dongdong, WANG Qiuxia, et al. Evaluation of the combination of dimethyl disulfide and dazomet as an efficient methyl bromide alternative for cucumber production in China [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(21): 4864-4869.
- [7] 李应金, 秦西云. 土壤消毒剂防除烤烟苗床杂草试验[J]. 植物保护, 2007, 33(1): 131-133.
- [8] 靳晓山, 解林昊, 王雪, 等. 98%棉隆微粒剂对人参田杂草的防除效果及安全性[J]. 农药, 2018, 57(9): 682-686.
- [9] 尤民生, 刘雨芳, 侯有明. 农田生物多样性与害虫综合治理[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 117-122.
- [10] 朱文达, 魏守辉, 张朝贤. 农作措施对油菜田杂草的生态控制作用[J]. 华中农业大学报, 2005, 24(2): 125-128.
- [11] 朱文达, 魏守辉, 张朝贤. 湖北省油菜田杂草种类组成及群落特征[J]. 中国油料作物学报, 2008, 30(1): 100-105.
- [12] BUHLER D D, HARTZLER R G, FORCELLA F. Implications of weed seedbank dynamics to weed management [J]. Weed Science, 1997, 45(3): 329-336.
- [13] MURPHY S D, CLEMENTS D R, BELAOUSSOFF S, et al. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation [J]. Weed Science, 2006, 54(1): 69-77.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 290 页)

- [9] SHAO Wenyong, WANG Jingrui, WANG Huiyuan, et al. *Fusarium graminearum* FgSdhC1 point mutation A78V confers resistance to the succinate dehydrogenase inhibitor pydiflumetofen [J]. Pest Management Science, 2022, 78(5): 1780-1788.
- [10] KEITH J B, HOLLOMON D W. Fungicide resistance: the assessment of risk [M]. Fungicide Resistance Action Commit-

tee. Bristol, United Kingdom: Aimplint, 2007: 28-31.

- [11] VIELBA-FERNÁNDEZ A, POLONIO Á, RUIZ-JIMÉNEZ L, et al. Fungicide resistance in powdery mildew fungi [J/OL]. Microorganisms, 2020, 8(9): 1431. DOI: 10.3390/microorganisms8091431.

(责任编辑: 田 喆)