



闫锋,董扬,赵富阳,等.不同微生物菌剂对糜子生长及土壤酶活性的影响[J].黑龙江农业科学,2023(5):35-38,51.

# 不同微生物菌剂对糜子生长及土壤酶活性的影响

闫 锋<sup>1</sup>,董 扬<sup>1</sup>,赵富阳<sup>1</sup>,侯晓敏<sup>1</sup>,李清泉<sup>1</sup>,刘 悦<sup>1</sup>,殷 博<sup>2</sup>,范国权<sup>3</sup>

(1.黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2.黑龙江省科学院 微生物研究所,黑龙江 哈尔滨 150010; 3.黑龙江省农业科学院 经济作物研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为了验证微生物菌剂在糜子生产上的应用效果,采用大田试验的方法,以齐黍3号为试验材料,在5叶期根部灌施枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、哈茨木霉菌、解淀粉芽孢杆菌、复合微生物菌剂和光合细菌6种微生物菌剂,以不施菌剂为对照(CK),分析不同处理对糜子农艺性状、产量性状、光合特性及土壤酶活性等指标的影响。结果表明,与CK相比,施入微生物菌剂后,土壤脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶活性显著增强;6种微生物菌剂均能显著改善齐黍3号的穗长、有效分蘖数、株高、茎粗等农艺性状和穗重、穗粒重、产量及净光合速率、蒸腾速率、胞间CO<sub>2</sub>浓度,但对千粒重影响不显著;综合试验结果,复合微生物菌剂和光合细菌处理对提高土壤酶活性、改善糜子各生长指标效果最好,籽粒产量最高,分别比CK增产14.90%和13.45%,可应用于黑龙江省糜子大田高产栽培。

**关键词:**微生物菌剂;糜子;土壤酶活性;农艺性状

糜子(*Panicum miliaceum* L.)起源于中国,是一年生草本禾谷类作物,磨米去皮后称黍米,俗称黄米,作为五谷之首的糜子,在悠悠历史长河中扮演着非常重要的角色<sup>[1]</sup>。我国糜子种植区主要分布在黄河以北陕西、山西、内蒙古、甘肃、宁夏等地,全国常年种植面积约100万hm<sup>2</sup>,居世界第二位<sup>[2]</sup>。糜子具有生育期短、抗逆性强等特点<sup>[3-4]</sup>。糜子不仅是我国旱作农业区重要的粮食作物之一,也是一种重要饲料、饲草作物<sup>[5]</sup>。

近年来,农业生产上为了追求高产普遍有过量施肥及偏施氮肥等不合理施肥措施,这种施肥措施不仅造成农产品品质下降,而且会使土壤有机质含量下降,土壤中微生物多样性下降,肥料利用率持续降低,严重情况下会使土壤盐碱化加剧<sup>[6]</sup>。

微生物菌剂也叫活性益生菌,是经过人工扩繁后制成的一类由微生物菌群构成的活性菌

剂<sup>[7]</sup>。其所含微生物的生命活动,能够改善土壤养分和微生物的群落构成,增加土壤中速效养分的供应量,促进植物生长并提高产量,调高农作物品质<sup>[8]</sup>,在化肥零增长行动中具有重要作用<sup>[9]</sup>。目前,微生物菌剂已经在多种大田作物<sup>[10-11]</sup>、蔬菜<sup>[12-13]</sup>、油料作物<sup>[14]</sup>、水果<sup>[15]</sup>等作物栽培中得到广泛应用。通过查阅相关文献,发现不同物种间对微生物菌剂的生理响应存在差异,而微生物菌剂对糜子的应用效果方面的研究鲜见报道。为此,本研究以齐黍3号为试验材料,在糜子苗期以灌根的施用方式,研究6种微生物菌剂对糜子农艺性状、光合指标、产量以及根际土壤酶活性等产生的影响,从而筛选出施用效果较好的微生物菌剂,以期为糜子生产中应用微生物菌剂提供理论依据与技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于2022年5月—9月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院全合台科研基地进行,年降水量415mm,年均温度3.2℃,活动积温为2900℃。土壤类型为碳酸盐黑钙土,pH7.82。

### 1.2 材料

供试糜子品种为齐黍3号,由黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院选育。供试微生物菌剂为

收稿日期:2022-12-26

基金项目:齐齐哈尔市科学技术局创新激励项目(CNYGG-2022041);国家糜子高粱产业技术体系建设项目(CARS-06-14.5-B21);黑龙江省杂粮产业技术协同创新推广体系谷糜病虫害绿色防控岗位专家项目。

第一作者:闫锋(1982—),男,硕士,助理研究员,从事杂粮作物遗传育种研究。E-mail:yanfeng6338817@126.com。

通信作者:李清泉(1968—),男,学士,研究员,从事杂粮作物遗传育种及栽培研究。E-mail:zls1968@163.com。

400 亿·g<sup>-1</sup>枯草芽孢杆菌,购自英国贝尔生物科技有限公司;1 000 亿·g<sup>-1</sup>地衣芽孢杆菌,购自业旺盛生物科技有限公司;100 亿·g<sup>-1</sup>哈茨木霉菌,购自英国贝尔生物科技有限公司;1 000 亿·g<sup>-1</sup>解淀粉芽孢杆菌,由黑龙江省科学院应用微生物研究所提供;5 亿·g<sup>-1</sup>光合细菌,由黑龙江省科学院应用微生物研究所提供;200 亿·g<sup>-1</sup>复合微生物菌剂,购自济宁阿立达生物工程有限公司。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用完全随机区组设计,以不施菌剂为对照(CK),设 6 个微生物菌剂处理,施用剂量分别为枯草芽孢杆菌 15 kg·hm<sup>-2</sup>、地衣芽孢杆菌 2 kg·hm<sup>-2</sup>、哈茨木霉菌 10 kg·hm<sup>-2</sup>、解淀粉芽孢杆菌 20 kg·hm<sup>-2</sup>、光合细菌 15 kg·hm<sup>-2</sup>、复合微生物菌剂 6 kg·hm<sup>-2</sup>,各菌剂用水稀释至说明书建议浓度,在糜子幼苗 5 叶期灌根处理。每小区 6 行,垄宽 0.65 m,行长 4 m,小区面积约 15.6 m<sup>2</sup>,3 次重复。

1.3.2 测定项目及方法 土壤酶活性测定:于乳熟期取植株根部的土样,每个处理内 5 点取样,将土样均匀混合后过细筛,参考关松荫<sup>[16]</sup>的方法,采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定土壤蔗糖酶,采用苯酚钠比色法测定脲酶活性,采用磷酸苯二钠法测定土壤中中性磷酸酶。

光合指标测定:于抽穗期在每小区中间 4 行随机选取 10 株糜子测定顶部倒二叶中间部位的光合指标,使用万象环境公司生产的 WX-GH20 型光合作用测定仪测定净光合速率、气孔导度和蒸腾速率。

农艺性状及产量性状测定:于成熟期在每个小区中间 4 行随机选取 10 株糜子,测定株高、茎粗、分蘖数、穗长、穗重、穗粒重、千粒重并测产。

1.3.3 数据分析 用 Excel 2019 软件进行数据统计及作图,用 DPS 7.05 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 微生物菌剂对土壤酶活性的影响

由表 1 可知,微生物菌剂能够显著影响土壤酶活性,与 CK 相比,各处理均显著提高了土壤中蔗糖酶活性,其中复合微生物菌剂处理的蔗糖酶活性最高,为 11.31 mg·(g·d)<sup>-1</sup>,显著高于其他处理,比 CK 增加了 110.22%,解淀粉芽孢杆菌处

理的蔗糖酶活性次之,为 10.40 mg·(g·d)<sup>-1</sup>;经过微生物菌剂处理后土壤中脲酶活性均较 CK 显著提高,其中复合微生物菌剂处理的脲酶活性最高,为 2.28 mg·(g·d)<sup>-1</sup>,显著高于其他处理,比 CK 增加了 88.43%,枯草芽孢杆菌处理的脲酶活性次之,为 2.02 mg·(g·d)<sup>-1</sup>;地衣芽孢杆菌和哈茨木霉菌处理的中性磷酸酶活性显著高于其他处理,分别为 3.53 和 3.42 mg·(g·d)<sup>-1</sup>,分别比 CK 增加了 70.53%和 65.22%。

表 1 微生物菌剂对土壤酶活性的影响

处理	单位:mg·(g·d) <sup>-1</sup>		
	蔗糖酶	脲酶	中性磷酸酶
枯草芽孢杆菌	7.39 e	2.02 b	2.86 c
地衣芽孢杆菌	9.46 c	1.64 d	3.53 a
哈茨木霉菌	8.02 d	1.86 c	3.42 a
解淀粉芽孢杆菌	10.40 b	1.80 c	3.12 b
光合细菌	7.48 e	1.52 d	2.49 d
复合微生物菌剂	11.31 a	2.28 a	3.05 b
CK	5.38 f	1.21 e	2.07 e

注:不同小写字母表示处理间在 P<0.05 水平差异显著。下同。

2.2 微生物菌剂对糜子光合特性的影响

由表 2 可知,参试微生物菌剂均能显著改善糜子的光合特性,经过微生物菌剂处理后糜子的蒸腾速率、净光合速率、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度与 CK 相比均显著提高。与 CK 相比,施入微生物菌剂后糜子叶片的净光合速率增幅为 4.97%~12.24%,其中光合细菌处理下的叶片净光合速率显著高于其他处理,各处理下糜子叶片净光合速率由大至小依次为光合细菌>复合微生物菌剂>枯草芽孢杆菌>解淀粉芽孢杆菌>地衣芽孢杆菌>哈茨木霉菌>CK;施入微生物菌剂后糜子叶片的蒸腾速率均显著高于 CK,增幅为 9.93%~40.07%,其中光合细菌处理下的叶片蒸腾速率显著高于其他处理;与 CK 相比,各微生物菌剂处理均显著提高了糜子叶片的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度,增幅为 14.00%~34.73%,其中光合细菌处理下的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度最高,且显著高于其他处理,各处理下糜子叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度依次为光合细菌>复合微生物菌剂>地衣芽孢杆菌>哈茨木霉菌>解淀粉芽孢杆菌>枯草芽孢杆菌>CK。

表 2 微生物菌剂对糜子光合指标的影响

处理	净光合速率/ [ $\mu\text{mol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$ ]	蒸腾速率/ [ $\text{mmol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$ ]	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度/ [ $\mu\text{mol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$ ]
枯草芽孢杆菌	17.80 b	3.81 b	104.26 c
地衣芽孢杆菌	17.41 c	3.36 c	113.81 b
哈茨木霉菌	17.33 c	3.32 c	110.18 b
解淀粉芽孢杆菌	17.52 c	3.48 c	107.35 c
光合细菌	18.53 a	4.23 a	123.22 a
复合微生物菌剂	17.98 b	3.77 b	115.20 b
CK	16.51 d	3.02 d	91.46 d

2.3 微生物菌剂对糜子农艺性状的影响

由表 3 可知,微生物菌剂能够显著改善糜子的农艺性状,与 CK 相比糜子穗长、有效分蘖数、株高、茎粗均显著提高。与 CK 相比,施入微生物菌剂后穗长的增幅为 2.60%~11.85%,其中复合微生物菌剂处理下的穗长最大(47.28 cm),显著高于其他处理,各处理下糜子穗长的表现依次为复合微生物菌剂>光合细菌>地衣芽孢杆菌>解淀粉芽孢杆菌>枯草芽孢杆菌>哈茨木霉菌>CK;各微生物菌剂处理之间有效分蘖数的差异并不显著,但均显著高于 CK,糜子有效分蘖数的增幅为 15.62%~22.56%;与 CK 相比,各微生物菌剂处理株高的增幅为 2.64%~5.72%,其中复合微生物菌剂和光合细菌处理下的株高显著高于其他处理,分别为 178.04 和 177.57 cm,各处理下糜子株高的表现依次为复合微生物菌剂>光合细菌>枯草芽孢杆菌>地衣芽孢杆菌>解淀粉芽孢杆菌>哈茨木霉菌>CK;各微生物菌剂处理较 CK 处理糜子茎粗的增幅为 5.58%~18.06%,其中光合细菌处理下的茎粗最大(8.89 mm),显著高于其他处理,各处理下糜子茎粗的表现依次为光合细菌>复合微生物菌剂>地衣芽孢杆菌>解淀粉芽孢杆菌>哈茨木霉菌>枯草芽孢杆菌>CK。

表 3 微生物菌剂对糜子农艺性状的影响

处理	穗长/cm	有效分蘖数	株高/cm	茎粗/mm
枯草芽孢杆菌	43.74 d	5.48 a	175.06 b	7.95 c
地衣芽孢杆菌	45.01 c	5.37 a	174.42 b	8.25 bc
哈茨木霉菌	43.37 d	5.33 a	172.85 c	8.03 c
解淀粉芽孢杆菌	44.84 c	5.64 a	173.95 b	8.10 c
光合细菌	45.89 b	5.42 a	177.57 a	8.89 a
复合微生物菌剂	47.28 a	5.65 a	178.04 a	8.51 b
CK	42.27 e	4.61 b	168.41 d	7.53 d

2.4 微生物菌剂对糜子产量性状的影响

由表 4 可知,微生物菌剂能够显著提高糜子的穗重、穗粒重和产量,但对千粒重无显著影响。与 CK 相比,施入微生物菌剂后穗重的增幅为

3.74%~10.45%,其中复合微生物菌剂和光合细菌处理下的穗重显著高于其他处理,分别为 18.60 和 18.41 g,各处理下穗重表现依次为复合微生物菌剂>光合细菌>地衣芽孢杆菌>哈茨木霉菌>解淀粉芽孢杆菌>枯草芽孢杆菌>CK;穗粒重和产量的变化趋势与穗重大体一致,相比于 CK,微生物菌剂处理穗粒重的增幅为 4.28%~12.64%,产量的增幅为 3.09%~14.90%,复合微生物菌剂处理下的穗粒重和产量均最高,分别为 12.12 g 和 585.32  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ,显著高于地衣芽孢杆菌、哈茨木霉菌、解淀粉芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌处理及 CK,但与光合细菌差异不显著。

表 4 微生物菌剂对糜子产量指标的影响

处理	穗重/g	穗粒重/g	千粒重/g	产量/( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )
枯草芽孢杆菌	17.47 c	11.27 c	3.21 a	525.17 c
地衣芽孢杆菌	18.02 b	11.59 b	3.19 a	552.63 b
哈茨木霉菌	17.66 c	11.31 c	3.23 a	530.50 c
解淀粉芽孢杆菌	17.59 c	11.22 c	3.17 a	527.46 c
光合细菌	18.41 a	12.03 a	3.20 a	577.95 a
复合微生物菌剂	18.60 a	12.12 a	3.22 a	585.32 a
CK	16.84 d	10.76 d	3.18 a	509.43 d

3 讨论

土壤中的微生物和植物根系能够分泌产生土壤酶<sup>[17]</sup>,其活性大小是衡量土壤肥力的重要标志,也是使土壤中的有机养分有效转化的重要因子<sup>[18]</sup>。前人研究表明土壤中各种营养元素的有效转化与土壤中脲酶、蔗糖酶及磷酸酶的活性密切相关<sup>[19]</sup>。李锦霞等<sup>[20]</sup>研究了多效微生物菌剂对甘肃干旱区马铃薯连作土壤微生物的影响,结果表明施入微生物菌剂后马铃薯根际土壤中脲酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶、过氧化氢酶的活性显著增强。范娜等<sup>[21]</sup>研究表明,以基肥的方式施入微生物菌肥可显著提高高粱各生育时期根际土壤蔗糖酶和磷酸酶活性,有效改善土壤的肥力状况,提高氮素利用率。本研究中 6 种微生物菌剂均可显著提高糜子根际土壤中蔗糖酶、脲酶和中性磷酸



酶的活性,但不同微生物菌剂对各种酶活性的影响不尽相同,这与前人的研究结果基本一致。

光合作用是植物生物产量的基础,有利于植物干物质积累和光合产物转运分配<sup>[22]</sup>。王凤娇等<sup>[23]</sup>在丹参基质中添加微生物菌剂,结果发现微生物菌剂处理均能显著调高丹参苗的净光合速率、蒸腾速率及叶绿素含量。王梦亮等<sup>[24]</sup>研究表明,叶面喷施光合菌剂、生物高钙菌剂及两种菌剂的复配剂均能提高枣树叶片光合特性,其中复配剂效果最好,可显著提高枣树叶片各光合指标。本研究中,使用菌剂处理后齐黍3号的光合指标均较CK显著提高,这与前人研究结果一致。

大量前人研究表明,农作物经微生物菌剂处理后农艺性状及产量会得到显著改善和提高。黄小萱等<sup>[25]</sup>研究发现复合微生物菌剂能提高水稻的出苗率、成苗率,提高秧苗素质和分蘖能力,在减施15%氮肥的情况下,仍能获得增产。方瑞琳等<sup>[26]</sup>研究表明谷子经过4种菌剂处理后,显著促进了营养器官生长,抗倒伏能力增强,穗粒重和产量显著增加,但是对千粒重及穗长影响不显著。本研究表明齐黍3号经过菌剂处理后除千粒重外,其余各农艺性状和产量性状均显著改善,本研究的结果与前人基本一致。由于试验条件限制,参试糜子品种及菌剂种类有限,可能会使本研究结果具有一定片面性,适合糜子大田生产施用的微生物菌剂还需要在后续试验中进行深入研究和探讨。综合本研究结果来看复合型微生物菌剂处理施用效果最好,这可能是复合菌剂中的菌种种类全、配伍合理,各菌种相互促进、补充,相互协同,共同作用使作物达到高产丰产的效果。受此启发,后续可将研究重点放在剂型、配方、种类等方面由单一向复合的转变。

## 4 结论

施用微生物菌剂能够显著提高糜子生产田土壤酶活性,促进糜子的生长发育。微生物菌剂处理后除千粒重外各农艺性状和产量性状与CK相比均显著提高,光合性能提升,并最终体现为增产,其中复合微生物菌剂和光合细菌的施用效果最好,分别较CK增产14.90%和13.45%,可应用于黑龙江省糜子大田高产栽培。

### 参考文献:

- [1] 柴岩.糜子[M].北京:中国农业出版社,1999:2-5.
- [2] 乔志军.糜子产业发展现状与思路[J].作物杂志,2013(5):25-27.
- [3] 胡兴雨,陆平,贺建波,等.黍稷农艺性状的主成分分析与聚类分析[J].植物遗传资源学报,2008,9(4):492-496.
- [4] 景小兰,李志华,董旭.不同播期对糜子不同品种生长发育及产量的影响[J].作物杂志,2019(1):146-151.

- [5] 史桂清,梁廷康,程树森,等.晋中地区小麦黑穗病流行原因和防治对策[J].山西农业科学,1996,24(1):59-60.
- [6] 钟林炳,王道泽,黄越,等.不同类型微生物肥料在梨树栽培上的应用[J].浙江农业科学,2021,62(2):314-319,420.
- [7] 冯国明.浅谈微生物肥料的特性与特殊作用[J].农业工程技术(农产品加工业),2011(10):41.
- [8] 武杞蔓,张金梅,李明莹,等.有益微生物菌肥对农作物的作用机制研究进展[J].生物技术通报,2021,37(5):221-230.
- [9] 陈晓燕,王小琳,谢先进.不同微生物菌剂对玉米产量及土壤肥力的影响[J].热带农业科学,2021,41(9):11-16.
- [10] 贺国强,邓志平,刘展志,等.菌剂、沼液及其复配对玉米经济性状和产量的影响[J].中国农业大学学报,2011,16(4):24-29.
- [11] 谢慧敏,吴可,刘文奇,等.海藻肥与微生物菌剂部分替代化肥对水稻产量及其构成因素的影响[J].作物杂志,2022(1):161-166.
- [12] 李晶晶,刘聪,王鑫鑫,等.微生物菌剂对青椒生长、品质和土壤养分状况的影响[J].北方园艺,2021(13):1-10.
- [13] 钟延平,赵胜利,段钧雷,等.微生物菌剂对茄子幼苗生长性状的影响[J].北方农业学报,2020,48(4):105-109.
- [14] 何飞燕,杜全能,杨正,等.复合微生物菌剂对花生生长及产量的影响[J].江苏农业科学,2020,48(14):104-109.
- [15] 马凤捷,蔡立群,刘垠霖.不同微生物菌剂处理对哈密瓜品质及土壤养分和酶活性的影响[J].中国土壤与肥料,2021(2):69-77.
- [16] 关松萌.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986:274-276,294-297,309-313.
- [17] TADANO T, OZAWA K, SAKAI H, et al. Secretion of acid phosphatase by the roots of crop plants under phosphorus-deficient conditions and some properties of the enzyme secreted by lupin roots[J]. Plant and Soil, 1993, 155-156(1):95-98.
- [18] BURNS R G. Enzyme activity in soil: location and possible role in microbial ecology[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1982,12:423-427.
- [19] 刘恩科,赵秉强,李秀英,等.长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J].植物生态学报,2008,32(1):176-182.
- [20] 刘锦霞,李娜,李晶,等.多效微生物菌剂对甘肃干旱区马铃薯连作土壤生态及产量的影响[J].土壤通报,2019,50(3):675-682.
- [21] 范娜,彭之东,白文斌,等.微生物菌剂对土壤酶活性及高粱生长的影响[J].中国农业科技导报,2021,23(2):185-192.
- [22] 薛义霞,李亚灵,温祥珍.空气湿度对高温下番茄光合作用及坐果率的影响[J].园艺学报,2010,37(3):397-404.
- [23] 王凤娇,郭新送,祝丽香,等.腐植酸与微生物菌剂对丹参幼苗生长的影响[J].山东农业科学,2021,53(11):70-74.
- [24] 王梦亮,苏俊萍,王俊宏,等.叶面喷施微生物菌剂对黄河滩红枣生理和品质的影响[J].山西大学学报(自然科学版),2012,35(3):568-571.
- [25] 黄小萱,张凯,侯小超.复合微生物菌剂对水稻生长及产量的影响[J].农业开发与装备,2021(12):185-1846.
- [26] 方瑞琳,王帝,王雨婷,等.不同微生物菌剂对谷子主要农艺性状及产量的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2021,33(2):1-6.

(下转第51页)

# Field Control Effect of Two Microbial Inoculum Against *Grapholita delineana*

**YANG Huiying<sup>1</sup>, WANG Yuxian<sup>1</sup>, XU Yingying<sup>1</sup>, GAO Pan<sup>1</sup>, ZHANG Gongliang<sup>1</sup>, ZHENG Xu<sup>2</sup>,  
XU Ting<sup>1</sup>, WANG Chen<sup>1</sup>**

(1. Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China; 2. Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

**Abstract:** In order to prevent *Grapholita delineana* and reduce the loss of industrial hemp pests. Two microbial inoculums were applicated in the field experiment with usual dosage and block desighn, the test result in safe, efficient and long-lasting agent against hemp borer. The paper showed that the average control effect of *Metarhizium anisopliae* preparation and *Beauveria bassiana* preparation on industrial hemp moth was the best at 47 days and 54 days after spraying after sowing, which were 85.85%-88.89% and 64.71%-64.81%, respectively. The population decline rate of *Metarhizium anisopliae* was almost flat at 41 days, 47 days and 54 days after spraying, which was 83.72%-88.89%. The population decline rate of *Beauveria bassiana* was almost flat at 47 days, 54 days and 61 days after spraying, which was 63.16%-64.81%. there was not significant difference between corrected controlling effects of *Metarrhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*, which were 43.83%-79.87% and 47.14%-83.84% respectively, while spraying in the fast growing period, which the population decline rate of *M. anisopliae* and *B. bassiana* reached the best at 15 days after spraying, which were 82.03% and 86.09%, respectively. There was no significant difference between the two preparations. For continuous cropping industrial hemp cultivation fields, it is recommended to spray *Metarhizium anisopliae* or *Beauveria bassiana* preparation to control the hemp borer after sowing. During the rapid growth period, it is recommended to spray microbial insecticides combined with chemical insecticides to rapidly reduce the pest population and prolong the control effect.

**Keywords:** industrial hemp; *Grapholita delineana*; microbial inoculum; control effect

(上接第 38 页)

# Effects of Different Microbial Agents on Growth of Broomcorn Millet and Enzyme Activities of Soil

**YAN Feng<sup>1</sup>, DONG Yang<sup>1</sup>, ZHAO Fuyang<sup>1</sup>, HOU Xiaomin<sup>1</sup>, LI Qingquan<sup>1</sup>, LIU Yue<sup>1</sup>, YIN Bo<sup>2</sup>,  
FAN Guoquan<sup>3</sup>**

(1. Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China; 2. Institute of Microbiology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150010, China; 3. Industrial Crops Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to verify the application effect of microbial agents in the production of broomcorn millet, using the method of field test, Qishu 3 was used as the test material, and six microbial agents including *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Trichoderma harziensis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, composite microbial agent and photosynthetic bacteria were irrigated in the root of the 5<sup>th</sup> leaf stage, with no microbial agent as the control (CK). Agronomic traits, yield traits, photosynthetic characteristics and soil enzyme activities of broomcorn millet under different treatments were analyzed. The results showed that compared with CK, the activities of soil urease, sucrase and neutral phosphatase were significantly enhanced after the application of microbial agent. The six microbial agents could significantly improve the agronomic traits (panicle length, effective tiller number, plant height, stem diameter), yield traits (panicle weight, grain weight per panicle, yield) and photosynthetic characteristics (net photosynthetic rate, transpiration rate, intercellular CO<sub>2</sub> concentration) of Qishu 3, but had no significant effect on 1 000-grain weight. The results showed that the compound microbial agent and photosynthetic bacteria treatment had the best effect on improving soil enzyme activity and growth indexes of broomcorn millet, and the highest grain yield, respectively increasing by 14.90% and 13.45% compared with CK, which can be applied to the high-yield cultivation of broomcorn millet field in Heilongjiang Province.

**Keywords:** microbial agents; broomcorn millet; soil enzyme activity; agronomic traits