



宋梦琪,杨克军,张翼飞,等.木霉菌对玉米灌浆期土壤酶活性和土壤养分及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2020(7):34-39.

木霉菌对玉米灌浆期土壤酶活性和土壤养分及产量的影响

宋梦琪,杨克军,张翼飞,付 健,刘本帅,张继卫,王玉凤

(黑龙江八一农垦大学 农学院,黑龙江 大庆 163319)

摘要:为加强木霉菌的选择和推广应用,以棘孢木霉菌和哈茨木霉菌为试验材料,通过大田试验,研究施用不同木霉菌后,木霉菌对土壤养分含量、土壤酶活性和玉米产量的影响。结果表明:木霉菌的施用能够提高玉米灌浆期土壤酶活性和土壤养分。其中,棘孢木霉菌的施用可以提高灌浆期土壤的碱性磷酸酶活性和蔗糖酶活性;哈茨木霉菌的施用对过氧化氢酶活性和脲酶活性影响较大;哈茨木霉菌的施用对碱解氮和全氮含量的影响高于棘孢木霉菌处理;棘孢木霉菌的施用对速效磷和速效钾的含量影响高于哈茨木霉菌处理。两种木霉菌处理间,玉米产量差异不显著,木霉菌处理与对照相比,均达到了显著水平,棘孢木霉菌处理的产量为 $9\,758.166\,7\,\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,与对照相比,增加 14.76% 。哈茨木霉菌处理的产量为 $9\,152.576\,7\,\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,与对照相比,增加 7.64% 。

关键词:木霉菌;玉米;灌浆期;土壤酶活性;土壤养分;产量

玉米是我国主要粮食作物,其产量高低影响国家粮食安全和玉米产业的发展^[1]。在农业经济发展的过程中,农业环境问题越来越严峻,长期施用氮、磷、钾等化学肥料,使环境受到污染,土壤受到结构性的破坏,使耕地土壤遭到恶劣的影响,土壤的保水保肥能力减退,进而导致农作物产量和品质降低^[2]。近些年来,随着绿色无公害的发展,生物菌肥逐渐受到人们的关注。

生物菌肥的施用可以改善土壤环境、提高土壤养分和土壤肥力、减少土壤环境污染,因而逐渐受到人们的关注^[3]。木霉菌具有较强的定殖能力,它可以分泌一些物质,定殖在植物根际周围,为植物提供营养物质,从而抑制土壤中的病原菌,木霉菌还能通过对植物体内激素水平的调节^[4-5],对大气中的氮素进行固定^[6]、提高植物对磷素的吸收^[7]、提高植物对矿物质元素的吸收等方式来促进植物的生长发育^[8]。木霉菌的施用对土壤的酶活性和土壤养分产生一定的影响,进而会影响玉米的产量。灌浆期是产量形成的重要时期,尽

管有关木霉菌对土壤酶活性和土壤养分的研究较多,但对木霉菌施用后,玉米灌浆期的土壤酶活性的变化缺乏系统研究。如孙冬梅等^[9]报道,黄绿木霉菌可以提高番茄土壤养分含量和酶活性。本研究旨在通过分析木霉菌对土壤酶活性、土壤养分和产量的影响,筛选出适合根际土壤改良和生产效益好的木霉菌,掌握木霉菌的变化规律,以期作为木霉菌的选择和推广应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2018年进行,试验地在黑龙江八一农垦大学试验基地($125^{\circ}11'E$, $46^{\circ}37'N$,海拔 $146\,\text{m}$),该试验地已进行两年木霉菌定位试验。试验区多年平均降雨量 $621.85\,\text{mm}$,无霜期 $143\,\text{d}$ 。试验地面积为 $195\,\text{m}^2$,土壤为碱化草甸土, $0\sim 20\,\text{cm}$ 耕层土壤基础肥力为 $\text{pH}8.38$ 、有机质 $29.72\,\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮 $1.71\,\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、碱解氮 $135.89\,\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有效磷 $27.11\,\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $116.34\,\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.2 材料

本试验供试玉米品种为美国先锋公司先玉335。哈茨木霉菌由成都特普科技发展有限公司提供,棘孢木霉菌由东北林业大学林学院森林保护学科木霉菌研究团队提供。

收稿日期:2020-04-04

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0300502,2018YFD0300101);黑龙江省现代农业产业技术协同创新体系。

第一作者:宋梦琪(1993-),女,在读硕士,从事玉米高产理论与技术研究。E-mail:751500146@qq.com。

通信作者:王玉凤(1978-),女,博士,副教授,硕导,从事玉米高产理论与逆境生理生态研究。E-mail:wangyf0918@163.com。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用人工精确播种,播种时间为2018年4月28日,试验采用哈茨木霉菌和棘孢木霉菌分生孢子粉剂分别与水混合,设置哈茨木霉菌,棘孢木霉菌和未施用木霉菌对照(CK)共3个处理。玉米种植密度为7.5万株·hm⁻²,每个处理设置5行区,行长15 m,垄宽0.7 m。采用随机区组设计,重复3次。两种木霉菌可湿性粉剂孢子浓度1×10⁹ CFU·g⁻¹,木霉菌处理是将木霉菌可湿性粉剂稀释200倍分别在出苗后15和25 d进行灌根。对照用等体积的水灌根。具体方法为在玉米根围处移开3 cm厚的表土,将哈茨木霉菌和棘孢木霉菌分别浇于对应处理玉米根部,每株浇施500 mL,然后将移开的土壤重新覆盖于植物根围。

1.3.2 田间管理 播种前统一对试验地进行旋耕、清茬、起垄、镇压、施肥等工作。氮(纯N)、磷(P₂O₅)、钾肥(K₂O)施用量分别为235,120和90 kg·hm⁻²,所用肥料为尿素(N 46%),磷酸二铵(P₂O₅ 46%;N 18%),硫酸钾(K₂O 50%),其中将70%氮肥和全部磷、钾肥作为基肥随播种一次性施入,剩余30%氮肥拔节期追肥。其他田间管理措施均同大田常规栽培。

1.3.3 测定项目及方法 吐丝期至成熟期开始每隔15 d取样1次,共取5次土。采用S形随机取点法,抖落并收集附着于根系的土壤样品。装袋后迅速带回实验室,风干研磨过筛后进行测定。

土壤酶活性的测定:参照松关荫^[10]的土壤酶及其研究法,使用高锰酸钾滴定法进行过氧化氢酶活性测定;用靛酚比色法进行脲酶活性测定;采用磷酸苯二钠法进行碱性磷酸酶活性检测;使用3,5-二硝基水杨酸比色法^[10-11]进行蔗糖酶活性检测。

土壤养分含量的测定:参照鲍士旦^[12]的《土壤农化分析》的方法,采用硫酸加速剂消煮,全自动凯氏定氮仪测定土壤全氮;采用氢氧化钠-硼酸碱解扩散法进行土壤碱解氮的测定;土壤速效磷,采用浸提比色法;土壤速效钾,采用原子吸收光度法测定。

玉米成熟后,从每个小区中间随机选取2行(长5 m),收获全部玉米果穗,考种同常规,参

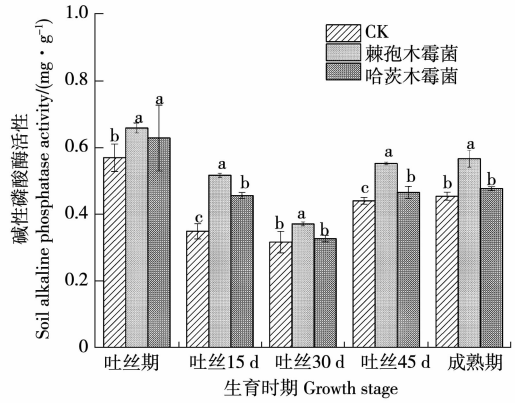
照农业部测产方法,并用PM8818水分测定仪测其含水量折算出实际产量。

1.3.4 数据分析 本试验采用Excel 2007进行初步分析,利用SPSS 20.0进行方差分析,采用Duncan法进行差异显著性检验,最后用Origin 9.5作图。

2 结果与分析

2.1 施用不同木霉菌对土壤酶活性的影响

2.1.1 土壤碱性磷酸酶活性 从图1中可以看出,木霉菌处理的土壤碱性磷酸酶活性推进呈现先降后升的变化趋势,不同处理变化基本一致。在吐丝期碱性磷酸酶活性为最大值,随着生育时期的延长,在吐丝30 d降至最低,随后逐渐升高。施用木霉菌处理的土壤碱性磷酸酶活性与对照相比有显著提高,最多的提高了48.05%。3种处理相比,施用棘孢木霉菌处理的土壤碱性磷酸酶活性最高,未施用木霉菌的对照处理最低。在整个生育时期内,棘孢木霉菌处理与对照CK相比分别提高15.56%、48.05%、17.13%、25.36%和24.8%;哈茨木霉菌处理与对照CK相比分别提高10.41%、30.69%、3.16%、5.75%和5.16%。



不同小写字母代表 $P<0.05$,下同
Different lowercase indicate $P<0.05$, the same below
图1 不同品种木霉菌对土壤碱性磷酸酶活性的影响

Fig.1 Effects of different species of *Trichoderma* on soil alkaline phosphatase activity

2.1.2 土壤蔗糖酶活性 由图2可知,不同处理的土壤蔗糖酶活性表现为升高-降低-升高的变化趋势。土壤蔗糖酶活性在吐丝至吐丝15 d时上升,吐丝30 d下降,随着生育时期的推进,土壤蔗糖酶活性逐渐升高。施用木霉菌可以提高土壤蔗糖酶的活性,棘孢木霉菌处理的土壤蔗糖酶活性

最高,未施用木霉菌的对照处理最低。在整个生育时期内,与对照CK相比,棘孢木霉菌处理土壤蔗糖酶活性分别提高29.11%、22.71%、6.92%、24.72%和28.22%;哈茨木霉菌处理较CK分别提高4.39%、17.81%、4.00%、10.46%和23.15%,由此可见,3个处理土壤蔗糖酶活性表现为棘孢木霉菌>哈茨木霉菌>CK,说明施用棘孢木霉菌能够显著提高土壤蔗糖酶活性。

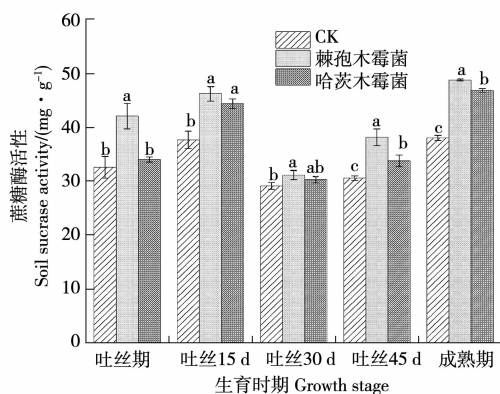


图2 不同品种木霉菌对土壤蔗糖酶活性的影响

Fig. 2 Effects of different species of *Trichoderma* on soil sucrose activity

2.1.3 土壤过氧化氢酶活性 由图3可知,施用木霉菌后,随生育时期的推进,土壤过氧化氢酶活性表现为降低-升高-降低的变化趋势,施用木霉菌处理与对照相对一致。从吐丝期开始土壤过氧化氢酶活性逐渐下降,在吐丝30 d降至最低,在吐丝45 d略有回升,成熟期继续下降。木霉菌的施用可以显著提高土壤过氧化氢酶活性,哈茨木霉菌处理最高,CK处理最低。在整个生育时期内,棘孢木霉菌处理较CK提升0.79%~8.60%,

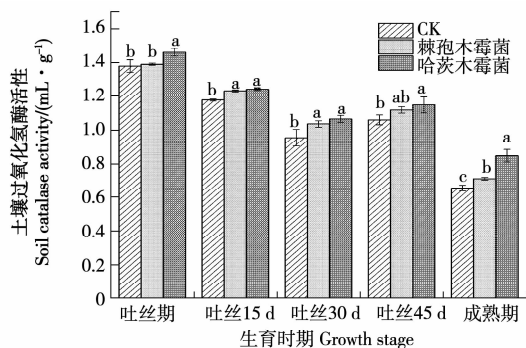


图3 不同品种木霉菌对土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig. 3 Effects of different species of *Trichoderma* on soil catalase activity

哈茨木霉菌处理较CK提升5.37%~29.29%。由此可知,木霉菌处理间土壤过氧化氢酶活性表现为哈茨木霉菌>棘孢木霉菌。

2.1.4 土壤脲酶活性 从图4中可看出,土壤脲酶活性呈现出先升后降的趋势,土壤脲酶活性在吐丝15 d达到最大值,随生育时期的推进,土壤脲酶活性逐渐降低,不同处理变化趋势基本一致。施用木霉菌后可以显著提高土壤脲酶活性,哈茨木霉菌处理土壤脲酶活性最高,CK处理脲酶活性最低,3个处理的变化表现为哈茨木霉菌>棘孢木霉菌>CK。在整个生育时期内,棘孢木霉菌处理较CK提升8.77%~11.87%,哈茨木霉菌处理较CK提高12.26%~22.25%,并达到显著水平。

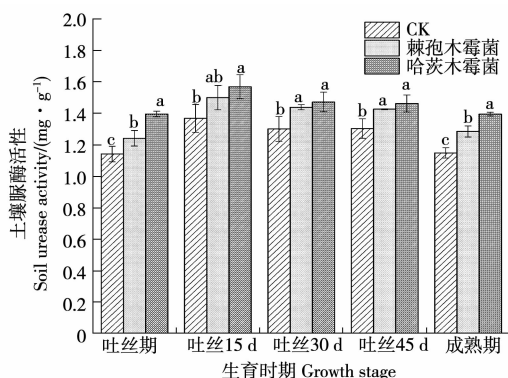


图4 不同品种木霉菌对土壤脲酶活性的影响

Fig. 4 Effects of different species of *Trichoderma* on soil urease activity

2.2 木霉菌对土壤养分的影响

2.2.1 土壤全氮含量 由图5可知,不同处理的土壤全氮含量总体呈现升高-下降-升高的趋势。从吐丝期至吐丝15 d土壤全氮含量升高,随后逐渐下降,在吐丝45 d时降至最低,成熟期略有回升。整个生育时期内,木霉菌的施用显著提高了土壤全氮含量,与CK相比,哈茨木霉菌处理土壤全氮含量幅度更大,较CK分别增加18.87%、25.64%、19.91%、24.94%和17.68%,均达到显著水平。3种处理相比,土壤全氮含量表现为哈茨木霉菌>棘孢木霉菌>CK。

2.2.2 土壤碱解氮含量 由图6可知,木霉菌处理土壤碱解氮含量的趋势表现为先下降后升高,对照CK与木霉菌处理变化基本一致。从吐丝期土壤碱解氮含量逐渐下降,在吐丝30 d降至最

低,随着生育时期的推进,逐渐升高。整个生育时期内,木霉菌的施用可以提高土壤碱解氮含量,棘孢木霉菌较 CK 分别增加 2.66%、3.42%、10.85%、6.86%和 4.38%,哈茨木霉菌处理较 CK 分别增加 6.21%、8.03%、13.03%、11.61%和 9.84%。由此可知,哈茨木霉菌对土壤碱解氮含量增幅更大一些。

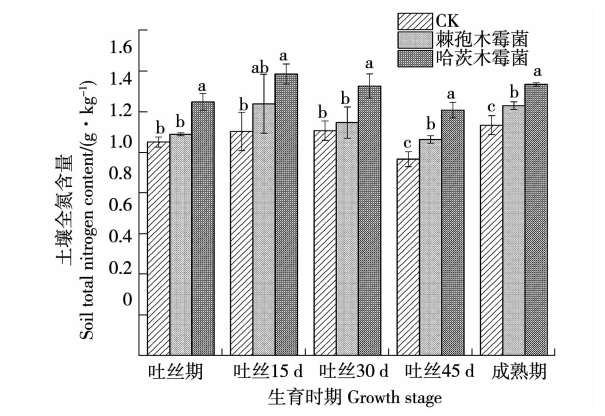


图5 不同品种木霉菌对土壤全氮含量的影响
Fig. 5 Effects of different species of *Trichoderma* on soil total nitrogen content

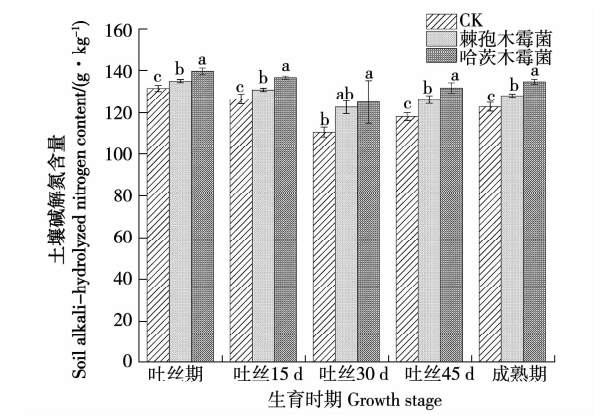


图6 不同品种木霉菌对土壤碱解氮含量的影响
Fig. 6 Effects of different species of *Trichoderma* on soil alkali-hydrolyzed nitrogen content

2.2.3 土壤速效磷含量 由图7可知,不同处理的土壤速效磷含量表现为先降低后升高的趋势。从吐丝期土壤速效磷含量逐渐下降,在吐丝30 d降至最低,从吐丝30 d至成熟期土壤速效磷含量升高。施用木霉菌可以显著提高土壤速效磷含量,与对照CK相比,最多提高了25.57%。不同处理间土壤速效磷表现为棘孢木霉菌>哈茨木霉菌>CK。在整个生育时期内,棘孢木霉菌处理土壤速效磷较CK提高14.10%~25.57%,均与CK

达到显著水平,哈茨木霉菌处理土壤速效磷较CK提高5.82%~16.17%。

2.2.4 土壤速效钾含量 由图8可知,木霉菌处理下土壤速效钾含量随生育期的推进呈先下降后升高的趋势,不同处理变化趋势一致。从吐丝期土壤速效钾含量开始下降,在吐丝30 d降至最低,随生育时期的推进,土壤速效钾含量逐渐升高。在整个生育时期内,木霉菌的施用可以显著提高土壤速效钾含量,与CK相比,棘孢木霉菌处理分别提高12.99%、10.94%、17.14%、10.06%和6.28%,哈茨木霉菌处理分别提高10.56%、10.53%、14.86%、8.10%和5.42%,均与CK达到显著水平。不同处理间土壤速效钾含量表现为棘孢木霉菌>哈茨木霉菌>CK。

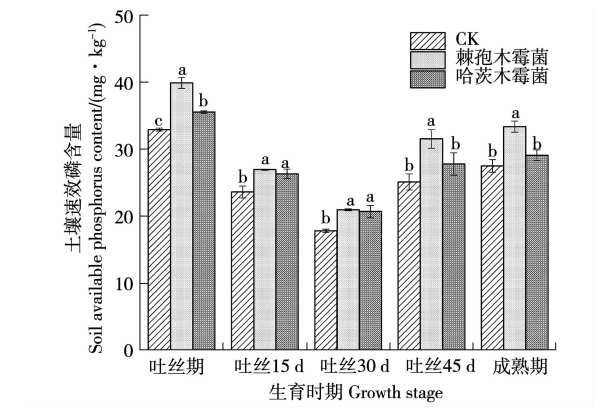


图7 不同品种木霉菌对土壤速效磷含量的影响
Fig. 7 Effects of different species of *Trichoderma* on soil available phosphorus content

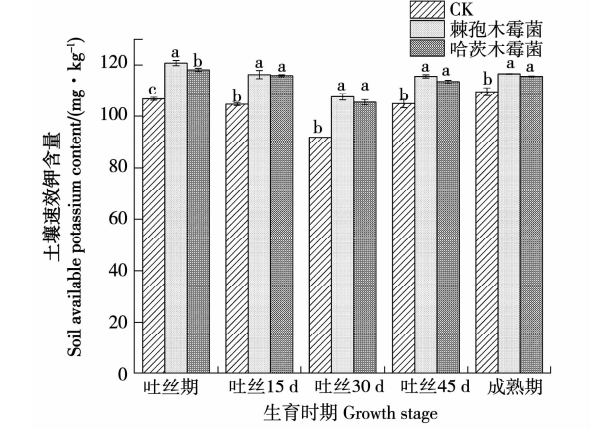


图8 不同品种木霉菌对土壤速效钾含量的影响
Fig. 8 Effects of different species of *Trichoderma* on soil available potassium content

2.3 木霉菌对玉米产量及其构成因素的影响 由表1可知,木霉菌的施用可以显著提高玉

米产量,与对照 CK 相比,棘孢木霉菌处理提高 14.76%,达到显著水平。哈茨木霉菌处理提高 7.64%,达到显著水平。从产量构成因素分析,木霉菌的施用对有效穗数和穗粒数略有提高,但未达到显著水平。木霉菌的施用可以显著提高玉米

百粒重,与对照 CK 相比,棘孢木霉菌比 CK 高 17.44%,达到显著水平,哈茨木霉菌比 CK 高 7.92%,达到显著水平。由此可知,施用木霉菌可以显著提高产量,棘孢木霉菌的效果更好。

表 1 不同品种木霉菌对产量及其构成因素的影响
Table 1 Effects of different species of *Trichoderma* on yield and its components

处理 Treatments	公顷穗数 Total ear number per hectare	穗粒数 Grain per ear	百粒重 100-grain weight/g	产量 Yield/(kg·hm ⁻²)
棘孢木霉菌	59487.18 a	637.56 a	34.27 a	9758.1667 a
哈茨木霉菌	58974.36 a	598.32 a	31.49 b	9152.5767 a
CK	58461.54 a	561.31 a	29.18 c	8503.2467 b

3 结论与讨论

3.1 讨论

土壤酶参与很多发生在土壤中重要的生物化学反应,土壤酶可以将土壤中的营养物质进行转化,促进能量的代谢,可以改善土壤不良状态,土壤微生物数量与土壤酶有十分紧密的关系,当土壤中微生物数量增加时,土壤中酶活性也会发生不同程度的变化^[13]。本试验研究结果发现,在灌浆期,棘孢木霉菌对土壤碱性磷酸酶活性的影响较大,哈茨木霉菌整体影响不显著。棘孢木霉菌可以显著提高灌浆期土壤蔗糖酶活性。哈茨木霉菌能显著提高土壤过氧化氢酶活性和土壤脲酶活性。结果表明,两种木霉菌可以影响玉米灌浆期土壤碱性磷酸酶活性、蔗糖酶活性、过氧化氢酶活性和脲酶活性,这与 Tripathi 等^[14]研究一致。其中棘孢木霉菌相对于哈茨木霉菌对碱性磷酸酶和蔗糖酶影响较大,而哈茨木霉菌则对过氧化氢酶和脲酶影响较大。这可能是由于棘孢木霉菌溶解磷酸盐的能力较强,棘孢木霉菌在玉米生长过程中促进核蛋白物质增加,使植物增强对磷的吸收,土壤中有效磷含量的增加,使碱性磷酸酶活性增强,这与前人研究结果相似^[15]。

生物菌肥的施用,可以使更多的微生物分泌生物酶,对土壤进行改善,使土壤理化性状得到恢复,活化被土壤固定的 P、K、Mg、Ca、Si、Fe 等营养元素^[16],增加土壤养分含量^[17]。灌浆期是玉米产量形成的重要时期,此时土壤养分的含量对玉米的产量有重要的影响。本试验研究发现,木霉菌可以提高玉米灌浆期土壤碱解氮和全氮含

量,哈茨木霉菌处理大于棘孢木霉菌处理。棘孢木霉菌可以提高土壤速效磷含量。木霉菌会影响玉米灌浆期土壤速效钾的含量,棘孢木霉菌效果高于哈茨木霉菌。结果表明,棘孢木霉菌和哈茨木霉菌可以影响土壤养分含量,从而提高玉米产量。哈茨木霉菌能提高土壤全氮含量,这表明哈茨木霉菌固氮作用效果更好,施用木霉菌后玉米在灌浆期脲酶活性增强,提高了土壤有机氮的转化效率,使土壤中氮素积累丰富,从而能够满足生长后期的需要。这与付健的研究相似^[18]。木霉菌可以影响玉米灌浆期土壤速效钾、速效磷和碱解氮的含量。其中哈茨木霉菌对碱解氮含量和全氮含量的影响高于棘孢木霉菌。而棘孢木霉菌对速效磷和速效钾的含量影响较大,这可能由于棘孢木霉菌在土壤中可以使难溶的无机磷转化为有效磷,这与前人研究结果相似^[19]。

3.2 结论

综上所述,哈茨木霉菌提高了脲酶的活性,增加了尿素的水解能力,从而提高了土壤中碱解氮的含量。棘孢木霉菌提高了碱性磷酸酶活性,加速了磷酸盐的溶解能力,提高了土壤速效磷的含量,同时棘孢木霉菌也提高了土壤速效钾的含量,因此棘孢木霉菌的施用对玉米产量的影响较大。施用棘孢木霉菌处理玉米,增产的效果较好。木霉菌对土壤酶活性、土壤养分和产量影响规律的研究与实施年限有关,需要进一步深入研究探讨。

参考文献:

[1] 董树亨,张吉旺.建立玉米现代产业技术体系,加快玉米生产发展[J].玉米科学,2008(4):18-20,25.

- [2] 李志明,吉庆勋,杨曼利,等.我国农田土壤污染现状及防治对策[J].河南农业,2019(23):46-49.
- [3] 陈平,娄春荣,安景文,等.微生物肥料在农业中的应用与发展前景[J].农业经济,2003,2(7):34-35.
- [4] Ziegenhain G,Urbassek H M,Hartm aier A. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma* [J]. Biological Control,2009,51(3):409-416.
- [5] Gravel V,Antoun H,Tweddel R J. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida*, or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA) [J]. Soil Biology & Biochemistry,2007,39(8):1968-1977.
- [6] Lugtenberg B, Kamilova F. Plant-growth-promoting rhizobacteria [J]. Annual Review of Microbiology, 2009 (1): 541-556.
- [7] Altomare C,Norvell W A,Bjorkman T,et al. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 [J]. Applied & Environmental Microbiology, 1999, 65(7):2926-2933.
- [8] Renshaw J C,Robson G D,Wiebe M G,et al. Fungal siderophores,structures,functions and applications [J]. Mycological Research,2002,106(10):1123-1142.
- [9] 孙冬梅,林志伟,段东平,等.黄绿木霉菌及不同生物混剂对土壤养分与酶活性的影响[J].中国蔬菜,2010(10):72-76.
- [10] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [11] 严昶升.土壤肥力研究方法[M].北京:农业出版社,1988.
- [12] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2005.
- [13] 李世贵.两种木霉菌对黄瓜枯萎病菌生防作用及根际土壤微生物影响研究[D].北京:中国农业科学院,2010.
- [14] Tripathi P,Singh P C,Mishra A,et al. *Trichoderma*: a potential bioremediator for environmental clean up [J]. Clean Technologies & Environmental Policy, 2013, 15(4): 541-550.
- [15] 李科江,张素芳,宋平忠,等.半干旱区长期施肥对作物产量和土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,1999,5(1):21-25.
- [16] 王立刚,李维炯,邱建军,等.生物有机肥对作物生长、土壤肥力及产量的效应研究[J].土壤肥料,2004(5):12-16.
- [17] 周培,黄锦法,陆贻通.微生态制剂 SC27 对作物生长和土壤环境的影响[J].上海交通大学学报,2002,20(4):332-336.
- [18] 付健.木霉菌提高玉米耐盐碱机理及其对根际土壤微生物多样性的影响[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2017.
- [19] Altomare C,Norvell W A,Bjorkman T,et al. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 [J]. Applied & Environmental Microbiology, 1999,65(7):2926-2933.

Effect of *Trichoderma* on Soil Enzyme Activity, Soil Nutrients and Yield During Maize Filling Stage

SONG Meng-qi, YANG Ke-jun, ZHANG Yi-fei, FU Jian, LIU Ben-shuai, ZHANG Ji-wei, WANG Yu-feng

(Agricultural College of Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: In order to promote the selection and application of *Trichoderma*, using *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma harzianum* as experimental materials, the effects of *Trichoderma* on soil nutrient content, soil enzyme activity and yield of maize were studied by field experiment. The results showed that, the application of *Trichoderma* could improve the soil enzyme activity and soil nutrient in the filling stage of maize. Among them, the application of *Trichoderma asperellum* could improve the activity of alkaline phosphatase and sucrase in the soil at the filling stage. The application of *Trichoderma harzianum* had great effect on the activity of catalase and urease. The effect of *Trichoderma harzianum* on the content of alkali-hydrolyzed nitrogen and total nitrogen was higher than that of *Trichoderma asperellum*. The effect of application of *Trichoderma asperellum* on the content of available phosphorus and available potassium was higher than that of *Trichoderma harzianum*. Two species of *Trichoderma*, the difference of maize yield was not significant, comparison of *Trichoderma* treatments with control, had reached significant levels. The yield of *Trichoderma asperellum* was 9 758.166 7 kg·hm⁻², compared with the control, it increased by 14.76%. The yield of *Trichoderma harzianum* was 9 152.576 7 kg·hm⁻², compared with the control group, it increased by 7.64%.

Keywords: *Trichoderma*; maize; filling stage; soil enzyme activity; soil nutrient; yield