

微生物菌剂配施改良玉米秸秆还田土壤：秸秆粒径和微生物菌剂与玉米秸秆配比的影响

姚宏鑫¹, 张沪宁², 陈松³, 姚文涛¹, 齐宽¹, 魏金秋², 尹郁², 付敦³

(1. 中煤地生态环境科技有限公司, 北京 100070; 2. 宿州市埇桥区农业农村局, 安徽 宿州 234000; 3. 宿州学院资源与土木工程学院, 安徽 宿州 234000)

摘要: 通过室外盆栽试验和室内分析检测, 探究了玉米秸秆粒径和微生物菌剂与玉米秸秆配比对玉米—小麦轮作土壤关键理化指标的影响。结果表明, 以 2~6 cm 粉碎粒径和 1:2 000 的配比水平的玉米秸秆还田效果较好, 在 45 d 监测周期内, 玉米—小麦轮作土壤中全磷、水解氮、速效钾、有效磷等指标呈现先升高、后下降, 有机质和含水率逐渐降低, 可有效改善土壤部分速效养分状况, 特别是土壤有机质的提升和保水性能方面具有较好的优势。

关键词: 微生物菌剂; 玉米秸秆; 秸秆还田; 土壤理化性质

中图分类号: S156.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2026)03-0037-08

Improvement of Soils under Maize Straw Returning by Combined Application of Microbial Agents: Effects of Straw Particle Size and Microbial Agent-to-Straw Ratio

YAO Hongxin¹, ZHANG Huning², CHEN Song³, YAO Wentao¹, QI Kuan¹, WEI Jinqiu², YIN Yu², FU Dun³

(1. CNACG Ecological Environment Technology Co., Ltd., Beijing 100070; 2. Suzhou Yongqiao District Agricultural Bureau, Suzhou 234000; 3. School of Resources and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou 234000, China)

Abstract: The effects of maize straw particle size and the ratio of microbial agents to maize straw on key physicochemical properties of soils under maize-wheat rotation were investigated using outdoor pot experiments combined with laboratory analyses. Maize straw returning with a particle size of 2-6 cm and a microbial agent-to-straw ratio of 1: 2000 was found to produce the most favorable effects. During the 45-day monitoring period, the contents of total phosphorus, hydrolyzable nitrogen, available potassium and available phosphorus in the maize-wheat rotation soils initially increased and subsequently decreased, whereas soil organic matter content and moisture content gradually declined. This practice effectively improved certain soil available nutrients and showed pronounced advantages, particularly in increasing soil organic matter and enhancing soil water retention capacity.

Key words: Microbial agent; Maize straw; Straw returning to soil; Soil physicochemical property

秸秆还田是改善土壤结构、提升土壤肥力、促进农业可持续发展的重要措施^[1-2]。然而, 秸秆还田后分解速率缓慢, 短期内易造成土壤碳氮比失衡, 导致作物生长受阻^[3]。微生物菌剂因其含有丰富的功能微生物, 能够加速秸秆腐解、促进养分释放, 已成为缓解秸秆还田负面效应的有效手段^[4-6]。因此研究微生物菌剂配施改良玉米秸秆还田土壤的效果具有重要的实践意义。

目前, 关于微生物菌剂配施改良秸秆还田土壤的研究多集中于菌剂种类、施用量、小麦秸秆及其对土壤理化性质和微生物群落的影响^[7-8]。王时聪^[9]在研究小麦秸秆配施微生物菌剂对土壤理化性质的影响时发现, 秸秆还田+低量微生物菌剂处理组和秸秆还田+高量微生物菌剂处理组土壤有机质、全氮、有效磷和速效钾含量相较于对照组(不含秸秆, 也不添加微生物菌剂)分别提高 27.63%、27.55%、33.06% 和 28.60%, 以及

收稿日期: 2025-04-22

基金项目: 宿州学院产学研合作项目(2024xhx036)

作者简介: 姚宏鑫(1979-), 高级工程师, 博士, 研究方向为矿山环境治理、土壤生态环境修复。

38.81%、39.80%、46.77% 和 43.62%。Wang 等^[10]研究发现,秸秆还田后增加了真菌多样性,而在配施分解菌剂后,土壤真菌多样性得到进一步提升。然而,关于微生物菌剂与玉米秸秆配比对土壤改良效果的影响报道相对较少,同时,秸秆粒径作为影响秸秆与土壤接触面积的关键因素,也会显著影响秸秆还田土壤关键理化性质。申源源等^[11]利用黄孢原毛平革菌研究了不同玉米粒径秸秆对 N、P、K 的释放影响,发现粒径 4~5 cm 秸秆全 N、P、K 在 35 d 时的增长率达到了 103.7%、147.9% 和 62.9%,同时粒径 0.5 cm 秸秆速效 N、P、K 在 35 d 时的增长率达到了 289.52%、72.5% 和 37.71%。李圣^[12]在研究不同秸秆粒径对土壤水氮和氨挥发的影响时发现,在相同秸秆还田量下,超细粉碎还田与常规粉碎还田可以显著提升土壤中铵态氮和硝态氮。因此,探究微生物菌剂与玉米秸秆配比及秸秆粒径对土壤改良效果的协同作用,对于优化秸秆还田技术具有重要意义。

本研究以小麦轮作玉米秸秆还田为研究对象,通过室外盆栽试验,系统分析不同玉米秸秆粒径及微生物菌剂与玉米秸秆配比对土壤理化性质的影响,旨在揭示微生物菌剂配施改良玉米秸秆还田土壤的作用机制,为秸秆资源高效利用和土壤质量提升提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验试剂与仪器

土壤和玉米秸秆(选自宿州学院附近农田)、微生物菌剂(主要成分为嗜热菌和活性酶素,选自山东省贝加生物公司的有机肥发酵剂)、微生物助剂(选自山东省贝加生物公司的有机肥发酵助剂)。

1.2 试验设置

设置不同玉米秸秆粒径对还田效果的影响试验处理如下:T1-1:8 cm<秸秆粒径≤10 cm+菌剂;T1-2:6 cm<秸秆粒径≤8 cm+菌剂;T1-3:4 cm<秸秆粒径≤6 cm+菌剂;T1-4:2 cm<秸秆粒径≤4 cm+菌剂;T1-5:0 cm<秸秆粒径≤2 cm+菌剂;T1-6:非秸秆还田 CK。

设置不同微生物菌剂配比例对玉米秸秆还田效果的影响试验处理如下:T2-1:菌剂与秸秆比为 1:500;T2-2:菌剂与秸秆比为 1:1 000;T2-3:菌剂与秸秆比为 1:1 500;T2-4:菌剂与秸秆比为 1:2 000;T2-5:秸秆粉碎还田 CK(不添加微生物菌剂)。

秸秆用量参照生产玉米秸秆约 1.5~2.5 t/667 m² (平均约 2.0 t/667 m²)计算,盆栽试验中每盆装土

7.5 kg(选用上径 28 cm,下直径 25 cm,高 25 cm),每盆投入秸秆量为 66.7 g,施用深度为 11~15 cm。菌剂类型为同一种,每个处理设置 3 次重复,按照宿州本地小麦种植习惯种植小麦后,放置室温下静止培养。

1.3 土壤样品制备及分析

分别在盆栽试验实施后的 15、30、45 d 时不锈钢土钻采集 0~20 cm 土层的土壤,为确保土壤样品的均匀性,每个试验盆栽按照不同角度采集 ≥3 次的土壤样品,混合均匀后,去杂、风干、研磨,分别过 20 目、100 目尼龙筛,分别装入自封袋备用。全氮采用 HJ 717-2014《土壤质量 全氮的测定 凯氏法》进行测定,检出限为 48 mg/kg;全磷采用 HJ 632-2011《土壤总磷的测定 碱熔钼锑钒分光光度法》进行测定,检出限为 10 mg/kg;全钾采用 LY/T 1234-2015《森林土壤钾的测定》(3.2 酸溶法)进行测定;水解性氮采用 LY/T 1228-2015《森林土壤氮的测定》进行测定;速效钾采用 NY/T 889—2004《土壤速效钾和缓效钾含量的测定》进行测定;有效磷采用 NY/T 1121.7—2014《土壤检测第 7 部分:土壤有效磷的测定》进行测定;有机质、pH 值、含水率的测定参照鲍仕旦《土壤农化分析》及参考文献方法由宿州学院进行分析测定。试验土壤基本理化性质见表 1。

表 1 试验土壤基本理化性质
Table 1 Basic physical and chemical properties of the tested soil

项目 Item	数值 Value
全氮/g·kg ⁻¹	0.60±0.05
全磷/g·kg ⁻¹	0.80±0.02
全钾/g·kg ⁻¹	16.65±0.50
有机质/g·kg ⁻¹	5.57±1.12
水解性氮/mg·kg ⁻¹	66.20±36.49
有效磷/mg·kg ⁻¹	24.65±2.05
速效钾/mg·kg ⁻¹	91.00±1.41
pH 值	8.03±0.04
含水率/%	1.59±0.04

1.4 数据统计及分析

采用 Microsoft Excel 2010 软件对数据进行统计分析,利用 SPSS 21.0 软件的 Pearson 相关性分析数据间的相关性,试验结果以“均值±标准偏差”表示,图表使用 Origin 2018 软件进行制作。

2 结果与分析

2.1 不同处理措施对秸秆还田 15 d 时土壤理化指标的影响

2.1.1 不同玉米秸秆粒径对还田 15 d 时土壤理化指标的影响

由图 1 可以看出,不同处理措施对秸秆还田 15 d 时土壤理化指标均产生了不同程度的影响,其中,与对照 T1-6 处理(CK)相比,T1-1 处理下的土壤全氮、全钾、全磷、水解氮、速效钾、有效磷、有机质指标分别提高 12.1%、4.2%、7.4%、58.2%、22.0%、47.7%、13.0%;T1-2 处理下的土壤水解氮、

速效钾、有效磷、有机质含量分别提高 77.1%、6.0%、66.7%、1.1%;T1-3 处理下的土壤全磷、水解氮、速效钾、有效磷、有机质、含水率分别提高 14.5%、16.5%、3.3%、47.9%、41.2%、1.9%;T1-4 处理下的土壤全钾、全磷、水解氮、速效钾分别提高 4.8%、3.4%、80.4%、5.5%;T1-5 处理下的水解氮、速效钾、有机质含量分别提高 97.9%、3.8%、12.8%。这表明,在秸秆还田 15 d 时,以 T1-3 处理的效果最稳定,不仅对试验中的土壤全磷、水解氮、速效钾、有效磷、有机质、含水率这 6 个指标起到了不同程度的促进效应,而且对全磷、有机质、土壤含水率指标的促进效果均表现最优。

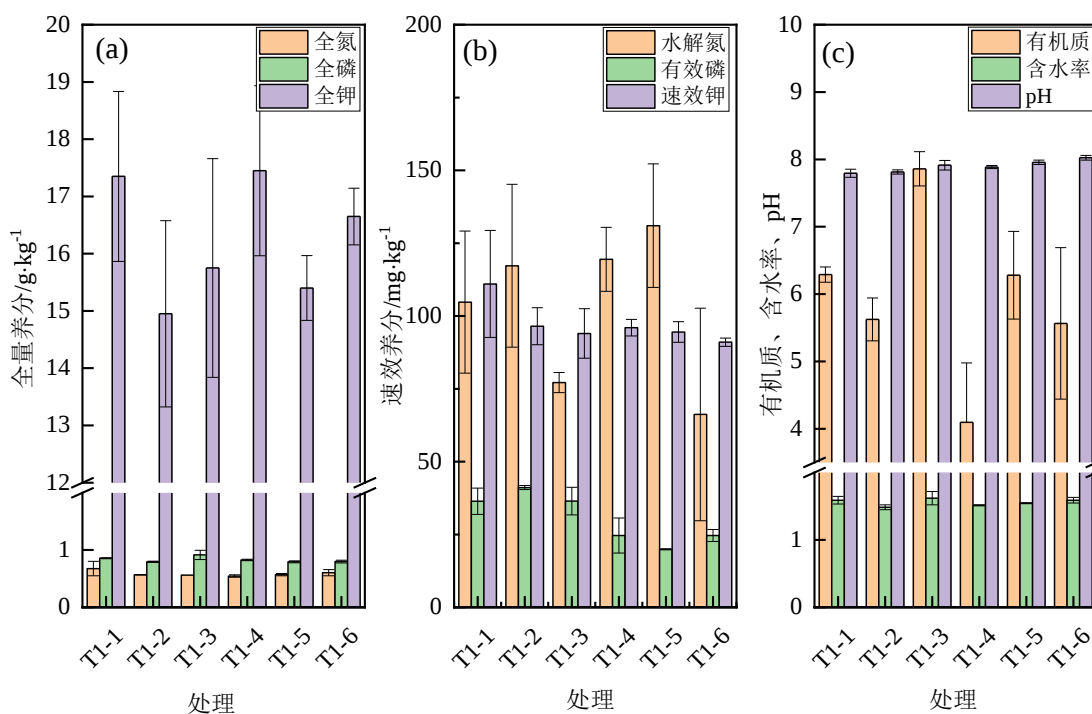


图 1 不同玉米秸秆粒径对还田 15 d 时土壤理化指标的影响

Fig.1 Influence of various corn straw particle sizes on soil physicochemical properties 15 days after returning to the field

2.1.2 不同微生物菌剂与玉米秸秆配比对还田 15 d 时土壤理化指标的影响

由图 2 分析可以看出,不同复合菌剂配比对秸秆还田 15 d 时,土壤全氮、全磷、全钾、水解氮、有效磷、速效钾、有机质、含水率等指标均产生不同程度的影响。其中,与对照 T2-5(CK)处理相比,T2-1 处理下的土壤全磷、水解氮、有效磷、有机质指标分别提高 9.6%、3.9%、29.6%、44.4%;T2-2 处理下的土壤全磷、水解氮、有效磷、有机质、含水率指标分别提高 6.7%、42.9%、8.2%、20.2%、2.1%;T2-3 处理的全磷、水解氮、速效钾、有效磷、有机质、含水率指标分别提高 11.5%、6.3%、13.6%、

18.4%、237.9%、15.6%;T2-4 处理下的土壤全钾、全磷、速效钾、有效磷、有机质指标分别提高 1.2%、17.3%、16.7%、24.2%、72.2%。综合来看,以 1:1 500 的菌剂配比(T2-3 处理)对秸秆还田的效果最佳,不仅有效促进了本试验所涉及的 9 项关键指标中全磷、水解氮、速效钾、有效磷、有机质、含水率这 6 项指标,且对有机质、含水率的促进水平达到了最佳效果,增幅分别达到了 237.9%、15.6%;其次是 1:2 000 的菌剂配比例(T2-4 处理),不仅有效促进了 9 项指标中的 5 项关键指标,且对全钾、全磷、速效钾指标的促进效果达到了最佳水平。

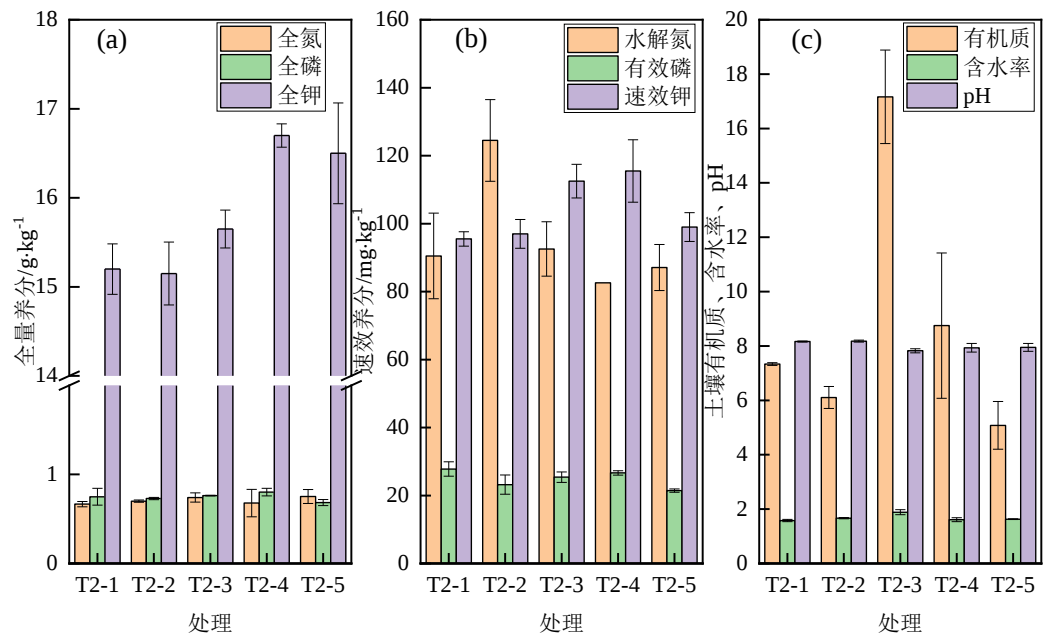


图2 不同微生物菌剂与玉米秸秆配比对还田15 d时土壤理化指标的影响

Fig. 2 Effects of different ratios of microbial inoculant to corn straw on soil physicochemical properties at 15 days after returning to the field

2.2 不同处理措施对秸秆还田30 d时土壤理化指标的影响

2.2.1 不同玉米秸秆粒径对还田30 d时土壤理化指标的影响

由图3可以看出,不同粉碎粒径处理在秸秆还田30 d时,对试验所涉及的全氮、全钾、全磷、

水解氮、速效钾、有效磷、有机质、含水率等指标均表现出不同程度的促进效应。其中,与对照T1-6(CK)相比,T1-1处理下的土壤全氮、速效钾、有效磷、有机质含量分别提高16.2%、11.6%、28.8%、1.6%;T1-2处理下的土壤全氮、全钾、全磷、速效钾、有效磷含量分别提高11.8%、9.0%、

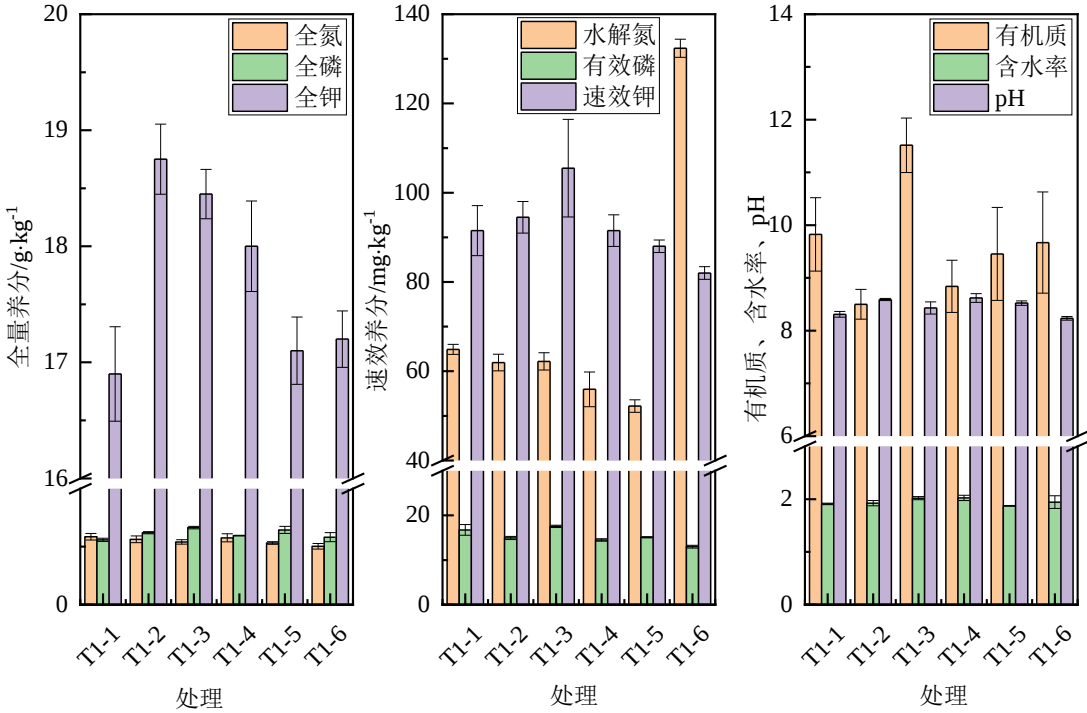


图3 不同玉米秸秆粒径对还田30 d时土壤理化指标的影响

Fig. 3 Effects of different corn straw particle sizes on soil physicochemical properties at 30 days after returning to the field

6.6%、15.2%、15.0%;T1-3处理下的土壤全氮、全钾、全磷、速效钾、有效磷、有机质、含水率分别提高7.2%、7.3%、14.2%、28.7%、34.6%、19.1%、3.9%;T1-4处理下的土壤全氮、全钾、全磷、速效钾、有效磷、含水率指标分别提高14.4%、4.7%、2.4%、4.0%、11.5%、4.1%;T1-5处理下的土壤全氮、全磷、速效钾、有效磷指标分别提高5.6%、10.7%、7.3%、16.2%。综合各处理在秸秆还田30 d时的整体效果来看,以T1-3处理的效果最佳,不仅对试验中所涉及的9项指标中的土壤全氮、全钾、全磷、速效钾、有效磷、有机质、含水率这7项指标有了促进效应,同时,土壤全磷、速效钾、有效磷、有机质、含水率这4项指标均表现最佳,分别达到了14.2%、28.7%、34.6%、19.1%、3.9%。

2.2.2 不同微生物菌剂与玉米秸秆配比对还田30 d时土壤理化指标的影响

由图4可以看出,不同复合菌剂配比例对秸秆还田30 d时,土壤全氮、全磷、全钾、水解氮、有效磷、速效钾、有机质、含水率等指标均产生了不同程度的影响。其中,与对照T2-5(CK)处理相比,

T2-1处理下的土壤全氮、全磷、速效钾、有机质、含水率指标分别提高9.2%、30.2%、8.3%、6.4%、21.1%;T2-2处理下的土壤全氮、全钾、全磷、水解氮、含水率指标分别提高3.9%、9.2%、23.2%、13.7%、8.8%;T2-3处理下的土壤全氮、全磷、水解氮、速效钾、有机质、含水率指标分别提高29.8%、23.0%、71.1%、43.5%、12.9%、4.6%;T2-4处理下的土壤全氮、全钾、全磷、水解氮、速效钾、含水率指标分别提高3.6%、1.1%、33.7%、18.6%、14.4%、1.1%。以上表明,以1:1 500菌剂配比例的秸秆还田处理(T2-3)效果最佳,不仅有效促进了本试验中所涉及的9项指标中的6项关键指标,且对土壤全氮、水解氮、速效钾、有机质这4项关键指标的促进效果均达到最优水平,增加幅度分别达到了29.8%、71.1%、43.5%、12.9%;其次是以1:2 000菌剂配比例的秸秆还田处理(T2-4)效果,不仅有效促进了本研究中所涉及的9项指标中的6项关键指标,且对土壤全磷指标的促进效果达到了最佳水平,增幅达到了33.7%。

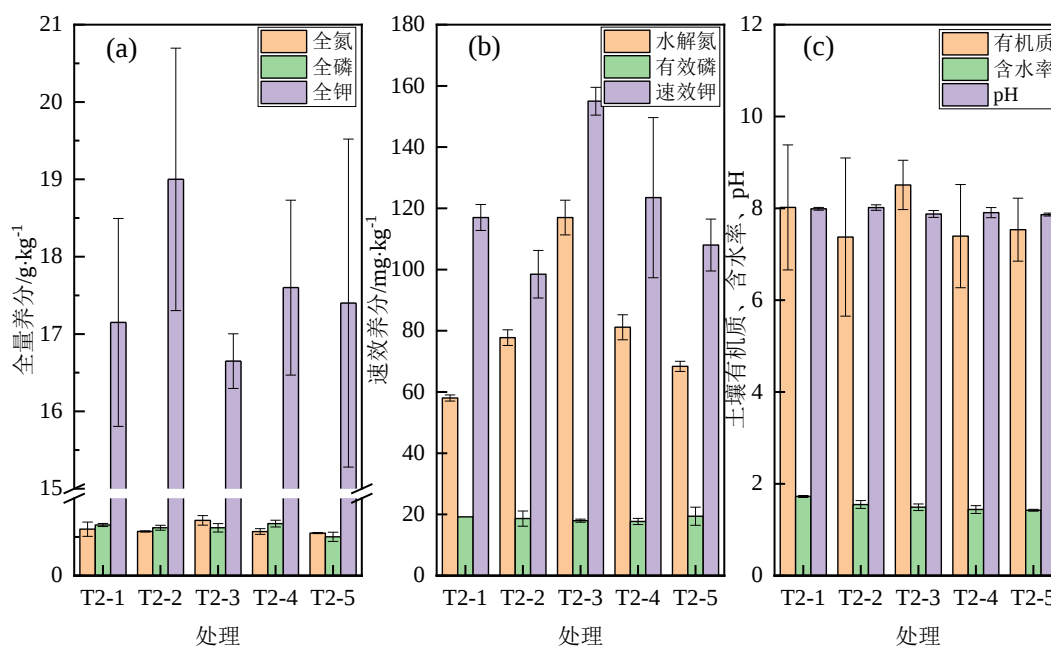


图4 不同微生物菌剂与玉米秸秆配比对还田30 d时土壤理化指标的影响

Fig. 4 Effects of different ratios of microbial inoculant to corn straw on soil physicochemical properties at 30 days after returning to the field

2.3 不同处理措施对秸秆还田45 d时土壤理化指标的影响

2.3.1 不同玉米秸秆粒径对还田45 d时土壤理化指标的影响

从图5分析来看,不同复合菌剂配施比例对秸秆还田45 d时土壤全氮、全磷、全钾、水解氮、

有效磷、速效钾、有机质、含水率等指标均产生了不同程度的影响。其中,与对照T1-6(CK)处理相比,T1-1处理下的土壤全氮、有机质等2项指标分别促进了5.5%、45.1%;T1-2处理下的土壤全氮、全钾、有效钾等3项指标分别促进了5.9%、3.0%、8.8%;T1-3处理下的土壤有机质、含水率含量等2

项指标分别提高了60.2%、7.9%;T1-4处理下的土壤全钾、有效磷、有机质、含水率等4项指标分别增加了2.9%、7.4%、24.2%、8.2%;T1-5处理下的土壤全氮、全磷、全钾、有机质等4项指标分别增加了2.8%、3.3%、7.3%、21.4%;以上表明,以T1-4处理的效果最佳,不仅对本试验中所涉及的9项指标中的4项关键指标起到了明显的促进效果,而

且对土壤有效磷、含水率指标的促进效果达到了最佳水平,增幅达到了7.4%、8.2%;其次是以T1-5处理的效果,不仅对本试验中所涉及的9项指标中的4项关键指标起到了明显的促进效果,而且对土壤全磷、全钾指标的促进效果达到了最佳水平,增幅达到了3.3%、7.3%。

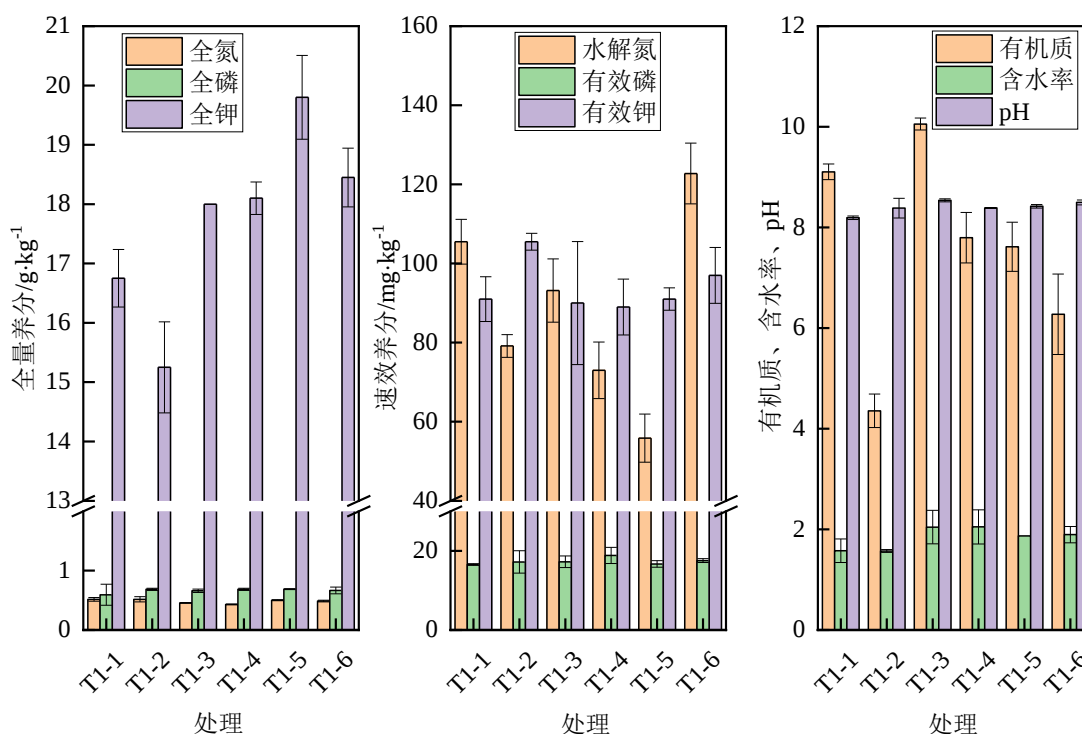


图5 不同玉米秸秆粒径对还田45 d时土壤理化指标的影响

Fig. 5 Effects of different corn straw particle sizes on soil physicochemical properties at 45 days after returning to the field

2.3.2 不同微生物菌剂与玉米秸秆配比对还田45 d时土壤理化指标的影响

由图6分析可以看出,不同复合菌剂配比对秸秆还田45 d时,土壤全氮、全磷、全钾、水解氮、有效磷、速效钾、有机质、含水率指标均产生了不同程度的影响。其中,与对照T2-5(CK)处理相比,T2-1处理下的土壤全钾、全磷、水解氮、速效钾指标分别提高19.0%、2.6%、52.2%、0.5%;T2-2处理下的土壤全氮、全钾、全磷、水解氮指标分别提高2.4%、6.0%、0.4%、72.4%;T2-3处理下的土壤全氮、水解氮、速效钾、有机质含量分别提高35.9%、33.6%、86.6%、4.0%;T2-4处理下的土壤全氮、全钾、水解氮、速效钾、有机质、含水率指标分别提高9.0%、0.5%、38.6%、11.4%、10.1%、1.3%。以上表明,以1:2 000菌剂配比(T2-4)对秸秆还田土壤的改良效果最佳,不仅对本试验中所涉及的9项

指标中的6项关键指标起到了明显的促进效应,而且对土壤有机质、含水率指标的促进效果达到最佳水平,增幅分别达到10.1%、1.3%。

3 讨论与结论

3.1 微生物菌剂配施条件下秸秆粒径对土壤理化性质的影响

秸秆粒径显著影响微生物菌剂对玉米秸秆分解效率及土壤改良效果。研究发现,2~6 cm粒径的玉米秸秆在微生物菌剂作用下表现最优。这一粒径范围提供了足够的表面积供微生物附着和分解。试验数据显示,2~6 cm粒径处理(T1-3)在秸秆还田15 d时,土壤全磷、水解氮、速效钾和有效磷含量分别增加14.5%、16.5%、3.3%和47.9%,显著高于其他粒径处理。同时,该粒径秸秆能有效协调碳氮比,促进微生物活动,从而加速秸秆腐

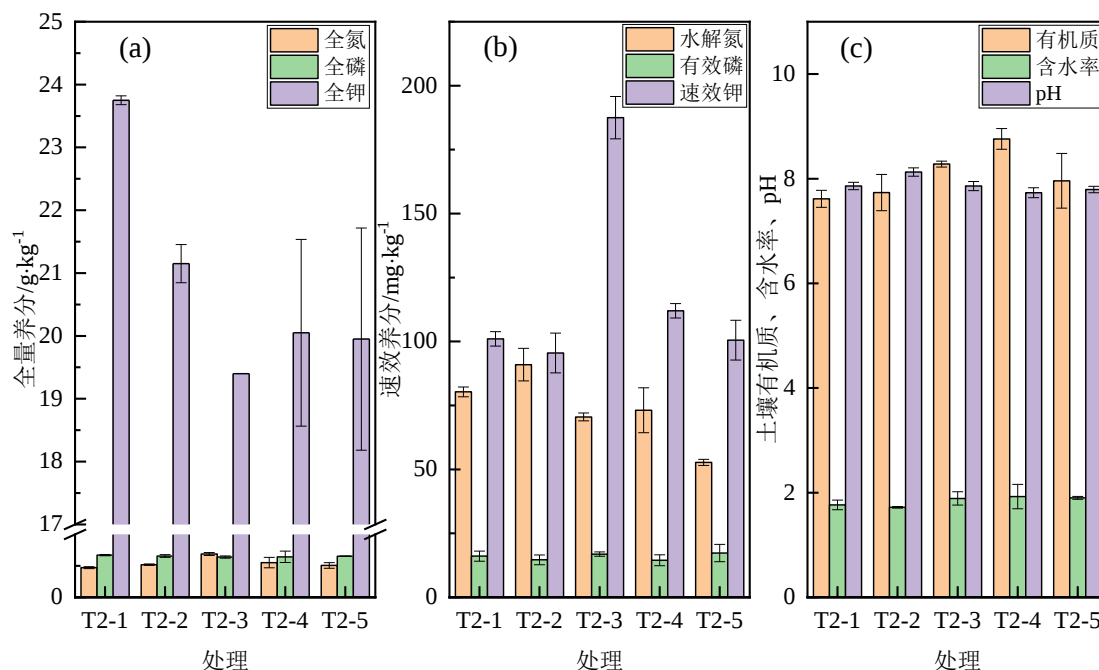


图6 不同微生物菌剂与玉米秸秆配比对还田45 d时土壤理化指标的影响

Fig. 6 Effects of different ratios of microbial inoculant to corn straw on soil physicochemical properties at 45 days after returning to the field

解和养分释放。

秸秆粒径还直接影响土壤的物理性质和水肥保持能力,促进土壤团粒结构的形成^[13]。2~6 cm 粒径的秸秆在分解过程中能改善土壤孔隙结构,增强通气性和保水性。试验结果表明,该粒径处理在30 d监测期内使土壤含水率提高3.9%,有机质含量增加19.1%。相比之下,粒径过小(<2 cm)的秸秆易导致土壤板结,影响土壤的通气性和水分渗透性;而过大的粒径(>6 cm)则可能延缓秸秆的降解速度,降低养分释放效率^[14]。此外,2~6 cm 粒径秸秆还田后形成的有机质更易转化为稳定腐殖质,从而长期改善土壤肥力。因此选择合适的秸秆粒径是实现秸秆还田土壤改良的关键。

3.2 微生物菌剂与玉米秸秆配比对土壤理化性质的影响

微生物菌剂与玉米秸秆配比是影响秸秆还田效果的关键因素。研究发现,1:2 000的菌剂与秸秆配比(T2-4处理)在改善土壤理化性质方面表现最优。该配比条件下,土壤全磷、速效钾和有效磷含量在15 d监测期内分别提高了17.3%、16.7%和24.2%,显著高于其他配比处理。适宜的菌剂用量能够提供足够的微生物活性,促进秸秆分解和养分释放,而过高的菌剂比例(1:500)可能导致微生物竞争加剧,反而抑制降解效率^[15-16]。试验数据表明,1:2 000配比在平衡微生物活性和秸秆

降解需求方面达到了最佳效果,为土壤速效养分的短期提升提供了保障。

微生物菌剂与玉米秸秆配比还显著影响土壤有机质和含水率的动态变化。研究显示,1:2 000配比处理(T2-4)在45 d时使土壤有机质和含水率分别增加10.1%和1.3%,优于其他配比。这一配比能够协调微生物对秸秆有机质的分解与转化,避免因菌剂过量导致的有机质过度消耗^[17]。相比之下,1:1 500配比(T2-3)虽然短期内对有机质的提升更显著(237.9%),但其效果难以持续,且在保水性能方面表现较差。1:2 000配比则实现了有机质的稳定积累和土壤保水能力的同步改善,为作物生长创造了更有利的土壤环境。1:2 000的菌剂与秸秆配比是实现土壤改良的最优选择。该配比不仅能够高效释放速效养分,还能促进有机质的长期积累和土壤结构的改善。研究还发现,当1:2 000配比与2~6 cm秸秆粒径结合使用时,对玉米—小麦轮作土壤的改良效果最为显著。这一结果为秸秆还田技术的优化提供了重要依据,有助于在农业生产中实现养分的高效利用和土壤质量的持续提升。

通过室外培养试验,针对不同微生物菌剂配比和玉米秸秆粒径的秸秆还田效果开展的研究结果表明,玉米秸秆粒径为2~6 cm且微生物菌剂与玉米秸秆配比为1:2 000时,玉米秸秆还田后土壤

全磷、水解氮、速效钾、有效磷、有机质和含水率等指标得到了明显改善。因此,在开展玉米秸秆还田改良玉米—小麦轮作土壤过程中,调节微生物菌剂与玉米秸秆配比和玉米秸秆粒径可以作为玉米秸秆腐熟、营养元素释放和轮作土壤改良的重要举措。

参考文献:

- [1] 贾瑞峰, 丛日环, 徐志宇, 等. 秸秆还田技术改善土壤理化性质提高作物产量的 Meta 分析[J]. 农业工程学报, 2025, 41(4): 80–89.
- [2] 张婧, 陈庆锋, 刘伟, 等. 秸秆还田对盐碱地土壤及作物生长的影响研究进展[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(11): 13–22.
- [3] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223.
- [4] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [5] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [6] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [7] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [8] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [9] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [10] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [11] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [12] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [13] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [14] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [15] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [16] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)
- [17] 王继芳, 张赢心, 李祥云, 等. 微生物菌剂与玉米秸秆比对番茄产量、品质及生产效益的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学), 2021, 38(3): 218–223. (in Chinese)

(责任编辑: 朴红梅)