

秸秆反应堆与生物菌剂对番茄土壤碳氮比与酶活性的影响

张雪艳, 田蕾, 王冠, 石彦龙, 王彦刚, 李磊

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要:以宁夏银川平原地区温室越冬番茄土壤为研究对象,以宁夏市场上广泛销售的5种秸秆菌剂为处理,以不添加秸秆生物反应堆不添加菌剂为CK1,以添加秸秆生物反应堆不添加菌剂为CK2,研究秸秆反应堆复配发酵菌剂对番茄土壤碳氮比及酶活性的影响,筛选出有利于提高越冬番茄土壤质量的菌剂处理。结果表明:SD(秸秆反应堆+山东秸秸灵发酵复合菌剂,施用量为8 g/m²)、HN(秸秆反应堆+河南沃德秸秆生物发酵菌剂,施用量为8 mL/m²)、YD(秸秆反应堆+远东秸秆生物发酵菌剂,施用量为8 mL/m²)能有效提高土壤表层碳氮比含量,NX(秸秆反应堆+宁夏诺德曼发酵复合菌剂,施用量为8 mL/m²)对提高20~40 cm土壤碳氮比有较好的效果且持久力强;NX、SD、HN有效提高了土壤碱性磷酸酶的活性,且盛果期处理SD对提高土壤碱性磷酸酶活性效果最为显著;SD有效提高了盛果期和拉秧期0~20 cm土壤纤维素酶的活性;添加秸秆和菌剂处理显著提高了土壤蔗糖酶和脲酶活性,且SD、NX、YD能够有效提高脲酶活性,HN、SD、NX能有效提高土壤蔗糖活性。总之,秸秆添加菌剂对越冬番茄土壤质量有较好的改善效果,其中NX、SD最有利于促进土壤有机碳和酶活性的增加从而改善土壤养分状况。

关键词:秸秆反应堆;发酵菌剂;土壤碳氮比;酶活性

中图分类号:S 641.206⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0165-05

设施土壤多茬次周年应用,以及栽培长期受到施肥、灌溉、耕作以及特殊环境等因素的影响,造成了土壤酸化、盐分积累、养分富集等现象,温室果菜品质下降,产量降低^[1-2]。因此如果改善连作温室土壤质量,提高连作土壤质量,对于设施果菜的可持续生产具有重要意义。土壤有机碳是土壤的重要组成部分,其动态平衡通过影响土壤的物理、化学及生物性^[3],成为评价土壤质量及土壤管理的一个重要指标^[4-5],而直接影响土壤肥力和作物产量^[6],其与土壤有效养分、土壤的物理性状、耕作措施等具有更密切的关系,是评价土壤质量的重要指标之一。土壤碳氮比值(C/N)是衡量土壤C、N营养平衡状况的指标,它的演变趋势对土壤碳、氮循环有重

要影响。土壤酶在土壤物质循环和能量转化过程中起着重要作用,其活性反映了土壤中各种生物化学过程的强度和方向,可以作为评价土壤肥力状况的指标,也是反映土壤质量的生物活性指标^[7]。因此,土壤有机碳和酶活性的变化可以用来推测土壤中的营养和肥力的变化情况。

玉米秸秆含大量的有机碳以及氮、磷、钾等营养元素,作为一种重要的有机肥源物质可以在农业中广泛应用^[8]。秸秆腐熟过程中,通常会使用一些秸秆腐熟菌剂,它在适宜的条件下,可以产生大量有益微生物,加速农作物秸秆的腐解,将秸秆中所含的有机质及磷、钾等元素转化为土壤养分,从而改善土壤理化性状,增强土壤酶活性,提升土壤肥力,进而减少化肥使用量^[9]。近年来关于秸秆还田的研究报道比较多,但对温室内土壤有机碳和酶活性研究鲜有报道。该研究以冬季宁夏银川平原地区温室土壤为研究对象,探讨秸秆反应堆复配不同菌剂对温室冬季越冬番茄土壤有机碳和酶活性的影响,以期筛选出适宜当地高效使用的秸秆腐熟菌剂,为宁夏越冬番茄优质高效安全生产及土壤改良提供参考依据。

第一作者简介:张雪艳(1981-),女,河北保定人,副教授,现主要从事设施蔬菜栽培与生理研究等工作。E-mail:zhangxueyan123@sina.com

责任作者:田蕾(1983-),男,河北保定人,副教授,现主要从事作物育种与高产栽培等研究工作。E-mail:tianlei2008808@126.com

基金项目:国家科技支撑资助项目(2014BAD05B02);国家自然科学基金资助项目(31460531);宁夏农业综合开发土地治理科技推广资助项目(NTKJ-2014)。

收稿日期:2014-11-13

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为“宝罗塔”。供试土壤为银川市宁夏大学农科实训基地日光温室内壤土。温室长度 45 m, 跨度 7.5 m, 脊高 3.0 m。试验所用微生物菌剂分别为北京京圃园有机废料发酵菌剂(粉剂, 菌种含量 20 亿个/g)、山东桔桔灵秸秆发酵复合菌剂(粉剂, 菌种含量 20 亿个/g)、宁夏诺德曼发酵复合菌剂(液态, 菌种含量 20 亿个/mL)、河南沃德秸秆生物发酵菌剂(液态, 菌种含量 20 亿个/mL)、远东复合菌剂(液态, 菌种含量 20 亿个/mL)。

1.2 试验方法

试验于 2013 年 10 月至 2014 年 3 月进行。试验设 5 个处理。SD: 秸秆反应堆+山东桔桔灵发酵复合菌剂, 施用量为 8 g/m²; NX: 秸秆反应堆+宁夏诺德曼发酵复合菌剂, 施用量为 8 mL/m²; HN: 秸秆反应堆+河南沃德秸秆生物发酵菌剂, 施用量为 8 mL/m²; YD: 秸秆反应堆+远东秸秆生物发酵菌剂, 施用量为 8 mL/m²; BJ: 秸秆反应堆+北京京圃园有机废料发酵菌剂, 施用量为 8 g/m²。CK1: 不加入秸秆反应堆+不加菌剂; CK2: 秸秆反应堆+不加菌剂。每个处理 3 次重复, 随机排列, 小区面积为 29 m², 番茄于 2013 年 10 月 14 日定植, 2014 年 3 月 13 日拉秧, 整个生育期各处理采用陈振德番茄营养液配方(1994)进行养分补给, 且统一水管理。分别在定植初期(10 月 10 日)、开花期(12 月 12 日)、盛果期(1 月 26 日)、拉秧期(3 月 13 日)取 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤风干后过 1 mm 筛, 用于土壤酶活性、土壤有机碳和全氮含量的测定。

1.3 项目测定

蔗糖酶采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定, 脲酶采用次氯酸钠显色比色法测定, 碱性磷酸酶用苯磷酸二钠比色法、纤维素酶采用蒽酮比色法^[10]测定, 均是以每克干土样所含酶的活性表示。土壤全 N 含量测定采用半微量凯氏定氮法^[11]; 土壤有机碳含量测定采用丘林法^[12]。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2007 软件进行处理, 采用 DPS 6.55 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 秸秆反应堆复配菌剂对土壤碳氮比的影响

各处理 0~20 cm 土壤碳氮比随定植时间延长呈先降低后升高, 后再降低的趋势, 各处理 20~40 cm 土壤碳氮比则呈降低的趋势。由图 1a 可知, 除盛果期外 SD、HN、YD 处理的 0~20 cm 土壤碳氮比显著高于对照处理, CK2 土壤碳氮比最低; 开花期 CK1 和 CK2 均显著低于其它处理; 盛果期各处理间土壤碳氮比无显著差异; 拉秧期 CK1、CK2、BJ 处理土壤碳氮比无显著差异, 且显著低于其它处理。

由 20~40 cm 土壤碳氮比分析可知, 定植初期 SD 处理的 20~40 cm 土壤碳氮比显著高于其它各处理, 除 NX 菌剂处理外, 其它处理间无显著差异; 开花期 NX、HN、YD、BJ 各处理 20~40 cm 土壤碳氮比显著高于对照处理, CK1 最小; 盛果期 CK2 显著小于 HN 菌剂处理, 其它处理无显著差异, 拉秧期 NX 处理土壤碳氮比最高, 显著高于其它处理, YD 处理次之, 且显著高于其它处理。

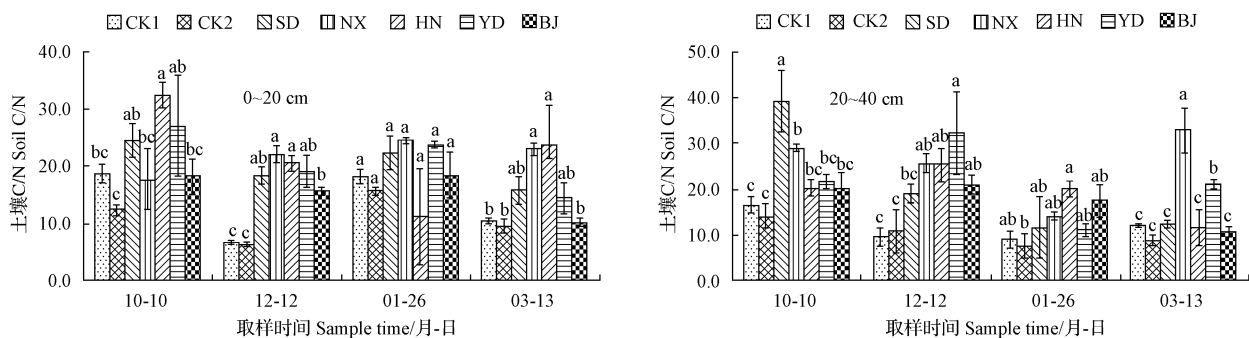


图 1 不同处理不同土层土壤 C/N 变化

Fig. 1 The change of C/N of different soil layers under different treatments

2.2 秸秆反应堆复配菌剂对土壤碱性磷酸酶的影响

由图 2 可知, 0~20 cm 土壤碱性磷酸酶随定植时间延长 CK1、NX 先升高后降低再升高, HN 先降低再升高, 其它各处理先升高再降低的趋势, 各处理 20~40 cm 土壤碱性磷酸酶则呈先升高再降低的趋势。定植初期 NX 0~20 cm 土壤碱性磷酸酶值最高, 且 NX、BJ 处理显

著高于其它处理; 开花期 SD 菌剂处理土壤碱性磷酸酶最高, CK2 显著低于 SD 菌剂处理, 且 HN 和 BJ 菌剂处理显著低于其它处理, HN 值最低; 盛果期 SD、HN 处理土壤碱性磷酸酶显著高于其它处理, NX、YD 处理值较低; 拉秧期 SD、NX 处理土壤碱性磷酸酶显著高于其它处理, YD 处理显著小于各处理。

定植初期 NX 处理的 20~40 cm 土壤碱性磷酸酶含量最高,CK1 最低,且 NX、SD、BJ 处理无显著差异;开花期 CK2 土壤碱性磷酸酶含量最高,HN、BJ 处理低于 CK2,且 BJ 处理最低且显著低于 CK1;盛果期 CK2 显

著低于 CK1、SD、BJ 处理,NX 处理最低;拉秧期各处理土壤碱性磷酸酶急剧下降,SD 处理和 CK2 最高,显著高于 CK1,其它处理间差异不显著。

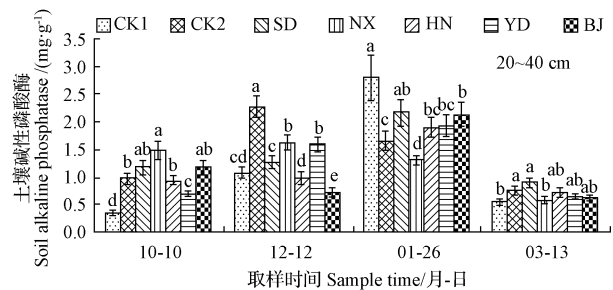
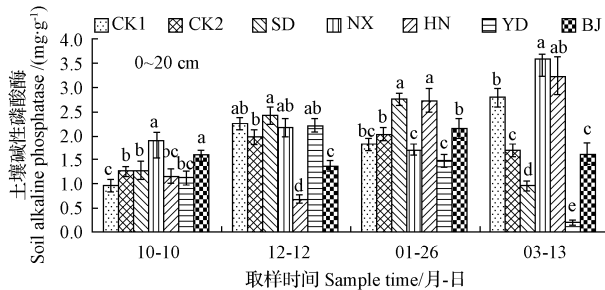


图 2 不同处理不同土层土壤碱性磷酸酶变化

Fig. 2 The change of soil alkaline phosphates of different soil layers under different treatments

2.3 秸秆反应堆复配菌剂对土壤纤维素酶的影响

由图 3 可知,0~20 cm 土壤纤维素酶随定植时间延长先上升后降低,各处理 20~40 cm 土壤纤维素酶除 CK2 外,其它处理变化幅度不大。定植初期、开花期 0~20 cm 各处理土壤纤维素酶无显著差异,盛果期 SD、BJ 处理土壤纤维素酶最高,显著高于 CK1,且 NX、HN、YD 处理处理间差异不显著,且与 CK1 差异不显著;拉秧期 SD 处理土壤纤维素酶显著高于其它各处理,YD 处理仅

小于 SD 处理而显著高于其它处理。

CK2 的 20~40 cm 土壤纤维素酶除定植期外,其它时期均最高,定植初期 NX、YD 处理土壤纤维素酶显著高于 CK1,且 CK1 与 HN、BJ 处理无显著差异;开花期 CK2、SD 处理土壤纤维素酶显著高于其它处理,且其它处理间无显著差异;盛果期 CK2、YD 处理土壤纤维素酶显著高于其它各处理,其它处理间无显著差异;拉秧期 CK2 土壤纤维素酶显著高于其它各处理。

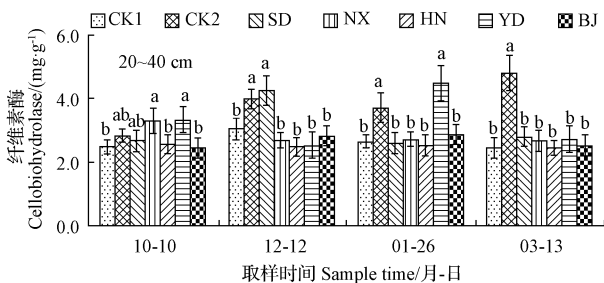
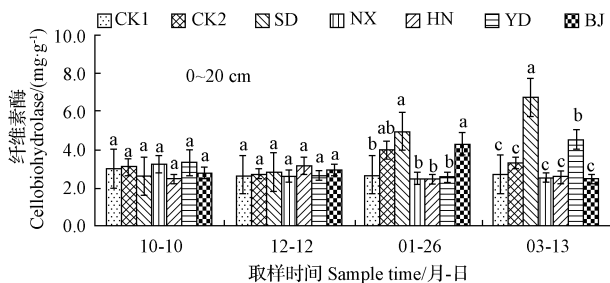


图 3 不同处理不同土层土壤纤维素酶变化

Fig. 3 The change of cellobiohydrolase of different soil layers under different treatments

2.4 秸秆反应堆复配菌剂对土壤脲酶的影响

由图 4 可知,0~20 cm 土壤脲酶随定植时间延长呈先升高后降低再升高的趋势,各处理 20~40 cm 土壤脲

酶则呈先升高再降低的趋势。定植初期、开花期 0~20 cm 土壤脲酶无差异,盛果期 SD、NX 处理土壤脲酶显著低于其它各处理;拉秧期 CK2、YD 处理土壤脲酶显著低于

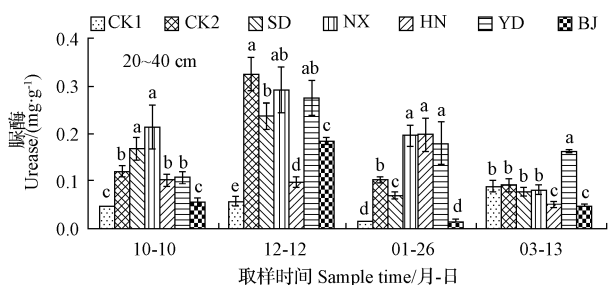
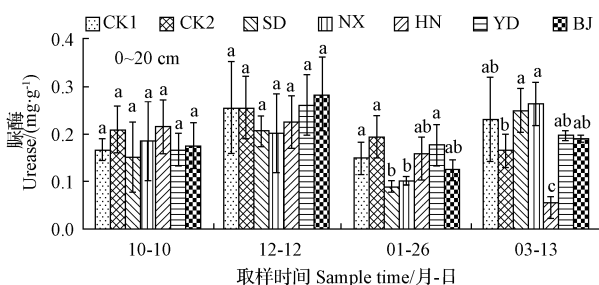


图 4 不同处理不同土层土壤脲酶变化

Fig. 4 The change of urease of different soil layers under different treatments

其它处理菌剂处理,且 YD 处理显著低于 CK2。除拉秧期外,CK1、BJ 处理的 20~40 cm 土壤脲酶含量均处于较低水平,SD、NX、YD 处理土壤脲酶则处于较高水平;拉秧期 HN、BJ 处理显著低于其它处理。

2.5 秸秆反应堆复配菌剂对土壤蔗糖酶的影响

由图 5 可知,0~20 cm 土壤蔗糖酶随定植时间延长呈先上升后下降再上升的趋势,各处理 20~40 cm 土壤蔗糖酶变化则不一致,NX、SD 处理呈先上升后下降的趋势,CK1、CK2、BJ 处理呈下降趋势,HN、YD 处理则呈先下降后上升再下降的趋势。定植期 HN0~20 cm 土壤蔗糖酶显著大于其它各处理,其它各处理间差异不显

著;开花期 SD、HN、YD 处理处理显著高于 CK2,其它处理差异不显著;盛果期 NX、YD 处理与 CK2 差异不显著,且显著低于 CK1 和 HN;拉秧期除 YD 处理外,其它处理均显著高于 CK1 和 CK2。

各时期 CK1 的 20~40 cm 土壤蔗糖酶显著小于其它处理;定植期 SD、HN 处理土壤蔗糖酶显著低于 CK2,其它菌剂处理与 CK2 差异不显著;开花期 NX 和 SD 处理显著高于 CK1 和 CK2;盛果期 NX 和 HN 处理显著高于其它处理,其它菌剂处理显著高于 CK1,但与 CK2 差异不显著;拉秧期 SD 处理最高,除 BJ 处理外,其它菌剂处理显著低于 CK1,但与 CK2 差异不显著。

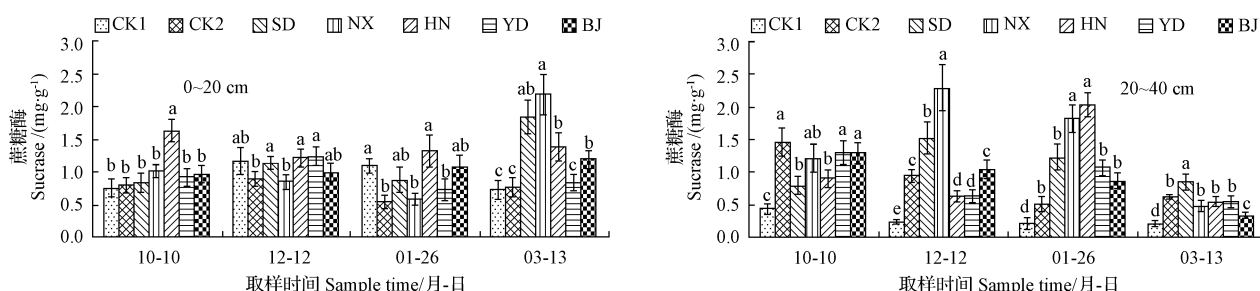


图 5 不同处理不同土层土壤蔗糖酶变化

Fig. 5 The change of sucrase of different soil layers under different treatments

3 讨论与结论

作物残体还田对农业土壤起重要的作用,因为它能为土壤提供可速效利用的碳和氮,并且提供其它养分^[13-14],提高土壤肥力。施用有机肥料可以显著提高土壤微生物量碳、氮含量及土壤酶活性^[15-18]。我国秸秆年产量达 7 亿多 t,秸秆生物技术可充分利用农业废弃资源,减少焚烧秸秆带来的环境生态影响,是发展有机可持续农业的有效途径^[19-20]。同时秸秆生物反应堆技术可改善设施蔬菜生长环境,促进作物丰产。

该试验研究证明,相对对照处理,SD、HN、YD 处理能显著提高定植期、开花期、拉秧期 0~20 cm 土壤中碳氮,SD、NX 处理显著提高定植期、开花期 20~40 cm 土壤碳氮比,且 NX 处理显著拉秧期 20~40 cm 土壤碳氮比,CK2 与 CK1 整个生育期 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤碳氮差异不显著,说明 SD、HN、YD 处理能有效提高土壤表层碳氮比含量,NX 处理对提高 20~40 cm 土壤碳氮比有较好的效果且持久力强,且菌剂处理可显著改善土壤碳氮比,而只埋秸秆但无添加菌剂对土壤碳氮比无显著影响。土壤脲酶、碱性磷酸酶和蔗糖酶作为 3 种不同水解酶参与高分子有机化合物的水解反应,对于丰富土壤中能被植物和微生物利用的可溶性营养物质有重要作用。该试验证明,总体来说 NX、SD、HN 处理能有效提高 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤碱性磷酸酶的活性,且盛果期 SD 处理对提高土壤碱性磷酸酶活性效果

最为显著。这可能是随着作物生长,作物吸磷量增多,土壤有效磷含量相对降低,反馈调节使得磷酸酶活性在这一时期较高^[21]。在盛果期和拉秧期 SD 处理相对其它菌剂处理有效提高了 0~20 cm 土壤纤维素酶的活性,纤维素酶可加速秸秆养分矿化过程,提高土壤中速效养分含量,因此 SD 处理菌剂处理可有效的腐解秸秆,促进养分进入土壤中。脲酶是决定土壤中氮转化的关键酶,主要来源于微生物和植物^[22]。添加秸秆与菌剂均能显著提高除拉秧期外 20~40 cm 土壤脲酶活性,且 SD、NX、YD 处理相对能够有效提高脲酶活性促进秸秆中氮素是转换。添加秸秆和菌剂均能显著提高 20~40 cm 土壤蔗糖酶活性,且 HN、SD、NX 处理相对其它菌剂处理能有效提高土壤蔗糖 20~40 cm 土壤蔗糖酶活性,说明 HN、SD、NX 处理能有效提高土壤蔗糖酶活性从而促进土壤养分的积累。

综上所述,填埋秸秆和施用菌剂在生育期内能有效提高 20~40 cm 土壤蔗糖酶或脲酶活性,同时填埋秸秆,且施用 NX、SD、YD、HN 处理能有效提高土壤中的碳氮比、酶活性,从而促进秸秆的腐解,促进秸秆养分进入土壤,其中效果较好的菌剂处理为 NX(秸秆反应堆+宁夏诺德曼发酵复合菌剂,施用量 8 mL/m²)、SD(秸秆反应堆+山东秸秆灵发酵复合菌剂,施用量 8 g/m²)处理。

参考文献

- [1] 李粉茹,于群英,邹长明. 设施菜地土壤 pH 值、酶活性和氮磷养分含量的变化[J]. 农业工程学报,2009,25(1):217-222.

- [2] 范庆峰,张玉龙,陈重. 保护地蔬菜栽培对土壤盐分积累及 pH 值的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(1):103-106.
- [3] 陆欣. 土壤肥料科学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2002:82-293.
- [4] Lefroy R D B, Lisle L. Soil organic carbon changes in cracking clay soils under cotton production as studied by carbon fractionation[J]. Australian Journal of Agricultural Research,1997,48:1049-1058.
- [5] Yan D Z, Wang D J, Yang L Z. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on labile organic matter fractions in a paddy soil[J]. Biology and Fertility of Soil,2007,44(1):93-101.
- [6] 张金波,宋长春. 土地利用方式对土壤碳库影响的敏感性评价指标[J]. 生态环境,2003,12(4):500-504.
- [7] 曹慧,孙辉,杨浩,等. 土壤酶活性及其对土壤质量的研究进展[J]. 应用与环境生物学报,2003,9(1):103-109.
- [8] 王久臣,戴林,田宜水,等. 中国生物质能产业发展现状及趋势分析[J]. 农业工程学报,2007,23(9):276-282.
- [9] 许卫剑,庞娇霞,严菊敏. 秸秆腐熟剂的作用机理及应用效果[J]. 现代农业科技,2011(5):277-279.
- [10] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:39-114.
- [12] 鲁如坤. 土壤农化分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [13] Kumar K, Goh K. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery[J]. Advance in Agronomy,2000,68:197-319.
- [14] Singh B, Shan Y H, Johnson-Beebout S E, et al. Crop residue management for lowland rice-based cropping systems in Asia[J]. Advance in Agronomy, 2008,98:117-199.
- [15] 贾伟,周怀平,解文艳,等. 长期有机无机肥配施对褐土微生物量碳、氮及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2008,14(4):700-705.
- [16] 马宁宁,李天来,武春成,等. 长期施肥对设施菜田土壤酶活性及土壤理化性状的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(7):1766-1771.
- [17] Timo K, Stephan W, Frank E. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime[J]. European Journal of Soil Biology, 2004,40(2):87-94.
- [18] 李娟,赵秉强,李秀英,等. 长期有机无机肥料配施对土壤微生物学特征及土壤肥力的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(1):144-152.
- [19] 刘建国,卞新民,李彦斌,等. 长期连作和秸秆还田对土壤微生物活性的影响[J]. 应用生态学报,2008,19(5):1027-1032.
- [20] 武志杰,张海军,许广山. 玉米秸秆还田培肥土壤的效果[J]. 应用生态学报,2002,13(5):539-542.
- [21] 夏雪,谷洁,高华,等. 有机肥无机肥配施对玉米生长期土壤水解酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(2):38-42.
- [22] Schinner F, Ohlinger R, Kandeler E, et al. Methods in soil biology[M]. Springer-Verlag,1995.

Effect of Maize Straw Reactor Compound with Biological Fermentation Bacteria on Soil Carbon and Nitrogen Ratio and Enzyme Activity of Tomato

ZHANG Xue-yan, TIAN Lei, WANG Guan, SHI Yan-long, WANG Yan-gang, LI Lei
(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Taking overwintering tomato soil from greenhouse in Ningxia Yinchuan plain area as test material, with widely sold on the market in Ningxia of 5 kinds of straw bacterium agent for processing, don't add straw biological reactor fungus agent as CK1, to add straw biological reactor is fungus agent as CK1, maize straw reactor with corn stalk fermentation bacteria agent on soil carbon and nitrogen ratio, the influence of the enzyme activity of tomato were studied, the discussion was beneficial to improve the quality of overwintering tomato soil bacterium agent processing. The results showed that the SD(straw reactor + Shandong Jiejieling fermented compound inoculants), HN(straw reactor + Henan Wode fermented compound inoculants), YD(straw reactor + Yuandong fermented compound inoculants) could effectively improve the soil content of carbon and nitrogen ratio, NX to improve 20—40 cm soil carbon and nitrogen ratio had good effect and endurance was strong; NX, SD, HN effectively improved the soil alkaline phosphatase activity, and in full productive age providing SD improved significantly the rate of soil alkaline phosphatase activity; in the reproductive period and uproot period processing SD effectively improved the growth of the tomato soil cellulase activity; SD, NX, YD treatment soil urease activity were significantly higher than other processing, HN, SD, NX soil sucrose was significantly higher than other processing. Anyhow, straw fungus agent of overwintering tomato had a better effect on improving soil quality, the NX; SD was conducive to the increase of soil organic carbon and enzyme activity to improve the soil nutrient status, therefore inoculants NX, SD most conducive to improving winter tomato soil conditions.

Keywords: straw reactor; bacteria fermentation agent; soil carbon and nitrogen ratio; enzyme activity