

玉米秸秆还田配施氮肥对土壤酶活、 土壤养分及秸秆腐解率的影响

官秀杰¹, 钱春荣¹, 曹旭^{2,3}, 于洋¹, 郝玉波¹, 李梁¹, 葛选良¹, 姜宇博¹

(1. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省科学院高技术研究院, 哈尔滨 150086;

3. 黑龙江省科学院微生物研究所, 哈尔滨 150086)

摘要: 通过田间试验研究玉米秸秆与氮肥配施对土壤养分、土壤酶活及秸秆腐解率的影响, 以5年不施氮肥和施氮 300 kg/hm² 耕层土壤为背景, 在长期氮肥定位试验区进行试验。结果表明, 秸秆还田配施氮肥能够增加土壤脲酶、土壤过氧化氢酶和土壤蔗糖酶活性。玉米出苗期至成熟期, 不施氮处理和施氮处理土壤脲酶活性范围分别为 13.53 ~ 14.21 U/mL 和 11.80 ~ 15.67 U/mL, 在灌浆期差异达到显著水平; 土壤过氧化氢酶活性范围分别为 48.57 ~ 55.92 U/mL 和 50.69 ~ 59.34 U/mL, 在灌浆期差异达显著水平; 蔗糖酶活性范围为 36.90 ~ 51.85 U/mL 和 46.40 ~ 58.22 U/mL, 在3个时期差异均达显著水平。秸秆还田配施适量的氮肥对铵态氮质量分数的影响不显著, 但增加硝态氮和速效氮质量分数, 不施氮处理和施氮处理硝态氮和速效氮质量分数平均值分别为 10.39、18.45 ug/kg 和 126.43、145.39 mg/kg。

关键词: 玉米; 秸秆; 氮肥; 酶活性; 腐解率

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Effects of Nitrogen Fertilizer on Soil Enzymatic Activity, Soil Nutrients and Decomposition Rate of Maize Straw

GONG Xiu-jie¹, QIAN Chun-rong¹, CAO Xu^{2,3}, YU Yang¹, HAO Yu-bo¹, LI Liang¹, GE Xuan-liang¹, JIANG Yu-bo¹

(1. *Institute of Crop Tillage and Cultivation, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086;*

2. *Institute of High Technology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150086;*

3. *Institute of Microbiology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150086, China*)

Abstract: The experiment was carried out in the long-term nitrogen fertilizer location test area, with no nitrogen fertilizer applied for five years and 300 kg/ha surface soil applied for nitrogen as the background. The results showed that the activities of soil urease, soil Catalase and soil invertase could be increased by returning to straw with nitrogen fertilizer. As results, the activities of soil urease, soil catalase and soil sucrase were increased by straw combined with nitrogen fertilizer. From seedling stage to maturity stage of maize, urease activity ranges of soil without and under nitrogen treatment were 13.53–14.21 U/mL and 11.80–15.67 U/mL, respectively. The activity range of soil catalase was 48.57–55.92 U/mL and 50.69–59.34 U/mL, respectively. The range of sucrase active was 36.90–51.85 U/mL and 46.40–58.22 U/mL, with significant differences in all three stages. The effects of straw mulching and the application of appropriate nitrogen fertilizer on the mass fraction of ammonium nitrogen were not significant, but the mass fraction of nitrate nitrogen and rapidly available nitrogen could be increased. The average mass fraction of nitrate nitrogen and rapidly available nitrogen under no nitrogen treatment and nitrogen treatment were 10.39 ug/kg, 18.45 ug/kg, 126.43 mg/kg, and 145.39 mg/kg.

Key words: Maize; Residue; N fertilizer; Enzymatic activity; Decomposition rate

录用日期: 2019-04-11

基金项目: 黑龙江省农业科学院级科研项目(2017ZC14)、哈尔滨市应用技术与开发项目(2017RAQYJ142)、国家玉米产业技术体系(CARS-02-34)、国家自然科学基金青年项目(31501252)、国家重点研发计划(2017YFD0201803)、国家重点研发计划项目(2018YFD0300102-2)、省院合作项目(YS18B14)

作者简介: 官秀杰(1978-), 女, 吉林松原人, 硕士, 主要从事的玉米耕作与栽培研究。E-mail: gongxiu2546@sina.com

曹旭为本文通讯作者。E-mail: 18645070126@163.com

2015年,全国玉米秸秆产量2.9亿t,位于各类农作物秸秆产量首位,占全国秸秆资源总量的28.9%。现阶段,我国资源利用依然问题重重,尤其是一些秸秆富产区。2017年全国秸秆焚烧量约为0.81亿t,约占全国秸秆总量的7.8%^[1],东北地区焚烧量最高,占总焚烧量的74.1%。秸秆焚烧会严重污染空气、造成雾霾。秸秆燃烧时,会产生大量的CO、氮氧化物、苯以及多环芳烃等有害气体,不仅危害人体健康,还造成环境污染^[2]。因此,完善秸秆利用制度,严格依法落实秸秆焚烧制度,促进秸秆全量化综合利用尤为重要。

近年来,国内外围绕农艺措施(施肥、水分管理等)及环境条件(温度、pH值等)对玉米秸秆直接还田对土壤物理化学性质及秸秆腐解率的影响开展了大量研究^[3]。结果表明,在秸秆腐熟过程中,大量微生物的繁殖与对秸秆的分解会消耗土壤中的氮素,引起与作物生长对氮素的竞争^[4],进而影响还田秸秆的有效腐解。秸秆还田配施氮肥在一定程度上影响土壤酶活性,土壤酶主要包括土壤脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶等,其活性是敏感的土壤生物学指标。秸秆还田配施化肥对于根际土壤过氧化氢酶、脲酶、转化酶活性的提高有促进作用^[5]。有研究表明,秸秆还田时配施不同比例氮肥并未造成各处理间酶活性的显著差异^[6]。因此,本试验在田间条件下以秸秆还田配施氮肥,探索氮肥对秸秆还田后土壤酶活性、土壤养分及秸秆腐解率的影响,为该地秸秆还田技术、提升土壤地力和保护生态环境提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2017年在黑龙江省农业科学院科技园区(哈尔滨市民主乡)进行,该试验区开始于2012年,为长期氮肥定位试验。种植制度为玉米连作,供试土壤为碳酸盐黑钙土,5年不施氮肥和施氮300 kg/hm²的土壤耕层全氮含量分别为1.65 g/kg和2.09 g/kg。

1.2 试验设计

供试玉米品种为吉单27,种植密度60 000株/hm²,磷、钾肥作为基肥春播前一次施入,用量分别为P₂O₅75 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²。秸秆全量还田,设置5年不施氮肥(N0)和当地常规施氮300 kg/hm²(N1)两个处理。小区面积40 m²,3次重复。土壤封闭化学除草。

玉米秸秆采用尼龙网袋法,将采集的玉米秸秆清理、风干,将其分为茎秆和叶片。称量后分别剪碎2 cm小段,取叶片和茎秆按1:3比例混合,称重30 g,

装入9 cm×10 cm、300目的尼龙网袋中,用封口机封好,埋入玉米行间25 cm深,然后水平铺放尼龙网袋,再将土填回、镇压。地表用插地牌做好标记。

1.3 测定项目与方法

试验各处理于2017年玉米苗期、灌浆期、成熟期取土样,每个小区用5点法取玉米0~20 cm土壤。土壤脲酶活性测定采用试剂盒法,试剂盒应用双抗体夹心法测定标本中土壤脲酶水平。用酶标仪在450 nm波长下测定吸光度(OD值),通过标准曲线计算样品中土壤脲酶(UE)活性。过氧化氢酶、蔗糖酶测定方法同上。

土壤硝态氮、铵态氮质量分数采用0.01 mol/L CaCl₂浸提,土壤速效氮采用C/H/O/N/S元素分析仪测定。在秸秆还田30、60、90、120、150 d,分别采集埋于土壤中的网袋,每个小区取样均为3次重复,采集回去的样品除去泥土,于65℃烘干至恒重,测定秸秆的干物质重量,计算秸秆腐解率。

1.4 数据统计与分析

采用Microsoft Excel 2007和DPS7.05进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田配施氮肥对土壤酶活性的影响

土壤脲酶活性可反映土壤的供氮能力,与土壤中氮循环体系有着密切联系^[7,8]。由图1可见,在玉米不同生育期间,出苗期至成熟期,不施氮处理的土壤脲酶活性呈相对持平的态势,脲酶活性范围为13.53~14.21 U/mL;施氮处理的土壤脲酶活性呈先升高后降低的趋势,脲酶活性范围为11.80~15.67 U/mL。苗期不施氮处理较施氮处理脲酶活性高2.41 U/mL,差异达显著水平;灌浆期不施氮处理较施氮处理脲酶活性低2.15 U/mL,差异达显著水平;成熟期2个处理脲酶活性差异不显著。

不施氮处理过氧化氢酶活性在整个生育期内表现前期变化不明显,后期升高,活性范围为48.57~55.92 U/mL;施氮处理过氧化氢酶活性在整个生育期表现为先升高后降低,活性范围为50.69~59.34 U/mL;苗期和成熟期2个处理过氧化氢酶活性差异不显著;灌浆期不施氮处理较施氮处理过氧化氢酶活性低8.04 U/mL,差异达显著水平。

随玉米生育进程推进,两个处理土壤蔗糖酶活性整体均呈先升后降趋势,施氮处理土壤蔗糖酶活性范围为46.40~58.22 U/mL,不施氮处理土壤蔗糖酶活性范围为36.90~51.85 U/mL;3个生育时期2个处理蔗糖酶活性差异均达显著水平。

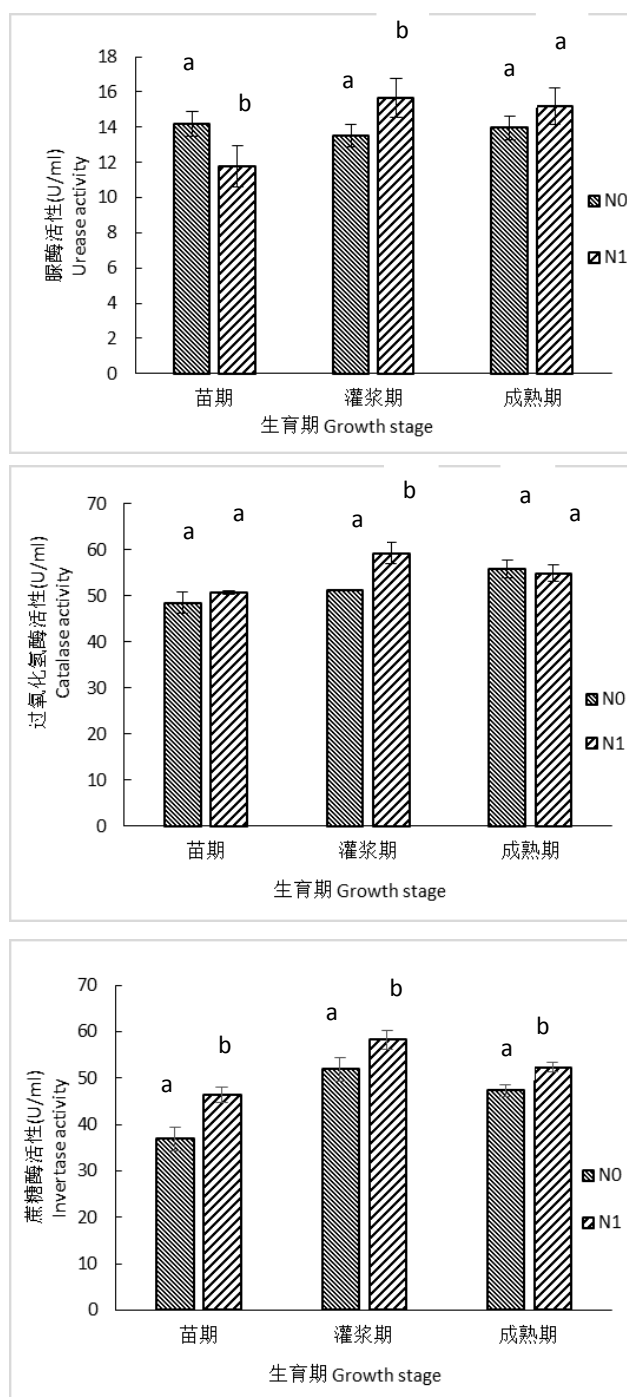


图1 秸秆还田配施氮肥对土壤脲酶、过氧化氢酶和蔗糖酶活性的影响

Fig.1 Effects of straw combined with nitrogen fertilizer on soil urease, catalase and sucrase activity

2.2 秸秆还田配施氮肥对土壤硝态氮、铵态氮和全氮的影响

植物吸收利用的氮素主要是土壤硝态氮和铵态氮,在旱地农田中,硝态氮是作物的主要来源^[9]。从表1可见,秸秆还田不施氮和施氮处理对土壤铵态氮质量分数在整个生育期的平均值分别为27.39 mg/kg和27.12 mg/kg,差异不显著。硝态氮质量分数在苗期分别为16.23 ug/kg和15.17 ug/kg,差

异不显著;灌浆期和成熟期质量分数分别为6.66、9.03 ug/kg和8.26、31.15 ug/kg,差异均达显著水平;整个生育期的平均值分别为10.39 ug/kg和18.45 ug/kg,差异达显著水平。在3个生育期,速效氮的质量分数平均值为126.43 mg/kg和145.39 mg/kg,均达显著水平。说明秸秆还田配施适量的氮肥能够增加硝态氮和速效氮的质量分数,但对铵态氮质量分数的影响不显著。

表1 秸秆还田配施氮肥对土壤铵态氮、硝态氮和速效氮含量的影响
Table 1 Effects of straw combined with nitrogen fertilizer on the content of ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, and available nitrogen in soil

处 理 Treatment	生育期 Growth stage	铵态氮(mg/kg) Ammonium nitrogen	标准差 Standard deviation	硝态氮(ug/kg) Nitrate nitrogen	标准差 Standard deviation	速效氮(mg/kg) Available nitrogen	标准差 Standard deviation
N0	出苗期	31.29 a	2.26	16.23 a	1.54	99.38 a	7.48
	灌浆期	26.28 a	4.78	6.66 a	0.89	135.65 a	5.36
	成熟期	24.61 a	4.27	8.26 a	2.37	144.26 a	3.41
	平均值	27.39 a	3.77	10.39 a	1.60	126.43 a	5.42
N1	出苗期	30.42 a	3.55	15.17 a	5.00	128.62 b	7.24
	灌浆期	26.05 a	2.08	9.03 b	1.08	151.46 b	12.70
	成熟期	24.88 a	6.79	31.15 b	2.37	156.08 b	3.03
	平均值	27.12 a	4.14	18.45 b	2.82	145.39 b	7.67

2.3 秸秆还田配施氮肥对秸秆腐解率的影响

研究表明,玉米作物秸秆的腐解过程包括3个阶段(快速腐解期、缓慢腐解期和停滞期)^[10]。由图2可知,玉米秸秆还田时干物质重量为30 g,经过150 d腐解后,不施氮和施氮两个处理玉米秸秆干物质残留量分别为10.38 g和9.66 g,差异达显著水平。玉米秸秆在还田30 d时,不施氮和施氮2个处

理玉米秸秆腐解率分别为43.14%和46.50%;还田31~150 d的2个处理秸秆腐解率分别为22.25%和21.31%。随玉米生育进程推进,施氮处理的玉米秸秆腐解率均高于不施氮处理,在30、90、150 d时玉米秸秆腐解率差异达显著水平,在60 d和120 d时玉米秸秆腐解率差异不显著。

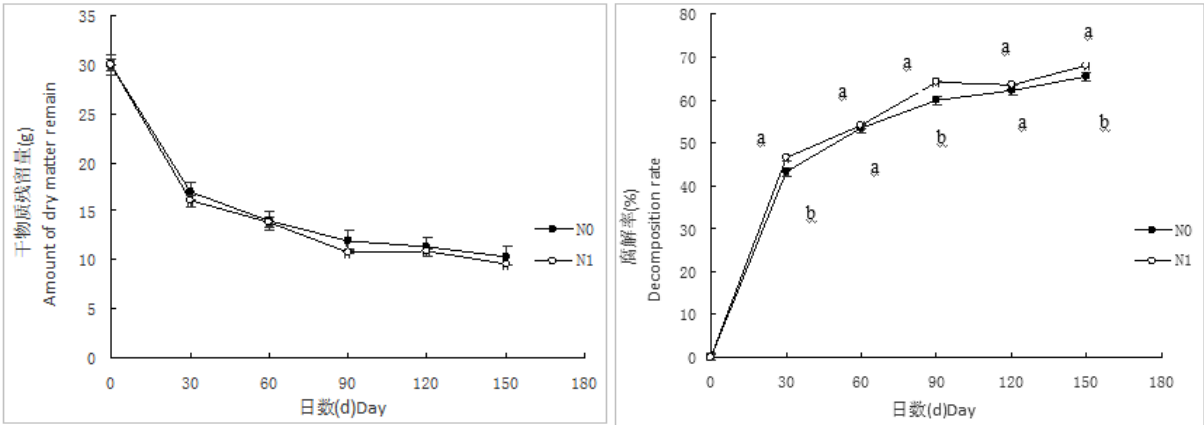


图2 不同氮肥处理玉米秸秆还田干物质残留量及腐解率的变化

Fig.2 Changes of dry matter residues and decomposition rates of returned maize straw treated with different nitrogen fertilizers

3 结 论

土壤酶在土壤养分循环中起着重要作用,其活性可作为衡量土壤微生物活性和土壤肥力的指标^[11-13]。本研究表明,在玉米苗期至收获期,秸秆还田不施氮与施氮处理土壤脲酶平均值分别为13.90 U/mL和14.22 U/mL,施氮处理提高土壤脲酶活性。在苗期,施氮降低土壤脲酶活性。秸秆还田配施氮肥能够增加土壤过氧化氢酶活性,秸秆还田

不施氮与施氮处理灌浆期过氧化氢酶活性分别为51.30 U/mL和59.34 U/mL,差异达显著水平。土壤蔗糖酶,在玉米生育进程的3个重要时期苗期、灌浆期和收获期,施氮处理均高于不施氮处理,且差异达显著水平,与其他研究结果基本相同^[14-16]。

秸秆还田在一定程度上降低耕层土壤硝态氮和铵态氮质量分数,其原因可能是大量秸秆为微生物生命活动提供充足碳源,微生物活动旺盛,消耗较多有效态氮素来合成细胞体^[17]。秸秆与氮肥配施对耕

层土壤硝态氮、铵态氮和全氮质量分数均有影响,在一定程度上提高土壤耕层供氮水平^[14]。本研究表明,秸秆还田不施氮处理和施氮处理,0~20 cm耕层土壤硝态氮和速效氮的质量分数差异达显著水平,施氮处理较不施氮处理硝态氮和速效氮的平均质量分数分别高8.02、18.96 mg/kg。秸秆配施氮肥有利于提高耕层土壤硝态氮质量分数和速效氮的质量分数,有利于作物吸收利用和秸秆腐解。

本研究表明,秸秆在还田30 d后,不施氮和施氮处理秸秆腐解均达到40%以上,且施氮处理秸秆腐解率高于不施氮处理,差异达显著水平。玉米整个生育期,施氮处理玉米秸秆腐解率均高于不施氮处理,150 d后秸秆腐解率差异达显著水平。

参考文献:

- [1] 石祖梁,贾涛,王亚静,等.我国农作物秸秆综合利用现状及焚烧碳排放估算[J].中国农业资源与区划,2017,38(9):32-37.
Shi Z L, Jia T, Wang Y J, et al. Comprehensive utilization status of crop straw and estimation of carbon from burning in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(9): 32-37. (in Chinese)
- [2] 方放,李想,石祖梁,等.黄淮海地区农作物秸秆资源分布及利用结构分析[J].农业工程学报,2015,21(2):228-234.
Fang F, Li X, Shi Z L, et al. Analysis on distribution and use structure of crop straw resources in Huang-Huai-Hai plain of China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 21(2): 228-234. (in Chinese)
- [3] Toenshoff C, Joergensen R G, Stuelpnagel R, et al. Carbon in plant biomass and soils of poplar and willow plantations—implications for SOC distribution in different soil fractions after re-conversion to arable land[J]. Plant and Soil, 2012, 367: 407-417.
- [4] 马宗国,卢绪奎,万丽,等.小麦秸秆还田对水稻生长及土壤肥力的影响[J].作物杂志,2003(5):7-8.
Ma Z G, Lu X K, Wan L, et al. Effect of wheat straw returning to the field on rice growth and soil fertility[J]. Crops, 2003(5): 7-8. (in Chinese)
- [5] 杨滨娟,黄国勤,钱海燕,等.秸秆还田配施化肥对土壤温度、根际微生物及酶活性的影响[J].土壤学报,2014(1):150-157.
Yang B J, Huang G Q, Qian H Y, et al. Effects of straw incorporation plus chemical fertilizer on soil temperature, root micro-organisms and enzyme activities[J]. Acta Pedologica Sinica, 2014(1): 150-157. (in Chinese)
- [6] 王倩倩,尧水红,张斌,等.秸秆配施氮肥还田对水稻土壤酶活性的影响[J].土壤,2017,49(1):19-26.
Wang Q Q, Yao S H, Zhang B, et al. Effects of rice straw returning timing combined with nitrogen fertilization on enzyme activities of paddy soil[J]. Soils, 2017, 49(1): 19-26. (in Chinese)
- [7] 蔡丽君,张敬涛,盖志佳,等.免耕条件下秸秆还田量对土壤酶活性的影响[J].土壤通报,2015,49(5):1127-1132.
Cai L J, Zhang J T, Gai Z J, et al. Effect of the amount of stalk return to field on soil enzyme activities under no-tillage[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2015, 46(5): 1127-1132. (in Chinese)
- [8] 李涛,何春娥,葛晓颖,等.秸秆还田施氮调节碳氮比对土壤不施机氮、酶活性及作物产量的影响[J].中国生态农业学报,2016,24(12):1633-1642.
Li T, He C E, Ge X Y, et al. Responses of soil mineral N contents, enzyme activities and crop yield to different C/N ratio mediated by straw retention and N fertilization[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2016, 24(12): 1633-1642. (in Chinese)
- [9] 陆景陵.植物营养学(下册)[M].北京:中国农业大学出版社,2003.
- [10] 李新举,张志国,李贻学.土壤深度对还田秸秆腐解速度的影响[J].土壤学报,2001,38(1):136-138.
Li X J, Zhang Z G, Li Y X. Effects of soil depth on decay speed of straw[J]. Acta Pedologica Sinica, 2001, 38(1): 136-138. (in Chinese)
- [11] 路怡青,朱安宁,张佳宝,等.免耕和秸秆还田对小麦生长期土壤酶活性的影响[J].生态与农村环境学报,2013,29(3):329-334.
Lu Y Q, Zhu A N, Zhang J B, et al. Effects of no-tillage and straw incorporation on soil enzyme activity during wheat growth[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2013, 29(3): 329-334. (in Chinese)
- [12] Wu F P, Jia Z K, Wang S G, et al. Contrasting effects of wheat straw and its biochar on greenhouse gas emissions and enzyme activities in a Chernozemic soil[J]. Biology and Fertility of Soils, 2012, 49(5): 555-565.
- [13] Song Y Y, Song C C, Mao R, et al. Effect of increased nitrogen availability on soil enzyme performance in wetlands of northeast China[J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2012, 21(12): 3959-3965.
- [14] 高金虎,孙占祥,冯良山,等.秸秆与氮肥配施对辽西旱区土壤酶活性与土壤养分的影响[J].生态环境学报,2012,12(4):677-681.
Gao J H, Sun Z X, Feng L S, et al. Effects of corn straws plus nitrogen fertilizer on the soil nutrients and enzymatic activities in the arid area of Eastern Liaoning province[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 12(4): 677-681. (in Chinese)
- [15] 夏雪,谷洁,车升国,等.施氮水平对壤土微生物群落和酶活性的影响[J].中国农业科学,2011,44(8):1618-1627.
Xia X, Gu J, Che S G, et al. Effects of nitrogen application rates on microbial community and enzyme activities in Lou soil[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(8): 1618-1627. (in Chinese)
- [16] 甄丽莎,谷洁,高华,等.秸秆还田与施肥对土壤酶活性和作物产量的影响[J].西北植物学报,2012,32(9):1811-1818.
Zhen L S, Gu J, Gao H, et al. Effect of straws, manure and chemical fertilizer on soil properties and crop yields[J]. Acta Bot. Boreal. Occident. Sin., 2012, 32(9): 1811-1818. (in Chinese)
- [17] 汪军,王德建,张刚,等.连续全量秸秆还田与氮肥用量对农田土壤养分的影响[J].水土保持学报,2010(5):40-44.
Wang J, Wang D J, Zhang G, et al. Effects of different nitrogen fertilizer rate with continuous full amount of straw incorporated on paddy soil nutrients[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010(5): 40-44. (in Chinese)

(责任编辑:姜媛媛)