

秸秆还田深度对土壤微生物碳氮的影响

匡恩俊¹, 韩锦泽², 迟凤琴¹, 宿庆瑞¹, 张久明¹, 高中超¹, 朱宝国³

(1. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室/黑龙江省肥料工程技术研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 154007; 3. 黑龙江省农业科学院 佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:采用网袋的方法明确秸秆还田到不同深度(0、10、20、30、40 cm)后对土壤微生物碳、氮的影响。结果表明:秸秆经过 120 d 还田腐解,不同深度的微生物量碳、氮均呈现波浪型趋势。表层覆盖的微生物量碳含量最低在 76~250 mg·kg⁻¹,10 cm 处理各层次最高,在 133~422 mg·kg⁻¹,20 cm 处理各层次在 134~328 mg·kg⁻¹,30 cm 处理各层次 101~245 mg·kg⁻¹,40 cm 处理各层次在 71~294 mg·kg⁻¹;各处理微生物量氮含量以表层覆盖和 10 cm 处理最高,在 2~83 mg·kg⁻¹,20 cm 处理和 30 cm 各层次微生物量氮在 11~50 mg·kg⁻¹,40 cm 处理各层次微生物量氮最低在 4~33 mg·kg⁻¹。在秸秆还田到各深度土壤后,比较每一深度秸秆的上层、中层、下层土壤的微生物碳氮含量,均以下层土壤微生物量碳、氮的含量高于中、上层土壤。

关键词:秸秆还田;深度;微生物碳氮

中图分类号:SI54.3 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2016)05-0025-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.05.0025

土壤微生物量碳、氮能反映土壤有效养分状况和生物活性,能在很大程度上反映土壤微生物数量,是评价土壤微生物数量和活性及土壤肥力的重要指标^[1],其含量的高低受耕作栽培技术的影响^[2],同时还受土壤温度、湿度、空气等因素的影响^[3]。秸秆还田后土壤输送大量有机碳源,从而为土壤微生物繁殖提供所需营养,促进微生物区系多样化及相关土壤酶的活性得到改善^[4]。关于秸秆还田对土壤微生物碳氮特性多数集中于土壤耕层的研究^[4-6],以及不同深度秸秆还田对土壤微生物碳氮的动态变化还鲜有研究。该试验研究了在东北地区秸秆还田不同深度条件下对土壤微

生物碳、氮的动态变化的影响,探讨秸秆还田位置对其影响,以期对秸秆深层还田提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

田间试验于 2015 年 6 月在黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所框栽场进行,土壤类型为典型黑土,该地区年平均气温 3.6℃,最低气温为-38.1℃;年平均降雨量为 553.5 mm,降雨期集中在 7-8 月份;年平均日照在 2 500 h,无霜期在 135~140 d,最大冻深 1.97 m。土壤基础肥力见表 1。

表 1 土壤基础肥力

Table 1 The fertility of experiment soil

地点 Location	有机质/ (g·kg ⁻¹) O. M	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	全磷/ (g·kg ⁻¹) Total P	全钾/ (g·kg ⁻¹) Total K	速效氮/ (mg·kg ⁻¹) Avail. N	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Avail. P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Avail. K	pH
框栽场 Plot	31.95	2.40	2.00	21.34	103.1	70.8	167.7	6.62

1.2 材料

将 2014 年收获的玉米秸秆(茎和叶)切成 2 cm 左右的小段,50 g(烘干重),装入 300 目的尼龙网袋(35 cm×25 cm)中,加尿素溶液调节 C/N 为 25:1。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设 5 个处理:①埋深 0 cm:网袋平铺于地表;②埋深 10 cm:将网袋埋

收稿日期:2016-04-05
基金项目:2013 年黑龙江省农业科技创新工程重点资助项目;“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAD05B01);公益性行业(农业)科研专项资助项目(201303126);国家科技支撑计划资助项目(2013BAD07B01-02)
第一作者简介:匡恩俊(1982-),女,黑龙江省海林市人,硕士,助理研究员,从事土壤肥力研究。E-mail: kuangen-jun2002@163.com。
通讯作者:宿庆瑞(1963-),男,黑龙江省哈尔滨市人,研究员,从事土壤肥力研究。E-mail: suqingrui2004@aliyun.com。

于土壤 10 cm 处;③埋深 20 cm:网袋埋于土壤 20 cm 处;④埋深 30 cm:网袋埋于土壤 30 cm 处;⑤埋深 40 cm:网袋埋于土壤 40 cm 处。共 60 袋秸秆。分别在埋完后的 30、60、90、120 d 取样,每次处理取 3 个重复。

每个网袋分层取土,上层土壤:距离网袋上层 3~10 cm 的土壤样品;中层土壤:距离网袋上下各 3 cm 范围内的土壤;下层土壤:距离网袋下层 3~10 cm 的土壤。处理 1 无上层土,中层土只取网袋下 3 cm 范围的土壤。所有土样取回后放在 0~4 ℃冰箱中保存,待测。

1.3.2 测定项目及方法 土壤微生物碳、氮采用氯仿熏蒸浸提、TOC 法测定。将土壤中可见的植物残体(如根、茎和叶)及土壤动物(如蚯蚓等)拣出,过筛 2 mm 并混匀,称取相当于 25.0 g 烘干土的新鲜土壤 3 份,平铺于培养皿中,然后放入真空干燥器内,同时放置 2 只盛有去乙醇氯仿(约 2/3 烧杯)的烧杯,烧杯内放入少量玻璃钢珠,同时放入一小烧杯稀 NaOH 溶液以吸收熏蒸期间释放出来的 CO₂,干燥器底部还应加入少量水以保持湿度。抽真空,真空度控制在 -0.07 MPa 以下,使氯仿剧烈沸腾 3~5 min。关闭真空干燥器阀门,在 25 ℃暗室放置 24 h。熏蒸结束打开干燥器阀门时应听到空气进入的声音,否则为熏蒸不彻底,应重做。取出氯仿和稀 NaOH 溶液的烧杯,清洁干燥器,反复抽真空直到土壤无氯仿味为止。熏蒸同时,另称取等量的土壤 3 份,置于另一干燥器中但不熏蒸,作为对照土壤。

土壤微生物量碳: $MBC = EC/kEC$

式中,EC 为熏蒸与未熏蒸土壤的差值,kEC 为转换系数,取值 0.45;

土壤微生物量氮: $MBN = EN/kEN$

式中,EN 为熏蒸与未熏蒸土壤的差值,kEN 为转换系数,取值 0.45

1.3.3 数据处理及分析 试验数据采用 Excel2007 软件和 SPSS17.0 软件进行统计分析并作图。

2 结果与分析

2.1 不同深度秸秆还田下土壤微生物量碳的动态变化

秸秆还田到不同深度后土壤微生物量碳(MBC)的变化不同,同一深度下秸秆附近的上、中、下层的土壤变化也不同。表层覆盖(0 cm)在整个取样期内,MBC 含量在 76~250 mg·kg⁻¹,中层土壤和下层土壤 MBC 值均呈现随着秸秆还

田时间的增加而升高的趋势。下层土壤微生物量碳的数值要高于中层土壤的值,除了 90 d 时中层土壤的数值略高于下层土壤;还田 120 d 时,下层土壤比中层土壤 MBC 的值高出 44 mg·kg⁻¹。

秸秆还田 10 cm 深度与 0 cm 处有不同的趋势,各层次土壤 MBC 值在 133~422 mg·kg⁻¹,均呈现先增高后降低的趋势,在秸秆还田 30 d 时达到高峰,数值在 250~422 mg·kg⁻¹。其中,下层土壤 MBC 在 30 d 时最高,为 422 mg·kg⁻¹,其次中层和上层土壤,随着时间的延长,各层次的土壤 MBC 值都在 200 mg·kg⁻¹ 左右,差别不大。

秸秆还田 20 cm 处理 MBC 的值与 10 cm 处理较相似,随着还田时间的延长呈现先升高、后降低、再升高的趋势,数值在 134~328 mg·kg⁻¹,在 30 d 时达到高峰。在分解期内,上、中、下 3 层的变化波动加大,下层土壤 MBC 60 d 和 90 d 时达到最低,120 d 时,又升到最高,达到了 313 mg·kg⁻¹;中层土壤 MBC 在 30 d 为分解的高峰值,为 328 mg·kg⁻¹,到 120 d, MBC 的值达到了 260 mg·kg⁻¹;下层土壤变化幅度最大,从 30 d 的 301 mg·kg⁻¹ 降到 90 d 的 134 mg·kg⁻¹,到 120 d 时又上升了 190 mg·kg⁻¹。

秸秆还田 30 cm 处理各层次 MBC 的值变化相对平稳,到随着还田时间的延长,呈现先增加后趋于平稳的趋势,数值在 101~245 mg·kg⁻¹,各层次间 MBC 数值相接近,到取样末期,只有上层土壤 MBC 呈下降趋势,低于中层和下层土壤。与其它处理不同,秸秆还田 30 cm 处理在 60 d 时达到高峰,中层土壤 MBC 为 245 mg·kg⁻¹,下层土壤为 223 mg·kg⁻¹,上层土壤为 186 mg·kg⁻¹。

秸秆还田 40 cm 处理各层次 MBC 的值波动相对较大,随着还田时间的延长呈现先升高、后降低、再升高的趋势,数值在 71~294 mg·kg⁻¹,上、中层在 60 d 时达到高峰。在整个调查期内,中层土壤 MBC 的值都明显高于上层土壤,下层土壤在 30 d 和 120 d 时数值均高于同时期的中层土壤,但是 60 d 和 90 d,下层土壤 MBC 仅在 70 mg·kg⁻¹ 左右,达到了最低点,到 120 d,又上升到最高 274 mg·kg⁻¹。

2.2 不同深度秸秆还田下土壤微生物碳氮的动态变化

作为土壤微生物量另外一个重要组成部分,土壤微生物量氮(SMBN)含量的多少决定于该土壤氮素肥力的高低,能够反映土壤供氮能力的大小。由于土壤微生物量氮含量与土壤微生物活动密切相关,而土壤微生物又受土壤温度、湿度、空

气等因素的影响,随着外界条件(主要是土壤温度、土壤湿度)的变化,各阶段土壤微生物量氮含

量变化差异较大(见图 2)。

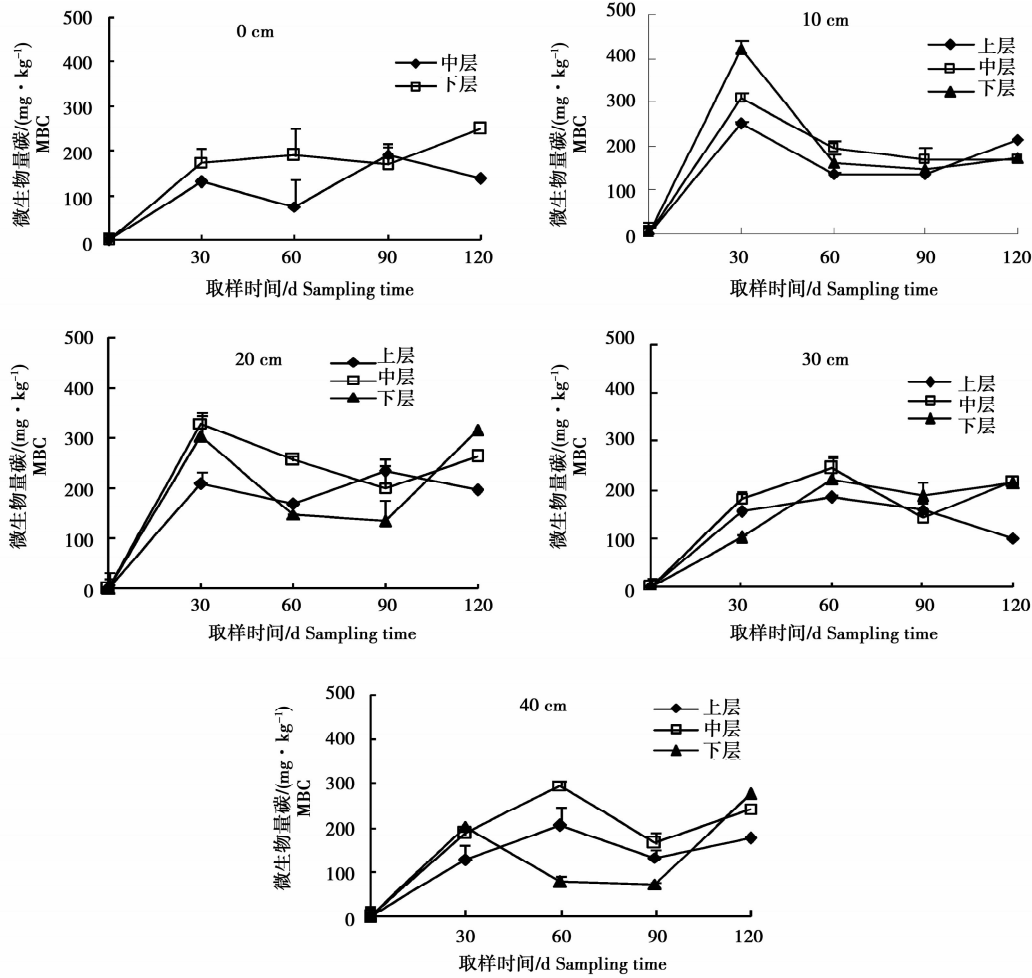


图 1 不同深度秸秆还田下土壤微生物量碳变化

Fig. 1 Change of soil microbial biomass carbon by straw return to different depth of soil

表层覆盖(0 cm)在整个取样期内,MBN 的值在 2~83 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,中层土壤和下层土壤 MBN 值均呈现随着秸秆还田时间的增加先升高后降低、再升高的趋势。在 30 d 时达到最高峰,74~83 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,到 60 d 时达到最低 12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以下,之后的缓慢上升,下层土壤微生物量氮的数值要高于中层土壤的,但到了 120 d 时,中层土壤比下层土壤 MBN 的值高出 24 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

秸秆还田 10 cm 深度与 0 cm 处理有相同的趋势,各层次土壤 MBN 值均呈现先增高后降低、最后趋于平稳的状态,数值在 3~79 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。在秸秆还田 30 d 时达到高峰,数值在 43~79 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。60 d 前上层土壤 MBN 要高于下层,而到还田 120 d 时,下层土壤比上层土壤高 18 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,中层土壤的 MBN 和下层土壤有相似的趋势。

秸秆还田 20 cm 深度各层次土壤 MBN 值随

着还田时间的延长波动较大,其数值在 10~50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。下层土壤 MBN 呈现随着还田时间的延长一直上升的趋势,而中层和上层土壤则呈现波浪型,且都在 30 d 时达到高峰。在秸秆还田 30 d 时中层土壤 MBN 达到高峰,数值在 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,而到还田 120 d 时,下层土壤 MBN 达到最高值,为 33 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

秸秆还田 30 cm 深度上、下层土壤 MBN 值随着还田时间的增加呈缓慢增加、后趋于平稳的趋势,在 14~50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。3 个土层 MBN 的值差别不大,还田 60 d 后,下层土壤 MBN 数值高于中层和上层土壤,还田 120 d 时,下层土壤达到最高值 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

秸秆还田 40 cm 深度上、下层土壤 MBN 值随着还田时间的增加呈先增加、后降低又升高的趋势,而中层土壤呈现逐渐增高的趋势。3 个土

层 MBN 的值在 $4\sim33\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 还田 30 d 后, 上层土壤 MBN 数值达到高峰, 高于中层和下层土

壤, 还田 120 d 时, 上层土壤达到 $26\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 中层为 $23\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 下层土壤为 $17\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

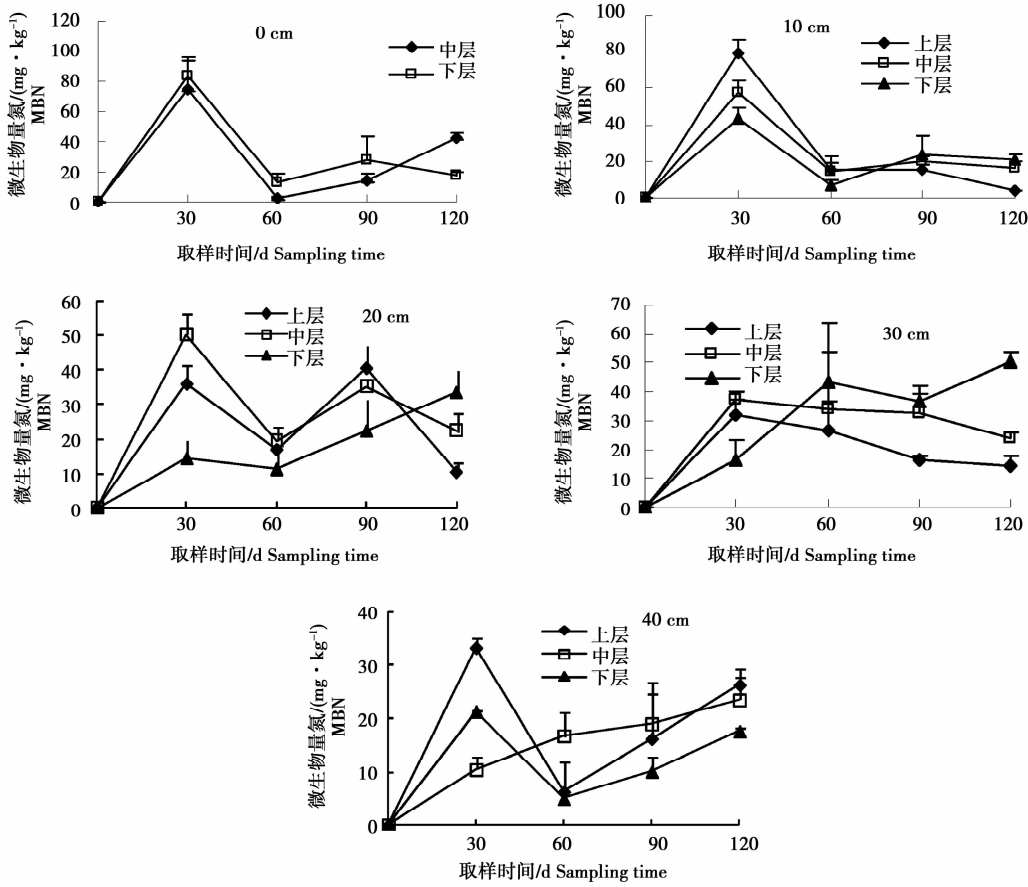


图 2 不同深度秸秆还田下土壤微生物量氮变化

Fig. 2 Change of soil microbial biomass nitrogen by straw return to different depth of soil

3 讨论与结论

3.1 讨论

虽然土壤微生物量碳、氮分别只占土壤总碳和全氮的 $1\%\sim4\%$ ^[7] 和 $2\%\sim6\%$ ^[8], 但它却是活的土壤有机质部分, 并随着外界条件(主要是土壤温度、湿度)的变化, 各阶段土壤微生物量碳含量变化差异较大^[3]。作物残体还田能为土壤提供大量的可溶性有机碳、氮, 从而为土壤微生物提高活性提供了丰富的碳、氮源, 促进微生物活性的不断加强。

在整个秸秆还田到不同深度的过程中, 同一土层的土壤微生物量碳氮均呈现波浪式变化趋势, 大部分在分解 30 d 时到分解高峰, 这与玉米秸秆生物量的分解高峰一致^[9], 秸秆分解的迅速期也正是微生物频繁活动区, 秸秆进入土壤之后与土壤中微生物发生竞争作用, 因而出现此消彼长的现象。蔡立群^[4]在小麦秸秆不同处理上土壤

微生物量碳含量变化趋势表现为先增后减。矫丽娜^[10]认为, $0\sim15\text{ cm}$ 土壤干湿交替频繁且通气性好, 好气性微生物作用使秸秆转化分解矿化过程为主释放养分, $15\sim30\text{ cm}$ 土层土壤通气性差, 微生物活动减慢。在本试验中, 不同秸秆还田深度下均为下层土壤的微生物量碳、氮高于中层和上层土壤, 覆盖在表层的秸秆由于土壤水分条件较差, 暴漏在空气中不能与土壤很好地接触, 造成表层覆盖中层和下层土壤的微生物量碳低于其它秸秆深层还田。

由于秸秆还田后, 秸秆的分解也消耗一部分氮源, 本试验为了削弱这部分的影响在试验初期添加了氮素, 土壤微生物量氮(SMBN)含量的多少决定于该土壤氮素肥力的高低, 较土壤氮素相比, 更加灵敏地反映了土壤微域中氮素含量的供给。而土壤微生物量氮含量则出现了 2 个增减交替的变化。本试验各时期微生物碳氮变化的不规

律性与之一致。在本研究中,微生物量氮的含量在土壤 10 cm 以上时含量较高,说明了这一层次适宜微生物的繁殖,在整个调查时期表现为前期增加后期降低呈波浪型变化^[11],主要是因为前期还田为微生物活动提供能源和养分,同时会刺激土壤中微生物活性,使微生物数量迅速增加、代谢活性迅速增强,微生物氮含量较高;随后秸秆分解了一部分碳,使得土壤中的碳源增加,相应的氮源减少,抑制了微生物的繁殖,微生物量氮逐渐减少。贾伟^[12]等认为,20~40 cm 土层土壤微生物量碳、氮较 0~20 cm 土层降低,其原因是表层土壤能较好地与外界进行物质与能量交换,进入土壤的有机物质最先聚集于表层,进而说明了适宜微生物碳繁殖的秸秆还田深度在 0~20 cm,底层土不能与外界进行能量交换,同时也限制了微生物的繁殖。在秸秆还田的过程中,添补氮素是促进秸秆腐解、均衡养分的一种有效措施。在本试验中,当秸秆还田后,不论把秸秆还田于土壤的任何位置,均是土壤下层的微生物量碳、氮较高,这可能是由于受到降雨的影响。

3.2 结论

秸秆还田作为保护性耕作技术之一,对农业生产意义重大。秸秆还田后到不同深度微生物碳氮的变化机制和秸秆腐解的作用机理是未来研究的重点。由于土壤微生物受到土壤温度、水分的影响很大,下一步应结合土壤的环境条件分析不同深度秸秆还田对土壤微生物的影响。另外,考虑到本研究仅从模拟试验角度出发,还田秸秆的腐解会不同程度受地上作物根及其分泌物的影响,以及土壤微生物的变化也会存在差异。因此,在此基础上继续展开大田试验对土壤微生物的影

响研究,对不同深度秸秆还田的实践指导意义深远。

参考文献:

- [1] Nsabimana D, Haynes R J, Wallis F M. Size activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use[J]. *Applied Soil Ecology*, 2004, 26(2): 81-92.
- [2] 李世清, 凌莉, 李生秀. 影响土壤中微生物体氮的因子[J]. *土壤与环境*, 2000, 9(2): 158-162.
- [3] 刘佳斌, 李传宝, 王宏燕. 秸秆还田不同处理方式对黑土微生物数量和土壤酶活性的影响[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(9): 5285-5287.
- [4] 蔡立群, 牛怡, 罗珠珠, 等. 秸秆促腐还田土壤养分及微生物量的动态变化[J]. *中国生态农业学报*, 2014, 22(9): 1047-1056.
- [5] 张电学, 韩志卿, 刘微, 等. 不同促腐条件下秸秆直接还田对土壤酶活性动态变化的影响[J]. *土壤通报*, 2006, 37(3): 475-478.
- [6] 矫丽娜, 李志洪, 殷程程, 等. 高量秸秆不同深度还田对黑土有机质组成和酶活性的影响[J]. *土壤学报*, 2015(3): 665-672.
- [7] 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.
- [8] Brookes P C, Landman A, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil[J]. *Soil Biol Biochem*, 1985, 17: 837-842.
- [9] 匡恩俊, 迟凤琴, 宿庆瑞, 等. 不同还田方式下玉米秸秆腐解规律的研究[J]. *玉米科学*, 2012, 20(2): 99-101.
- [10] 矫丽娜, 李志洪, 殷程程, 等. 秸秆还田深度对黑土腐殖质和酶活性的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2015(2): 17-21.
- [11] Wirrer E, Martnsson A M, Garica F V. Size of the soil microbial biomass in a long-term experiment as affected by different N-fertilizers and organic manures Soil[J]. *Biol Biochem*, 1993, 25: 659-669.
- [12] 贾伟, 周怀平, 解文艳, 等. 长期秸秆还田秋施肥对褐土微生物碳、氮量和酶活性的影响[J]. *华北农学报*, 2008, 23(2): 138-142.

Effect of Straw Returned to the Different Depths on Soil Microbial Biomass Carbon and Nitrogen

KUANG En-jun¹, HAN Jin-ze², CHI Feng-qin¹, SU Qing-rui¹, ZHANG Jiu-ming¹, GAO Zhong-chao¹, ZHU Bao-guo³

(1. Institute of Soil Fertilizer and Environment Resource, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, The Key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province, Heilongjiang Fertilizer Engineering Research Centre, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. School of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 154007; 3. Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi, Heilongjiang 154007)