

冻融交替对农田棕壤氮素转化过程的调控效应^①

隗英华¹, 刘 艳¹, 田路路², 孙文涛^{1*}

(1 辽宁省农业科学院植物营养与环境资源研究所, 沈阳 110161; 2 沈阳农业大学土地与环境学院, 沈阳 110866)

摘 要: 通过室内培养模拟试验, 研究了农田棕壤可溶性氮(可溶性无机氮, DIN; 可溶性有机氮, DON; 可溶性全氮, DTN)含量、微生物生物量氮(MBN)含量和净氮矿化速率(NNMR)对不同冻融温度和冻融频数的响应。结果表明: 冻结温度和冻融频数是影响农田棕壤氮素转化过程的主要因子。随着冻结温度降低, 土壤 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N、DIN、DON、DTN 和 NNMR 均显著增加, 而 MBN 先降低后增加。随着冻融频数增加, 土壤 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N、DIN 和 DTN 均显著增加, 这与 NNMR 的变化趋势正好相反; MBN 则呈现降低—增加—降低的变化趋势, 这与 DON 的变化正好相反。可见, 冻融交替显著促进非生长季农田棕壤的氮素转化, 增加土壤无机氮含量, 提高土壤供氮能力。

关键词: 冻融交替; 土壤可溶性氮; 微生物生物量氮; 净氮矿化速率

中图分类号: S153.6

冻融交替是我国东北地区非生长季常见的温度变化现象^[1], 其通过改变土壤水热状况而直接影响土壤的物理性状和微生物活性^[2], 进而改变土壤氮素的生物地球化学过程和转化速率, 影响土壤氮素的保持与供应^[3]。目前, 国内外关于冻融交替对土壤理化性质^[4]、微生物活性^[5]及温室气体排放影响^[6]的研究较多, 而对土壤净氮矿化速率和可溶性氮含量影响的研究结果有较多争议。Herrmann 和 Witter^[7]研究认为, 冻融造成农田土壤净氮矿化速率增加 2~3 倍。然而, Groffman 等^[8]研究发现, 冻融作用对土壤净氮矿化速率没有影响或者使之降低。Henschel 等^[9]对森林土壤的研究表明, 冻融交替增加了土壤 NH_4^+ -N 含量, 而土壤可溶氮含量未显著增加。Elliott 等^[10]发现, 冻融交替显著增加了土壤可溶性氮含量。关于冻融作用对土壤净氮矿化速率和可溶性氮含量影响研究的争议, 其原因可能是冻融期间土壤氮素转化受冻融温差、土壤水分含量、土壤物理特性等多因素影响^[11], 对于特定区域而言冻融温差是影响土壤氮素转化的主要因子, 其主要影响微生物数量^[12], 改变微生物群落结构^[13]。

关于冻融作用对土壤素氮转化过程的影响, 以往多集中在高山森林土壤^[14]、湿地土壤^[15]、极地苔原、

高寒草地^[16]等生态系统, 对耕地土壤的研究较少。棕壤是我国东北地区的主要土壤类型之一, 以辽宁省为例, 棕壤面积占全省土壤总面积的 36.3%, 是辽宁省的主要耕地土壤^[17]。辽宁省位于全球变化研究中国东北样带内, 是气候变化、土壤冻融交替显著和氮素循环研究的重要区域, 冬季冻融作用时间的长短和冻融循环次数直接影响土壤氮素养分的供应^[18], 目前关于冻融交替对农田棕壤氮素转化过程影响的研究鲜有报道。为此, 通过室内培养模拟试验研究冻融交替对农田棕壤可溶性氮含量、微生物生物量氮含量和净氮矿化速率的影响, 拟为深入了解气候变化对农田棕壤氮素循环的影响机制提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本文选择沈阳农业大学长期肥料试验站(41°82'N, 123°57'E)的旱田棕壤为研究对象, 采用多点混合法采集 0~15 cm 表层土壤, 将新鲜样品装入塑料袋后迅速带回实验室, 挑取肉眼可见的细根和石块等杂物后分成两份, 一份过 2 mm 筛后 4℃ 保存备用, 另一份风干后, 测定基础化学性质^[19]为: pH 5.91、

基金项目: 辽宁省农业领域青年科技创新人才培养计划项目(2014018)、国家自然科学基金项目(41301253)和辽宁省博士启动基金项目(20121145)资助。

* 通讯作者(wentaosw@163.com)

作者简介: 隗英华(1979—), 男, 山东莒南人, 博士, 副研究员, 研究方向为作物营养与土壤氮素转化的生物化学调控。E-mail: juanyong_001@sohu.com

有机质 23.5 g/kg、全氮 1.13 g/kg、全磷 0.86 g/kg、全钾 24.09 g/kg、碱解氮 101.30 mg/kg、有效磷 12.92 mg/kg、速效钾 148.47 mg/kg。

1.2 试验设计

取定量过筛后土壤,调节含水量至 15%,放入 10℃ (模拟辽宁省 4 月份平均气温) 的恒温培养箱中恒温预培养 10 天,使其恢复生物学活性。预培养期间每天透气并补充损失的水分。

1.2.1 冻融温度模拟试验 称取相当于 100 g 风干土的预培养土壤于 100 ml 培养瓶中平铺于瓶底,用带孔的保鲜膜封口,分别在 -15℃ 和 -4℃ 下冻结 6 天,然后分别在 2℃ 和 5℃ 下融化 1 天。每个处理设 3 次重复,并设未冻融预培养土壤作为对照。培养期间每天补充水分并保持水分含量不变。

1.2.2 冻融频数模拟试验 称取相当于 100 g 风干土的预培养土壤于 100 ml 培养瓶中平铺于瓶底,用带孔的保鲜膜封口,冻融频数设定为:1、5、10。其中,在 -2℃ 冻结 6 天,在 2℃ 融化 1 天设定为 1 个冻融频数。每个处理设 3 次重复,并设未冻融预培养土壤作为对照。培养期间每天补充水分并保持水分含量不变。

1.3 测定方法^[19]

可溶性全氮 (Dissolved total nitrogen, DTN) 采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定;可溶性无机氮 (Dissolved inorganic nitrogen, DIN; 铵态氮+硝态氮) 采用 2 mol/L KCl 溶液浸提,连续流动分析仪 (AA3, 德国布朗卢比公司) 测定;微生物生物量氮 (Microbial biomass nitrogen, MBN) 采用氯仿熏蒸-K₂SO₄ 浸提法测定。

可溶性有机氮 (Dissolved organic nitrogen, DON) = DTN - DIN; 净氮矿化速率 (Net nitrogen mineralization rate, NNMR) = (培养后 DIN - 培养前 DIN) / 培养天数。

1.4 数据处理

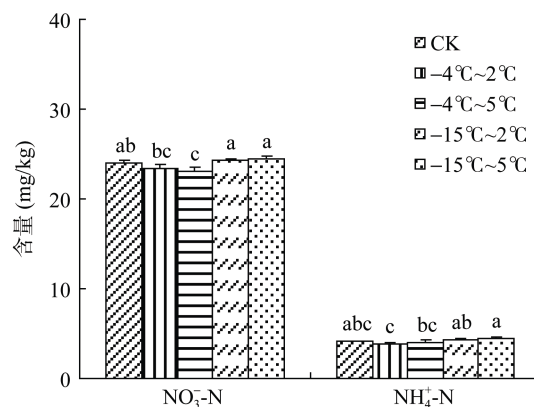
所有数据采用 Excel 2000 和 SPSS 11.5 进行统计分析;试验数值采用 Duncan's 法进行多重比较;数值采用平均值±标准差的形式表示。

2 结果与分析

2.1 冻融交替对土壤可溶性无机氮含量的影响

农田棕壤 DIN 以 NO₃-N 为主,冻融温度和冻融频数对农田棕壤 DIN 组分含量均有显著影响 ($P < 0.05$) (图 1、图 2)。与对照相比, -15℃ 冻结增加了土壤 NO₃-N 和 NH₄⁺-N 含量,这与 -4℃ 冻结的变化趋势正好相反。随着冻结温度降低,土壤 NO₃-N 和 NH₄⁺-N

含量均显著增加,且 NH₄⁺-N 的增加幅度 (平均为 12.10%) 明显高于 NO₃-N (平均为 4.86%)。随着融化温度升高,土壤 NO₃-N 和 NH₄⁺-N 含量均无明显变化 (图 1)。随着冻融频数增多,土壤 NO₃-N 和 NH₄⁺-N 含量均显著增加,以频数 10 的含量最高,分别为 31.40 mg/kg 和 4.08 mg/kg,较对照处理分别增加了 30.46% 和 40.68% (图 2)。冻融温差对土壤 DIN 组分含量有显著影响,较大的冻融温差造成了土壤 DIN 组分含量增加 (图 1、图 2)。



(图中小写字母不同表示冻融处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 冻融温度对土壤可溶性无机氮含量的影响

Fig. 1 Effect of freezing-thawing temperature on soil DIN content

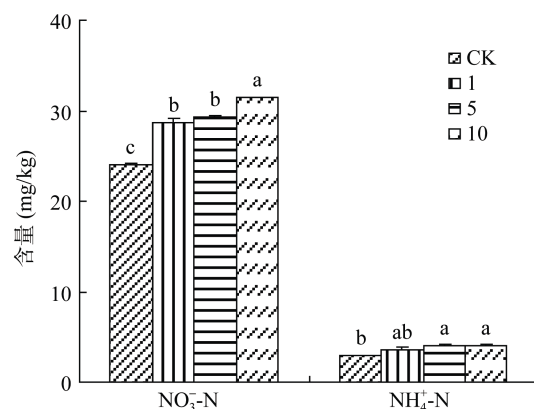


图 2 冻融频数对土壤可溶性无机氮含量的影响

Fig. 2 Effect of freezing-thawing frequency on soil DIN content

冻融过程对土壤 NNMR 的影响如图 3 所示。从图中看出,冻融温度和冻融频数对农田棕壤 NNMR 影响显著 ($P < 0.05$)。随着冻结温度降低,土壤 NNMR 显著增加。与 -4℃ 冻结 (-0.13 mg/(kg·d)) 相比, -15℃ 冻结 NNMR 增加到 0.09 mg/(kg·d)。随着融化温度升高,土壤 NNMR 无显著变化。随着冻融频数增多,土壤 NNMR 逐渐下降,由频数 1 的 0.76 mg/(kg·d) 下降为频数 10 的 0.08 mg/(kg·d)。

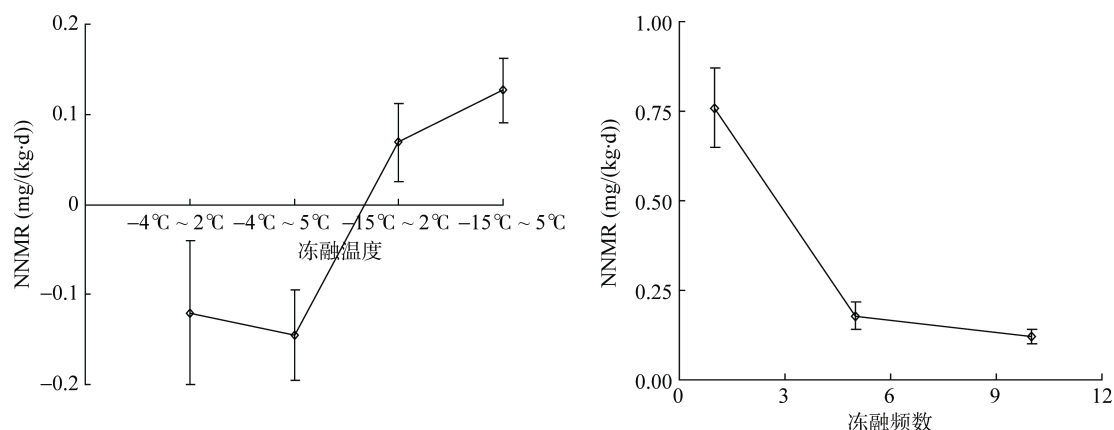


图3 冻融循环对土壤净氮矿化速率的影响
Fig. 3 Effect of freezing-thawing cycle on soil NNMR

2.2 冻融交替对土壤可溶性氮含量的影响

农田棕壤可溶性氮各组分含量受冻融交替影响显著 ($P < 0.05$) (图4、图5)。与对照相比, -15°C 冻结显著增加了土壤 DIN、DON 和 DTN 含量, -4°C 冻结除 5°C 融化时 DON 含量显著增加外, 其余指标均呈降低趋势。随着冻结温度降低, 土壤 DIN、DON 和 DTN 含量均显著增加, 且增加幅度大小为 $\text{DON} > \text{DTN} > \text{DIN}$, 说明冻融交替对土壤 DON 的影

响程度较大。随着融化温度升高, 除 -4°C 冻结时土壤 DON 和 DTN 含量显著增加外, 其他可溶性氮组分含量均无明显变化(图4)。随着冻融频数增多, 土壤 DIN 和 DTN 含量均显著增加, 而 DON 含量先增加后降低, 以冻融频数 5 的最大(图5)。冻融温差对土壤可溶性氮组分含量有显著影响, 较大的冻融温差造成了土壤可溶性氮组分含量增加(图4、图5)。

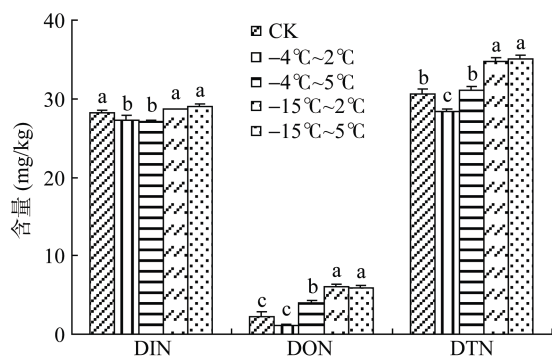


图4 冻融温度对土壤可溶性氮含量的影响
Fig. 4 Effect of freezing-thawing temperature on soil dissolved N content

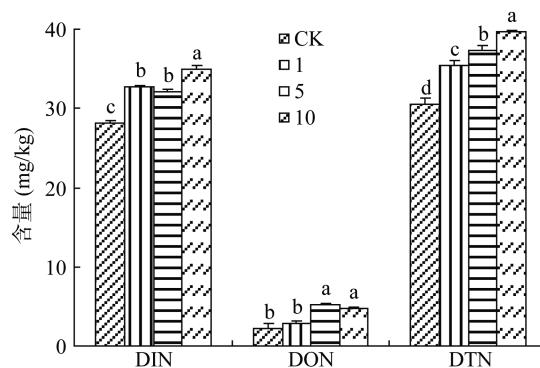


图5 冻融频数对土壤可溶性氮含量的影响
Fig. 5 Effect of freezing-thawing frequency on soil dissolved N content

2.3 冻融交替对土壤微生物生物量氮含量的影响

冻融交替对土壤 MBN 含量有显著影响 ($P < 0.05$) (图6、图7)。随着冻结温度降低, 土壤 MBN 含量先降低后增加。随着融化温度升高, 土壤 MBN 含量显著增加。冻融循环 1 次后土壤 MBN 含量与对照相比下降了 22.67%, 之后随着冻融频数增加土壤 MBN 含量先增加后降低。方差分析表明, 冻融温差对土壤 MBN 含量有显著影响, 较大的冻融温差造成了土壤 MBN 含量下降(图7)。

3 讨论

3.1 冻融交替对土壤可溶性氮含量的影响

冻融交替通过改变土壤水分状况和分布, 直接影

响土壤理化性质与微生物活动, 导致土壤养分含量的变化^[20]。在本研究中, 冻结温度和冻融频数对土壤 DIN 含量均有显著影响, 冻融有利于土壤 DIN 含量的增加(图1、图2)。经过 10 次冻融后, 土壤 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 和 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 含量分别增加了 0.31 倍和 0.41 倍, 说明冻融期间土壤中氮的矿化过程仍在进行。这是由于冻融过程杀死一部分微生物, 造成其细胞破裂, 直接释放出部分无机氮到土壤中^[21]; 而且有些微生物能够在低温下生存, 当土壤融化时, 死亡微生物为残留的微生物提供了足够的养分, 刺激了微生物活性, 促进冻融过程中土壤矿化氮的增加, 有利于土壤有机氮的矿化^[22]。而土壤胶体中的固定铵的释放也是一个重要原因, Freppaz 等^[23]认为, 冻融能够促进土壤有机和

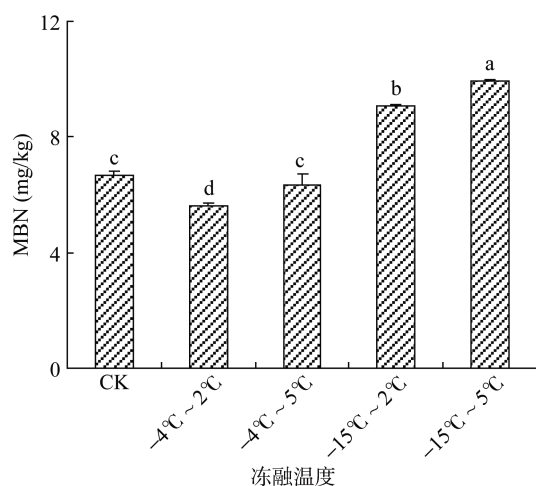


图 6 冻融温度对土壤微生物生物量氮含量的影响

Fig. 6 Effect of freezing-thawing temperature on soil MBN content

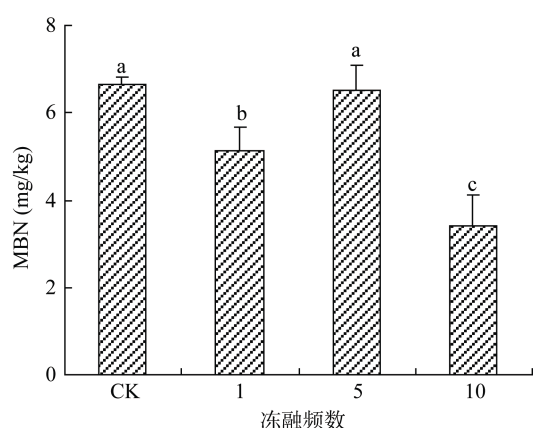


图 7 冻融频数对土壤微生物生物量氮含量的影响

Fig. 7 Effect of freezing-thawing frequency on soil MBN content

无机胶体中以前不可利用的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的释放。冻融温差是影响土壤氮循环的主要因素,较大的冻融温差造成土壤微生物细胞裂解,导致土壤无机氮含量升高,加大了氮素流失风险,如 Groffman 等^[8]研究表明,冻融造成土壤中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的流失增多。

Schimel 和 Clein^[24]研究表明,冻融过程如同干湿交替或氯仿熏蒸等一样对微生物有灭杀作用,造成微生物死亡。死亡的微生物在分解过程中释放出一些小分子糖和氨基酸等,增加了土壤可溶性有机氮的含量^[25]。本研究中,冻融过程显著影响土壤 DON 含量,随着冻结温度降低,土壤 DON 含量增加。随着冻融频数增加,土壤 DON 含量先增加后降低,以 5 次冻融频数的最大,说明低温冻结和短期冻融能够促进土壤 DON 的释放,这与 Grogan 等^[26]的研究结果相一致。这主要是因为,一方面,土壤微生物逐渐适应了这种温度变化,使得多次冻融过程中微生物死亡的绝对量减少,减少了来自死亡微生物的可溶性有机氮含

量;另一方面,随着冻融频数增多,从土壤团聚体中释放出的可溶性有机氮也逐渐降低。而由于矿化作用,土壤中原有的可溶性有机氮却不断地被微生物利用分解,导致土壤矿化氮含量增加,因此,土壤 DON 含量在多次冻融后呈下降趋势^[25, 27-28]。

3.2 冻融交替对土壤净氮矿化速率的影响

本试验条件下,冻融交替显著影响了土壤 NNMR。在 -15°C 冻结时农田棕壤 NNMR 显著高于 -4°C 冻结,这可能是由于更低的温度造成更多的土壤物理结构破坏和微生物死亡而释放更多的养分^[12],激发了幸存微生物的活动。农田棕壤 NNMR 随着冻融交替改变幅度较小,这可能是因为农田土壤 pH 较高,导致微生物群落结构与数量受冻融的影响较小^[29]。随着冻融频数增加,土壤 NNMR 降低幅度有所减小。这可能是由于室内培养试验排除了植物的吸收和降雨的淋溶,造成土壤中氮素矿化量积累,累积的养分能够抑制有机氮的进一步矿化,使得土壤矿化氮量增加缓慢或降低^[30]。然而, Hentschel 等^[31]在森林流域野外试验研究表明,土壤 NNMR 受冻融交替影响不显著。可见,冻融过程对土壤 NNMR 的影响结果受供试对象和试验方法的影响。

3.3 冻融交替对土壤微生物生物量氮含量的影响

土壤 MBN 含量对冻融交替的响应行为受土壤质地、冻融强度、持续时间、交替频数、植被覆盖和土壤水分含量等多因素的综合影响^[22],因而在不同地区可能存在较大差异,已有的研究也证实了这一说法。Schimel 和 Clein^[24]研究表明,冻融交替能够降低土壤微生物数量,造成微生物死亡。Walker 等^[32]研究指出,在最初几个冻融循环中土壤微生物量氮含量显著下降,随后有所升高。魏丽红^[33]则发现冻融交替对黑土 MBN 没有显著影响。

本研究表明,冻融频数显著影响土壤 MBN 含量 ($P < 0.05$),这与范志平等^[34]的研究结果相似,与不同的是,本研究在经过 1 次冻融循环后,MBN 含量降低,之后随着冻融频数增加有所升高。这是因为,冻融温度的剧烈变化导致一部分微生物的细胞膜破裂,微生物死亡,释放出大量的活性营养物质;之后更低的冻结温度或连续冻融循环使得微生物产生了较快的适应性,同时死亡微生物为残留微生物提供了足够的基质,刺激了微生物活性,进一步固持利用土壤中的活性营养物质^[12]。统计分析表明,冻融温度对 MBN 也存在显著影响 ($P < 0.05$),说明土壤采集地——东北地区中纬度的农田棕壤微生物能适应低至 -15°C 的冬季温度。可见,本试验条件下,造成 MBN 变化

的主要原因是冻融循环次数和冻结温度。为了进一步探知冻融过程对土壤微生物变化的影响,需要进行长期冻融试验来验证。

4 结论

冻融交替对农田棕壤氮素转化过程有显著影响,随着冻融温度和冻融频数的变化,土壤 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N、DON、DTN、MBN 和 NNMR 产生显著改变;其中,冻结温度和冻融频数是影响土壤氮素转化的主要因素。冻融循环有利于土壤氮的矿化,增加土壤中无机氮含量,满足了生长季初期作物快速生长对土壤无机氮的需求,对农田生态系统氮素肥力的保持与供应具有重要意义。

参考文献:

- [1] Henry H. Soil freeze-thaw cycle experiments: Trends, methodological weaknesses and suggested improvements[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39: 977-986
- [2] 蔡延江, 王小丹, 丁维新, 鄢燕, 鲁旭阳, 杜子银. 冻融对土壤氮素转化和 N_2O 排放的影响研究进展[J]. *土壤学报*, 2013, 50(5): 1 032-1 042
- [3] 汤洁, 娄云, 李娜, 李昭阳, 张豪, 梁爽. 冻融作用下盐碱水田土壤含水率和氮素对有机碳影响研究[J]. *生态环境学报*, 2012, 21(4): 620-623
- [4] 王洋, 刘景双, 王国平, 周旺明. 冻融作用与土壤理化效应的关系研究[J]. *地理与地理信息科学*, 2007, 23(2): 91-96
- [5] 王娇月, 宋长春, 王宪伟, 王丽丽. 冻融作用对土壤有机碳库及微生物的影响研究进展[J]. *冰川冻土*, 2011, 33(2): 442-452
- [6] 王连峰, 蔡延江, 解宏图. 冻融作用下土壤物理和微生物性状变化与氧化亚氮排放的关系[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(10): 2 361-2 366
- [7] Herrmann A, Witter E. Sources of C and N contributing to the flush in mineralization upon freeze-thaw cycles in soils[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2002, 34: 1 495-1 505
- [8] Groffman PM, Driscoll CT, Fahey TJ, Hardy JP, Fitzhugh RD, Tieney GL. Effects of mild winter freezing on soil nitrogen and carbon dynamics in a northern hardwood forest[J]. *Biogeochemistry*, 2001, 56: 191-213
- [9] Hentschel K, Borken W, Zuber T. Effects of soil frost on nitrogen net mineralization, soil solution chemistry and seepage losses in a temperate forest soil[J]. *Global Change Biology*, 2009, 15: 825-836
- [10] Elliott AC, Hugh AL, Henry H. Freeze-thaw cycle amplitude and freezing rate effects on extractable nitrogen in a temperate old field soil[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2009, 45: 469-476
- [11] 郑秀清, 樊贵盛, 邢述彦. 水分在季节性非饱和冻融土壤中的运动[M]. 北京: 地质出版社, 2002: 1-303
- [12] Haei M, Rousk J, Iistedt U, Oquist M, Baath E, Laudon H. Effects of soil frost on growth, composition and respiration of the soil microbial decomposer community[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2011, 43: 2 069-2 077
- [13] Feng XJ, Nielsen LL, Simpson MJ. Responses of soil organic matter and microorganisms to freeze-thaw cycles[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(8): 2 027-2 037
- [14] 刘金玲, 吴福忠, 杨万勤, 石培礼, 王奥, 杨玉莲, 武志超. 季节性冻融期间川西亚高山/高山森林土壤净氮矿化特征[J]. *应用生态学报*, 2012, 23(3): 610-616
- [15] 周旺明, 秦胜金, 刘景双, 代力民. 沼泽湿地土壤氮矿化对温度变化及冻融的响应[J]. *农业环境科学学报*, 2011, 30(4): 806-811
- [16] 徐俊俊, 吴彦, 张新全, 吴宁, 石福孙, 刘琳. 冻融交替对高寒草甸土壤微生物量氮和有机氮组分的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2011, 17(1): 57-62
- [17] 依妍. 辽宁省耕地棕壤酸度特征的初步研究[J]. *农业科技与装备*, 2011(6): 21-23
- [18] 魏燕华, 赵鑫, 翟云龙, 张二朋, 陈阜, 张海林. 耕作方式对华北农田土壤固碳效应的影响[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(17): 87-95
- [19] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [20] Judd KE, Likens GE, Buso DC, Bailey AS. Minimal response in watershed nitrate export to severe soil frost raises questions about nutrient dynamics in the Hubbard Brook experimental forest[J]. *Biogeochemistry*, 2011, 106: 443-459
- [21] Deluca TH, Keeney DR, McCarty GW. Effect of freeze thaw events on mineralization of soil nitrogen[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1992, 14: 116-120
- [22] Zhou WM, Chen H, Zhou L, Lewis BJ, Ye YJ, Tian J, Li GW, Dai LM. Effect of freezing-thawing on nitrogen mineralization in vegetation soils of four landscape zones of Changbai Mountain[J]. *Annals of Forest Science*, 2011, 68: 943-951
- [23] Freppaz M, Williams BL, Edwards AC, Scalenghe R, Zanini E. Simulating soil freeze/thaw cycles typical of winter alpine conditions: Implications for N and P availability[J]. *Applied Soil Ecology*, 2007, 35: 247-255
- [24] Schimel JP, Clein JS. Microbial response to freezing and thawing cycles in tundra and taiga soils[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1996, 28(8): 1 061-1 066
- [25] Wang L, Bettany R. Influence of freeze-thaw and flooding on the loss of soluble organic carbon and carbon dioxide from soil[J]. *Journal of Environmental Quality*, 1993, 22(4): 709-714
- [26] Grogan P, Michelsen A, Ambus P, Jonasson S. Freeze-thaw regime effects on carbon and nitrogen dynamics in subarctic heath tundra mesocosms[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, 36(4): 641-654
- [27] 朴河春, 刘广深, 洪业汤. 干湿交替和冻融作用对土壤肥力和生态环境的影响[J]. *生态学杂志*, 1995, 14(6): 469-476

- [28] 郝瑞军, 李忠佩, 车玉萍. 冻融交替对水稻土水溶性有机碳含量及有机碳矿化的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1 052–1 057
- [29] Koponen HT, Jaakkola T, Keinänen-Toivola MM, Kaipainen S, Tuomainen J, Servomaa K, Martikainen PJ. Microbial communities, biomass, and activities in soils as affected by freeze thaw cycles[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2006, 38: 1 861–1 871
- [30] Amador JA, Gorres JH, Savin MC. Role of soil water content in the carbon and nitrogen dynamics of *Lumbricus terrestris* L. burrow soil[J]. Applied Soil Ecology, 2005, 28(1): 15–22
- [31] Hentschel K, Borken W, Matzner E. Repeated freeze thaw events affect leaching losses of nitrogen and dissolved organic matter in a forest soil[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2008, 171: 699–706
- [32] Walker VK, Palmer GR, Voordouw G. Freezing and thawing tolerance and clues to the winter survival of a soil community[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2006, 72(13): 1 784–1 792
- [33] 魏丽红. 冻融作用对土壤理化及生物学性质的影响综述[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(11): 5 054–5 057
- [34] 范志平, 李胜男, 李法云, 高洪翠, 闫加亮. 冻融交替对河岸带土壤无机氮和土壤微生物量氮的影响[J]. 气象与环境学报, 2013, 29(4): 106–111

Regulation Effects of Freezing-Thawing Cycle on Farmland Brown Soil Nitrogen Transformation Process

JUAN Ying-hua¹, LIU Yan¹, TIAN Lu-lu², SUN Wen-tao^{1*}

(1 Institute of Plant Nutrition and Environmental Resources, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China; 2 Department of Soil and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: With a laboratory simulation experiment, the responses of soil dissolved nitrogen (Dissolved inorganic nitrogen, DIN; Dissolved organic nitrogen, DON; Dissolved total nitrogen, DTN) content, microbial biomass nitrogen (MBN) content and net nitrogen mineralization rate (NNMR) to different freezing-thawing temperatures and freezing-thawing frequencies were studied in a farmland brown soil. The results showed that freezing temperature and freezing-thawing frequency were the major factors affecting N transformation process of farmland brown soil. With freezing temperature decreasing, NO_3^- -N, NH_4^+ -N, DIN, DON, DTN and NNMR all significantly increased, but MBN first decreased then increased. With freezing-thawing frequency increasing, NO_3^- -N, NH_4^+ -N, DIN and DTN all significantly increased being contrary to the changes of NNMR, and MBN showed a trend of decrease-increase-decrease being contrary to the changes of DON. Therefore, it was preliminarily concluded that freezing-thawing cycle significantly promoted N transformation of farmland brown soil during no growth season, and further increased soil DIN content and soil N supply capacity.

Key words: Freezing-thawing cycle; Soil dissolved nitrogen; Microbial biomass nitrogen; Net nitrogen mineralization rate