

黑土氮素矿化规律的研究

陈海潇, 韩蔚娟, 邹春野, 高 强*

(吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘 要: 土壤氮素是农作物氮素营养的主要来源, 而土壤的供氮能力与土壤氮素矿化的过程密切相关。本文通过土壤氮素原位矿化测定的试验, 研究吉林省黑土 0~20 cm 土层在玉米整个生育期的土壤氮素矿化量及其影响因素。结果表明: 黑土 0~20 cm 土层在玉米整个生育期内土壤氮素矿化的无机氮总量为 56.15 kg/hm², 其中铵态氮为 24.36 kg/hm², 硝态氮为 31.79 kg/hm²。土壤氮素的矿化在一定范围内, 随温度的升高和水分的增加, 氮矿化量也相应增大。其中当温度为 20~25℃, 含水量为 22% 左右, 且土壤干湿交替时最有利于氮素矿化。因此温度、水分对氮矿化速率有明显正交互作用。

关键词: 黑土; 氮素; 原位矿化; 土壤无机氮

中图分类号: S153.6

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)01-0059-05

Research on Nitrogen Mineralization Rule of Black Soil

CHEN Haixiao, HAN Weijuan, ZOU Chunye, GAO Qiang*

(College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Soil nitrogen is the main source of crop nitrogen nutrition, and the soil nitrogen support capability has closely relation with the nitrogen mineralization. The black soil mineralization of 0~20 cm in Jilin Province and its influencing factors were researched in this article through the original site mineralization testing. The conclusion indicated that the inorganic nitrogen was 56.15 kg/hm² in the total maize growing season, in which 24.36 kg/hm² was NH⁴⁺-N, and 31.79 kg/hm² was NO³⁻-N. In a definite range, the soil nitrogen mineralization increased with the increase of temperature and moisture. It was most beneficial to the nitrogen mineralization when the temperature was 20~25℃, the water content was about 22%, and soil was drying-wetting alternately. So the temperature and water content had obvious positive correlation effect to the speed of mineralization.

Key words: Black soil; Nitrogen; Original site mineralization; Soil inorganic nitrogen

土壤氮素是农作物氮素营养的主要来源, 表层土壤中的氮素大多以有机态(约占全氮 85%~95%)的形式存在, 有机态氮一般不能被植物吸收利用, 只有在适宜条件下, 经微生物和细菌分解, 才能转化成能被作物吸收利用的有效态氮^[1]。土壤有机氮的矿化在一定程度上可以表征土壤的供氮能力^[2]。能够通过矿化作用释放的这部分有机氮称为可矿化氮。

土壤氮素矿化量的估量方法大致有 4 种: 化

学法、培养法、植物吸收法、模型法^[3], 目前进行的氮素矿化研究, 大部分都采用室内培养法, 如间歇淋洗好气培养法, 常湿培养法等。Stanford 等^[4]应用长期间歇淋洗法(加石英砂)建立了温度与矿化速率常数的关系; 沈玉芳等^[5]的研究表明温度和水分通常并非单独影响土壤的氮素矿化和硝化作用, 而是对不同土层的土壤氮素矿化具有明显的正交互作用。赵长盛等^[6]通过对土壤氮素的矿化速率与水分含量和温度之间的函数关系模拟发现, 黄棕壤模拟效果好于潮土。王帘里等^[7]采用短期室内好气培养方法研究了不同类型土壤有机氮矿化对温度的响应及其影响因素。余砾等^[8]采用室内恒温通气培养法, 通过对表层土壤在不同温度下氮素矿化量和硝化率计算表明, 土壤的氮素矿化和硝化作用均随温度的升高而增强。近年来, 国际上多采用原位矿培养法对有关田间生

收稿日期: 2015-08-25

基金项目: 公益性行业(农业)专项(201103003); 国家玉米产业技术体系项目(CARS)

作者简介: 陈海潇(1989-), 女, 在读硕士, 主要从事农业面源污染方向研究。

通讯作者: 高 强, 男, 教授, 博士生导师, E-mail: gyt199962@163.com

产的试验进行研究。因此,本试验利用原位矿化培养研究了吉林省玉米带黑土表层的氮素矿化能力,为东北地区黑土的合理施用氮肥提供了一定的科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验田的基本概况

表1 供试土壤理化性状

土壤类型	pH (1:2.5)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	土壤容重 (g/cm ³)
黑土	6.16	25.3	1.69	128.2	43.9	122	1.42

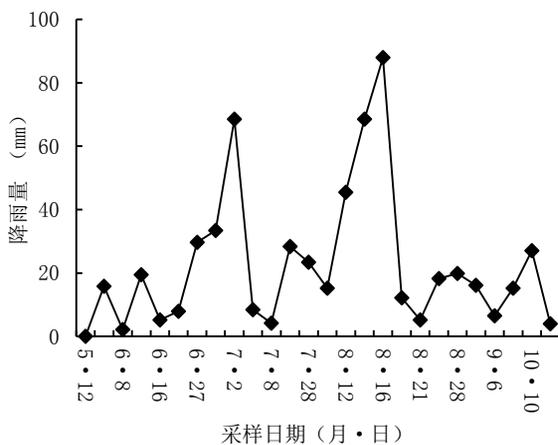


图1 降水量趋势图

1.2 试验设计

主要测定在这个周期内土壤耕层0~20 cm内氮素矿化和铵态氮、硝态氮的生成量。2013年5月中旬开始,每15 d取样一次。在试验小区内任选一垄,在垄上断面并列取点,4次重复,用土钻取0~20 cm的土样,取出后混匀,一半装入自封袋内,拿回实验室分析测定(冰箱保存),另一半也装入自封袋内并封好,然后在一端开口处插一个通气胶管,用胶带缠住,使内部土样密封,不与外界接触,然后埋入取土处,胶管外露。每个自封袋上均要注明日期、编号、采样地点等。15 d后随机另外再找一垄,方法同上,同时将上次埋入的土样取回放入冰箱以备测定。

取样时间分别为5月12日,5月27日,6月12日,6月27日,7月12日,7月28日,8月14日,8月28日,9月12日,9月27日,10月12日,10月27日,11月12日。

1.3 测定方法

1.3.1 试验地地温和降雨量的测定

本试验于2013年4月~2013年10月在吉林省梨树县三棵树试验田进行,土壤类型为草甸黑土,其基本理化性质见表1。玉米生育期间的降雨量见图1。试验田不施肥,种植的作物为玉米,玉米品种为先玉335,于4月29日播种,10月15日收获。

地温的测定从2013年5月12日至2013年10月24日。在供试小区内埋入4根曲管地温计,深度分别为5 cm、10 cm、15 cm、20 cm,每间隔5 d观测,观测时在当天的8:00、14:00、18:00,记录3次观测值。

降雨量测定从2013年5月12日至2013年10月24日。每次降雨后取样,用量雨筒测量当次的降雨量。

1.3.2 土壤含水量的测定

将每次取回的新鲜土样过4 mm筛子混匀。取混匀的土样15.00 g放入清洁的铝盒,将铝盒放入干燥箱,105℃条件下烘干12 h。测定土壤含水量。

1.3.3 土壤NH₄⁺-N和NO₃⁻-N的测定方法

将混匀的土样12.00 g放入塑料瓶中,加100 mL 0.01 mol/L CaCl₂溶液,振荡1 h后过滤,取上清液储存到离心管中,用标签标记后放入冰箱冷冻。测定前将滤液解冻,稀释后用流动分析仪(AA3(AUTO-ANALYSIS3),德国产)测定NH₄⁺-N和NO₃⁻-N。

1.4 结果计算与分析方法

净氨化量=培养后的铵态氮(NH₄⁺-N)-培养前的铵态氮(NH₄⁺-N)

净硝化量=培养后的硝态氮(NO₃⁻-N)-培养前的硝态氮(NO₃⁻-N)

净矿化量=净氨化量+净硝化量

土壤含水量(%)=[(盒+鲜土)-(盒+烘干土)]/[(盒+烘干土)-盒]×100%

2 结果与分析

2.1 土壤中氮素净矿化量的变化

由试验结果可知,吉林省玉米带中部黑土0~20 cm土层在玉米整个生育期的土壤氮素矿化出的无机氮总量为56.15 kg/hm²,其中铵态氮量为24.36 kg/hm²,硝态氮量为31.79 kg/hm²,而图2、图3、图4则分别显示了供试土壤0~20 cm土层中土

壤无机氮、土壤氨态氮、土壤硝态氮的变化趋势,由图可知,在不同的采样时期,无机氮总量的变化幅度较小,而氨态氮和硝态氮的变化幅度较大。在玉米生育期前期,土壤氨态氮呈现出了先降低后增加

的趋势,其最小值为0.25 kg/hm²,相反土壤硝态氮则呈现出了先增加后降低的趋势,其最大值为4.32 kg/hm²;而在玉米生育期后期,土壤氨态氮和硝态氮的变化趋势则逐渐趋于一致。

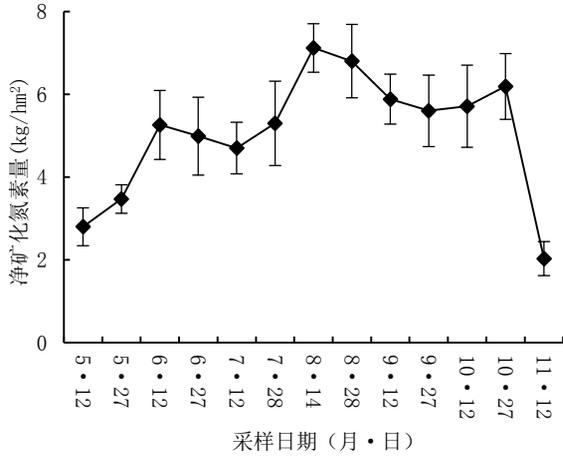


图2 玉米生育期土壤氮素矿化趋势图

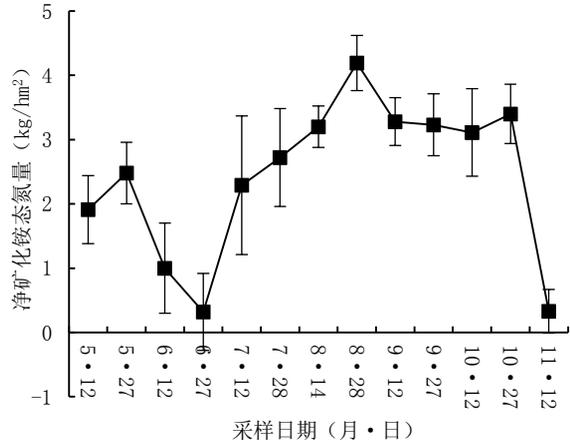


图3 玉米生育期土壤铵态氮矿化趋势图

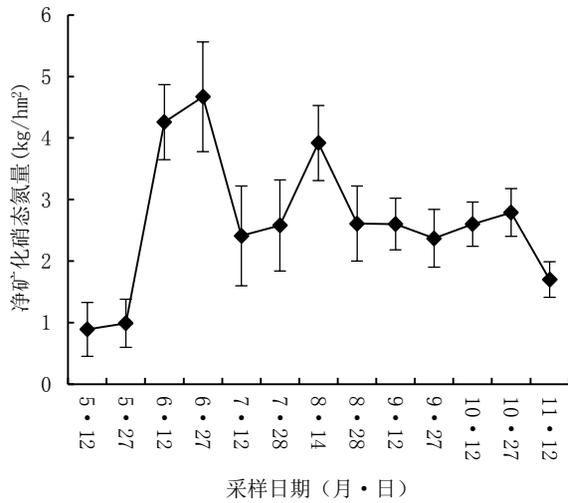


图4 玉米生育期硝态氮矿化趋势图

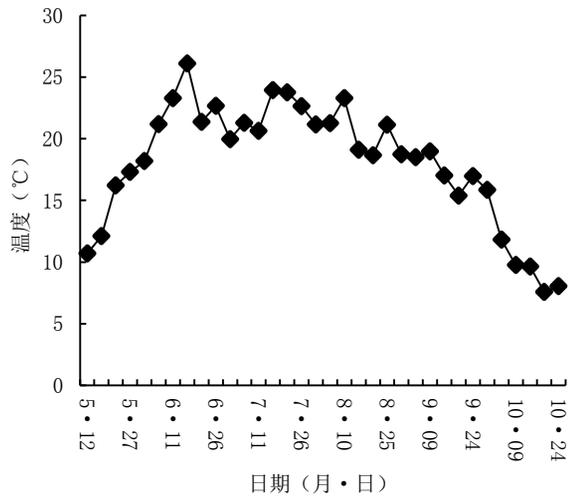


图5 地温曲线图

2.2 温度对土壤氮素净矿化量的影响

由于本试验采集的土样为0~20 cm土层中的混合土样,所以只能分析不同采样日期0~20 cm土层中的平均温度对土壤氮素矿化的影响。由图5可以看出,5月10日起土壤温度逐渐升高,6月20日左右达到峰值,7月到8月下旬土壤温度较高,而后逐渐降低。结合图2可知氮的矿化作用对温度的反应很积极,氮矿化速率在5~15℃之间对温度的反应较弱,超过15℃(5月27日)以后,矿化量明显增加,当土壤温度为20~25℃时土壤中矿化量增加的幅度最大。另外,在6月20日左右持续高温阶段,土壤中硝态氮的含量增加到了最大值,氨态氮的含量降低到了最小值。

2.3 湿度对土壤氮素净矿化量的影响

由图6可以看出,从6月12日到6月27日,受高温的影响土壤的含水量明显减少,至6月29日和7月2日出现了两次降雨(总降雨量为101.9 mm),使土壤中的水分明显增多。结合图2分析可知,当土壤含水量较少时,土壤氮素的矿化量也有所降低,而在土壤含水量高的点,土壤氮素矿化量相对来说较高,二者基本上成正比。而在含水量达到22%左右时,土壤中的氮素矿化量达到最高,但在含水量为25.92%的点,土壤的氮矿化率反而有所下降。

2.4 温度与湿度的交互作用

温度和湿度对土壤的氮素矿化过程存在较明

显的交互作用,本试验所测得的氮素矿化的最优温度为20~25℃,土壤最优含水量为22%。当土壤在一定时期内干湿交替时,无机氮的含量也有所增加。氮的矿化量大体上是随温度及水分的升高而升高,但在某些点,当温度较高(23.3℃),土壤的含水量较高(25.92%)时,出现了氮矿化率的下降。

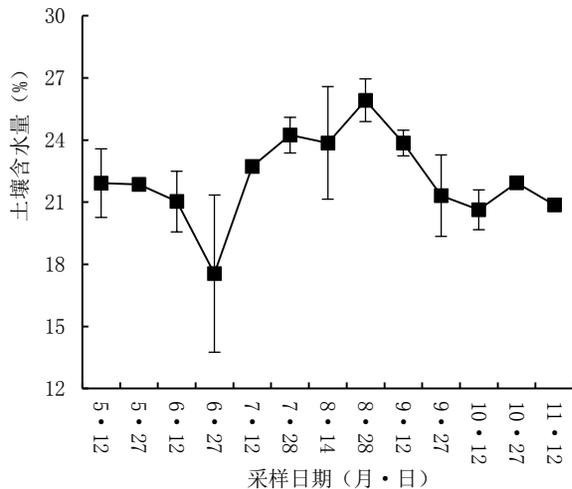


图6 土壤含水量变化趋势图

3 讨论和结论

本研究利用原位矿化培养对黑土表层氮素矿化能力的研究表明,土壤氮素矿化出的无机氮总量为56.15 kg/hm²,其中铵态氮量为24.36 kg/hm²,硝态氮量为31.79 kg/hm²,与王斯佳等^[9]研究结果相比较低,分析原因为其供试土壤为长期定位试验下的黑土,且在室内恒温培养,有利于控制土壤的温度和湿度,因此土壤矿化能力较强。土壤中有有机氮的矿化与土壤微生物的种群和活性有关,而土壤微生物的种群和活性是由土壤的温度和湿度等环境因素决定的^[10]。其中温度是影响总氮矿化量的最重要的因子,对氮矿化速率有强烈的控制作用。一般认为,当土壤温度在0~35℃范围内时,随着温度的增高,可增强土壤微生物的活性并能够促进有机质的分解,其中在25~35℃之间微生物的活性最强^[11]。本试验研究结果表明,氮矿化速率在5~15℃之间对温度的反应较弱,超过15℃以后明显增加,当土壤温度为20~25℃时土壤中矿化速率达到最大,这说明土壤微生物在较高温度下比较活跃,其活性临界点大约在20℃左右。另外,在6月20日左右持续高温阶段,硝化细菌的活性随之增强,土壤中硝态氮的含量增加,氨态氮的含量降低,表明在一定范围

内温度升高可促进土壤的硝化作用^[8]。

土壤水分的可利用性直接影响微生物的活性,同时还通过控制土壤中O₂的扩散间接影响氮素矿化和好氧微生物的活性。在一定持水量范围内,氮矿化速率随湿度的增加而升高。本试验研究表明,土壤含水量与土壤氮素的矿化量基本上成正比,且当含水量达到22%时,氮素矿化量达到最高,表明水的可利用性是限制微生物活性和植物生长的主要因素。而在土壤干湿交替的情况下更有利于氮矿化,有利于提高土壤中无机氮的含量,与章燕平^[12]的研究结果一致。但也有学者认为,在5~35℃内氮矿化一直上升,不存在最优温度^[13],干湿交替对氮素矿化并没有显著影响^[14]。

在温度较高(23.3℃),土壤含水量较高(25.92%)的点,出现了氮矿化率的下降。分析原因是在饱和情况下,土壤的透气性降低,导致某些厌氧微生物如反硝化细菌生长活跃^[14],导致部分无机氮以气体形式散失,当温度升高时土壤中的反硝化细菌活性增加的速率大于矿化细菌的增加速率,从而导致温度较高时土壤中净矿化量的偏低。这说明温度和水分对土壤的氮素矿化具有明显的正交互作用,与沈玉芳^[5]的研究结果相符合。

综上所述,吉林省玉米带中部黑土0~20 cm土层在玉米整个生育期的土壤氮素矿化的无机氮总量为56.15 kg/hm²,其中铵态氮为24.36 kg/hm²,硝态氮为31.79 kg/hm²。在一定温度范围内,氮矿化率随温度的升高而升高,但在5~15℃之间,其对温度的反应较弱,超过15℃以后,矿化量明显增加,其中氮素矿化的最优温度为20~25℃;在一定持水量范围内,氮矿化率随土壤水分的增加而增加,二者基本上成正比,在含水量为22%左右时达到最大值,且干湿交替有利于氮矿化。温度和水分对土壤的氮素矿化具有明显的正交互作用。

参考文献:

- [1] 王艳杰,邹国元,付华.土壤氮素矿化研究进展[J].土壤肥料科学,2005,21(10):203-208.
- [2] 王根林,姬景红,李玉梅.土壤有机氮矿化的研究进展[J].黑龙江农业科学,2009(6):164-165.
- [3] 彭银燕,黄运湘.土壤氮素矿化试验研究方法及其应用[J].现代农业科技,2011(24):288-291.
- [4] Stanford G, Smith S J. Nitrogen mineralization potentials of soil [J]. Soil Sci Am Proc, 1972(36): 455-472.
- [5] 沈玉芳,李世清,邵明安.半湿润地区土垫早耕人为土不同土层氮矿化的水温效应研究[J].植物营养与肥料学报,2007,13(1): 8-14.
- [6] 赵长盛,胡承孝,孙学成,等.温度和水分对华中地区菜地

- 土壤氮素矿化的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(7): 861-866.
- [7] 王帘里, 孙 波. 温度和土壤类型对氮素矿化的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 583-591.
- [8] 余 砾, 高 明, 慈 恩, 等. 不同耕作方式下土壤氮素矿化和硝化特征研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(3): 733-738.
- [9] 王斯佳, 韩晓增, 侯雪莹. 长期施肥对黑土氮素矿化与硝化作用特征的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 170-173.
- [10] Kladivko E J, Keeney D R. Soil nitrogen mineralization as affected by water and temperature interactions[J]. *Biol Fertil Soils*, 1987(5): 248-252.
- [11] 张金波, 宋长春. 土壤氮素转化研究进展[J]. 吉林农业科学, 2004, 29(1): 38-43.
- [12] 章燕平. 环境因素对菜地土壤氮素转化及其生物学特性的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [13] 周才平, 欧阳华. 长白山两种主要林型下土壤氮矿化速率与温度的关系[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1469-1473.
- [14] Watts D B, Torbert H A, Prior S A. Mineralization of nitrogen in soils amended with dairy manure as affected by wetting/drying cycles[J]. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2007(38): 2103-2116.
- [15] 田茂洁. 土壤氮素矿化影响因子的研究进展[J]. 西华师范大学学报, 2004, 25(3): 298-303.

(责任编辑:王 昱)

(上接第 34 页)采用一定的技术手段来增强灌浆期叶片的比叶重, 延缓谷子叶片生理功能, 推迟谷子叶片衰老进度, 从而促进谷子光合作用提高, 有助于增加谷子的籽粒产量。这对于谷子栽培生产实践及高产品种选育有一定的理论指导意义。

参考文献:

- [1] 刘敬科, 刁现民. 我国谷子产业发展现状与加工发展方向[J]. 农业工程技术, 2013(3): 15-17.
- [2] 李顺国, 刘 斐, 刘 猛, 等. 我国谷子产业现状、发展趋势及对策建议[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(5): 531-535.
- [3] 吕建林, 陈如凯, 张木清, 等. 甘蔗净光合速率、叶绿素和比叶重的季节变化[J]. 福建农业大学学报, 1998, 27(3): 285-290.
- [4] 徐克章, 张治安, 刘振库, 等. 高粱叶片比叶重变化与产量关系的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20(2): 11-13.
- [5] 范 晶, 赵惠勋, 李 敏. 比叶重及其与光合能力的关系[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(5): 37-40.
- [6] 刘西军, 陈 静, 徐小牛. 桂花叶片 SPAD、叶绿素含量和比叶重特征[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(1): 51-54.
- [7] 卫新菊, 贾志宽. 施肥对苜蓿现蕾期叶面积及比叶重的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(5): 10-13.
- [8] Peng S B, Krieg D R, Girma F S. Leaf photosynthetic rate is correlated with biomass and grain production in grain sorghum lines[J]. *Photosynthesis Research*, 1991(32): 139-146.
- [9] 徐慧风, 刘兴土, 金研铭, 等. 向日葵叶片叶绿素和比叶重及产量研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(2): 97-100.
- [10] 丁秀英. 高粱核质杂种与双亲某些叶形态生理形状与产量的比较的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 1998.
- [11] 陈温福. 水稻超高产育种生理基础[M]. 沈阳: 辽宁科技出版社, 1995: 17-21.

(责任编辑:王 昱)