



腐熟有机肥在烤烟生长期田间养分矿化释放特征的研究

叶协锋¹, 李志鹏¹, 于晓娜¹, 刘浩², 程昌新², 王勇³, 代先强⁴,
周涵君¹, 张晓帆¹

1 河南农业大学烟草学院, 国家烟草栽培生理生化研究基地, 烟草行业烟草栽培重点实验室, 郑州 450002;

2 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 昆明 650000;

3 重庆市烟草公司, 重庆 404100;

4 重庆市烟草公司彭水烟草分公司, 彭水 409600

摘要: 【目的】探究腐熟有机肥田间养分释放规律, 为精准施用有机肥提供参考。【方法】于 2015 年采用尼龙网袋田间原位培养的方法进行有机肥矿化及土壤培肥效果研究。【结果】(1) 有机肥还田后, 有机碳、有机氮迅速矿化, 在掩埋 70 d 内矿化的有机碳和有机氮分别占整个掩埋期矿化量的 86.51% 和 90.59%; (2) 施用有机肥可以使土壤速效磷、速效钾、腐殖酸、胡敏酸、富里酸含量维持在相对较高的水平; (3) 施用有机肥可对土壤速效养分及腐殖酸变化起缓冲作用。(4) 有机肥施入土壤后, 初期土壤胡富比降低, 经过腐殖酸转化后, 土壤胡富比开始提升。【结论】在本试验条件下, 于烟株移栽前 20 d 施入充分腐熟的有机肥, 其碳氮矿化规律能较好的满足烤烟对养分的需求规律。

关键词: 有机肥矿化规律; 土壤培肥; 腐殖酸

引用本文: 叶协锋, 李志鹏, 于晓娜, 等. 腐熟有机肥在烤烟生长期田间养分矿化释放特征的研究 [J]. 中国烟草学报, 2017, 23 (3)

针对我国农田土壤质量逐年下降的现状, 农业部及时提出了“一控两减三基本”原则。国家烟草专卖局也将土壤保育作为行业“十三五”重大专项之一, 开始推行有机肥与化肥配施的栽培模式。目前, 有机肥已在广大烟区初步应用, 但对有机肥养分释放规律及用量了解较少, 导致有机肥的合理施肥时间和施肥用量无法正确确定。

烤烟是一种对氮素敏感的作物^[1], 全生育期吸收的氮素中约 2/3 来自于土壤矿化氮^[2]。在烟株生长期后期氮素需求量较少, 过多氮素会造成烟叶落黄困难、耐烤性差、上部叶烟碱含量过高、烟叶香气差等问题, 造成烟叶品质降低^[3]。有机肥中的氮素等养分在土壤中矿化释放一般需要较长时间, 不合理使用有机肥时可能导致烟株生长期后期吸收氮素过多而延误了烟叶正常的落黄成熟。因此, 研究有机肥在施入土壤后矿化过程中的养分释放规律, 对于指导烟草农业生产及土

壤保育中合理施用有机肥具有重要意义。目前, 研究有机肥氮素矿化常用室内培养的方法^[4-5]。室内培养虽然可以精确控制温度和湿度对土壤微生物活性的影响估算有机氮矿化速率, 但是该方式无法真实反应有机肥在烟田的矿化情况。因此, 本试验在大田条件下进行有机肥矿化研究, 以期深入了解烟田有机肥养分释放规律、土壤培肥效果等, 为科学指导烟农合理施肥提供理论与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2015 年在重庆市彭水县进行, 供试烟叶品种为云烟 97, 土壤为黄棕壤。土壤有机质 25.47 g/kg, 碱解氮 148.33 mg/kg, 速效磷 19.17 mg/kg, 速效钾 512.59 mg/kg, pH 5.59。供试有机肥以玉米秸秆、猪粪、牛粪为原料(玉米秸秆: 猪粪: 牛粪: 石灰

基金项目: 烟草行业烟草栽培重点实验室资助项目(30800665); 重庆市烟草公司“云烟品牌导向型生态优质烟叶生产技术模式构建研究与推广”项目(项目编号: NY20140401070010)

作者简介: 叶协锋(1979—), 博士, 副教授, 主要研究烟草栽培及土壤保育, Tel: 0371-63558121, Email: yexiefeng@163.com

收稿日期: 2016-08-24; **网络出版日期:** 2017-02-28

=50:25:20:5)，采用条垛式好氧高温堆沤方式经 35 d 充分腐熟发酵而成。发酵成熟时有机肥堆体呈黑褐色，较为松散，无结块，肉眼看不见未腐熟的秸秆，有泥土芳香味。堆肥 C/N 为 11.54，T 值为 0.52(腐熟成熟时 T 值为 0.49~0.59)，满足判定有机肥腐熟完全的物理和化学指标^[6-9]，有机质 392.60 g/kg，总氮 22.34 g/kg，全磷 8.22 g/kg，全钾 39.57 g/kg，含水率 28.05%。

有机肥养分释放规律及土壤培肥效果研究设置两个处理：CK 为在尼龙网袋中装入烟田原位过 10 目筛土壤 200.00 g；T 为在 CK 基础上每个尼龙网袋中再装入烘干(40℃)磨碎过 10 目筛有机肥 20.00 g，有机肥与土壤混匀。每处理各埋 48 袋，每个小区面积为 333 m²。尼龙网袋规格为 300 目尼龙纱网制成的 20 cm × 20 cm 可封口袋子，具有透气、透水 and 不易降解的特点，可有效阻隔植物根系对尼龙网袋内养分吸收^[10-12]。4 月 15 日整地起垄，起垄时埋入尼龙网袋，烟株于 5 月 5 日移栽。尼龙网袋埋入两烟株移栽苗穴位置之间的垄体上距土表 10 cm 处，浇少量的原土悬浊液使之与土壤接触，设置 3 次重复。烟田整地后，垄体上覆盖地膜。从尼龙网袋掩埋日算起，每隔 10 d 在两处理中各取 3 个尼龙网袋，用于测量各项指标。

1.2 测定项目与方法

全氮采用 CNS 元素分析仪 (vario MACRO cube) 测定；有机碳采用重铬酸钾氧化法；速效磷采用碳酸氢钠浸提——钼锑抗显色分光光度法；速效钾采用火焰光度计法；铵态氮采用 2 mol/L KCl 浸提法，具体操作参照鲍士旦主编《土壤农化分析》^[13]。硝态氮采用流动分析仪测定^[14]。腐殖酸、胡敏酸 (HA) 和富里酸 (FA) 的样品分离和制备采用国际腐殖酸协会 (International humic substance society, IHSS) 分析方法^[15]。

$$\text{有机碳矿化率} = \left[1 - \frac{\text{残留有机碳含量} - \text{空白土有机碳含量}}{\text{加入有机碳量}} \right] \times 100\%$$

$$\text{有机氮矿化率} = \left[1 - \frac{\text{残留有机氮含量} - \text{空白土有机氮含量}}{\text{加入有机氮含量}} \right] \times 100\% \quad [16]$$

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010、SPSS 22.0 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 有机肥养分矿化特征研究

2.1.1 有机肥有机碳矿化特征

有机肥碳氮比相对较低，装入尼龙网袋掩埋后分解速度较快，掩埋 30 d 后有机碳矿化率达到

52.31%，占 110 d 总矿化量的 62.90% (图 1)。掩埋 40 d 后，有机碳矿化速率趋缓，表明有机肥中易矿化的有机物质含量已较低，逐渐进入复杂有机物质的分解阶段。掩埋 50 d、70 d 时有机肥中有机碳矿化率分别达到 63.63% 和 71.95%，分别占 110 d 总矿化量的 76.51% 和 86.51%。试验结束即掩埋 110 d 时，有机肥有机碳矿化率达到 83.17%。

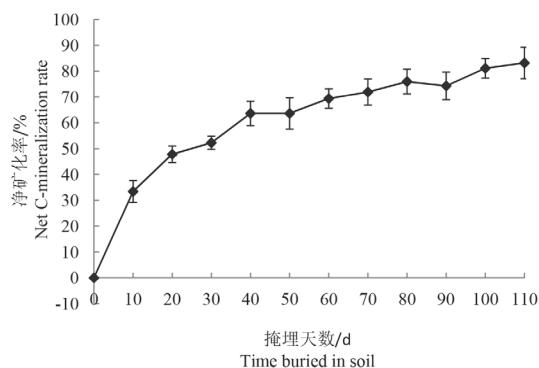


图 1 有机肥有机碳矿化特征

Fig.1 Mineralization of organic C in organic fertilizer

2.1.2 有机肥有机氮矿化特征

从图 2 中可以看出，有机肥中的氮在尼龙网袋掩埋过程中矿化速率变化与有机碳类似，均表现为掩埋前期矿化速率较快，后期矿化速率较慢。有机肥在掩埋 30 d 时其有机氮矿化率达到 32.84%，占 110 d 总矿化率的 70.34%；掩埋 50 d 和 70 d 时矿化率分别为 37.29% 和 42.30%，分别占 110 d 总矿化率的 79.87% 和 90.60%。在掩埋 110 d 时，有机肥中约有 46.69% 的有机氮被矿化。

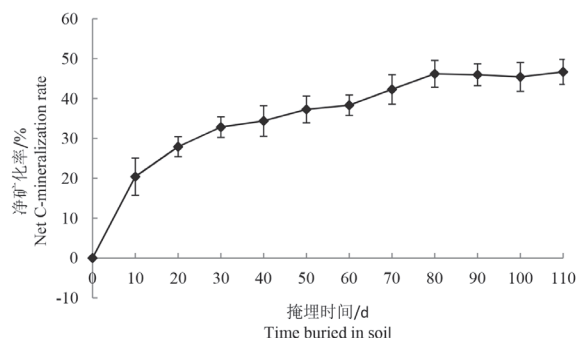


图 2 有机肥有机氮矿化特征

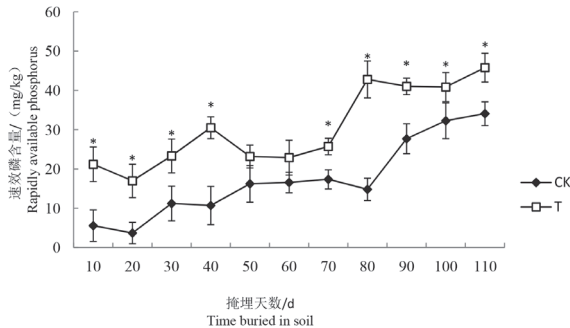
Fig.2 Mineralization of organic N in organic fertilizer

2.2 土壤速效养分变化研究

2.2.1 有机肥矿化对土壤速效磷含量的影响

在掩埋期两处理土壤速效磷含量均呈现波动式上升趋势 (图 3)。尼龙网袋掩埋 10 d ~ 20 d，CK 和

处理 T 土壤速效磷含量稍有下降, 20 d 时达到最低值。此后, 两处理的土壤速效磷含量均开始呈上升趋势, 但上升轨迹不尽相同。处理 T 速效磷含量在掩埋 40 d 略有下降趋势。50 d ~ 70 d, 处理 T 土壤速效磷含量在 22.90 mg/kg ~ 25.73 mg/kg, 之后速效磷含量迅速上升。在整个掩埋期, 处理 T 速效磷含量均高于 CK, 施用有机肥有助于提高土壤速效磷含量。



注: “*”表示同一时期内, 两处理间差异达到显著水平 ($P < 0.05$), 下同。

图3 有机肥矿化对土壤速效磷含量的影响

Fig.3 Effect of organic fertilizer mineralization on soil rapidly available phosphorus

2.2.2 有机肥矿化对土壤速效钾含量的影响

尼龙网袋掩埋 10 d 时, CK 和处理 T 速效钾含量差异不显著 (图 4)。掩埋 20 d ~ 40 d, 处理 T 速效钾含量稳步上升, 且显著高于 CK。掩埋 30 d ~ 70 d, 处理 T 速效钾含量在 613.85 mg/kg ~ 761.07 mg/kg 之间波动。掩埋 70 d ~ 110 d, 处理 T 和 CK 速效钾含量均出现“V”形变化趋势。CK 速效钾含量变化波动幅度较大, 且在整个掩埋阶段均低于处理 T, 说明添加有机肥可以显著增加烟株生育期土壤速效钾含量, 且对土壤速效钾含量变化起缓冲作用。

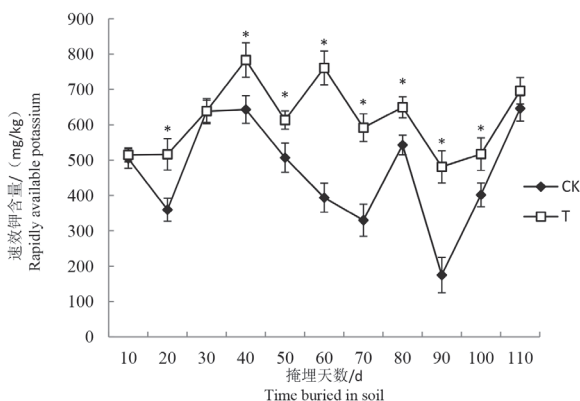


图4 有机肥矿化对土壤速效钾含量的影响

Fig.4 Effect of organic fertilizer mineralization on rapidly available potassium

2.2.3 有机肥矿化对土壤硝态氮含量的影响

从图 5 中可以看出, 在整个掩埋期, CK 和处理 T 硝态氮含量呈逐渐升高的趋势。掩埋 30 d 内, 处理 T 硝态氮含量略低于 CK; 掩埋 30 d 后处理 T 硝态氮含量逐渐高于 CK; 掩埋 110 d 后处理 T 的硝态氮含量比 CK 高 24.06 mg/kg。有机肥在掩埋前期供给土壤的硝态氮含量较低。

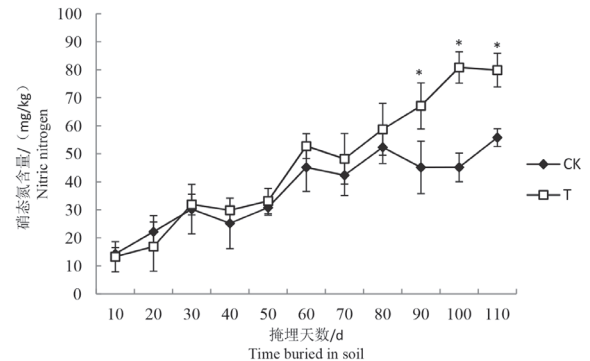


图5 有机肥矿化对土壤硝态氮含量的影响

Fig.5 Effect of organic fertilizer mineralization on nitric nitrogen

2.2.4 有机肥矿化对土壤铵态氮含量的影响

在掩埋过程中土壤铵态氮含量总体呈现出先快速下降后趋于平稳的趋势 (图 6)。掩埋 10 d 时, 处理 T 铵态氮含量达到 68.14 mg/kg, 远高于 CK。掩埋 10 d ~ 50 d 处理 T 和 CK 铵态氮含量均迅速下降。掩埋 50 d 后, 处理 T 和 CK 的铵态氮含量没有显著性差异。

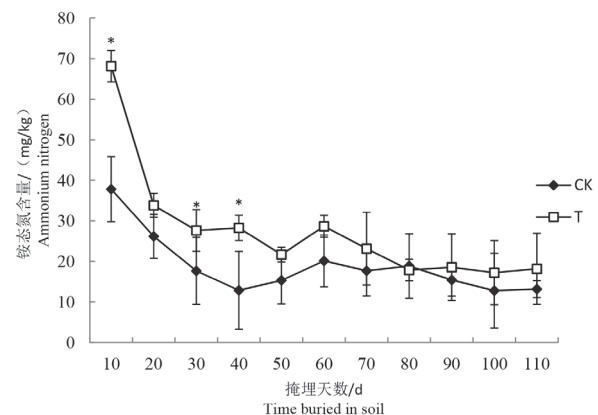


图6 有机肥矿化对土壤铵态氮含量的影响

Fig.6 Effect of organic fertilizer mineralization on ammonium nitrogen

2.3 有机肥矿化对土壤腐殖酸的影响

2.3.1 有机肥矿化对土壤腐殖酸含量的影响

从图 7 中可以看出, 在整个掩埋期, 处理 T 腐殖酸含量均显著高于 CK, 可见施用有机家肥提高了土

壤中的腐殖酸含量。处理 T 的腐殖酸含量在整个掩埋期相对稳定，而 CK 中腐殖酸含量在掩埋后期波动较大，可能受到了外界环境的影响。

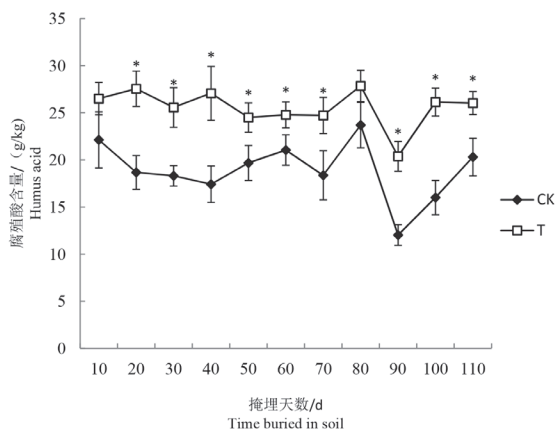


图 7 有机肥矿化对土壤腐殖酸含量的影响

Fig.7 Effect of organic fertilizer mineralization on humus acid

2.3.2 有机肥矿化对土壤胡敏酸含量的影响

从图 8 中可以看出处理 T 在掩埋 80 d 内胡敏酸含量保持稳定，之后呈现先下降后上升的趋势。处理 T 和 CK 胡敏酸含量在掩埋 90d 时达到最低，分别为 6.73 g/kg 和 4.54 g/kg，之后两处理胡敏酸均呈上升趋势。处理 T 土壤胡敏酸含量在整个掩埋期均显著高于 CK。

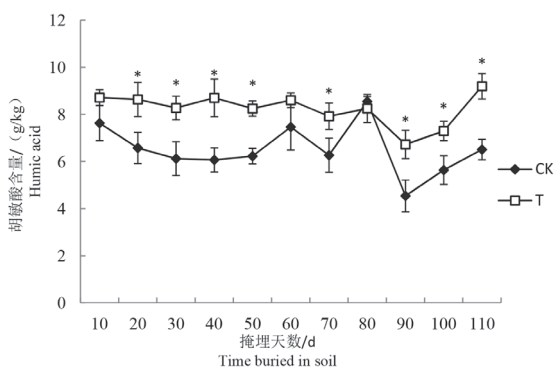


图 8 有机肥矿化对土壤胡敏酸含量的影响

Fig.8 Effect of organic fertilizer mineralization on humic acid

2.3.3 有机肥矿化过程对土壤富里酸含量的影响

从图 9 中可以看出，尼龙网袋掩埋 40d 内，处理 T 富里酸含量呈波动状态但波动幅度较小，CK 富里酸含量则呈下降趋势。掩埋 40 d ~ 80 d 时，处理 T 富里酸含量先下降后升高，CK 呈波动式升高趋势。两处理富里酸含量在掩埋 80 d 时达到最大值分别为 19.60 g/kg 和 16.15 g/kg，此后均呈“V”变化趋势。处理 T 富里酸含量在尼龙网袋整个掩埋过程中均高于

CK 且变化幅度相对较小，说明施用有机肥可以提高土壤富里酸含量并对土壤富里酸变化起缓冲作用。

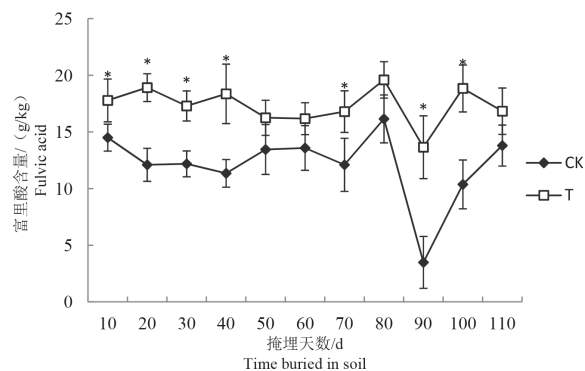


图 9 有机肥矿化对土壤富里酸含量的影响

Fig.9 Effect of organic fertilizer mineralization on fulvic acid

2.3.4 有机肥矿化对土壤胡富比的影响

在掩埋 40 d 内，CK 土壤腐殖化程度显著高于处理 T，处理 T 土壤腐殖化程度相对较低（图 10）。掩埋 40 d ~ 60 d 时处理 T 土壤腐殖酸腐殖化程度增加；掩埋 60 d ~ 70 d 两个处理土壤腐殖化程度均呈现下降趋势；掩埋 80 d ~ 90 d 处理 T 土壤腐殖酸腐殖化程度超过 CK；掩埋 110 d 时，处理 T 胡富比为 0.55 高于 CK。

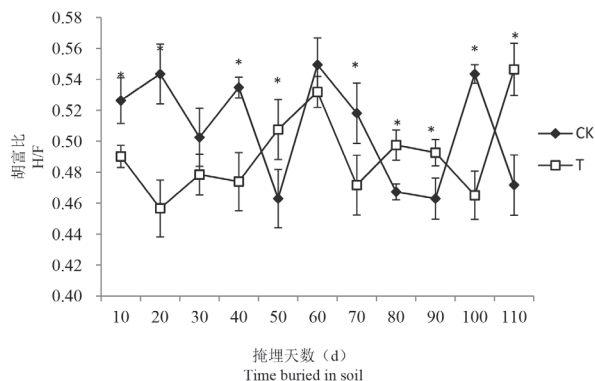


图 10 有机肥矿化对土壤胡富比的影响

Fig.10 Effect of organic fertilizer mineralization on H/F

3 讨论

烟叶栽培上施肥措施通常为“前促后控”。烤烟移栽 20 d 后对氮素的吸收速率急剧增加，移栽 40 d 后对氮素的吸收量最多，移栽 55 d 时烟株已吸收总氮量的 91%，之后吸收量急剧减少^[17]。本研究结果表明，所选用的腐熟有机肥中氮素释放规律与烤烟需氮规律基本吻合，即有机肥在掩埋 70 d(烟株移栽 50

d) 内释放了掩埋期 90.59% 的氮素。研究表明, 有机肥腐熟过程中, 微生物将无机态氮和有机碳氮化合物进行转化分解, 部分氮素参与较稳定的大分子有机物质如腐殖酸的形成, 增加了有机肥中碳氮的稳定性^[18], 同时腐熟处理可以降低有机肥有机氮的矿化量, 而且腐熟程度越充分降低幅度越大^[19-20]。此外, 有机肥矿化也受原料组成、温度、水分、土壤质地等多种因素影响^[4,21-23]。研究表明有机肥在烟株生育期内有机氮矿化率在 30% ~ 60%^[12, 24-26]。本试验中, 有机肥在掩埋 110 d 时, 有机肥中仅有 46.69% 的有机氮被矿化, 并且 80% 以上的氮素是在施入后 50 天内释放。因而, 本试验结果表明, 合理施用有机肥可以在改良烟田整体土壤状况的同时, 也可避免烟株吸收过多氮素。即有机肥的养分释放规律在符合烤烟需肥规律的同时避免对烟叶正常落黄产生负面影响。

有机氮在土壤动物和微生物作用下, 转化成无机态氮(主要是铵态氮), 铵态氮可进一步发生硝化作用生成硝态氮^[27]。在通气不良和反硝化细菌作用下, 硝态氮被还原成氮气, 造成氮素损失^[28]。此外游离的氨和亚硝酸根对反硝化作用也有抑制效果^[29]。本试验烟田土壤 pH 值为 5.59 低于 6.5, 偏酸性, 不利于反硝化作用的发生。试验中硝态氮积累的时期是在 5 月 ~ 9 月, 或许是烟区温度升高土壤中硝化酶活性较高, 同时土壤游离氨含量的升高及对反硝化过程的抑制造成的。在掩埋 10 d ~ 20 d 时, 土壤中铵态氮含量迅速下降, 而硝态氮含量上升幅度却较小, 可能是烟株生长吸收大量铵态氮造成的; 此外降水导致土壤中氧气含量降低, 反硝化作用增强, 使土壤中的部分无机氮以气体形式散失^[30-31], 对硝态氮的产生也产生影响。

有机物料在土壤中的分解是形成新腐殖质的前提。有机肥施入土壤后, 土壤胡敏酸和富里酸的绝对数量增加, 且最初富里酸的形成速度大于胡敏酸, 与张晋京等^[32] 研究结果一致。在土壤中, 影响腐殖酸稳定性的因素很多^[33]。王彦辉等^[34] 认为森林土壤有机质的分解速率在很大程度上受控于环境条件, 其中含水率起着关键作用, 干旱和水分过多都会限制土壤微生物的活动。于水强^[35]、关松^[36] 等都认为高氧条件下有利于土壤富里酸的分解与转化, 一方面高氧有利于富里酸的氧化、聚合, 使其向胡敏酸转化; 另一方面, 高氧可能不利于富里酸本身形成。在烟株生长后期, 为除膜下杂草, 部分地膜破裂, 垄体土壤含水率和通气性均得到提高^[37], 易受雨水淋蚀, 且新形成的胡敏酸和富里酸氧化程度和芳香程度低, 脂族性

较高, 分子结构简单, 易被氧化分解^[38-39], 这或是在尼龙网袋掩埋 90 d 时, 两处理土壤腐殖酸出现降低趋势, 其中富里酸含量下降趋势最为明显的原因。有机肥施入土壤初期主要是以有机肥本身所含类胡敏酸物质为基础腐解产物发生聚合作用形成新的胡敏酸, 一段时间后碳水化合物和酰胺化合物以木质素分解的残体为核心发生聚合作用形成新的胡敏酸^[38], 这使土壤胡敏酸得到补充; 此外, 有机肥施入土壤会活化土壤原有有机质且新形成的富里酸比原有土壤中富里酸的分解速度快, 向胡敏酸转化的速度也比原有富里酸快^[39]。故处理 T 在遇到外界环境影响时土壤腐殖酸变化表现出一定的缓冲性, 而 CK 土壤腐殖酸含量易受外界环境的影响。

4 结论

充分腐熟的有机肥施入土壤后, 有机碳、有机氮迅速矿化, 在掩埋 70 d 内矿化的有机碳和有机氮分别占整个掩埋期矿化量的 86.51% 和 90.59%。充分腐熟的有机肥遵循“前期矿化快、后期矿化慢”的特点, 符合烤烟“前促后控”的需肥规律, 但硝态氮释放具有一定延迟性, 在施用时需注意。此外, 施用有机肥可以提升土壤腐殖酸水平, 促进腐殖酸转化, 对土壤速效养分变化起到缓冲作用。

参考文献

- [1] 李春俭, 张福锁, 李文卿, 等. 我国烤烟生产中的氮素管理及其与烟叶品质的关系 [J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2):331-337.
LI Chunjian, ZHANG Fusuo, LI Wenqing, et al. Nitrogen management and its relation to leaf quality in production of flue-cured tobacco in China[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2007, 13(2): 331-337.
- [2] 郭培国, 陈建军, 郑燕玲. 应用 15N 示踪法研究烤烟的氮素营养 [J]. 中国烟草学报, 1998,4(2):64-68.
GUO Peiguo, CHEN Jianjun, ZHANG Yanling. Studies on nitrogen nutrition of flue-cured tobacco by means of 15N isotope tracer[J]. Acta Tabacaria Sinica, 1998,4(2):64-68.
- [3] 李常军, 宫长荣, 肖鹏, 等. 施氮水平和烘烤条件对烤后烟叶品质和含氮组分的影响 [J]. 中国烟草科学, 2001, 22(1):4-7.
LI Changjun, GONG Changrong, XIAO Peng, et al. Influence of nitrogen application and flue-curing condition on nitrogen compounds and tobacco quality[J]. Chinese Tobacco Science, 2001, 22(1):4-7.
- [4] MacDonald Neil W, Zak Donald R, Pregitzer Kurt S. Temperature effects on kinetics of microbial respiration and net nitrogen and sulfur mineralization[J]. Soil Science Society of America Journal, 1995, 59(1):233-240.
- [5] Niklińska M, Maryński M, Laskowski R. Effect of temperature on humus respiration rate and nitrogen

- mineralization: Implications for global climate change[J]. *Biogeochemistry*, 1999, 44(3):239-257.
- [6] Hirai M F, Chanyasak V, Kubota H. Standard measurement for compost maturity[J]. *Biocycle*, 1983, 24(6):54-56.
- [7] Morel JL, Colin F, Germon JC, et al. Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In *Composting of Agricultural and other Wastes*. ed. J.K.R.Gasser. Elsevier Applied Science publishers, London & New York, 1985, 56-72.
- [8] Vuorinen A H, Saharinen M H. Evolution of microbiological and chemical parameters during manure and straw co-composting in a drum composting system[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 1997, 66(1):19-29.
- [9] 李季, 彭生平. 堆肥工程使用手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005:68-71.
LI Ji, PENG Shengping. *Manual of composting engineering*[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005:68-71.
- [10] Wang Yan, Katsumi Yamamoto, Ken-ichi Yakushido. N release from livestock waste compost pellets in barley fields[J]. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2001, 47(4):675-683.
- [11] 王岩, 山本克己. 畜禽粪便堆肥养分释放及其合理施用[J]. *土壤通报*, 2003, 34(6):521-524.
WANG Yan, SHANBEN Keji. Nutrient release from livestock waste compost and application of the compost in the field[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2003, 34(6):521-524.
- [12] 王岩, 刘国顺. 绿肥中养分释放规律及对烟叶品质的影响[J]. *土壤学报*, 2006, 43(2):273-279.
WANG Yan, LIU Guoshun. Nutrient release from green manures and its effect on quality of tobacco leaves[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 43(2):273-279.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
BAO Shidan. *Soil analysis method*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [14] 杨靖民, 张忠庆, 曹国军. 应用间隔流动分析仪测定土壤硝态氮和亚硝态氮含量[J]. *中国土壤与肥料*, 2014,(2):101-105.
YANG Jingmin, ZHANG Zhongqing, CAO Guojun. Soil nitrate and nitrite content determined by Skalar SAN++[J]. *Soils and Fertilizers Sciences in China*, 2014,(2):101-105.
- [15] Tsutsuki K, Kuwatsuka S. Chemical studies on soil humic acids[J]. *Soil Science & Plant Nutrition*, 1978, 24(4):561-570.
- [16] 武雪萍, 钟秀明, 刘增俊. 饼肥在植烟土壤中的矿化速率和腐殖化系数分析[J]. *中国土壤与肥料*, 2007,(5):32-35.
WU Xueping, ZHONG Xiuming, LIU Zengjun. The study on the mineralization rate and humification coefficient of cake fertilizer in soil of tobacco field[J]. *Soils and Fertilizers Sciences China*, 2007,(5):32-35.
- [17] 刘国顺. 烟草栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
LIU Guoshun. *Tobacco production*[M]. Beijing: China Agricultural Press. 2003
- [18] Wienhold B J, Eghball B. Mineralization of manure nutrients[J]. *Journal of Soil & Water Conservation*, 2002, 57(6):470-473.
- [19] Bernal M P, Sánchez-Monedero M A, Paredes C, et al. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 1998, 69(3):175-189.
- [20] Preusch P L, Adler P R, Sikora L J, et al. Nitrogen and phosphorus availability in composted and uncomposted poultry litter[J]. *Journal of Environmental Quality*, 2002, 31(6):2051-7.
- [21] Zogg GP, Zak DR, Ringelberg DB, et al. Compositional and functional shifts in microbial communities due to soil warming[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1997, 61(2):475-481.
- [22] Stark JM. Modeling the temperature response of nitrification[J]. *Biogeochemistry*, 1997, 35(3):433-445.
- [23] Agehara S, Warncke DD. Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2005, 69(6):1844-1855.
- [24] 武际, 郭熙盛, 鲁剑巍, 等. 不同水稻栽培模式下小麦秸秆腐解特征及对土壤生物学特性和养分状况的影响[J]. *生态学报*, 2013, 33(2):565-575.
WU Ji, GUO Xisheng, LU Jianwei, et al. Decomposition characteristics of wheat straw and effects on soil biological properties and nutrient status under different rice cultivation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(2):565-575.
- [25] Wienhold B J, Eghball B. Mineralization of manure nutrients[J]. *Journal of Soil & Water Conservation*, 2002, 57(6):470-473.
- [26] 赵明, 蔡葵, 赵征宇, 等. 不同有机肥料中氮素的矿化特性研究[J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(s1):146-149.
ZHAO Ming, CAI Kui, ZHAO Zhengyu, et al. Characteristics of NO_3^- -N and NH_4^+ -N mineralization from different organic fertilizers[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(s1):146-149.
- [27] 李贵才, 韩兴国, 黄建辉, 等. 森林生态系统土壤氮矿化影响因素研究进展[J]. *生态学报*, 2001, 21(7):1187-1195.
LI Guicai, HAN Xingguo, HUNAG Jianhui, et al. A review of affecting factors of soil nitrogen mineralization in forest ecosystems[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(7):1187-1195.
- [28] Vitousek P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency[J]. *American Naturalist*, 1982, 119(4):553-573.
- [29] 谷海红, 李岩, 刘宏斌, 等. 土壤氮素矿化及其对烤烟品质的影响研究进展[J]. *中国农学通报*, 2008, 24(10):327-333.
GU Haihong, LI Yan, LIU Hongbin, et al. Study on nitrogen mineralization and its effects on quality of flue-cured tobacco[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(10):327-333.
- [30] Aulakh MS, Doran JW, Walters DT, et al. Legume residue and soil water effects on denitrification in soils of different textures[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1991, 23(12):1161-1167.
- [31] 俞慎, 李振高. 稻田生态系统生物硝化—反硝化作用与氮素损失[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(05):630-634.
YU Shen, LI Zhengao. Biological nitrification-denitrification and nitrogen loss in rice field ecosystem[J]. *Chinese Journal Of Applied Ecology*, 1999, 10(05):630-

- 634.
- [32] 张晋京, 窦森. 灼烧土中玉米秸秆分解期间胡敏酸、富里酸动态变化的研究 [J]. 吉林农业大学学报, 2002, 36(3):60-64.
ZHANG Jinjing, DOU Sen. Dynamic Changes of Humic Acid and Fulvic Acid in Ignited Soil During Corn Stalk Decomposition[J]. Journal Of Jilin Agricultural University, 2002, 36(3):60-64.
- [33] 窦森. 土壤有机质 [M]. 北京: 科学出版社, 2010, 236.
DOU Sen. Soil organic matter[M]. Beijing: Science Press, 2010. 236.
- [34] 王彦辉, Rade. 环境因子对挪威云杉林土壤有机质分解过程中重量和碳的气态损失影响及模型 [J]. 生态学报, 1999(5):641-641.
WANG Yanhui, Rade. The influences of environmental factors on the gaseous mass-loss and carbon-loss from organic matter of a Norway spruce forest soil[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999(5):641-641.
- [35] 于水强, 窦森, 张晋京, 等. 不同氧气浓度对玉米秸秆分解期间腐殖物质形成的影响 [J]. 吉林农业大学学报, 2005, 27(5):528-533.
YU Shuiqiang, DOU Sen, ZHANG Jinjing, et al. Effects of different oxygen concentrations on formation of humic substances during corn stalk decomposition[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2005, 27(5):528-533.
- [36] 关松. 特定培养条件下土壤腐殖质形成与转化的研究 [D]. 吉林农业大学, 2005.
GUAN Song. The study on formation and transformation of soil humus under special incubation condition[D]. Jilin Agricultural University, 2005.
- [37] 唐经祥, 孙敬权, 任四海. 烤烟地膜覆盖栽培存在的问题及对策 [J]. 烟草科技, 2000(9):42-44.
TANG Jingxiang, SUN Jingquan, REN Sihai. Flue-cured tobacco plastic film mulching cultivation problems and countermeasures[J]. Tobacco Science and Technology, 2000(9):42-44.
- [38] 吴景贵, 王明辉, 姜亦梅, 等. 玉米秸秆还田后土壤胡敏酸变化的谱学研究 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(7):1394-1400.
WU Jinggui, WANG Minghui, JIANG Yimei, et al. Study on Humic Acids in the Soil Applied with Corn Stalk by Spectroscopy Measurements[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(7):1394-1400.
- [39] 窦森, 张晋京, Lichtfouse E, 等. 用 $\delta^{13}C$ 方法研究玉米秸秆分解期间土壤有机质数量动态变化 [J]. 土壤学报, 2003, 40(3):328-334.
DOU Sen, ZHANG Jinjing, Lichtfouse E, et al. Study on dynamic change of soil organic matter during corn stalk decomposition by $\delta^{13}C$ method[J]. Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(3):328-334.

Study on release of nutrients from mineralized organic fertilizer during flue-cured tobacco growth period

YE Xiefeng^{1*}, LI Zhipeng¹, YU Xiaona¹, LIU Hao², CHENG Changxin², WANG Yong³, DAI Xianqiang⁴, ZHOU Hanjun¹, ZHANG Xiaofan¹

1 Tobacco Science College of Henan Agricultural University/National Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry Research Centre/Key Laboratory for Tobacco Cultivation of Tobacco Industry, Zhengzhou 450002, China;

2 Hongyun Honghe (Group) Tobacco Corporation, Kunming 650000, China;

3 Chongqing Municipal Tobacco Company, Chongqing 404100, China;

4 Chongqing Pengshui Tobacco Company, Pengshui 409600, Chongqing, China

Abstract: Experiment was carried out to study nutrient release of mineralized organic fertilizer in order to use mineralized organic fertilizer more efficiently. Nutrient release of mineralized organic fertilizer was studied by method of nylon net bag. Results showed that (1) Organic carbon and organic nitrogen mineralized quickly, and their mineralization rate was 86.51% and 90.59% when buried for 70d. (2) Adding mineralized organic fertilizer could improve soil available phosphorus, soil available potassium, humus acid, humic acid and fulvic acid. (3) Using mineralized organic fertilizer had a buffer effect on soil nutrients and humic acid of soil. (4) Using mineralized organic fertilizer could reduce soil H/F at early stage. Soil H/F increased after humic acid coversion. Fully rotten mineralized organic fertilizer applied 20 days before transplanting could meet nutrient demand.

Keywords: organic fertilizer mineralization regularity; soil fertilizing; humus acid.

Citation: YE Xiefeng, LI Zhipeng, YU Xiaona, et al. Study on release of nutrients from mineralized organic fertilizer during flue-cured tobacco growth period [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2017, 23(3)

*Corresponding author. Email: yexiefeng@163.com