

## 有机无机复混肥在山地烤烟土壤中氮素的释放迁移

余文凯<sup>1</sup>, 武丽<sup>1</sup>, 苟剑渝<sup>2\*</sup>, 彭玉龙<sup>2</sup>, 张远淑<sup>2</sup>, 李章海<sup>3\*</sup>

(1. 安徽农业大学农学院, 合肥 230036; 2. 贵州省烟草公司遵义市分公司, 遵义 563000;

3. 中国科学技术大学烟草与健康研究中心, 合肥 230051)

**摘要:** 为探索黔北山地烤烟土壤条件下适宜的有机无机复混肥配方, 通过塑料网框框栽试验, 同时设不施肥和当地生产常规肥处理为对照, 研究了自制有机无机复混肥在黔北山地烤烟土壤中垂直方向和水平方向上碱解氮的释放迁移。结果表明: 在烤烟整个生育期内, 不施肥处理土壤的 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 深度垂直方向和 7 cm 处、14 cm 水平方向碱解氮均呈线性下降趋势。在同一取样时期, 2:1 有机无机复混肥、1:1 有机无机复混肥和当地生产常规肥在 7 cm 处和 14 cm 处的 3 个深度土壤碱解氮差异不明显; 烤烟栽后 50 d, 3 种肥料距离施肥点越近土壤碱解氮均越高, 和不施肥处理相比, 有机无机复混肥比当地生产常规肥差异大。栽后 0~125 d, 3 种肥料施肥区外土壤的碱解氮在 0~25 d 上升, 25 d 下降, 施肥区外氮素释放强度为 2:1 肥料 $\approx$ 1:1 肥料 $>$ 当地常规生产肥, H1、H2 比 CK 土壤碱解氮分别增高 10.9% 和 10.7%。因此, 不施肥在垂直和水平方向的土壤碱解氮呈线性下降, 2:1 有机无机复混肥、1:1 有机无机复混肥和当地生产常规肥在不同深度土壤中的碱解氮差异不明显, 有机无机复混肥中的碱解氮在水平方向上扩散迁移速度比当地生产常规肥慢, 养分释放较适合烤烟生长所需。

**关键词:** 有机无机复混肥; 山地烤烟; 土壤; 碱解氮; 释放

中图分类号: S572.06

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2019)06-1048-07

### Release and migration of nitrogen in mountain tobacco soil by organic-inorganic compound fertilizer

SHE Wenkai<sup>1</sup>, WU Li<sup>1</sup>, GOU Jianyu<sup>2</sup>, PENG Yulong<sup>2</sup>, ZHANG Yuanshu<sup>2</sup>, LI Zhanghai<sup>3</sup>

(1. School of Agronomy, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Zunyi Branch of Guizhou Tobacco Company, Zunyi 563000;

3. Tobacco and Health Research Center for China Science and Technology University, Hefei 230051)

**Abstract:** In order to explore the suitable formula of organic-inorganic compound fertilizer under the condition of flue-cured tobacco soil in Qianbei mountainous. The release and migration of alkali-hydrolyzed nitrogen in flue-cured tobacco soil in mountainous of Qianbei areas were studied by using plastic planting experiment, while setting no fertilization and local conventional fertilizer treatment as control. The results showed that during the whole growth period of flue-cured tobacco, the alkali-hydrolyzed nitrogen of 0-20 cm, 20-40 cm and 40-60 cm depth and 7 cm and 14 cm horizontal direction showed a linear downward trend. At the same sampling period, there was no significant difference in alkali-hydrolyzed nitrogen between 2:1 organic-inorganic compound fertilizer, 1:1 organic-inorganic compound fertilizer and local conventional fertilizer treatment at 7cm and 14cm. During 0-50 days after tobacco planting, the nearer the fertilizer application point to the soil, the higher the alkali-hydrolyzed nitrogen was. Comparing with non-fertilization treatment, the alkali-hydrolyzed nitrogen of the organic-inorganic compound fertilizer was higher than the local conventional fertilizer production. During 0-125 days after planting, soil alkali-hydrolyzed nitrogen increased significantly during 0-25 days, decreased markedly during 25-50 days, and then decreased slowly. However, the release intensity of nitrogen outside the fertilization area was 2:1 organic-inorganic compound fertilizer  $\approx$  1:1 organic-inorganic compound fertilizer  $>$  local conventional fertilizer, and the average increase of soil alkali-hydrolyzed nitrogen in H1 and H2 were 10.9% and 10.7% higher than CK during the whole

收稿日期: 2019-02-28

基金项目: 复合微生物肥料研制与应用研究 (201901) 资助。

作者简介: 余文凯, 硕士研究生。E-mail: Materialist\_k@163.com

\* 通信作者: 苟剑渝, 农艺师。E-mail: 3253628660@qq.com。李章海, 副教授。E-mail: lzhai@ustc.edu.cn

growth period of flue-cured tobacco. Therefore, during the whole growth period of flue-cured tobacco, the soil alkali-hydrolyzed nitrogen in vertical and horizontal directions shows a linear downward trend without fertilization. The difference of alkali-hydrolyzed nitrogen in different depth soils among 2:1 organic-inorganic compound fertilizer, 1:1 organic-inorganic compound fertilizer and local conventional fertilizer is not obvious. The diffusion and migration rate of alkali-hydrolyzed nitrogen in organic-inorganic compound fertilizer in horizontal direction is slower than that in local production, so nutrient release is more suitable for flue-cured tobacco growth.

**Key words:** organic-inorganic compound fertilizer; flue-cured tobacco of mountain; soil; alkali-hydrolyzed nitrogen; release

烤烟是以收获叶片为目的的重要经济作物,“打顶”的技术环节人为改变了烟草的生长发育进程,使得烟株对氮素营养的需求有悖于植物对养分的一般吸收规律<sup>[1]</sup>。氮是烤烟生长发育、产量和质量形成的主要养分,其供应的种类、形态及其比例对烟叶产质量的影响最大<sup>[2]</sup>,因此土壤中氮素营养在烤烟栽培中有重要意义,特别是后期土壤氮素供应对烟叶品质起到尤为重要的作用。烤烟生产上必须通过肥料施用才能保证整个生育期氮养分的合理提供,通常采用 NPK 三元(基肥)或 NK 二元(追肥)复合肥,但烤烟肥料利用率较低,化学肥料易流失以及化学肥料使得土壤结构和微生物种群发生变化,从而大量的养分流失或残留在土壤中。为了修复土壤,培肥地力,促进农业可持续发展,我国提出有机肥部分替代化肥,实现“化肥零增长”方案。研究表明<sup>[3-7]</sup>,有机无机肥配施能改善农田土壤团粒结构,优化土壤生物群落结构,改善生态环境。作物对有机物中氮的利用率显著低于无机氮的利用率,有机氮和无机氮合理配施,可以促进根部对氮素的吸收,提高作物对氮素营养的利用率<sup>[8]</sup>。长期以来,我国有机无机复混肥氮营养研究主要集中于作物氮营养的需求规律及其对植株生长发育和产质量形成的影响<sup>[9-13]</sup>,而对有机无机复混肥种植作物

土壤中氮的释放和迁移研究鲜见。烤烟是我国重要的经济作物之一,因此,本研究探讨了烤烟自制有机无机复混肥在黔北山地烤烟土壤中碱解氮的释放与迁移的影响,以期对烤烟生产化肥减量与有机肥的科学合理使用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2017 年 5—9 月在贵州省遵义市烟草公司湄潭科技园进行。试验共设 4 个处理, H1: 2:1 有机无机复混肥作基肥,每株施入 112.5 g; H2: 1:1 有机无机复混肥作基肥,每株施入 75.0 g; CK: 当地烟草专用复合肥,每株施入 41.7 g; 空白: 不施肥处理,各处理肥料养分含量见表 1,每处理 7 株。

有机无机复混肥的制作由无机肥和有机肥按质量比 1:1 和 1:2 进行掺配、粉碎并造粒而成,有机肥由当地合作社提供。H2、H1 与 CK 处理的无机氮、磷施入量相同。供试烤烟品种 K326。采用塑料网框(60 cm×42 cm×42 cm),每框装土量 125 kg,每框植烟 1 株。将烟苗栽入烟框中心点位置,各框烟苗栽入深度相同,根系至少距施肥位置 5 cm。追肥在栽后 10 天开始,平均分 3 次追施。

表 1 各肥料养分含量

Table 1 Nutrient contents of fertilizers

肥料 Fertilizer	全 N Total N	全 P Total P	全 K Total K	有机质 Organic	%
1:1 有机无机复混肥 1:1 Organic-inorganic compound fertilizer	5.9	2.6	9.5	26.3	
2:1 有机无机复混肥 2:1 Organic-inorganic compound fertilizer	4.3	1.7	6.8	33.3	
烟草专用复合肥 Fusible tobacco special compound fertilizer	10.0	3.9	20.7	0	

表 2 土样代号

Table 2 Codes for soil samples

土层深度/cm Soil depth	距中心点位置/cm Distance from the center							
	7	14	7	14	7	14	7	14
0~20	H2-S11	H2-S21	H1-S11	H1-S21	CK-S11	CK-S21	K0-S11	K0-S21
20~40	H2-S12	H2-S22	H1-S12	H1-S22	CK-S12	CK-S22	K0-S12	K0-S22
40~60	H2-S13	H2-S23	H1-S13	H1-S23	CK-S13	CK-S23	K0-S13	K0-S23

## 1.2 土壤理化性质和土样采集方法

供试土壤为山地土(取自遵义市正安县),将土壤耕作层土壤晾干,粉碎充分混合均匀装框前取 1 kg 基础样。土壤的碱解氮  $198.35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 速效磷  $32.36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 速效钾  $169.28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 有机质 2.01%, pH5.61。分别在栽后 25、50、75、100 和 125 d, 距中心点 7 cm 和 14 cm 位置取土,按 0~20 cm, 20~40 cm 和 40~60 cm 3 个深度取样,风干后用塑封袋装好检测(表 2)。

## 1.3 检测方法<sup>[14-15]</sup>

有机质采用  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  外加热法<sup>[14]</sup>, pH 值采用酸度计法<sup>[15]</sup>, 速效磷采用  $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$  浸提, 钼蓝比色法<sup>[14]</sup>; 速效钾采用  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NH}_4\text{OAc}$  浸提, 火焰光度法<sup>[14]</sup>。

## 1.4 数据处理方法

试验数据采用 EXCELL 和 SPSS19.0 进行整理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同肥料处理土壤中碱解氮的释放迁移

**2.1.1 不施肥处理距施肥中心点不同深度土壤中碱解氮的动态变化** 由表 3 可知, 烤烟栽后 0~125 d, 随着烟株生长对氮素的吸收, 距中心点 7 cm 处 3 个土层深度土壤碱解氮均呈线性下降的趋势, 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 土壤分别下降  $74.09 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $69.90 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $73.21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 降幅分别为 37.4%、35.2% 和 36.9%。栽后 25、50、75、100 和 125 d 的变异系数分别为 0.6%、2.5%、2.0%、3.6% 和 1.8%, 均为弱变异强度(变异系数 < 10%)。在烤烟栽后 0~125 d, 距中心点 14 cm 处 3 个土层土壤的碱解氮也均呈线性下降趋势, 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 土壤碱解氮分别下降  $78.12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $71.10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $74.66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 降幅分别为 39.4%、35.8% 和 37.6%。栽后 25、50、75、100

表 3 空白处理距施肥中心点不同深度土壤碱解氮的动态变化

土样 Soil samples	栽后时间/d Days after planting					
	0	25	50	75	100	125
K0-S11	198.35	188.65	156.89	143.54	131.45	124.26
K0-S12	198.35	188.00	164.78	145.47	130.36	128.45
K0-S13	198.35	186.39	161.26	149.27	139.27	125.14
CV(%)		0.6	2.5	2.0	3.6	1.8
K0-S21	198.35	172.31	169.35	147.56	135.47	120.23
K0-S22	198.35	189.47	169.31	143.98	134.36	127.25
K0-S23	198.35	185.23	152.34	141.34	129.47	123.69
CV(%)		4.9	6.0	2.2	2.4	2.8

表 4 H1 处理距施肥中心点不同深度土壤碱解氮的动态变化

土样 Soil samples	栽后时间/d Days after planting					
	0	25	50	75	100	125
H1-S11	198.35	439.99	278.96	303.31	246.54	238.36
H1-S12	198.35	452.35	281.45	295.14	254.68	254.61
H1-S13	198.35	444.18	286.59	295.21	254.55	262.48
CV(%)		1.4	1.4	1.6	1.9	4.9
H1-S21	198.35	365.12	298.98	303.34	238.51	254.70
H1-S22	198.35	371.22	286.69	295.11	246.61	241.47
H1-S23	198.35	365.61	311.00	287.00	254.69	254.65
CV(%)		0.9	4.1	2.8	3.3	3.0

和 125 天的变异系数分别为 4.9%、6.0%、2.2%、2.4% 和 2.8%, 均为弱变异强度。空白处理在栽后 0~125 d 内, 无论垂直方向还是水平方向土壤碱解氮均呈逐渐下降趋势, 且每个时期各取样点的土壤碱解氮

差异较小。

**2.1.2 2:1 处理距施肥中心点不同深度土壤碱解氮的动态变化** 在烤烟栽后 25 d(表 4), H1 处理随着肥料的释放和迁移, 距施肥中心点 7 cm 处 3 个土

层深度土壤碱解氮均大幅上升, 0~20 cm, 20~40 cm和 40~60 cm深度土壤碱解氮比初始增幅分别为 121.8%、128.1%和 123.9%; 栽后 50 d, 0~20 cm, 20~40 cm和 40~60 cm土壤碱解氮大幅下降, 比栽后 25 d时下降, 降幅分别为 36.6%、37.8%和 35.5%; 栽后 25、50、75、100 和 125 d 的变异系数分别为 1.4%、1.4%、1.6%、1.9%和 4.9%, 均为弱变异。栽后 25 天, 距施肥中心点 14 cm处 3 个深度土壤碱解氮也均大幅上升, 0~20 cm, 20~40 cm和 40~60 cm土壤碱解氮比初始增幅分别为 84.1%、87.2%和

84.3%; 栽后 50 d, 土壤碱解氮比 25 d时下降, 降幅分别为 18.1%、22.8%和 14.9%, 降幅明显小于 7 cm处, 说明此处烟株根系少于 7 cm处, 对氮素吸收相对较少; 栽后 25、50、75、100 和 125 d 的变异系数分别为 0.9%、4.1%、2.8%、3.3%和 3.0%, 也均为弱变异强度。无论垂直方向还是水平方向土壤碱解氮均是在栽后 0-25 天呈上升趋势, 之后下降。栽后 25 d 水平方向上距施肥中心点 7 cm处 3 个土层深度土壤碱解氮上升幅度明显高于 14 cm处。

表 5 H2 处理距施肥中心点不同深度土壤碱解氮的动态变化

土样 Soil samples	栽后时间/d Days after planting					
	0	25	50	75	100	125
H2-S11	198.35	457.41	280.94	288.91	246.27	238.43
H2-S12	198.35	462.33	288.84	288.80	243.21	262.96
H2-S13	198.35	455.26	295.01	279.08	238.62	254.22
CV(%)		0.8	2.5	2.0	1.6	4.0
H2-S21	198.35	368.63	294.96	295.42	229.94	243.14
H2-S22	198.35	375.67	319.25	287.30	238.47	270.79
H2-S23	198.35	384.18	302.63	278.87	230.17	246.54
CV(%)		4.9	6.0	2.2	2.4	2.8

表 6 CK 处理距施肥中心点不同深度土壤碱解氮的动态变化

土样 Soil samples	栽后时间/d Days after planting					
	0	25	50	75	100	125
CK-S11	198.35	415.02	251.23	255.36	238.35	213.85
CK-S12	198.35	422.63	251.05	245.31	254.74	201.34
CK-S13	198.35	423.51	243.11	240.19	238.51	208.45
CV(%)		1.1	1.9	3.1	3.9	3.0
CK-S21	198.35	375.26	255.36	237.84	251.26	215.14
CK-S22	198.35	366.25	261.32	231.26	262.56	213.07
CK-S23	198.35	371.08	240.13	243.12	238.39	220.27
CV(%)		1.2	4.3	2.5	4.8	1.7

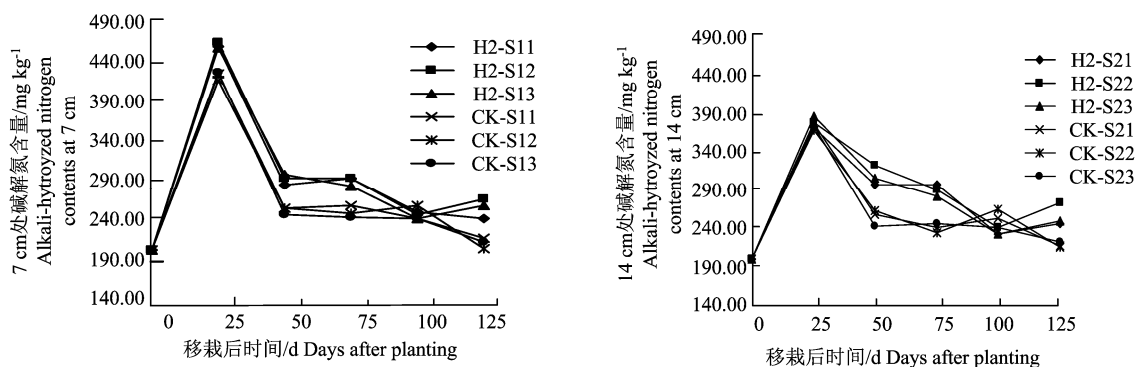


图 1 H2 与 CK 处理在不同深度土壤碱解氮的动态变化

Figure 1 Dynamic changes of soil alkali-hydrolyzed nitrogen at different depths of H2 and CK treatment

**2.1.3 1:1 处理距施肥中心点不同深度土壤碱解氮的动态变化** 在烤烟栽后 25 d (表 5), 距施肥中心点 7 cm 处 3 个土层深度土壤碱解氮均大幅上升, 0~20 cm, 20~40 cm 和 40~60 cm 深度土壤碱解氮比初始增幅分别为 130.6%、133.1% 和 129.5%, 栽后 50 d, 土壤碱解氮均大幅下降, 比栽后 25 天时下降, 降幅分别为 38.6%、37.5% 和 35.2%, 之后, 3 个深度土壤碱解氮总体逐渐下降; 栽后 25、50、75、100 和 125 d 的变异系数分别为 0.8%、2.5%、2.0%、1.6% 和 4.9%, 均为弱变异强度。栽后 25 d, 距施肥中心点 14 cm 处 3 个土层深度土壤碱解氮均大幅上升, 0~20 cm, 20~40 cm 和 40~60 cm 土壤碱解氮比初始增

幅分别为 85.8%、89.4% 和 93.7%, 栽后 50 d, 碱解氮有一定幅度下降, 比栽后 25 天降幅分别为 20.0%、15.0% 和 21.2%, 栽后 25 d, 3 个土层深度土壤碱解氮总体逐渐下降。栽后 25、50、75、100 和 125 d 的变异系数分别为 4.9%、6.0%、2.2%、2.4% 和 2.8%, 也均为弱变异强度。无论垂直方向还是水平方向土壤碱解氮均是在栽后 0~25 天呈上升趋势, 之后呈逐渐下降趋势, 栽后 25 d 水平方向上距施肥中心点 7 cm 处 3 个土层深度土壤碱解氮上升幅度明显高于 14 cm 处, 而距施肥中心点 7 cm 和 14 cm 处垂直方向的土壤碱解氮差异较小, 栽后 50 d 之后无论垂直方向还是水平方向土壤碱解氮均差异较小。

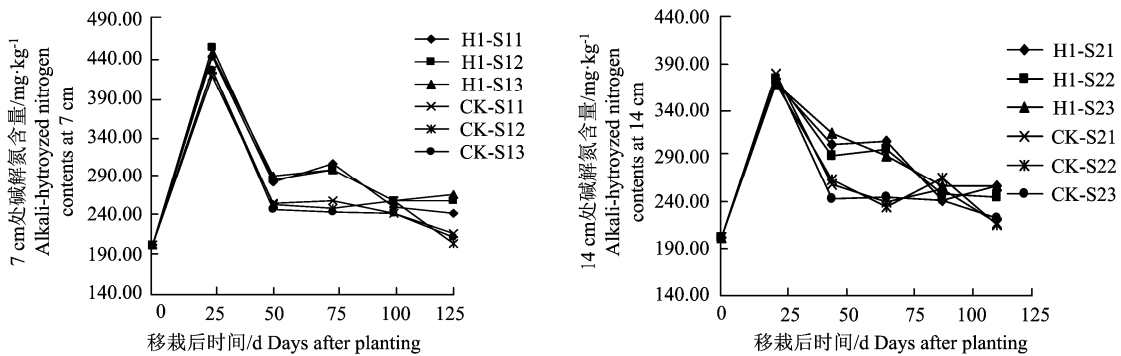


图 2 H1 与 CK 处理在不同深度土壤碱解氮的动态变化

Figure 2 Dynamic changes of soil alkali-hydrolyzed nitrogen at different depths of H1 and CK treatment

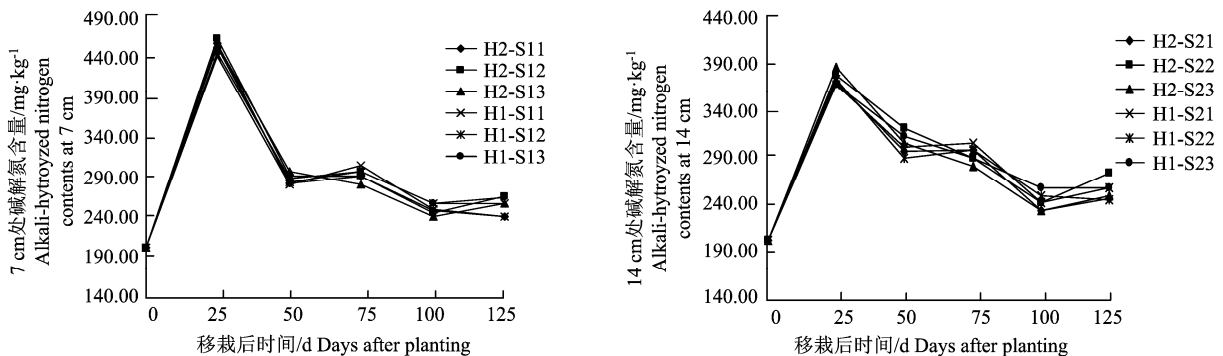


图 3 H1 与 H2 处理在不同深度土壤碱解氮的动态变化

Figure 3 Dynamic changes of soil alkali-hydrolyzed nitrogen at different depths of H1 and H2 treatment

**2.1.4 当地常规生产肥料处理距施肥中心点不同深度土壤碱解氮的动态变化** 在烤烟栽后 25 d (表 6), 距施肥中心点 7 cm 处, CK 处理 3 个土层深度土壤碱解氮大幅上升, 0~20 cm, 20~40 cm 和 40~60 cm 碱解氮比初始增幅分别为 109.2%、113.1% 和 113.5%。栽后 50 天大幅下降, 比栽后 25 d 时下降, 降幅分别为 39.5%、40.6% 和 42.6%。之后, 3 个土层深度土壤碱解氮总体上呈下降; 栽后 25、50、75、100 和 125 d 的变异系数分别为 1.1%、1.9%、3.1%、3.9% 和 3.0%, 均为弱变异强度。距施肥中心点 14

cm 处, 栽后 25 天, 3 个深度土壤碱解氮大幅上升, 0~20 cm, 20~40 cm 和 40~60 cm 碱解氮比初始增幅分别为 89.2%、84.6% 和 87.1%, 栽后 50 d 比栽后 25 d 时分别下降, 降幅分别为 32.0%、28.6% 和 35.3%; 栽后 25、50、75、100 和 125 d 的变异系数分别为 1.2%、4.3%、2.5%、4.8% 和 1.7%, 也均为弱变异强度。CK 处理无论垂直方向还是水平方向土壤碱解氮均是在栽后 0~25 d 呈上升趋势, 之后呈逐渐下降趋势。栽后 25 d 水平方向上距施肥中心点 7 cm 处 3 个土层土壤碱解氮上升幅度较明显高于

14 cm处, 距施肥中心点 7 cm和 14 cm处垂直方向的土壤碱解氮差异较小。栽后 50 d 之后无论垂直方向还是水平方向土壤碱解氮均差异较小。

## 2.2 H<sub>2</sub>、H<sub>1</sub> 与 CK 处理距施肥中心点不同深度土壤碱解氮的动态变化比较

H<sub>2</sub> 与 CK 处理距施肥中心点 7 cm处土壤碱解氮的变化均在栽后 0~25 d 呈现呈上升趋势, 之后下降(图 1)。栽后 25、50、75、100 和 125 d H<sub>2</sub> 处理土壤碱解氮比 CK 处理分别平均高 37.9、39.8、38.6、-1.2 和 44.0 mg·kg<sup>-1</sup>。H<sub>2</sub> 与 CK 处理 14 cm处的碱解氮在栽后 0~25 d 呈上升趋势, 之后逐渐下降。栽后 25、50、75、100 和 125 天 H<sub>2</sub> 处理土壤碱解氮比 CK 处理分别平均高 5.3、53.3、49.8、-17.9 和 37.3 mg·kg<sup>-1</sup>。除栽后 100 d 外, 说明 H<sub>2</sub> 处理肥料氮素释放量比 CK 处理大。

H<sub>1</sub> 与 CK 处理距施肥中心点 7 cm处土壤碱解氮栽后 0~25 d 呈上升趋势, 之后逐渐下降(图 2); 栽后 25、50、75、100 和 125 天 H<sub>1</sub> 处理碱解氮比 CK 分别平均高 25.1、33.9、50.9、8.1 和 43.9 mg·kg<sup>-1</sup>。H<sub>1</sub> 与 CK 处理 14 cm处的碱解氮在栽后 0~25 d 呈上升趋势, 之后逐渐下降; 栽后 25、50、75、100 和 125 天 H<sub>1</sub> 处理碱解氮比 CK 处理分别平均高-3.5、46.6、57.7、-4.1 和 34.1 mg·kg<sup>-1</sup>。除栽后 25 d 和 100 d 外, 说明 H<sub>1</sub> 处理肥料氮素释放量比 CK 处理稍大。

H<sub>1</sub> 与 H<sub>2</sub> 处理距施肥中心点 7 cm处土壤碱解氮在栽后 0~25 d 呈上升趋势, 之后逐渐下降(图 3); 栽后 25、50、75、100 和 125 d H<sub>1</sub> 处理 7 cm处土壤碱解氮比 H<sub>2</sub> 分别平均高 12.8、5.9、-12.3、-9.2 和 0.1 mg·kg<sup>-1</sup>。距施肥中心点 14 cm处, H<sub>1</sub> 与 H<sub>2</sub> 土壤碱解氮均在栽后 0~25 天呈上升趋势, 之后逐渐下降; 栽后 25、50、75、100 和 125 天 H<sub>1</sub> 处理 14 cm处土壤碱解氮比 H<sub>2</sub> 分别平均高 8.8、6.7、-8.0、-13.7 和 3.2 mg·kg<sup>-1</sup>。因此, H<sub>1</sub> 与 H<sub>2</sub> 处理肥料中氮素释放差异小。

## 3 讨论与结论

有机无机复混肥是一种在常规无机肥料中通过添加有机肥料成分的肥料, 兼具无机肥和有机肥的优点, 对作物稳产, 提高肥料利用率<sup>[16-17]</sup>以及有效地对农业废弃物进行综合利用<sup>[18]</sup>。当前利用有机肥料为原料进行有机无机复混肥的研制及其在作物大田土壤开展了一些研究<sup>[19-24]</sup>。本研究表明, 从不施肥土壤碱解氮的变化规律来看, 在烤烟整个生育期内, 无论是垂直方向还是水平方向, 不施肥土壤碱解氮呈线性下降趋势, 说明在不施肥的条件下, 由

于不存在肥料释放的情况, 各个时期烟框内土壤各处有效氮含量几乎相当, 土壤碱解氮会随着烤烟对养分的吸收而下降。2:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥、1:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥和当地生产常规肥肥料处理的不同深度碱解氮无明显大小规律分布, 说明 3 种肥料在山地土壤中碱解氮扩散迁移分布较均匀。从不同肥料在垂直方向上不同深度土壤碱解氮的变化规律来看, 无论距施肥中心点 7 cm处还是 14 cm处, 在同一取样时期, 2:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥、1:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥和当地生产常规肥处理在垂直方向上 3 个不同深度土壤碱解氮差异不明显, 说明肥料中养分溶解后由施点随着水分在土壤中下渗和上升而较快扩散迁移, 在 0~60 cm土层内最短 25 天内就能均匀分布, 因此, 施肥深度在 20 cm能较好地满足烤烟根系对养分的吸收需求。从不同肥料在水平方向上土壤碱解氮的变化规律来看, 在栽后 50 d 之前, 2:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥、1:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥和当地生产常规肥 3 种处理中氮素由施肥中心点水平方向上随着土壤水分径流, 距离施肥点越近土壤碱解氮越高, 且有机无机复混肥比复合肥处理差异大, 说明有机无机复混肥中的氮素在水平方向上扩散迁移速度比复合肥氮素慢。从不同肥料施肥区外氮素释放差异比较, 烤烟栽后 0~125 d, 2:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥、1:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥和当地生产常规肥 3 种处理肥料中氮素释放规律相似, 土壤碱解氮均在栽后 0~25 d 大幅上升, 栽后 25~50 d 明显下降, 之后缓慢下降。施肥区外氮素释放强度表现为 H<sub>1</sub>≈H<sub>2</sub>>CK, H<sub>1</sub>、H<sub>2</sub> 比 CK 整个烤烟生育期土壤碱解氮分别平均增高 29.3 和 28.7 mg·kg<sup>-1</sup>, 平均增幅为 10.9%和 10.7%。可见, 有机无机复混肥的氮素比复合肥的容易释放, 且强度高, 此结果与周毅等<sup>[25]</sup>的研究结果不同, 可能因为虽然同为有机无机复混肥, 但不同配方肥料对于养分释放的影响不一, 在本试验中, 2:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥、1:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥和当地生产常规肥 3 个处理无机氮用量相同, 但由于有机无机复混肥的有机肥含有机氮, 2:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥和 1:1 有机无机复混肥作基肥+新追肥比当地生产常规肥的氮素施入量分别高 11.7%和 5.0%, 说明有一部分有机氮被矿化为无机氮, 这与邵丽等<sup>[26-27]</sup>研究结果是一致的。

综上, 在烤烟整个生育期内, 不施肥无论是垂直方向还是水平方向, 土壤碱解氮呈线性下降趋势。

在同一取样时期, 2:1 有机无机复混肥、1:1 有机无机复混肥和当地生产常规肥处理在垂直方向上 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 等 3 个不同深度土壤碱解氮差异较小。有机无机复混肥中的氮素在水平方向上扩散迁移速度比复合肥氮素慢, 因此, 针对烤烟对氮素营养的需求规律, 有机无机复混肥的养分释放更适宜烤烟生长所需。

### 参考文献:

- [1] 李志宏,张云贵,刘青丽,等.烤烟氮素养分管理[M].北京:科学出版社,2016.
- [2] 郝福玲,王巧巧,袁玲玲,等.不同氮形态对草莓植株生长和果实品质的影响[J].安徽农业大学学报, 2018, 45(4): 762-767.
- [3] 王胜佳,王家玉,陈义.肥料和稻草氮利用率的三年定位研究[J].土壤通报, 2004, 35 (6): 763-767.
- [4] 南京农业大学.土壤农化分析第二版[M].北京:农业出版社,1992.
- [5] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法 [M].北京:中国农业科技出版,2000.
- [6] 徐明岗,李冬初,李菊梅,等.化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J].中国农业科学, 2008, 41(10): 3133-3139.
- [7] 李勇,沈家禾,白洁瑞,等.有机无机复混肥优化运筹对稻田肥力的影响[J].土壤通报,2017,48 (4) :860-868.
- [8] 黄安远,陆引,王家顺.有机-无机烟草专用肥的养分释放特点及效果[J].山地农业生物学报,2008,27 (1) :5-9.
- [9] 蒋小芳,罗佳,黄启为,等.不同原料堆肥的有机无机复混肥对辣椒产量和土壤生物性状的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14 (4) :766-773.
- [10] 盘欢,罗燕春,郑华,等.不同复混肥对木薯品质性状及产量的影响[J].南方农业学报,2013,44 (12) :2023-2026.
- [11] 罗佳,蒋小芳,孟琳,等.不同堆肥原料的有机无机复混肥对油菜生长及土壤供氮特性的影响[J].土壤学报,2010,47 (1) :97-107.
- [12] 郭汉清,谢英荷,洪坚平,等.煤基复混肥对复垦土壤养分、玉米产量及水肥利用的影响[J].水土保持学报, 2016, 30(2): 213-219.
- [13] 高菊生,黄品,董春华,等.长期有机无机肥配施对水稻产量及土壤有效养分影响[J].土壤学报,2014,51(2): 314-324.
- [14] 李勇,沈家禾,白洁瑞,等.有机无机复混肥优化运筹对稻田肥力的影响[J].土壤通报,2017,48 (4) :860-868.
- [15] 侯红乾,刘秀梅,刘光荣,等.有机无机肥配施比例对红壤稻田水稻产量和土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2011,44(3):516-523.
- [16] 尹云锋,蔡祖聪,钦绳武.长期施肥条件下潮土不同组分有机质的动态研究[J].应用生态学报,2005,16(5): 875-878.
- [17] JUN ZHAO, TIAN NI, YONG LI, et al. Responses of bacterial communities in arable soils in a rice- wheat cropping system to different fertilizer regimes and sampling times [J]. Plos One,2014,9(1):85301.
- [18] 陆海飞,郑金伟,余喜初,等.长期无机有机肥配施对红壤性水稻土微生物群落多样性及酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2015,21(3):632-643.
- [19] 陈煌.特制复混肥对高山烟区土壤特性和烤烟产质量的影响[D].福建:福建农林大学,2015.
- [20] 孙凯宁,于君宝,宁凯,等.棉秆还田和有机无机复混型肥料对蕾期棉花生长及氮肥利用率的影响[J].中国农学通报,2013,29(15):50-55.
- [21] 李冬初,李菊梅,徐明岗,等.有机无机肥配施对红壤稻田氮素形态及水稻产量的影响[J].湖南农业科学, 2004, 31(3): 23-25.
- [22] 商跃凤.有机无机复混肥对水稻氮素利用率的影响[J].西南农业大学学报,2001,23(3):262-266.
- [23] 张娟,沈其荣,张亚丽,等.施用预处理稻秆的土壤供氮特征及对冬小麦氮吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(1):24-28.
- [24] 周玲,张世熔,李婷,等.基于灰渣和猪粪制造的有机无机复混肥对土壤易变性有机碳的影响[J].农业环境科学学报, 2013, 32(11): 2231-2238.
- [25] 周毅,范东坡,赵艺,等.淹水条件下氨酸法生产颗粒有机无机复混肥养分缓释特性[J].土壤通报, 2012, 4(31): 156-162.
- [26] 邵丽,谷洁,张社奇.生物复混肥对土壤微生物群落功能多样性和微生物量的影响[J].中国生态农业学报, 2012, 20(6): 746-751.
- [27] 王飞,林诚,何春梅,等.不同有机肥对花生营养吸收、土壤酶活性及速效养分的影响[J].中国土壤与肥料, 2011(2): 57-62.