

温度和水分对典型香型烟区植烟土壤氮素矿化的影响^①

高真真¹, 段卫东², 胡坤¹, 王俊¹, 杨惠娟¹, 李洪亮³, 史宏志^{1*}

(1 河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地, 郑州 450002; 2 河南中烟工业有限责任公司, 郑州 450017;

3 许昌烟草公司襄县分公司, 河南许昌 461702)

摘要: 为探究典型香型烟区植烟土壤氮素矿化特征及其与温度和水分的关系, 采用室内培养试验研究了土壤温度(15、28、37℃)和土壤相对含水量(50%、65%、80%田间持水量)对云南大理、贵州毕节、河南许昌 3 个典型香型产区植烟土壤氮素矿化的影响。结果表明: 不同地区植烟土壤矿质氮和矿化速率变化规律与温度和水分密切相关。3 个产区植烟土壤的矿质氮含量和矿化速率均随着温度的升高而升高, 在同一温度条件下, 以土壤有机质含量较高的云南大理土壤矿化量较大, 有机质含量较低的河南许昌土壤矿化量较小。不同地区植烟土壤含水量与氮素矿化的关系不尽相同, 土壤相对黏重的贵州毕节土壤以 50% 田间持水量处理土壤氮素矿化量和矿化速率最大, 以 80% 田间持水量处理最不利于氮素矿化; 而质地相对较轻的河南许昌土壤和云南大理土壤均为在 65% 田间持水量条件下最有利于氮素矿化, 以 50% 田间持水量处理氮素矿化量较小。基于一级动力学方程的模拟, 3 个植烟土壤的潜在矿化氮库(N_0)都随温度的增加而提高, 总体以 28~37℃ 的培养温度较为适宜, 低于 15℃ 不利于土壤有机氮的矿化, 3 个植烟土壤的 N_0 以云南大理最高, 河南许昌最低; 土壤矿化速率常数(K)以云南大理最大。土壤相对含水量也对 N_0 有一定影响, 且土壤温度和含水量对不同土壤氮素矿化量和矿化速率均存在显著的互作影响, 合理调控土壤温度和土壤相对含水量, 可以有效调节不同生态烟区土壤氮素矿化动态变化。

关键词: 烟草; 土壤; 氮素矿化; 矿化速率; 温度; 水分

中图分类号: S152.3; S153.1 文献标识码: A

氮素对烟草体内重要代谢过程和形态建成具有重要作用^[1]。烟株吸收的氮素主要来源于土壤氮和当季施入的肥料氮, 土壤中的氮绝大部分以有机态氮的形式存在于土壤有机质中, 而大多数的植物所吸收利用的氮素主要是无机态的铵态氮和硝态氮。植烟土壤的供氮特性在一定程度上取决于土壤有机氮的矿化, 烟叶不同生育阶段土壤氮素的矿化能力以及变化特征对烟叶质量特色有重大的影响。据我国植烟土壤养分状况普查成果, 全国 50% 以上的植烟土壤有机质含量超过 25 g/kg, 加之烤烟生长期高温高湿的气候条件, 因此推测我国植烟土壤氮的矿化量可能较高, 对烟草氮素供应和品质形成将会产生重要影响^[2]。谷海红等^[3]研究了水稻土及红壤的供氮特性及与烤烟氮素营养的关系, 认为调节烤烟生长后期土壤氮素的供应是获得优质烟叶的关键。有研究表明, 烤烟生育期吸

收的大部分氮素都来自于土壤矿化氮, 随着生育期的推进, 烟叶吸收土壤氮的比例不断增加, 在打顶之前以肥料氮的吸收为主, 成熟期则是以土壤氮的吸收为主^[4], 因此认识不同土壤氮素矿化过程以及影响氮素矿化量的生态因子具有重要意义。土壤氮素矿化量与土壤质地、有机质含量、生物分解特性以及矿化的温度和水分条件等都有关^[5-6]。我国烟区分布广泛, 其中云南、河南和贵州是传统的清香型、浓香型和中间香型烤烟典型产区, 这些产区不仅气候条件迥异, 土壤理化性质差异也较大。为了探究不同烟区植烟土壤有机氮矿化的差异, 本研究分别选取了云南大理、河南许昌、贵州毕节烟区典型植烟土壤为研究对象, 采用室内培养法探讨了 3 个典型香型烟区土壤矿质氮和矿化速率与温度和水分的关系, 并用一级动力学模型模拟了土壤可矿化氮在不同温度和水分条件下随

基金项目: 国家烟草专卖局浓香型特色优质烟叶开发重大专项(110201101001(TS-01))和河南中烟工业有限责任公司特色烟叶开发项目资助。

* 通讯作者(shihongzhi88@163.com)

作者简介: 高真真(1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为烟草栽培生理。E-mail: 2411316935@qq.com

培养时间的变化规律,以为典型香型烟区烤烟合理施用氮肥、提高氮肥利用率、生产特色优质烤烟提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验的供试土壤为壤土、砂壤土、黏壤土,分别取自清香型代表产区云南大理的弥渡县、浓香型代表产区河南许昌的襄县和中间香型代表产区贵州毕节的七星关区。大理弥渡县属亚热带季风气候,年平均气温 15.1℃,主要植烟土壤为红壤土,多属微酸性至中性土壤,有机质含量丰富,采样烟田曾多年种植烟草,本季烤烟前作为豌豆;贵州毕节属

亚热带季风气候,年均温 12.8℃,植烟土壤以黄壤土为主,有机质含量较适宜,采样地为典型烟田,本季烤烟前作为玉米;河南许昌襄城县属暖温带季风气候,年平均气温 14.7℃,土壤为黄河沉积物发育的潮土,为中性至弱碱性土壤,有机质含量偏低,具有多年种烟历史,采样烟田前作为红薯。在采样地统一于烟株移栽前 5 d(翻整过的土地),按 S 形线路布点,共布置 5 个点作为一个混合样,采集 0~20 cm 土层的混合土壤样品。土壤经室内自然风干,去除石砾和动植物残体、根系等,磨细过 0.01 mm 筛。分别取 3 种土样的一部分,供理化性质测定,其余储存于 4℃ 冷藏柜,用于室内培养。供试土壤理化性质见表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性质
Table 1 Physiochemical properties of three tested soils

土样	质地	总氮(g/kg)	有机质(g/kg)	有效氮(mg/kg)	硝态氮(mg/kg)	pH	田间持水量(g/kg)
云南大理	壤土	2.05	35.55	138.43	20.94	6.38	266.5
贵州毕节	黏壤土	1.90	27.90	107.92	23.51	4.94	303.2
河南许昌	砂壤土	0.87	17.35	73.56	12.84	8.19	215.1

1.2 试验设计

试验分别在 3 种土壤上设置 3 个温度水平(15、28、35℃)和 3 个含水量水平(50%、65%、80% 田间持水量),共 27 个处理组合,每处理重复 3 次,分 5 个时间取样,共计 405 个培养样品。具体操作如下:选取 3 种不同类型的土壤,各称取过 0.01 mm 筛的风干土样 20.00 g 装入 100 ml 三角瓶中,分别按田间持水量的 50%、65% 和 80% 的质量分数加入蒸馏水来调节土壤含水量,并用保鲜膜封口,以保持空气畅通。多数试验表明保鲜膜具有适度的通气性,并能减少水分的传递^[7]。同时,设置培养箱温度分别为 15、28、37℃,将培养样品放置于培养箱中培养 35 d,每隔 7 d 取出一批土样,测定土壤中矿质氮含量。培养期间每隔 3 d 通过称重法补充瓶内水分。

1.3 分析项目及方法

土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 采用靛酚蓝比色法测定^[8];土壤 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 采用紫外分光光度法测定^[9]。

1.4 数据处理与分析

矿质氮含量= $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量 + $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量

矿化速率=(培养后矿质氮含量 - 培养前矿质氮含量)/ 培养时间

土壤氮矿化过程用一级反应动力学模型模拟^[10]: $\log(N_0-N_t)=\log N_0-K \times t / 2.303$ 。式中: N_t 是 t 时间内的累积矿化氮量(mg/kg); N_0 是潜在可矿化氮量,也称

氮矿化势(mg/kg); t 为培养时间(周); K 是矿化一级反应速率常数。

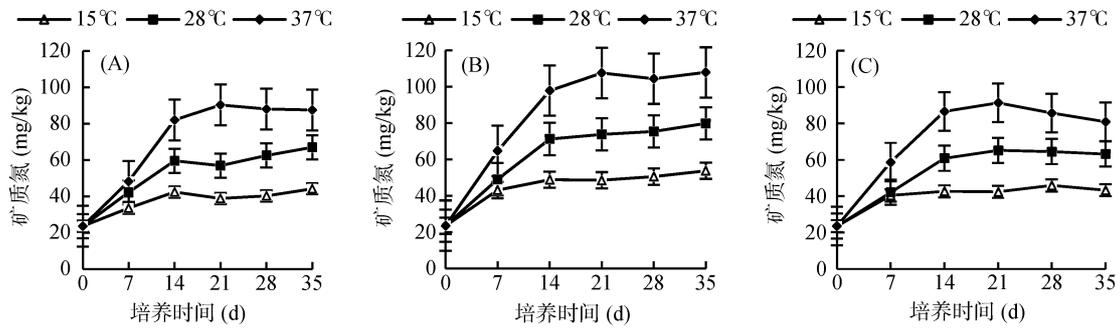
用 Excel 2013 对试验数据进行汇总计算、表格和图表的制作,采用 SPSS 22.0 软件中的 ANOVA 统计分析方法分别进行 3 个植烟区矿质氮含量的差异分析,用 LSD 多重比较对不同温度、湿度处理进行差异显著性检验,并针对二者在不同培养时间下的矿质氮含量进行交互分析。

2 结果与分析

2.1 云南大理植烟土壤氮素矿化与温度和水分的关系

2.1.1 土壤矿质氮含量 由图 1 可以看出,大理植烟土壤中的矿质氮含量随着温度的增加而明显升高。当土壤水分从 50% 田间持水量增加至 65% 时,矿质氮的含量有所升高,当达到 80% 田间持水量时,矿质氮含量反而下降,这可能是由于土壤水分含量升高,土壤中的氧气含量降低,从而导致厌氧细菌如反硝化细菌的作用加强,使土壤中的部分无机氮以气体散失^[11-12]。

表 2 所示为不同处理云南大理植烟土壤累积矿质氮含量差异分析。方差分析的结果表明,温度和土壤水分对大理植烟土壤矿质氮含量均有极显著的影响,且二者存在显著的交互作用,随着培养时间的延长,两者交互作用越来越明显。



(图 A、B、C 分别表示 50%、65%、80% 田间持水量)

图 1 温度和水对云南大理植烟土壤矿质氮含量的影响

Fig.1 Effects of temperature and moisture on mineralized nitrogen content of tobacco planting soil in Dali

表 2 云南大理植烟土壤矿质氮含量差异分析

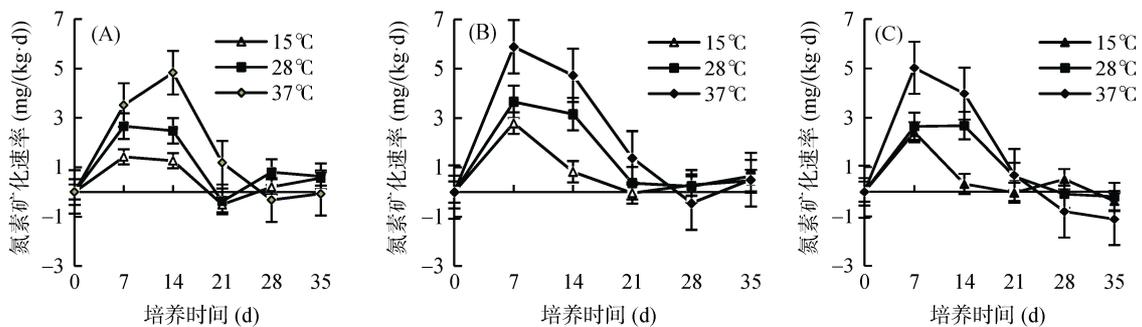
Table 2 Analysis on difference in mineralized nitrogen content of tobacco planting soil in Dali

源	自由度	P				
		培养 7 d	培养 14 d	培养 21 d	培养 28 d	培养 35 d
温度	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
水分	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
温度×水分	4	0.047	0.012	0.004	< 0.001	< 0.001

2.1.2 土壤氮素矿化速率 由图 2 可以看出，土壤氮素矿化速率整体都是随着温度的升高而升高。65%、80% 田间最大持水量条件下土壤氮素矿化速率在培养第 7 天时到达峰值，而 50% 田间持水量条件下在培养第 14 天时达到峰值。土壤水分含量由 50% 田间持水量增加至 65% 时，不同温度下的矿化速率均表现增加，当水分含量增加至 80% 田间持水量时，土壤氮素矿化速率反而降低，且 3 个水分条件下的土壤氮素矿化速率都在培养后期出现了负增长。随着水分含量的增加，土壤氮矿化表现出先增加后降低的趋势，表明在一定范围内，土壤含水量增大对氮素矿化越有利，超过一定范围后，土壤水分含量增加不利于土壤的氮素矿化。在此次培养

试验中，以 65% 田间持水量对云南大理植烟土壤氮素矿化最有利。

2.1.3 土壤氮素矿化势与矿化速率常数 从一级动力学方程的模拟值来看(表 3)，云南大理植烟土壤的 N_0 值整体都随着温度的上升不断增加，表现为 37°C 时最高，15°C 时最低，而土壤水分对 N_0 值的影响不明显。云南大理植烟土壤氮素的矿化速率常数 K 在土壤含水量为 65% 田间持水量、温度为 37°C 时达到最大，为 0.804 2，此时可矿化氮库与时间的相关性较高，规律性较强。当土壤含水量为 80% 田间持水量时，云南大理土壤氮素的矿化速率常数 K 在不同温度条件下均较低，且可矿化氮库与时间的相关性较低，其他条件下的 K 值变化不明显。



(图 A、B、C 分别表示 50%、65%、80% 田间持水量)

图 2 温度和水对云南大理植烟土壤氮素矿化速率的影响

Fig.2 Effects of temperature and moisture on mineralization rate of tobacco planting soil in Dali

表 3 不同温湿度下培养 5 周期间云南大理植烟土壤累积矿化氮变化的一级动力学方程模拟值

Table 3 Estimated parameters of first-order kinetic model simulating N mineralization dynamics of tobacco planting soil in Dali incubated in five weeks under different temperatures and moistures

土壤水分	温度(°C)	氮矿化势 N_0 (mg/kg)	氮矿化速率常数 K (周 ⁻¹)	R^2
50% 田间持水量	15	25.252 5	0.279 1	0.738 4
	28	49.396 9	0.387 8	0.921 7
	37	90.991 3	0.260 2	0.769 6
65% 田间持水量	15	32.258 1	0.469 4	0.909 6
	28	62.805 8	0.434 3	0.933 7
	37	85.980 5	0.804 2	0.850 9
80% 田间持水量	15	32.658 8	0.168 8	0.626 9
	28	49.865 5	0.346 4	0.752 5
	37	87.719 3	0.219 7	0.539 0

2.2 贵州毕节植烟土壤氮素矿化与温度和水分的关系

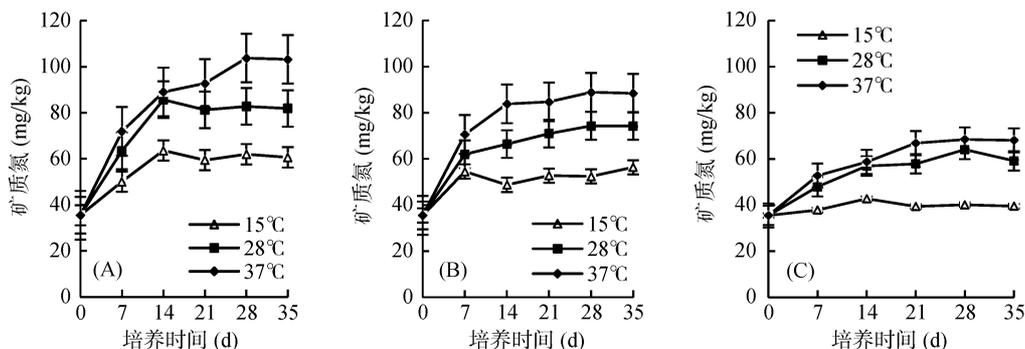
2.2.1 土壤矿质氮含量 图 3 显示贵州毕节植烟土壤矿质氮含量随培养温度的增加而增大，且在 3 个不同水分条件下，矿质氮含量随着水分的升高而降低，以 50% 田间持水量最佳。

由表 4 可知，温度和水分对贵州毕节植烟土壤矿质氮含量影响均达到显著水平，多数情况下两者对矿质氮含量有明显的交互作用。

2.2.2 土壤氮素矿化速率 由图 4 可以看出，贵州毕节植烟土壤氮素矿化速率整体都呈现先增加后降低的趋势，且都随着温度的升高而增加，随着水分的增加而下降，各处理都在培养第 7 天时达到峰值，以

80%田间持水量下的氮矿化速率速率最小，并与其他两个水分处理差距较大，其他各处理间差距不明显。

2.2.3 土壤氮素矿化势与矿化速率常数 从表 5 可以看出，贵州毕节植烟土壤的氮矿化势(N_0)整体随温度的升高不断增加，以 37°C 时最高，当温度处于 15°C 时，各条件下的累计矿化氮量与培养时间的相关性较小，且 N_0 值较低。当培养温度相同时，贵州毕节植烟土壤的 N_0 值随着土壤相对含水量的增加不断降低，大小顺序为 50% 田间持水量>65% 田间持水量>80% 田间持水量。氮矿化速率常数(K)在土壤含水量为 80% 田间持水量、温度为 15°C 时最小，为 0.092 1；在土壤含水量为 50% 田间持水量、温度 37°C 时最大，为 0.511 7；整体随着温度的升高不断增加。



(图 A、B、C 分别表示 50%、65%、80% 田间持水量)

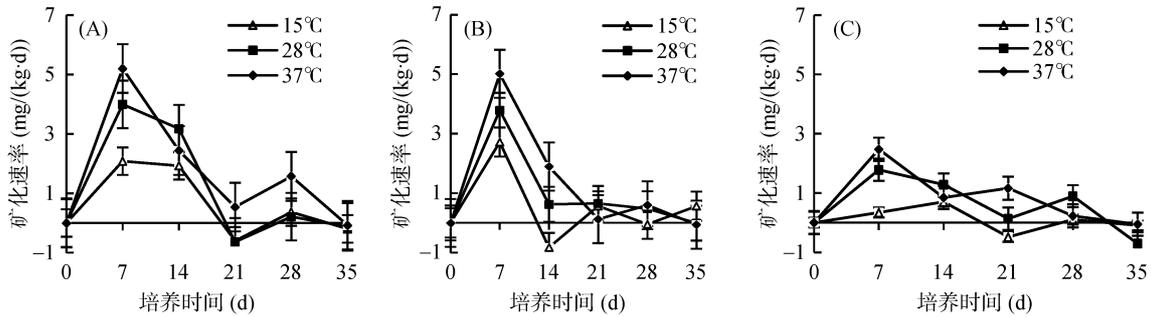
图 3 温度和水分对贵州毕节植烟土壤矿质氮含量的影响

Fig.3 Effects of temperature and moisture on mineralized nitrogen content of tobacco planting soil in Bijie

表 4 贵州毕节植烟土壤矿质氮含量差异分析

Table 4 Analysis on difference in mineralized nitrogen content of tobacco planting soil in Bijie

源	自由度	P				
		培养 7 d	培养 14 d	培养 21 d	培养 28 d	培养 35 d
温度	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
水分	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
温度×水分	4	0.027	< 0.001	0.240	< 0.001	0.001



(图 A、B、C 分别表示 50%、65%、80% 田间持水量)

图 4 温度和水分对贵州毕节植烟土壤矿化速率的影响

Fig.4 Effects of temperature and moisture on mineralization rate of tobacco planting soil in Bijie

表 5 不同温湿度下培养 5 周期间贵州毕节植烟土壤累积矿化氮变化的一级动力学方程模拟值

Table 5 Estimated parameters of first-order kinetic model simulating N mineralization dynamics of tobacco planting soil in Bijie incubated in five weeks under different temperatures and moistures

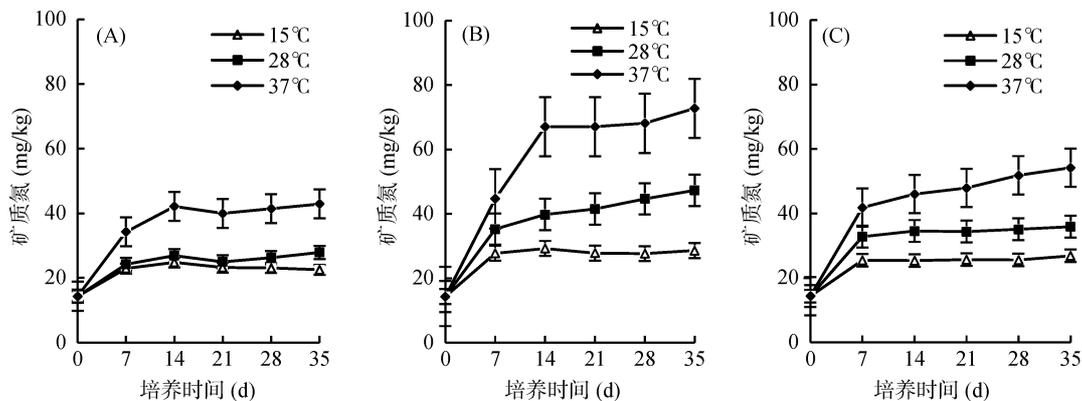
土壤含水量	温度(°C)	氮矿化势 N_0 (mg/kg)	氮矿化速率常数 K (周 ⁻¹)	R^2
50% 田间持水量	15	35.971 2	0.229 1	0.559 3
	28	63.694 3	0.244 8	0.591 0
	37	65.993 3	0.511 7	0.948 3
65% 田间持水量	15	21.894 0	0.406 5	0.547 8
	28	43.668 1	0.433 0	0.960 3
	37	63.291 1	0.350 5	0.845 9
80% 田间持水量	15	8.646 0	0.092 1	0.075 0
	28	38.621 0	0.219 5	0.713 0
	37	38.080 3	0.419 4	0.921 9

2.3 河南许昌植烟土壤氮素矿化与温度和水分的关系

2.3.1 土壤矿质态氮含量 图 5 显示河南许昌植烟土壤矿质氮含量随着温度的增加而增加。当土壤水分含量由 50% 田间持水量增加至 65% 时，各温度下的矿质氮含量达到最大。同一温度处理下，不同水分条件下培养结束时矿质氮含量总体表现为 65% 田间持水量 > 80% 田间持水量 > 50% 田间持水量。

由表 6 可以看出，温度和水分对河南许昌植烟土壤矿质氮含量均有显著影响，且温度和水分条件对矿质氮含量的影响有明显的交互作用。

2.3.2 土壤氮素矿化速率 从图 6 中可以看出，培养前期(0~14 d)，河南许昌植烟土壤氮素矿化速率较大，且随着培养时间增加呈现先升高后降低的变化，培养 14 d 以后，土壤氮素矿化速率较低，且趋于稳定。不同温度对土壤氮素矿化速率的影响表现为：培



(图 A、B、C 分别表示 50%、65%、80% 田间持水量)

图 5 温度和水分对河南许昌植烟土壤矿质氮含量的影响

Fig. 5 Effects of temperature and moistures on mineralized nitrogen content of tobacco planting soil in Xuchang

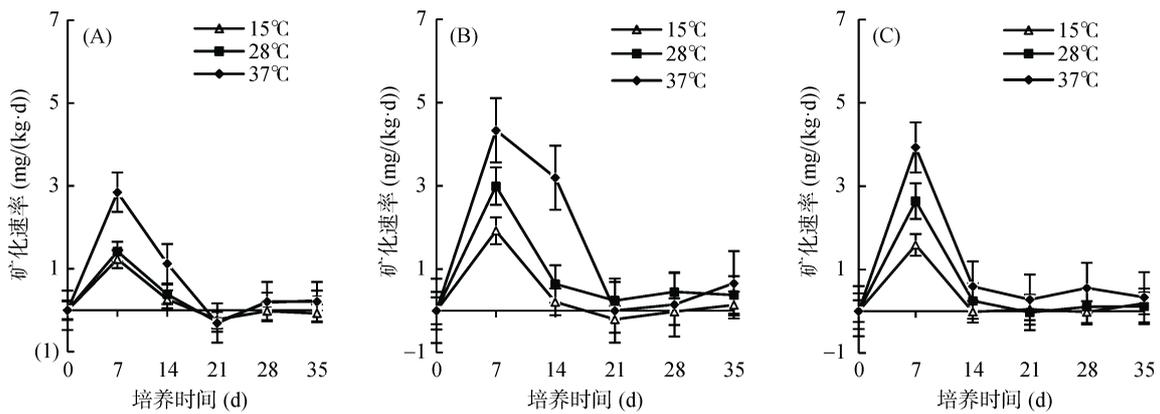
表 6 河南许昌植烟土壤矿质氮含量差异分析
Table 6 Analysis on difference in mineralized nitrogen content of tobacco planting soil in Xuchang

源	自由度	P				
		培养 7 d	培养 14 d	培养 21 d	培养 28 d	培养 35 d
温度	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
水分	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
温度×水分	4	0.013	0.022	0.009	< 0.001	0.004

养前期,培养温度增加,土壤氮素矿化速率明显增大,后期各温度处理下氮素矿化速率受温度影响不大。水分条件对氮素矿化速率也有较大影响,在此次培养水分条件下表现为:65%田间持水量时氮素矿化速率高于80%田间持水量条件下,50%田间持水量条件下氮素矿化速率最低。

2.3.3 土壤氮素矿化势与矿化速率常数 表 7 显

示,河南许昌植烟土壤的 N_0 值随着温度的增加不断增大。当土壤含水量为 65% 田间持水量时 N_0 最大,50% 田间持水量时 N_0 最小。当土壤含水量为 50% 田间持水量、温度为 15℃ 时,河南许昌植烟土壤的氮矿化速率常数 K 以及 N_0 均达到最小,此时可矿化氮库与时间的相关性最低,最不利于土壤有机氮的矿化,其他条件的 K 值变化不明显。



(图 A、B、C 分别表示 50%、65%、80% 田间最大持水量)

图 6 温度和水分对河南许昌植烟土壤矿化速率的影响

Fig. 6 Effects of temperature and 50%, 65%, 80% soil moistures on mineralization rate of tobacco planting soil in Xuchang

表 7 不同温湿度下培养 5 周期间河南许昌植烟土壤累积矿化氮变化的一级动力学方程模拟值

Fig. 7 Estimated parameters of first-order kinetic model simulating N mineralization dynamics of tobacco planting soil in Xuchang incubated in five weeks under different temperatures and moisture

土壤含水量	温度(℃)	氮矿化势 N_0 (mg/kg)	氮矿化速率常数 K (周 ⁻¹)	R^2
50% 田间持水量	15℃	12.021 0	0.147 6	0.173 5
	28℃	14.064 9	0.514 5	0.732 0
	37℃	31.847 0	0.390 1	0.741 5
65% 田间持水量	15℃	15.940 0	0.511 7	0.483 1
	28℃	35.461 0	0.476 0	0.960 3
	37℃	63.095 7	0.479 7	0.889 5
80% 田间持水量	15℃	12.909 7	0.517 0	0.729 6
	28℃	21.834 1	0.725 2	0.874 2
	37℃	41.841 0	0.543 7	0.957 0

3 讨论

本试验研究表明,3 个典型香型烟区植烟土壤的矿质氮含量、矿化速率整体都随着温度的升高而相应

的升高,这与巨晓棠和李生秀^[13]及 Loiseau 和 Soussana^[14]的研究结论相似。相同的温度下,3 个烟区不同水分梯度下土壤的矿质氮含量、矿化速率、硝化速率不尽相同,云南大理和河南许昌都表现为在

50%、65%、80% 田间持水量条件下,随着含水量的增加先增大后减小;贵州毕节在 50%、65%、80% 田间持水量条件下,随着含水量的增加逐渐降低。这与赵琦齐等^[15]、王常慧等^[16]的大部分研究结果一致,部分不一致的原因可能与这 3 个烟区植烟土壤本身的理化性质有关。Stanford 和 Epstein^[17]研究发现,氮素进行硝化作用的最适土壤含水量为饱和含水量的 50% ~ 60%,当低于 30% 或高于 70% 时硝化作用明显下降。在本试验中,3 个典型香型烟区的最适含水量以河南和云南相对较高,贵州相对较低,这可能与土壤质地密切相关,所测试的贵州毕节土壤黏性较强,氮素矿化对土壤通透性要求更高,含水量过高不利于氮素矿化。在质地较轻、通透性相对较好的土壤上更要注意保持适宜的含水量,特别是烟叶生长前期干旱对土壤氮素矿化十分不利,易造成前期氮代谢偏弱,后期供氮能力过强,不利于烟叶成熟落黄。

在土壤培养试验过程中,不同烟区植烟土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量表现出一个共同的变化趋势,随着培养时间的增加, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量呈速增、平缓、速降,最终稳定在一个较低水平。在不同烟区土壤中,以贵州毕节植烟土壤矿化过程中能够产生的最大 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量最高,其次为云南大理植烟土壤,而 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量则随着培养时间的延长整体呈现上升的趋势,培养结束时 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量为云南大理>贵州毕节>河南许昌。在本试验中河南许昌植烟土壤的 pH 值最高,这与赵长盛等^[18]及田茂洁^[19]所认为的土壤中较高的 pH 有利于氮素的矿化,特别是 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量随着 pH 的增加而呈现线性增加的观点不符,可能是因为这 3 个地区植烟土壤的有机质含量不同,且云南大理的有机质含量最高,有机氮源丰富,土壤生物活性较高,因而在相同温度条件下土壤矿化能力较强。在土壤培养过程中矿质氮含量的变化趋势与 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 变化趋势一致,3 个典型香型烟区的无机氮形态以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 为主,研究结果与内蒙古典型温带草原土壤氮矿化作用的研究结果相符^[20],即这 3 个地区氮矿化的变化主要表现为 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变异。这可能与 3 个地区植烟土壤有机质含量、微生物种类以及植被类型有关^[21-23]。

温度、湿度及其交互作用与氮矿化有显著的相关性,在一定范围内,高温会引起微生物种类、数量及活性的增加,而低温和干燥对微生物种类、数量及活性有限制作用,反映在季节变化上尤其明显。因此,在施用氮肥时,应根据不同地区的水热条件和土壤有机氮库,合理计算施用量,既保证土壤对生物的供氮能力,又不致于影响环境^[19]。本次研究中,室内培

养结束时,3 种典型香型烟区植烟土壤的有效氮含量为云南大理>贵州毕节>河南许昌,这与矿质氮含量变化相符,同时显示出云南大理植烟土壤中,土壤肥力及可供烟株吸收利用的有效氮含量丰富。河南许昌是典型的浓香型烤烟产区,其气候特点是中后期降雨量较多,温度高,相对于烟叶后期温度较低的云南、贵州土壤更有利于土壤氮素矿化,因此应特别注意调节土壤氮素的动态供应,通过提高土壤通气性,调节土壤 pH 和土壤中的温度和水分促进前期烟叶对氮素的吸收,减少后期氮素供应,促进烟叶成熟落黄和香气物质形成,提高烟叶品质^[4]。贵州毕节的黏壤土因为其保水持肥能力较强,因此要特别注意其水分的调控,防止水分含量过高影响土壤的氧分压,导致土壤中的氧气含量越来越低抑制了氨化作用细菌的活性,从而降低土壤的矿化。

从一级动力学方程的模拟值可以看出,28 ~ 37℃ 是这 3 个植烟地区土壤氮素矿化的适宜温度,温度过低(<15℃)则不利于土壤中易分解有机氮矿化。因 3 个植烟地区的矿化速率常数变化不明显,因此 N_0 越大土壤氮素供应强度越大。

不同香型风格的烟区生态条件迥异,其中气候因素对烟叶香型等风格特色的形成起决定作用,土壤因素如 pH、有机质含量等则对烟叶质量影响较大,并对风格特色起修饰作用,也直接影响烟叶特色的彰显程度。本试验所测试的 3 大典型香型植烟土壤条件有显著差异,土壤氮素矿化特性不尽相同,根据优质烟叶形成规律,改善土壤条件,促进土壤氮素及时矿化,保证土壤氮素合理供应,是促进优质特色烟叶生产的重要途径。

4 结论

温度和湿度对 3 个典型香型烟区植烟土壤氮矿化的影响显著,在 15 ~ 37℃ 范围内温度越高, N_0 越大,矿化作用越强,3 个地区均以 28 ~ 37℃ 较为适宜,低于 15℃ 则不利于可矿化氮库的积累,同时矿化速率常数(K)在云南大理达到最大,其他地区变化不明显。同一温度不同水分梯度下,云南大理和河南许昌植烟土壤矿质氮、矿化速率均是在 65% 田间持水量条件下最高,贵州毕节植烟土壤氮素矿化作用最适宜水分含量为 50% 田间持水量。土壤温度和水分对土壤矿化存在交互作用。室内培养结束时,3 个不同植烟土壤的 N_0 值以及矿质氮含量均为云南大理>贵州毕节>河南许昌,而有效氮含量的变化与其相符,显示出云南大理植烟土壤中,土壤肥力及可供烟株

吸收利用的有效氮含量丰富；贵州毕节的黏壤土因其持水保肥能力好，应特别注意保持良好的土壤通透性；河南许昌砂壤土则要注意氮素运筹，减少后期氮素供应。

参考文献：

- [1] 谢会雅, 朱列书, 赵松义. 不同施氮量对烤烟干物质积累的影响[J]. 作物研究, 2007, 21(1): 22-23, 27
- [2] 袁磊, 李文周, 陈文伟, 等. 戴云山自然保护区森林土壤氮转化特点研究[J]. 土壤, 2017, 49(2): 240-247
- [3] 谷海红, 焦永鸽, 刘宏斌, 等. 不同来源氮素在烤烟体内的累积分配及对烟叶品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 183-190
- [4] 龙世平, 李宏光, 曾维爱, 等. 湖南省主要植烟区域土壤有机氮矿化特性研究[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(3): 6-9
- [5] 张云舒, 刘骅, 王西和, 等. 灰漠土长期试验地氮素矿化和硝化作用的特征[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(4): 700-703
- [6] 李辉信, 胡锋, 刘满强, 等. 红壤氮素的矿化和硝化作用特征[J]. 土壤, 2000, 32(4): 194-197, 214
- [7] 周才平, 欧阳华, 刘金福. 温度和湿度对暖温带落叶阔叶林土壤氮矿化的影响[J]. 植物生态学报, 2001, 25(2): 204-209
- [8] 詹晓燕, 刘臣辉, 范海燕, 等. 水体中氨氮测定方法的比较—纳氏试剂光度法、靛酚蓝比色法[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(11): 132-134, 131
- [9] 曹秀云, 谢茜. 如何利用紫外分光光度法测定水中硝酸根离子[J]. 硅谷, 2014, 7(5): 72-73
- [10] 刘荣琴, 钱林波, 晏井春, 等. pH 及共存金属离子对生物炭吸附铅稳定性的影响[J]. 土壤, 2017, 49(3): 467-475
- [11] Aulakh M S, Doran J W, Walters D T, et al. Legume residue and soil water effects on denitrification in soils of different textures [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1991, 23(12): 1161-1167
- [12] Rice C, Sierzeza P, Tiedje J, et al. Stimulated denitrification in the microenvironment of a biodegradable organic waste injected into soil. Soil Science Society of America Journal, 1988, 52(1): 102-108
- [13] 巨晓棠, 李生秀. 土壤氮素矿化的温度水分效应[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 37-42
- [14] Loiseau P, Soussana J F. Effects of elevated CO₂ temperature and N fertilization on nitrogen fluxes in a temperate grassland ecosystem[J]. Global Change Biology, 2000, 6(8): 953-965
- [15] 赵琦齐, 沈玉娟, 李平, 等. 温度对太湖湖滨带不同水分梯度土壤氮矿化的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011, 35(6): 147-150
- [16] 王常慧, 邢雪荣, 韩兴国. 温度和湿度对我国内蒙古羊草草原土壤净氮矿化的影响[J]. 生态学报, 2004, 24 (11): 2472-2476
- [17] Stanford G, Epstein E. Nitrogen Mineralization-Water Relations in Soils [J]. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1974, 38(1): 289-299
- [18] 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
- [19] 田茂洁. 土壤氮素矿化影响因子研究进展[J]. 西华师范大学学报(哲学社会科学版), 2004, 25(3): 298-303
- [20] Biondini M E, Patton B D, Nyren P E. Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixed-grass prairie, USA[J]. Ecol. Appl., 1998, 8(2): 469-479
- [21] 陈贵, 施卫明, 赵国华, 等. 太湖地区主栽高产水稻品种对土壤和肥料氮的利用特性研究[J]. 土壤, 2016, 48(2): 241-247
- [22] 宋攀, 于彩莲, 刘智蕾, 等. 阶段培养法测定稻田氮素矿化量的效果评价[J]. 土壤学报, 2017, 54(3): 775-784
- [23] 李昌明, 王晓玥, 孙波. 不同气候和土壤条件下秸秆腐解过程中养分的释放特征及其影响因素[J]. 土壤学报, 2017, 54(5): 1206-1217

Effects of Temperature and Moisture on Soil Nitrogen Mineralization in Typical Aroma Tobacco-growing Areas

GAO Zhenzhen¹, DUAN Weidong², HU Kun¹, WANG Jun¹, YANG Huijuan¹,
LI Hongliang³, SHI Hongzhi^{1*}

(1 *National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China*; 2 *China Tobacco Henan Industrial Limited Corporation, Zhengzhou 450017, China*; 3 *Xiangxian County Branch of Xuchang Tobacco Company, Xuchang, Henan 461702, China*)

Abstract: In order to explore the characteristics of nitrogen mineralization in tobacco planting soil and its relationship with temperature and water, effects of the soil temperature (15, 28, 37 °C) and the relative water content (50%, 65%, 80% field capacity) on nitrogen mineralization of tobacco growing soils in three typical aromatic producing areas of Dali, Bijie and Xuchang were studied in laboratory culture. The results showed that soil mineral nitrogen and nitrogen mineralization rate were closely related with temperature and moisture, sharing the increasing trend with temperature increasing. Under the same temperature, nitrogen mineralization was the highest for soil in Dali due to its highest SOM content, while nitrogen mineralization was the lowest for soil in Xuchang due to its lowest SOM content. The relationship between soil moisture and nitrogen mineralization were different in the three different ecological areas, the clayey soil in Bijie had the highest and lowest nitrogen mineralization and mineralization rate under 50% and 80% field capacity, respectively, meanwhile, the coarse-textured soils in Xuchang and Dali had the highest and lowest nitrogen mineralization under 65% and 50% field capacity, respectively. Based on the simulation of first-order kinetic equation, the potential mineralized nitrogen pools (N_0) of three soils increased with the increase of temperature. Generally, 28–37°C was more suitable for nitrogen mineralization while temperature below 15°C was uncondusive to nitrogen mineralization. N_0 was the highest for soil in Dali but the lowest for soil in Xuchang while nitrogen mineralization rate constant (K) was the highest for soil in Dali. Soil moisture also had a certain impact on N_0 , and the above results showed that soil temperature and moisture have significant interaction on nitrogen mineralization and mineralization rate, thus, reasonable regulation of soil temperature and moisture can effectively control the dynamic changes of soil nitrogen mineralization in different ecological tobacco-planting areas.

Key words: Tobacco; Soil; Nitrogen mineralization; Mineralization rate; Temperature; Moisture