

植烟土壤养分和土壤酶活性的典型相关分析

康雪莉¹, 韩富根^{1*}, 王 涵¹, 王利超¹, 邱宝平², 刘晓旭², 武丹凤¹

(1. 河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002; 2. 红塔辽宁烟草有限责任公司, 辽宁 沈阳 110002)

摘要: 为探讨烟草土壤养分与土壤酶活性形成的关系, 采用典型相关分析方法, 研究了吉林省延边烟区 3 种主要植烟土壤类型(暗棕壤、黑砂土和白浆土)土壤养分和土壤酶活性之间的关系。结果表明: 暗棕壤最适合烟株生长, 黑砂壤次之, 白浆土最差; 过氧化氢酶活性和蔗糖转化酶活性与速效钾含量呈正相关, 过氧化氢酶活性与 pH 值呈正相关关系。适当提高延边植烟土壤钾肥含量有助于调控和改善土壤肥力状况, 为延边烟草生长提供一个优良的土壤生态条件。

关键词: 土壤养分; 土壤酶; 典型相关分析; 烟草; 土壤类型

中图分类号: S154 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2013)07-0052-05

Correlation Analysis between Soil Nutrient and Soil Enzyme Activity of Flue-cured Tobacco Region

KANG Xue-li¹, HAN Fu-gen^{1*}, WANG Han¹, WANG Li-chao¹, QIU Bao-ping²,
LIU Xiao-xu², WU Dan-feng¹

(1. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Hongta Liaoning Tobacco Limited Liability Company, Shenyang 110002, China)

Abstract: Canonical correlation analysis was applied to determine the relationship between soil nutrient and soil enzyme activity of Yanbian flue-cured tobacco region in three distinct soils (dark brown soils, black sandy soils, and Baijiang soils) in Jilin province, China. The rhizosphere and non-rhizosphere soil were simultaneously sampled five times at interval of 20 days during the whole growth period, and then soil nutrient and soil enzyme activity were measured. The results showed that dark brown soil was more suitable for the growth of tobacco than black sand and Baijiang soils. Soil catalase activity and invertase activity were positive correlation with available K, and soil catalase was positive correlation with pH. Increasing potassium was helpful to improve soil quality of Yanbian flue-cured tobacco.

Key words: soil nutrient; soil enzyme; canonical correlation analysis; tobacco; soil type

来自微生物、植物和动物的活体或残体的土壤酶是具有高度催化作用的生物催化剂^[1]。作为土壤的重要组成部分, 土壤酶参与土壤中的一切生物化学过程^[2], 其活性是土壤肥力的重要标志^[3], 直接影响土壤养分的供应和储备^[4]。已有研究结果表明, 农作物土壤酶活性和土壤养分含量之间具有较好的关联性, 可作为衡量土壤肥力水平高低的较好指

标^[5-8]。其中土壤过氧化氢酶(CAT)、脲酶、蔗糖转化酶(Sue)的总体活性对评价土壤养分状况具有重要意义。然而, 目前有关植烟土壤酶活性和土壤养分关系的研究报道甚少。鉴于此, 以吉林省延边烟区暗棕壤、黑砂土和白浆土为对象, 研究了这 3 种类型植烟土壤养分含量和土壤酶活性的变化与差异, 并采用典型相关分析方法, 探讨土壤养分含量与土

收稿日期: 2013-02-11

基金项目: 吉林省烟草工业有限责任公司重大科技攻关项目(JY2006012)

作者简介: 康雪莉(1987-), 女, 河南登封人, 在读硕士研究生, 研究方向: 烟草栽培生理和烟草化学。E-mail: akang7076@163.com

* 通讯作者: 韩富根(1953-), 男, 河南鄢陵人, 教授, 本科, 主要从事烟草栽培生理和烟草化学的研究。

E-mail: hlsh118@163.com

壤酶活性之间的相关关系,为调控和改善烟株生长的土壤生态条件,进一步提高烟叶品质提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试烟草:选择吉林省主栽烤烟品种吉烟 9 号作为供试烟株,2010 年 3 月上旬托盘育苗,4 月上旬假植,5 月中旬移栽。烟田管理按当地常规方法进行。

供试土壤:在吉林省延边地区敦化县,选择植烟面积较大且烟叶质量风格迥异的暗棕壤、黑砂土和白浆土 3 种土壤类型作为供试土壤,土壤基础肥力如表 1 所示。烟田地势平坦,灌溉便利,前茬作物为黄豆。

表 1 供试土壤基础肥力

土壤类型	有机质/ (g/kg)	碱解氮/ (mg/kg)	速效磷/ (mg/kg)	速效钾/ (mg/kg)	pH
暗棕壤	208.3	64.7	10.9	207.5	6.6
黑砂土	131.2	71.3	20.3	147.4	5.6
白浆土	103.2	89.6	21.5	122.5	5.2

1.2 测定项目及方法

1.2.1 土样采集 从每种类型土壤中选取一块面积约 666.7 m² 的地块作为试验用地。移栽后每 20 d 分别取烟草根际土和非根际土各 1 次,共取 6 次。试验重复 3 次。

根际土取样方法:每种类型土壤上,随机选取 15 株健壮无病烤烟,去掉 0~2 cm 的表土,挖出烟草根系,除去根围附近较大土壤团块,小心抖动并收集粘附在烟草根表面 0~4 mm 的土壤,混合 5 株根系为一个样品。

非根际土取样方法:随机在烟地选取无根系生长的垄沟土,去除表层 0~2 cm 土,取 20~40 cm 深土层,5 点法取样。

将土壤样品带回实验室,晾干,粉碎过 2 mm 孔径筛子,1 个月内完成分析。

1.2.2 土壤酶活性和土壤养分测定方法 CAT、脲酶和 Sue 活性测定参考文献[1]中的方法,依次采用:高锰酸钾滴定法、NH₄⁺ 释放量法、水杨酸比色法。CAT 活性测定以 1 g 干土 37 °C 20 min 消耗 1 mL 0.02 mol/L 的高锰酸钾定义为 1 个酶活单位(1 U);脲酶活性测定将 1 g 土壤 37 °C 恒温培养 24 h 生成 1 mg NH₃-N 定义为 1 U;Sue 活性测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法,将 1 g 土壤 37 °C 恒温培养 24 h 生成 1 mg 葡萄糖定义为 1 U。3 次平行,并设无基质对照和无土对照。

土壤养分的测定参考文献[9]中的方法。土壤 pH 值的测定采用电位法;碱解氮用碱解扩散法测定;速效磷用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提,钼锑抗比色法测定;速效钾采用 NH₄OAc 浸提,火焰光度法测定。

1.3 数据统计分析

方差分析采用 SPSS 17.0 软件完成。

2 结果与分析

2.1 不同类型土壤养分含量测定结果

延边地区 3 种类型植烟土壤不同生育时期土壤养分含量如表 2 所示。统计分析表明,土壤 pH 值在土壤类型间存在差异,但在同一土壤类型不同生育时期变化甚微。碱解氮含量在白浆根际土中最高,在白浆非根际土以及暗棕壤、黑砂壤的根际、非根际土中变化幅度较大。总体上,速效磷含量在暗棕壤非根际土中最少,黑砂壤非根际土次之,白浆非根际土较其他 2 种非根际土大。3 种类型的根际土壤速效磷含量变化幅度较大。总体上,速效钾含量根际土和非根际土均表现为暗棕壤>黑砂壤>白浆土。

表 2 烟草不同生育期不同土壤的养分含量

化学成分	土壤类型	移栽后时间/d					
		20	40	60	80	100	120
碱解氮/(mg/kg)	暗棕壤根际	75.0	57.8	77.3	42.1	45.5	32.7
	暗棕壤非根际	64.7	61.2	59.7	67.3	60.5	51.2
	黑砂壤根际	78.1	79.3	84.2	56.9	50.1	41.2
	黑砂壤非根际	71.3	68.5	57.9	69.4	44.7	40.1
	白浆土根际	101.2	102.4	97.7	86.1	74.1	55.9
	白浆土非根际	89.6	90.7	74.2	53.2	51.5	43.6
速效磷/(mg/kg)	暗棕壤根际	62.0	51.4	16.3	26.3	24.8	28.4
	暗棕壤非根际	10.9	8.7	7.0	11.9	12.7	13.9
	黑砂壤根际	33.6	23.9	24.3	30.6	29.7	22.2
	黑砂壤非根际	20.3	13.2	14.0	19.4	20.4	21.1
	白浆土根际	41.0	39.2	26.7	31.0	26.7	24.8
	白浆土非根际	21.5	15.7	15.9	25.7	25.3	19.7

续表 2 烟草不同生育期不同土壤的营养含量

化学成分	土壤类型	移栽后时间/d					
		20	40	60	80	100	120
速效钾(mg/kg)	暗棕壤根际	939.6	702.0	479.9	419.8	402.3	417.2
	暗棕壤非根际	207.1	189.9	249.9	237.5	242.5	257.4
	黑砂壤根际	327.4	232.5	362.4	274.9	279.9	252.4
	黑砂壤非根际	147.4	127.5	142.5	152.4	147.4	235.0
	白浆土根际	272.3	272.5	265.0	262.4	237.5	327.3
	白浆土非根际	122.5	99.6	127.4	102.5	182.3	204.9
pH	暗棕壤根际	5.91	5.67	5.97	5.73	5.87	5.70
	暗棕壤非根际	6.52	6.68	6.82	6.68	6.78	6.65
	黑砂壤根际	5.28	5.42	5.33	5.36	5.21	5.15
	黑砂壤非根际	5.65	5.93	5.82	5.75	5.63	5.67
	白浆土根际	4.96	5.15	5.12	5.18	5.14	5.05
	白浆土非根际	5.45	5.56	5.32	5.37	5.20	5.23

2.2 不同类型土壤酶活性测定结果

延边地区 3 种类型根际和非根际土壤的 CAT、脲酶、Sue 活性的变化如表 3 所示。在烟株整个生育期间,脲酶和 Sue 活性变化均较大,其变化趋势在不同类型土壤间也存在差异;而 CAT 活性在移栽后 100 d 时变化较大。

对 3 种类型根际和非根际土壤酶活性分析表明,暗棕壤根际和非根际土的 CAT 活性明显高于黑砂壤和白浆土;Sue 活性在根际土之间表现为:暗棕壤>黑砂壤>白浆土,非根际土暗棕壤和黑砂壤均大于白浆土(移栽后 100 d 白浆土略大于黑砂壤)。

表 3 烟草不同生育期间土壤的酶活性

土壤酶活性	土壤类型	移栽后时间/d					
		20	40	60	80	100	120
CAT/(U/mL)	暗棕壤根际	0.634	0.675	0.777	0.774	0.656	0.810
	暗棕壤非根际	0.793	0.732	0.714	0.741	0.812	0.696
	黑砂壤根际	0.496	0.458	0.556	0.576	0.577	0.615
	黑砂壤非根际	0.456	0.457	0.575	0.514	0.537	0.697
	白浆土根际	0.576	0.515	0.554	0.557	0.574	0.495
	白浆土非根际	0.413	0.572	0.516	0.538	0.437	0.614
脲酶/(U/mg)	暗棕壤根际	0.644	0.425	0.472	0.539	0.521	0.687
	暗棕壤非根际	0.477	0.354	0.376	0.534	0.613	0.533
	黑砂壤根际	0.538	0.555	0.328	0.460	0.417	0.372
	黑砂壤非根际	0.322	0.448	0.331	0.360	0.505	0.479
	白浆土根际	0.563	0.485	0.453	0.494	0.366	0.606
	白浆土非根际	0.268	0.350	0.489	0.511	0.637	0.620
Sue/(U/mg)	暗棕壤根际	40.025	34.688	27.994	34.394	25.525	24.602
	暗棕壤非根际	16.023	17.289	22.016	18.305	12.483	17.608
	黑砂壤根际	22.843	26.577	23.779	20.174	18.450	15.899
	黑砂壤非根际	21.335	17.777	18.539	10.189	10.732	26.413
	白浆土根际	9.797	14.461	12.098	5.417	6.361	11.564
	白浆土非根际	9.108	10.850	11.945	7.132	12.328	11.932

2.3 土壤养分和土壤酶活性典型相关分析结果

用 SPSS 17.0 的 canonical correlation. sps 程序对 3 种类型土壤养分和土壤酶活性进行典型相关分析。典型相关系数如表 4。在土壤养分和土壤酶活性之间共提取出 3 对典型变量,其中有 2 对达到显著水平($P < 0.05$)。第 1 对典型变量相关系数 $r = 0.899$,第 2 对典型变量相关系数 $r = 0.611$ 。达到显著水平的 2 对典型变量共解释了 72.7% 的土

壤养分组内变异和 70.4% 的土壤酶活性组内变异(表 5)。因此,在土壤养分和土壤酶活性之间存在相关关系。

表 4 典型变量及典型相关系数显著性检验

典型变量	典型相关系数	Wilk's	Chi-SQ	DF	Sig
V_1W_1	0.899	0.112	67.814	12.000	0.000
V_2W_2	0.611	0.584	16.669	6.000	0.011
V_3W_3	0.260	0.932	2.177	2.000	0.337

表 5 显著典型变量典型结构分析

土壤养分 变量	V_1	V_2	土壤酶 活性变量	W_1	W_2
x_1	-0.393	0.065	y_1	0.778*	-0.566*
x_2	0.190	0.566*	y_2	0.360	0.446
x_3	0.716*	0.328	y_3	0.869*	0.335
x_4	0.492*	-0.468*			
方差	0.292	0.435	方差	0.493	0.211
累计方差	0.727		累计方差	0.704	

注: * 表示 5% 显著水平。

典型变量的相关系数标准化后,达到显著水平的 2 对典型变量表达式如下:

$$V_1 = -0.256x_1 - 0.326x_2 + 1.009x_3 + 0.279x_4$$

$$W_1 = 0.491y_1 + 0.130y_2 + 0.657y_3$$

$$V_2 = -0.146x_1 + 0.691x_2 + 0.050x_3 - 0.456x_4$$

$$W_2 = -0.947y_1 + 0.583y_2 + 0.607y_3$$

典型变量 V 和 W 分别表示土壤养分变量和土壤酶活性变量。原始变量 x_1 、 x_2 、 x_3 分别代表碱解氮、速效磷和速效钾含量, x_4 代表土壤 pH 值。原始变量 y_1 、 y_2 、 y_3 分别代表土壤 CAT、脲酶和 Sue 活性。

典型变量 V_1 : 解释了 29.2% 的土壤养分原始变量方差,除 x_1 (碱解氮含量)外, V_1 和其他 3 个土壤养分原始变量呈正相关(表 5)。 V_1 和 x_3 (速效钾含量)之间有显著的正相关关系。 V_1 和原始变量 x_2 之间的相关系数(0.190)符号与 V_1 表达式中 x_2 的系数(-0.326)符号相反,故 x_2 (速效磷含量)是一个校正变量。 V_1 和 x_4 (pH 值)呈正相关,但在 V_1 表达式中, x_4 的系数远小于 x_3 , 因此 V_1 主要表示的是原始变量 x_3 。

典型变量 W_1 : 解释了 49.3% 的土壤酶活性原始变量方差, W_1 和 y_1 (CAT 活性)、 y_3 (Sue 活性)之间均有显著的正相关关系,因此 W_1 主要表示的是原始变量 y_1 和 y_3 。第 1 对典型变量 V_1W_1 说明土壤速效钾含量与 CAT 活性和 Sue 活性呈正相关。

典型变量 V_2 : 解释了 43.5% 的土壤养分原始变量方差, V_2 和 x_2 (速效磷含量)正相关,和 x_4 (pH 值)负相关, x_1 (碱解氮含量)是校正变量。在 V_2 表达式中, x_3 的系数远小于 x_4 系数绝对值,因此 V_2 主要表示的是原始变量 x_4 。

典型变量 W_2 : 解释了 21.1% 的土壤酶活性原始变量方差, W_2 和 y_1 (CAT 活性)呈负相关,因此 W_2 主要表示的是原始变量 y_1 。第 2 对典型变量 V_2W_2 说明 CAT 活性与土壤 pH 值呈正相关。

3 结论与讨论

对 3 种类型根际和非根际土壤养分含量和土壤酶活性分析表明,暗棕壤最适合烟株生长,土壤养分含量较符合常规要求,黑砂壤次之,白浆土最差。烟草生育期间,土壤养分含量在暗棕壤、黑砂壤和白浆土的根际土和非根际土之间存在显著差异。将烟草土壤养分含量与土壤酶活性之间进行典型相关分析,在显著水平 0.05 下,提取出 2 对达到显著水平的典型变量,包含了 72.7% 的 3 种根际土和非根际土的土壤养分信息和 70.4% 土壤酶活性信息。因此,土壤养分含量与土壤酶活性之间具有一定的相关性,这与李琰琰等^[6]的研究结果相似,但具体相关关系并不完全相同,这反映了不同地区土壤生态条件的复杂性。

CAT 是一种重要的土壤氧化还原酶,能促进过氧化氢对各种化合物的氧化,催化过氧化氢的分解,防止其对烟草的毒害作用。相关分析表明, CAT 活性与速效钾含量呈正相关,这说明适当提高钾肥含量能有效改善土壤 CAT 活性,减轻有害物质的积累,对减轻烟草病虫害有重要意义。土壤 pH 值与土壤 CAT 活性呈正相关,这表明土壤 CAT 活性受土壤 pH 值的影响较大。一般情况下,土壤肥力越高, CAT 活性越强,其可作为衡量土壤肥力高低的生物活性指标^[10-11]。Sue 活性与速效钾含量呈正相关,适当提高钾肥在改善土壤 CAT 活性的同时,也提高了 Sue 活性。植烟土壤养分含量与脲酶活性相关性并不显著,这可能是由于植烟土壤改良过程中主要依靠施肥来实现,其中以施加氮肥为主,从而打破了土壤之间这种固有的平衡关系。

综合分析延边土壤养分和土壤酶活性相关关系,暗棕壤的土壤养分相对协调,土壤酶活性更适宜烟株的生长。对延边植烟土壤适当提高钾肥含量、降低磷肥含量,有助于调控和改善土壤肥力状况,为延边烟草生长提供一个优良的土壤生态条件。

参考文献:

- [1] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [2] 王冠玉, 黄宝灵, 唐天, 等. 灰木莲等 5 种林地春季土壤微生物数量和土壤酶活性的分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(28): 15696-15698, 15701.
- [3] 周礼恺. 土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中作

- 用[J]. 土壤学报, 1983, 20(4): 413-417.
- [4] 刘恩科, 赵秉强, 李秀英, 等. 施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(1): 176-182.
- [5] 靳正忠, 雷加强, 徐新文, 等. 沙漠腹地咸水滴灌林地土壤养分、微生物量和酶活性的典型相关关系[J]. 土壤学报, 2008, 45(6): 1119-1127.
- [6] 李琰琰, 刘国顺, 向金友, 等. 氮营养水平对植烟土壤养分含量及土壤酶活性的影响[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(2): 39-43.
- [7] 宋海燕, 李传荣, 许景伟, 等. 滨海盐碱地枣园土壤酶活性与土壤养分、微生物的关系[J]. 林业科学, 2007, 43(1): 28-32.
- [8] 刘建新. 不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(4): 523-525.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 农业科技出版社, 2000.
- [10] Yang Lijuan, Li Tianlai, Li Fusheng, *et al.* Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility dynamics in a cucumber field[J]. Scientia Horticulturae, 2008, 116(1): 21-26.
- [11] 孙海, 张亚玉, 宋晓霞. 运用典型相关分析对农田栽参和林下参土壤养分和酶活性的研究[J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊): 242-248.
-
- (上接第 42 页)
- [16] 许自成, 张婷, 马国华, 等. 不同调控措施对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(1): 15-17, 26.
- [17] 赵铭钦, 王付锋, 张志逢, 等. 增施不同有机物质对烤烟叶片质体色素及其降解产物的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(6): 149-152.
- [18] 赵铭钦, 苏长涛, 王玉胜, 等. 两种烤房对烤烟烟叶化学成分和物理性状的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(7): 550-552.
- [19] 王玉军, 李振喜, 谢胜利, 等. 烤房不同通风方式对有关烘烤参数的影响[J]. 中国烟草科学, 1999, 20(3): 14-16.
- [20] 潘建斌, 王卫峰, 宋朝鹏, 等. 热泵型烟叶自控密集烤房的应用研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(1): 25-29.
- [21] 王亚辉, 张树堂, 杨雪彪, 等. 利用自动化加热排湿设备改造传统烤房[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006, 32(1): 25-28.
- [22] 普匡, 飞鸿, 潘国旺. YM-A 型卧式密集烤房与普通烤房烘烤对比试验[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(5): 1899-1901.
- [23] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 189-221.
- [24] 耿富卿, 刘明竞, 杨相, 等. 不同烤烟烘烤方式的烘烤效应研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(4): 29-31.
- [25] 黎平, 郭群召, 彭国勋. 不同类型烤房对云烟 85 烟叶烤后品质的影响[J]. 烟草科技, 2012(3): 75-78.
- [26] 成劲松, 陈和春, 蒋笃忠. 密集烤房应用研究 I. 密集烤房与普通烤房应用效果对比[J]. 湖南农业科学, 2009(9): 114-116.
- [27] 肖艳松, 李晓燕, 李圣元, 等. 不同类型烤房的烘烤效果比较[J]. 烟草科技, 2009(2): 61-63.
- [28] 王方锋, 谭青涛, 杨杰, 等. 不同气流运动方向密集烤房与普通烤房对比研究[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(2): 17-18, 37.
- [29] 王能如, 徐增汉, 何明雄, 等. 不同气流运动方向密集烤房烟叶烘烤质量差异研究[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(2): 81-85.
- [30] 马力, 宋朝鹏, 段史江, 等. 密集烤房装烟密度和变黄期风机转速对烟叶淀粉降解及经济性状的影响[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(5): 873-879.