

不同植烟区土壤对中上部烟叶抗氧化系统及部分质量指标的影响^①

蒋光华^{1,2}, 母少东¹, 李 浩¹, 潘文杰³, 陈 伟³,
陈 懿³, 周治国¹, 陈兵林^{1*}

(1 南京农业大学/农业部作物生理生态与生产管理重点实验室, 南京 210095; 2 贵州省烟草公司, 贵阳 550003;

3 贵州省烟草科学研究院, 贵阳 550081)

摘 要: 试验于 2010 年和 2011 年在贵州省开阳县龙岗镇烤烟良种繁育基地进行, 设置 3 个不同植烟区土壤处理 (天柱砂壤土、威宁粉壤土和龙岗壤黏土), 研究相同气候条件下贵州不同区域植烟土壤对烤烟中上部叶抗氧化系统及烟叶外观质量和感官质量的影响。结果表明: 烤烟生长发育中期, 天柱砂壤土和威宁粉壤土处理烟叶多酚氧化酶、超氧化物歧化酶及过氧化物酶活性较高, 后期龙岗壤黏土处理较高; 烤烟生长发育中后期, 天柱砂壤土和威宁粉壤土处理烟叶丙二醛含量均高于龙岗壤黏土处理, 因此, 天柱砂壤土和威宁粉壤土处理烟叶进入成熟衰老的时间较龙岗壤黏土早。天柱砂壤土处理烟叶外观质量和感官质量均较好, 其次是龙岗壤黏土, 威宁粉壤土较差。天柱土利于优质烟叶的形成。

关键词: 烤烟; 不同区域土壤; 抗氧化系统; 外观质量; 感官质量

中图分类号: S572

植物体内存在着一套负责清除活性氧产生的抗氧化系统, 植物正常生长情况下, 它使活性氧的产生和清除处于动态平衡状态, 当植物处于逆境条件下时, 这种动态平衡被破坏, 抗氧化能力下降, 植物细胞遭到伤害, 生长发育受阻^[1]。韩锦峰等^[2]研究认为, 随烟叶成熟度的提高, 叶内超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性下降, 丙二醛(MDA)含量增加。而王吉峰等^[3]认为, SOD 活性随成熟度的提高而提高, 达到最大值后随成熟度的提高而下降, POD 随成熟度的提高而下降, MDA 随成熟度的提高而增加。季学军等^[4]研究认为, 河滩地沙壤土、冲积沙壤土不同叶龄中部叶 MDA 含量和总抗氧化能力(TAOC)均较高, 水稻土植烟不同叶龄中部叶 MDA 含量、TAOC 均较低, 粉砂土植烟不同叶龄中部叶 TAOC 较高, 而 MDA 含量较低。此外, 种植模式^[5], 逆境胁迫^[6-8], 氮素水平^[9], 光、氮互作^[10], UV-B 辐射^[11], 镉、铅污染^[12], 土壤连作^[13], 土壤 pH^[14]等对烟叶抗氧化系统均有较大影响。烟叶外观质量及感官质量在一定程度上均可反映出烟叶的内在品质, 是卷烟工业

品质评价的常用指标^[15-17]。土壤是烤烟生长的载体, 供给烟株所需要的水分和养分^[18], 与烟叶产量、品质以及风格特色有着密切关系。前人有关烤烟抗氧化系统的研究多集中于逆境胁迫^[19-21]和一些栽培措施^[4-5]等方面, 且有的研究结论^[2-3]存在矛盾, 而有关土壤对烟叶抗氧化系统影响的研究基本未见报道, 此外, 烟叶外观质量及感官质量对不同土壤的响应规律也尚不明确。

近年来, 我国提出了走“中式卷烟”的发展道路, 特色优质烟叶是烤烟生产发展的重要方向^[22]。贵州烤烟生产在全国排第二位, 风格差异明显, 但贵州不同生态烟区特色烟叶品质形成的详细机制目前尚不明确。土壤作为烤烟生产的重要生态因子, 与烟叶产量、品质以及风格特色密切相关。本文旨在探明烤烟中上部叶抗氧化系统在相同气候条件下对贵州不同区域植烟土壤的响应规律, 并从烟叶外观质量、感官质量两个方面对初烤后不同区域植烟土壤烟叶质量进行分析, 明确不同区域植烟土壤烟叶抗氧化系统及初烤后烟叶外观质量、感官质量表现差

基金项目: 国家烟草专卖局特色优质烟叶开发重大专项(TS-02-20110015)和贵州省烟草专卖局科技重大专项(200902)资助。

* 通讯作者(blchen@njau.edu.cn)

作者简介: 蒋光华(1979—), 男, 湖南永州人, 博士研究生, 研究方向为作物生理生态。E-mail: 59938381@qq.com

异,从而为贵州特色优质烟叶的生产提供理论依据和数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2010 年和 2011 年在贵州省开阳县龙岗镇贵州烤烟良种繁育基地 (107°06′40.8″E, 26°52′24.8″N, 海拔 1 130 m) 进行。试验采用完全随机区组设计,以“云烟 85”为材料,在贵州天柱 (109°15′50.2″E, 26°57′25.2″N, 海拔 640 m)、威宁 (103°48′57.3″E, 27°06′40.8″N, 海拔 2 111 m) 两个风格特色烟叶生态区各起 30 cm 烟田表土运至贵州龙岗,设置天柱砂壤

土 (TZSL)、威宁粉壤土 (WNSL)、龙岗壤黏土 (LGCL) 3 个处理,3 次重复,每小区 5 行,行株距为 1 m×0.52 m,移栽密度为 1.92 万株/hm²。

2010、2011 年烤烟移栽期分别为 5 月 6 日和 5 月 12 日。试验地起垄时条施烤烟专用复合肥 (N、P₂O₅、K₂O 质量比为 10:10:25) 615 kg/hm²,移栽后 20 天追施烤烟专用复合肥(N、P₂O₅、K₂O 质量比为 13:0:26) 219.2 kg/hm²。当 50% 烟株达盛花期时一次性打顶,单株有效留叶 20 片。移栽前 0~20 cm 基础土样采用五点法取样,每个处理重复 3 次,土壤基本养分采用鲁如坤^[23]的方法测定 (表 1),按照国际土壤质地分级标准划分各处理土壤质地。

表 1 不同植烟区土壤基本养分含量
Table 1 The basic soil nutrient contents of different tobacco-planting soils

土壤养分	2010 年			2011 年		
	天柱砂壤土	威宁粉壤土	龙岗壤黏土	天柱砂壤土	威宁粉壤土	龙岗壤黏土
全氮 (g/kg)	1.38 b	1.32 b	2.20 a	1.13 b	1.22 b	1.97 a
有效氮 (mg/kg)	—	—	—	155.06 a	118.95 b	126.91 b
全磷 (g/kg)	0.55 b	0.87 ab	1.13 a	0.43 b	0.84 a	0.92 a
有效磷 (mg/kg)	10.31 c	60.29 a	24.76 b	64.96 a	45.65 ab	27.13 b
全钾 (g/kg)	7.83 a	5.33 b	8.01 a	5.66 ab	4.49 b	7.51 a
有效钾 (mg/kg)	112.86 b	116.90 b	169.65 a	243.36 b	244.44 b	332.35 a
有机质 (g/kg)	17.97 b	18.82 b	42.54 a	13.28 b	14.18 b	37.22 a
pH	5.73 b	5.56 b	7.06 a	6.51 a	5.88 a	6.53 a

注:同一年份同一行数据小写字母不同表示差异达到 $P<0.05$ 显著水平。2010 年只测定了铵态氮和硝态氮,未测碱解氮。

选取各小区中间 3 行烟株,对生长一致的烟株中部叶 (10~12 叶)、上部叶 (18~20 叶)进行挂牌标记,2010 年于移栽后 65、80、100 天对中部叶取样,于移栽后 65、80、100、110 天对上部叶取样。2011 年于移栽后 65、80、90、100、110 天对中部叶取样,于移栽后 90、100、110、120 天对上部叶取样(2011 年因天气原因,移栽后 90 天前上部叶未取样)。每次于 9:00—10:00 取生长发育一致的烟叶 3~4 片并迅速放置冰盒内,带回室内后保存在 -40℃ 冰箱中用于多酚氧化酶、超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性及丙二醛含量的测定,其他未挂牌烟叶成熟时,按常规烘烤,用于烟叶外观质量、感官质量的测定。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 多酚氧化酶、超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性及丙二醛含量 采用邻苯二酚氧化法^[24]测定多酚氧化酶活性,氮蓝四唑光化还原法^[25]测定超氧化物歧化酶活性,愈创木酚氧化法^[25]测定过氧化物酶活性,硫代巴比妥酸法测定^[25]测定丙二醛含量。

1.2.2 烟叶外观质量、感官质量 烟叶外观质量的

测定参照 GB 2635-1992 进行,并采用吴殿信等^[26]对烟叶外观质量进行打分的方法打分;烟叶感官质量评价由贵州烟草质量监督监测站检测,参照 YC/T 138-1998 进行。

1.3 数据处理

采用 Excel 2003、SPSS 11.5 和 Origin 8 软件完成全部数据处理、统计分析和绘图。

2 结果与分析

2.1 不同区域植烟土壤烤烟抗氧化系统差异

2.1.1 多酚氧化酶活性 烤烟生长发育中后期,2010 年中上部叶多酚氧化酶 (PPO) 活性随移栽后天数的增加呈增加趋势;2011 年呈先增加后降低趋势,中上部叶分别在移栽后 100 和 110 天达到最大值 (图 1)。移栽后 65 天,TZSL 处理中部叶 PPO 活性最高,WNSL 处理最低;移栽 80 天以后,各处理中部叶 PPO 活性以 LGCL 处理最高,TZSL 处理次之,WNSL 处理最低,年际间变化趋势基本一致。2010 年移栽后 65 天,上部叶 PPO 活性以 WNSL 处理最

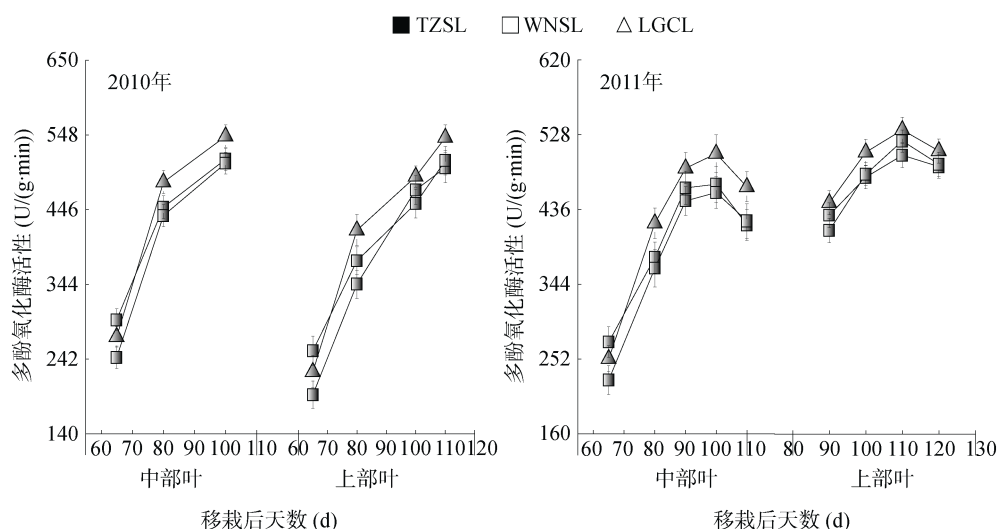


图 1 不同植烟区土壤对烟叶多酚氧化酶活性的影响

Fig. 1 PPO activities of tobacco leaves of different soils

高, TZSL 处理最低; 移栽 80 天以后, 基本表现为 LGCL 处理上部叶 PPO 活性最高, TZSL 处理次之, WNSL 处理最低。

2.1.2 超氧化物歧化酶活性 烤烟生长发育中后期, 中上部叶超氧化物歧化酶 (SOD) 活性随移栽后天数的增加呈现先增加后降低的变化规律, 2010 年和 2011 年中上部叶 SOD 活性最大值分别出现在移栽后 80

天和 90 天, 上部叶 SOD 活性最大值出现在移栽后 100 天 (图 2)。烟株移栽后 65 天, TZSL 处理中部叶 SOD 活性最高, WNSL 处理最低; 移栽 80 天以后, 各处理中部叶 SOD 活性表现为 LGCL 处理最高, 其次是 TZSL 处理, WNSL 处理最低, 年际间变化趋势基本一致。整体来看, 烤烟生长发育中后期, LGCL 处理上部叶 SOD 活性最高, WNSL 处理次之, TZSL 处理最低。

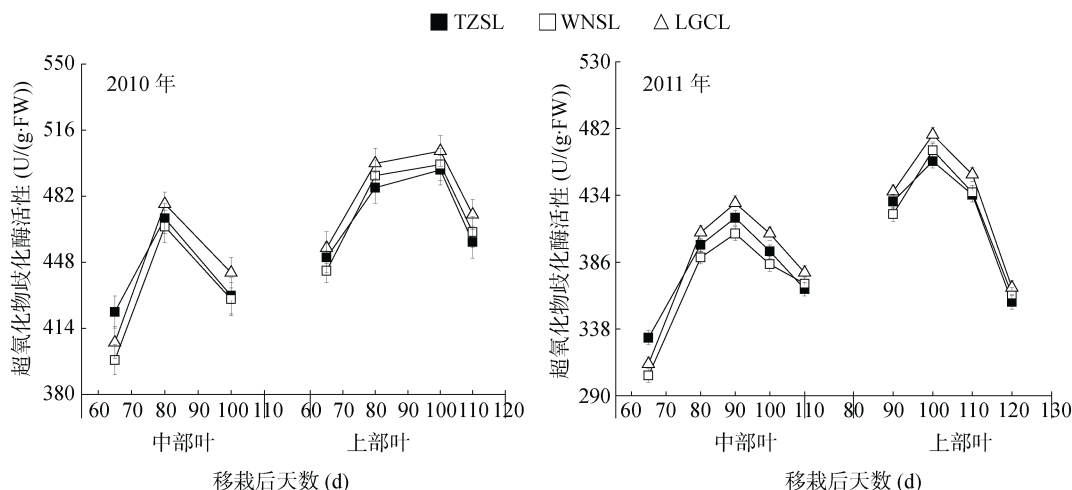


图 2 不同植烟区土壤对烟叶超氧化物歧化酶活性的影响

Fig. 2 SOD activities of tobacco leaves of different soils

2.1.3 过氧化物酶活性 烤烟生长发育中后期, 中上部叶过氧化物酶 (POD) 活性随移栽后天数的增加呈先增加后降低的变化规律, 2010 年和 2011 年中上部叶 POD 活性分别在移栽后 80 天和 90 天达到最大值, 而上部叶均在移栽后 100 天达到最大值 (图 3)。移栽后 65 天, TZSL 处理中部叶 POD 活性最高, WNSL 处理最低; 移栽 80 天以后, 各处理中部叶 POD 活性以 LGCL 处理最高, TZSL 处理次之, WNSL

处理最低, 年际间变化趋势基本一致。整体而言, 烤烟生长发育中后期, LGCL 处理上部叶 POD 活性最高, 其次是 WNSL 处理, TZSL 处理最低。

2.1.4 丙二醛含量 烤烟生长发育中后期, 中上部叶丙二醛 (MDA) 含量随移栽后天数的增加而增加 (图 4)。整体来看, 各处理中部叶 MDA 含量以 WNSL 处理最高, 其次是 TZSL 处理, LGCL 处理最低。各处理上部叶 MDA 含量以 TZSL 处理最高, WNSL 处

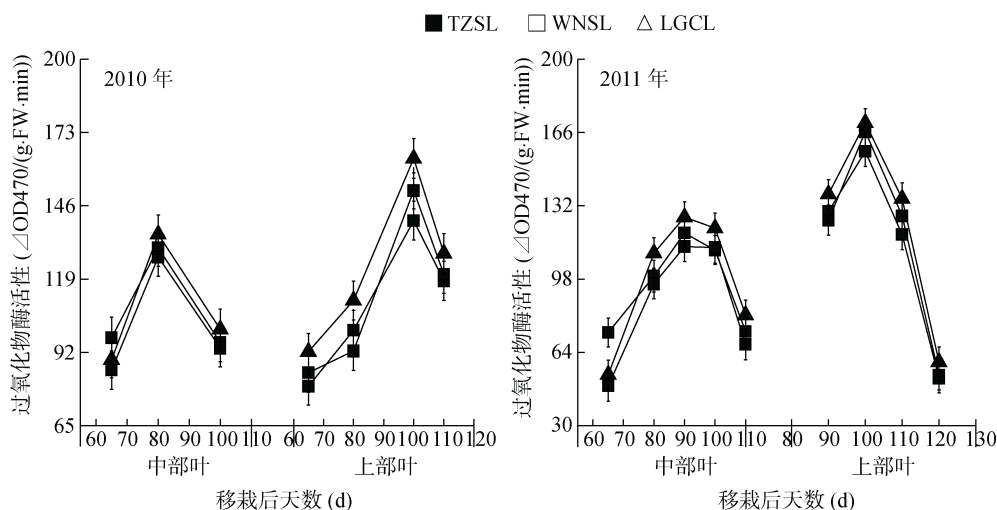


图 3 不同植烟区土壤对烟叶过氧化物酶活性的影响

Fig. 3 POD activities of tobacco leaves of different soils

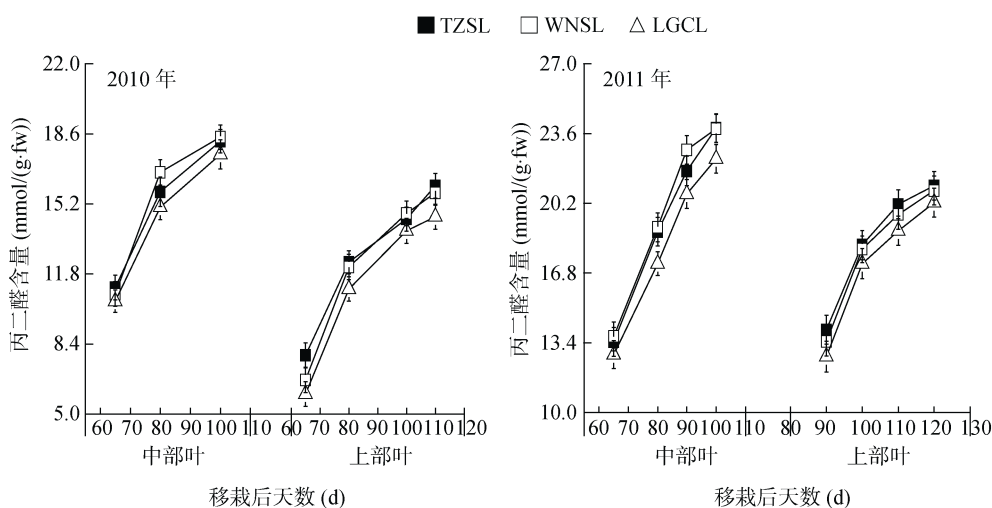


图 4 不同植烟区土壤对烟叶丙二醛含量的影响

Fig. 4 MDA contents of tobacco leaves of different soils

理次之, LGCL 处理最低, 年际间变化趋势基本一致。说明烤烟生长发育中后期, 砂壤土和粉壤土处理中上部叶细胞膜脂过氧化作用加强, 膜透性增加, 加剧了烟叶的氧化损伤。相对而言, 壤黏土对烟叶细胞膜脂过氧化作用较小, 有延缓烟叶衰老的作用。

2.2 外观质量

中上部叶外观质量总分均以 TZSL 处理的烟叶最高, 其次是 LGCL 处理, WNSL 处理最低, 且各处理中部叶外观质量总分均高于上部叶 (表 2)。2010 年 TZSL 处理中上部叶外观质量总分较 LGCL、WNSL 分别高 5.6%、6.8% 和 1.3%、2.7%; 2011 年较 LGCL、WNSL 分别高 4.5%、13.4% 和 2.7%、6.9%, 年际间变化趋势基本一致。说明 TZSL 土处理有利于提高烤烟中上部叶外观质量, 而 WNSL 土处理则不利于烟

叶外观质量的提高。此外, 中部叶的外观质量要好于上部叶。

2.3 感官质量

中上部叶感官质量总分以 TZSL 处理最高, 其次是 LGCL 处理, WNSL 处理最低, 各处理中部叶感官质量总分均高于上部叶 (表 3)。相对而言, LGCL 和 WNSL 处理中上部叶感官质量总分相差不大 2010 年中部叶相差 0.6, 上部叶相差 0.1, 但 TZSL 处理中上部叶较 LGCL、WNSL 处理分别高 1.1、1.7 和 0.7、0.8; 2011 年 LGCL、WNSL 处理中上部叶感官质量总分相差 0.2、0.5, 而 TZSL 处理中上部叶较 LGCL、WNSL 分别高 2.4、2.6 和 1.9、2.4, 年际间变化趋势基本一致。说明 TZSL 土处理利于烤烟中上部叶感官质量的提高, 而 WNSL 处理则不利于烟叶感官质量的提高。中部叶感官质量好于上部叶。

表 2 不同植烟区土壤对烟叶外观质量的影响
Table 2 Appearance qualities of tobacco leaves of different soils

年份	叶位	处理	颜色	成熟度	油分	身份	叶片结构	色度	叶片长度	总分
2010	中部叶	TZSL	10	10	7	5	10	7	5	94
		WNSL	10	10	6	5	6	6	5	88
		LGCL	10	10	7	3	7	7	5	89
	上部叶	TZSL	10	10	7	5	4	6	5	77
		WNSL	10	10	7	5	4	4	5	75
		LGCL	10	10	7	5	4	5	5	76
2011	中部叶	TZSL	10	10	7	5	10	6	5	93
		WNSL	10	10	6	3	4	4	5	82
		LGCL	10	10	7	5	6	6	5	89
	上部叶	TZSL	10	10	7	5	4	6	5	77
		WNSL	9	10	7	5	4	5	5	72
		LGCL	10	10	7	5	4	4	5	75

表 3 不同植烟区土壤对烟叶感官质量的影响
Table 3 Sensory qualities of leaves of different soils

年份	叶位	处理	香气质	香气量	吃味	杂气	刺激性	燃烧性	灰色	总分
2010	中部叶	TZSL	8.1	8.3	8.7	7.6	7.6	7.4	4.4	52.0
		WNSL	8.0	8.3	8.5	7.5	7.3	7.1	3.5	50.3
		LGCL	7.9	8.1	8.5	7.4	7.4	7.4	4.2	50.9
	上部叶	TZSL	8.1	8.2	8.6	7.7	7.6	6.9	3.6	50.8
		WNSL	8.0	8.3	8.4	7.4	7.6	7.1	3.3	50.0
		LGCL	7.9	8.1	8.3	7.4	7.5	6.8	4.1	50.1
2011	中部叶	TZSL	8.4	8.0	8.8	7.6	7.7	7.5	3.9	51.9
		WNSL	7.7	8.0	8.5	7.1	7.3	7.2	3.5	49.3
		LGCL	7.9	8.1	8.4	7.3	7.3	7.2	3.3	49.5
	上部叶	TZSL	8.3	8.1	8.5	7.5	7.2	7.1	3.7	50.4
		WNSL	7.7	7.8	8.3	7.0	7.1	6.7	3.4	48.0
		LGCL	7.8	8.0	8.3	7.2	7.2	6.9	3.1	48.5

3 讨论

3.1 不同植烟区土壤对烟叶抗氧化系统的影响

土壤是烤烟生长的载体,供给烟株生长发育所需的水分和养分,质地作为土壤的重要物理指标之一,常常是决定土壤蓄水导水、保肥供肥、保温导温和耕性的重要因素,对作物的生长发育及产量品质产生较大影响^[27]。本研究表明,烤烟生长发育中期天柱砂壤土和威宁粉壤土处理中上部叶多酚氧化酶、超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性较高,后期龙岗壤黏土处理较高;烤烟生长发育中后期,龙岗壤黏土处理烟叶丙二醛含量均低于天柱砂壤土和威宁粉壤土处理。高活性的多酚氧化酶不但使烟株具有较强的抗逆境能力,而且提高了作物的光合作用和呼吸作用,促进了优质烟叶的形成^[28]。天柱砂壤土和威宁粉壤土土质疏松,通透性良好,土壤供肥供水较快^[29-30],促进

了烟叶发育中期多酚氧化酶、超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性的提高,后期由于烟叶衰老加快,多酚氧化酶、超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性降低,致使膜脂过氧化产物丙二醛含量积累增加,而龙岗壤黏土保肥保水能力较强,后期供给烟株充足的土壤养分^[31],烟叶衰老不如天柱土和威宁土快,丙二醛含量积累不如天柱土和威宁土处理多,多酚氧化酶、超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性较天柱土和威宁土处理高,烟叶成熟衰老时间相对延迟。

3.2 不同植烟区土壤对烟叶外观质量、感官质量的影响

前人研究认为,优质烟区土壤质地为砂壤土至中壤土,其中以砂砾质壤土最好^[32]。本研究表明:天柱土砂壤土处理烟叶外观质量和感官质量均优于龙岗壤黏土和威宁粉壤土,龙岗壤黏土次之,威宁粉壤土较差。这可能与不同植烟区土壤处理烟叶抗氧化相

关指标的动态变化规律有关。烟叶生长发育中期,天柱砂壤土处理超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性较高,后期较低,烟叶及时进入成熟期,各品质指标较协调,烟叶外观质量和感官质量较好,龙岗壤黏土相反,但龙岗壤黏土多酚氧化酶活性及土壤基本养分含量较威宁粉壤土高,烟叶内在物质积累丰富,对提高烟叶品质更有利。这与李卫红^[30]、陈杰等^[33]的研究结果类似。

以往研究中,有关土壤对烟叶抗氧化相关指标及品质相关指标影响的研究较少,特别是在盛产优质烟叶的贵州烟区几乎未见报道。本文重点从土壤质地的角度对贵州不同植烟区土壤对烟叶抗氧化系统、外观质量及感官质量进行了分析,明确了烟叶抗氧化系统、外观质量及感官质量对贵州不同植烟区土壤的响应规律,对未来贵州烟叶生产具有一定意义。然而,影响烟叶品质形成的土壤因素较多,土壤其他性质对烟叶品质形成的影响还需深入研究。

4 结论

烤烟生长发育中期,天柱砂壤土和威宁粉壤土处理烟叶超氧化物歧化酶、过氧化物酶以及多酚氧化酶活性较高,龙岗壤黏土处理烟叶后期超氧化物歧化酶、过氧化物酶以及多酚氧化酶活性较高。天柱砂壤土和威宁粉壤土对烤烟生长发育中后期中上部叶抗氧化酶活性的影响效应主要集中在中期,龙岗壤黏土的影响效应主要表现在后期。天柱砂壤土和威宁粉壤土处理烟叶进入成熟衰老的时间较龙岗壤黏土早,后期丙二醛含量积累较多。成熟初烤后,天柱砂壤土处理烟叶外观质量及感官质量较龙岗壤黏土和威宁粉壤土好,更利于优质烟叶的形成。

参考文献:

- [1] 尹永强,胡建斌,邓明军.植物叶片抗氧化系统及其对逆境胁迫的响应研究进展[J].中国农学通报,2007,23(1): 105-120
- [2] 韩锦峰,汪耀富,林学梧,郑英,王子杰.烤烟叶片成熟度与细胞膜脂过氧化及体内保护酶活性关系的研究[J].中国烟草学报,1994,2(1): 20-24
- [3] 王吉峰,陈朝阳,江豪.烤烟品种云烟 85 烟叶的成熟度、成熟度与保护酶及膜脂过氧化作用的关系[J].福建农林大学学报(自然科学版),2003,32(2): 162-166
- [4] 季学军,张国,王道支,刘国顺.皖南不同土壤类型烤烟抗氧化能力差异分析[J].中国烟草科学,2011,32(6): 26-31
- [5] 杨铁钊,杨志晓,柯油松,吴文斌,张小全,邱妙文.不同种植模式对烤烟根系和叶片衰老特性的影响[J].应用生态学报,2009,20(12): 2 977-2 982
- [6] Gechev T, Gadjiev I, Breusegem FV, Inzé D, Dukiandjiev S, Toneva V, Minkov I. Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes[J]. Cellular and Molecular Life Sciences, 2002, 59(4): 708-714
- [7] Badawi GH, Kawano N, Yamauchi Y, Shimada E, Sasaki R, Kubo A, Tanaka K. Over-expression of ascorbate peroxidase in tobacco chloroplasts enhances the tolerance to salt stress and water deficit[J]. Physiologia Plantarum, 2004, 121(2): 231-238
- [8] 袁有波,李继新,丁福章,苏贤坤.不同干旱胁迫对烟草叶片保护酶活性的影响[J].中国烟草科学,2009,30(5): 10-13
- [9] 王梦萍,丁金玲,罗艳林,王芳,李永忠.不同氮素用量对烤烟几个生理指标的影响[J].云南农业大学学报,2004,19(5): 569-572
- [10] 刘国顺,云菲,史宏志,王可,张春华,宋晶.光、氮及其互作对烤烟含氮化合物含量、抗氧化系统及品质的影响[J].中国农业科学,2010,43(18): 3 732-3 741
- [11] 欧阳磊,周冀衡,陈习羽,尹珍,陶文芳,段志超,王育军.UV-B 辐射对烟草形态、光合色素和抗氧化酶活性的影响[J].湖南农业科学,2012(3): 21-23
- [12] 袁祖丽,李春明,熊淑萍,李华,张贵龙,马新明. Cd, Pb 污染对烟草叶片叶绿素含量、保护酶活性及膜脂过氧化的影响[J].河南农业大学学报,2005,39(1): 15-19
- [13] 陈懿,薛小平,王茂胜,潘文杰,李继新.连作对植烟土壤及烟株中微量元素含量的影响[J].江西农业学报,2009,21(9): 13-15
- [14] 王思远,崔喜艳,陈展宇,于鸣.土壤 pH 值对烤烟叶片光合特性及体内保护酶活性的影响[J].华北农学报,2005,20(6): 11-14
- [15] 梁洪波,李念胜,元建,刘新民,孙福山,申国明,王丽卿.烤烟烟叶色素与内在品质的关系[J].中国烟草科学,2002,23(1): 9-11
- [16] 吴建峰,林先贵.土壤微生物在促进植物生长方面的作用[J].土壤,2003,35(1): 18-21
- [17] 章家恩,刘文高,胡刚.不同土地利用方式下土壤微生物数量与土壤肥力的关系[J].土壤与环境,2002,11(2): 140-143
- [18] 高松洁,郭天财,阎凌云,王应君,韩锦峰.不同土壤对不同筋力冬小麦品种籽粒灌浆过程中淀粉合成有关酶活性的影响[J].作物学报,2004,30(5): 470-474
- [19] Warner DA, Edwards GE. Effects of polyploidy on photosynthetic rates, photosynthetic enzymes, contents of DNA, chlorophyll, and sizes and numbers of photosynthetic cells in the C4 dicot atriplex confertifolia [J]. Plant Physiology, 1989, 91(3): 1 143-1 151
- [20] Boussiba S, Richmond AE. Abscissic acid and the after-effect of stress in tobacco plants[J]. Planta, 1976, 129(3): 217-219
- [21] 史宏志,李志,刘国顺,王道支,祖朝龙,杨永锋.皖南焦甜香烤烟碳氮代谢差异分析及糖分积累变化动态[J].华北农学报,2009,24(3): 144-149
- [22] Abbasi A, Hajirezaei M, Hofius D, Sonnewald, Voll LM. Specific roles of α - and γ -tocopherol in abiotic stress responses

- of transgenic tobacco[J]. *Plant Physiology*, 2007, 143(4): 1 720–1 738
- [23] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999
- [24] 张志良. 植物生理学试验指导(2 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990
- [25] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海植物生理学会编. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [26] 吴殿信, 袁志永, 闫克玉, 李兴波, 屈剑波. 烤烟各等级烟叶质量指数的确定[J]. *烟草科技*, 2001(12): 9–15
- [27] 韩巧霞, 郭天财, 阎凌云, 冯伟, 王永华. 土壤质地对小麦旗叶部分生理活性的影响[J]. *麦类作物学报*, 2009, 29(4): 639–642
- [28] 张婷, 汪宏毅, 王国宏, 许自成, 马聪. 顶端调控措施对烤烟叶片多酚氧化酶活性和酚类化合物含量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(36): 11 875–11 876, 11 882
- [29] 李潮海, 李胜利, 王群, 侯松, 荆棘. 不同质地土壤对玉米根系生长动态的影响[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(9): 1 334–1 340
- [30] 李卫红. 贵州的地质土壤环境与烤烟生产[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(28): 8 914–8 915
- [31] 李志, 史宏志, 刘国顺, 王道支, 祖朝龙, 王大洲. 土壤质地对皖南烤后烟叶中性香气成分含量及焦甜香风格的影响[J]. *中国烟草学报*, 2010, 16(2): 6–10
- [32] 曹勇, 管安伟, 谢强, 张永辉, 夏建华, 彭勇, 何余勇. 土壤质地对烤烟叶片类胡萝卜素及叶绿素的影响[J]. *江西农业学报*, 2012, 24(6): 130–134
- [33] 陈杰, 何崇文, 李建伟, 郭光东, 唐远驹. 土壤质地对贵州烤烟品质的影响[J]. *中国烟草科学*, 2011, 32(1): 35–38

Study of Different Tobacco-planting Soils on Antioxidant System and Partial Quality Indexes in Middle and Upper Tobacco Leaves

JIANG Guang-hua^{1,2}, MU Shao-dong¹, LI Hao¹, PAN Wen-jie³, CHEN Wei³,
CHEN Yi³, ZHOU Zhi-guo¹, CHEN Bing-lin^{1*}

(1 Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Production Management, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2 Guizhou Tobacco Company, Guiyang 550003, China; 3 Guizhou Tobacco Institution, Guiyang 550081, China)

Abstract: An experiment was conducted at the flue-cured tobacco breeding base in Longgang Town Kaiyang County of Guizhou Province in 2010 and 2011. Three soils of Tianzhu sandy loam (TZSL), Weining silty loam (WNSL) and Longgang clay loam (LGCL) were set under the same climatic condition to study the effects of different soil types on antioxidant systems in middle and upper leaves in the medium and later term of tobacco plant growth and development and appearance quality, sensory quality after first baking. The results showed that, the activities of PPO, SOD and POD in TZSL and WNSL were higher at the medium term of tobacco plant growth and development, the effects of LGCL became more obviously important during the latter stage of growth. The contents of MDA in middle leaves and upper leaves in TZSL and WNSL were higher than that of LGCL. The appearance quality and sensory quality of flue-cured tobacco in TZSL were best, followed by LGCL and WNSL. The time of entering ripening and senescence period in TZSL and WNSL were earlier and LGCL was later, TZSL is conducive to becoming of high-quality tobacco leaves.

Key words: Flue-cured tobacco, Different region soils, Antioxidant system, Appearance quality, Sensory quality