

烟草宽窄垄种植模式对烟田熟化效应研究^①

苏婷婷¹, 周鑫斌¹, 徐 宸², 王彦锐¹,

高阿祥¹, 谢德体¹, 何 荣³, 韦建国⁴,

李旭华⁵, 李栋梁², 代先强²

1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400716; 2. 中国烟草总公司 重庆市公司, 重庆 400716;

3. 湖南中烟工业有限责任公司, 长沙 410000; 4. 广西中烟工业有限责任公司, 南宁 530001;

5. 广东中烟工业有限责任公司, 广州 510620

摘要: 适宜的土壤环境是烟草优质适产的必要条件, 经整理后的烟田土壤理化性质变差, 致使烤烟经济效益降低. 为了快速熟化新整理烟田土壤, 提高烤烟产质量, 本文采用田间试验的方法, 比较研究了宽窄垄与均匀垄两种种植模式下的烟株光合特性与烟田土壤温度、养分、酶的变化. 结果表明, 宽窄垄种植模式在高温时期的土壤温度比均匀垄降低 0.8~5.5 ℃, 有利于烟草避免高温损伤; 旺长期烟株的净光合速率比均匀垄平均提高 12.15%, 全生育期过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶与磷酸酶活性平均提高 10.5%, 12.2%, 18.3% 和 7.55%, 土壤养分也更加协调. 宽窄垄配合 20% 牛粪有机氮基肥与垄沟秸秆覆盖处理效果更为明显, 7 月 19 日的垄体土温比均匀垄的降低 25%, 旺长期烟株净光合速率平均提高 13.37%, 全生育期 4 种酶平均活性分别提高 13.15%, 12.49%, 19.82% 和 9.58%. 宽窄垄交替休闲种植作为一种新型的种植技术, 对土壤改良具有良好效果, 配合施用 20% 牛粪有机氮基肥与垄沟覆盖秸秆更有利于增强土壤的保墒调温能力, 提高土壤烟株光能利用率与土壤酶活性, 协调土壤养分, 其推广应用前景广阔.

关键词: 烟草; 宽窄垄; 光合特性; 温度; 土壤酶

中图分类号: S572

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)11-0142-08

重庆作为我国烟叶重要产区之一, 烟草种植已经趋于规模化与稳定化, 但仍存在人工劳动强度大、机械化作业水平低与难度大等诸多问题, 这些问题制约着重庆山区现代烟草农业的可持续发展^[1]. 近年来, 重庆市响应国家烟草专卖局号召, 结合山区实际情况, 进行以促进机械化作业为重点的基本烟田土地整理活动, 但在实际整理回填过程中, 不可避免的大规模搅动土层, 从而导致整理后烟田土壤质量下降, 如微生物有益指标降低、土壤养分缺失、土壤保水性能变差等^[2-3]. 而且根据调查显示, 传统的单垄种植模式存在生产投入大、土地利用率高不高、土壤水分、养分与烤烟经济效益不稳定的弊端, 不利于优质烟叶的生产^[4]. 因此, 需要探寻一种能快速培肥熟化新整理烟田土壤, 实现土壤水分与养分变化相对稳定, 提高烟叶产质量的种植模式. 本文在前人进行的 M 型宽垄双行种植模式对烤烟生长与烟田土壤理化性状影响的研究基础上^[5], 进一步深入探讨宽窄垄交替休闲种植模式结合有机肥对新整理烟田土壤的快速培肥效益, 以期为新整理烟田可持续利用提供技术支撑.

① 收稿日期: 2016-08-02

基金项目: 国家自然科学基金(31672238); 广西中烟工业有限责任公司科技项目(201745000034003).

作者简介: 苏婷婷(1991-), 女, 甘肃庆阳人, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理研究.

通信作者: 周鑫斌, 博士, 副教授.

1 材料与方法

1.1 供试材料

田间试验连续 3 年在奉节兴隆镇谢坪村烟草种植基地进行, 土壤类型为黄壤. 耕层土壤(0~40 cm)的基本理化性状为 pH 5.58, 有机质 20.22 g/kg、全氮 0.89 g/kg、全磷 0.59 g/kg、全钾 12.63 g/kg、碱解氮 89.1 mg/kg、速效磷 33.4 mg/kg、速效钾 154.4 mg/kg.

供试商品有机肥, 采用重庆市梁平县丰疆生物科技有限公司生产的无公害发酵有机肥, 其养分质量分数分别为 N 33.3 g/kg, P_2O_5 25.9 g/kg, K_2O 38.1 g/kg, 有机质 470 g/kg. 供试牛粪有机堆肥(鲜样)养分质量分数, N 5.6 g/kg, P_2O_5 1.6 g/kg, K_2O 4.2 g/kg, 有机质 210 g/kg. 供试烤烟品种为云烟 97.

1.2 试验设计与处理

试验实行连续 3 年宽窄垄交替休闲一熟化改良种植制度(图 1). 设 4 个处理, 每处理 3 次重复, 栽培密度 16 500 株/hm², 每小区面积 40 m², 分 6 行起垄栽培, 随机区组排列. 试验各处理施氮 112.5 kg/hm², 氮磷钾比例 1:1:2.6, 有机肥施用不足的 N, P, K 由磷酸二氢钾、硝酸钾补充. 常规施肥具体施用量为: 复合肥(8-12-25)750 kg/hm²、商品有机肥 450 kg/hm²、提苗肥(20-10-10)75 kg/hm²、氮钾复合肥(30-0-15)225 kg/hm². 在本试验中, 牛粪有机肥和商品有机肥的氮质量分数相同, 所有处理在等氮磷钾的基础上进行, 磷钾采用无机肥磷酸二氢钾进行补充, 其它肥料使用方法及育苗、整地做垄、移栽、病虫害防治和田间管理措施按重庆烤烟生产规程的常规方法进行.

试验设计如下:

CK, 均匀垄, 常规施肥;

T1, 宽窄垄, 常规施肥;

T2, 宽窄垄, 牛粪有机肥替换常规施肥中商品有机肥(用量 450 kg/hm²), 无机肥与 T1 相同;

T3, 宽窄垄, 牛粪有机肥替换常规施肥中商品有机肥(用量 450 kg/hm²), 无机肥与 T1 相同, 窄垄间覆盖秸秆 3 000 kg/hm², 切碎 2~5 cm.

起垄后, 在窄垄中间留 1 条宽 20 cm, 深 10 cm 的沟, 两边堵住, 形成凹槽以集雨蓄水. 当年烟叶采收完毕后, 拔除烟杆, 保留烟垄, 在次年起垄前, 先将原垄上的表层土均匀填铺在沟内, 使垄沟平齐, 然后起垄, 进行垄沟互换, 在新的垄沟内依次重复往年操作. 经过 3 年宽窄垄交替施肥种植后, 新整理黄壤烟田快速培肥熟化完成.

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤样品采集与测定

烤烟田间生长发育期, 分别在 5 月 20 日、6 月 10 日、6 月 30 日、7 月 20 日、8 月 10 日和 8 月 30 日 6 个时期取样, 每小区按 5 点取样法选取烟垄上两株烟正中位置(距烟株 25cm 左右处)采集 0~20 cm 耕层土壤, 混匀后用四分法留下约 1 kg 土壤在低温条件下带回实验室, 测定土壤酶活性. 在烟叶采收完毕后, 按照同样方法采集 1 kg 耕层土壤, 自然风干, 以测定土壤养分质量分数.

土壤 pH 值采用玻璃电极法, 土壤有机质采用重铬酸钾氧化法, 土壤有效磷采用钼锑抗比色法, 速效钾采用火焰光度法, 碱解氮采用扩散法^[6]; 土壤脲酶采用比色法, 磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法, 过氧化氢酶采用 $KMnO_4$ 滴定法, 蔗糖酶采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[7].

1.3.2 土壤温度测定

土壤地温计布置于垄体中央, 位于两株烟草之间. 在测定前一天埋下地温计, 使其适应土壤温度, 在测定当日 8:00、14:00 和 20:00 记录 5、10 和 20 cm 的土层温度, 最终数据取平均值.

1.3.3 光合特性测定

2014 年开始, 在烟草旺长期各处理选取长势长相一致的烟株 3 株, 用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 型便携式光合作用测定仪^[8], 测定中部叶的净光合速率、胞间 CO_2 浓度、气孔导度和蒸腾速率. 测定

时间为晴天上午 10:00—11:30, 每张叶片测定 3 次取其平均值。

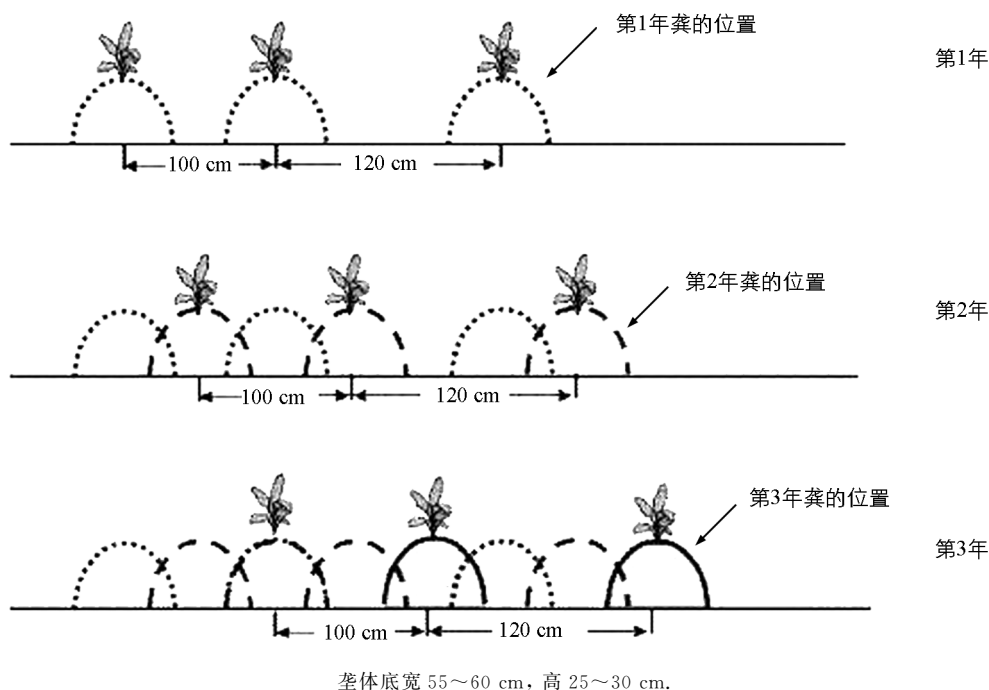


图 1 宽窄垄交替休闲一熟化改良技术示意图

1.3.4 烟叶化学成分测定

2014 年烟叶成熟后按部位采收,各处理单独挂杆烘烤,取烤后 C₃F 叶片进行化学成分分析.总糖质量分数采用蒽酮比色测定,还原糖质量分数采用 DNS 显色法,总氮质量分数采用凯氏定氮法,烟碱质量分数采用盐酸萃取法,氯离子采用莫尔法,钾质量分数采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮法^[9].

1.4 数据分析

采用 Excel 和 SPSS 软件进行统计检验和相关性分析, 差异显著性检验采用 LSD 法, $p < 0.05$ 时分析具有统计学意义。

2 结果分析

2.1 烟株光合特性

光合作用对烤烟的品质与产量具有重要影响,是烟草生长发育的生理基础,其受到烟株内生理因子与外界生态因子的共同作用,净光合速率可以反映烤烟的光合能力,而蒸腾速率与气孔导度是影响净光合速率的主要生理因子.从表 1 可以看出,宽窄垄种植模式烟株气孔导度、胞间 CO_2 浓度与净光合速率均明显高于均匀垄种植模式,净光合速率比均匀垄种植模式平均高出 12.15%,其中以宽窄垄配合 20%牛粪有机氮基肥与秸秆覆盖处理(T3)最高,比对照增加 13.37%;宽窄垄种植模式烟株的蒸腾速率与单垄种植模式的蒸腾速率相当,方差分析结果均无统计学意义.

表 1 不同种植模式对烟株光合特性的影响

处理	气孔导度/ [$\mu\text{mol}(\text{m}^{-2} \cdot \text{s})^{-1}$]	胞间 CO_2 浓度/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	净光合速率/ [$\mu\text{mol}(\text{m}^{-2} \cdot \text{s})^{-1}$]	蒸腾速率/ [$\text{mmol}(\text{m}^{-2} \cdot \text{s})^{-1}$]
CK	0.28 b	193.32 b	8.23 c	3.36 a
T1	0.34 a	204.56 a	9.23 b	3.27 a
T2	0.32 ab	203.45 a	9.24 b	3.37 a
T3	0.35 a	205.65 a	9.33 a	3.18 a

注: 同一列数据中小写字母不同表示差异有统计学意义($p < 0.05$), 下同。

2.2 土壤温度

由表 2 可知,烟苗移栽后 15 d(5 月 10 日),宽窄垄种植模式的土壤温度比均匀垄种植模式的高出约 1.0 ℃;在 7 月份的高温期间,宽窄垄种植模式的土壤温度较均匀垄种植的有所降低,7 月 19 日与 29 日分别平均降低 15.3%和 2.8%,其中,7 月 19 日时各处理土壤温度差异均有统计学意义,T3 处理土壤温度降低最多,较 CK 处理降低 25%.这说明宽窄垄种植模式利于烟草在一定程度抵御温度胁迫,尤其是宽窄垄配合 20%牛粪有机氮基肥与垄间覆盖秸秆处理更有益于烟草避免高温损伤.

表 2 不同种植模式下大田生长期间土壤温度℃

处理	5 月 10 日	5 月 30 日	6 月 19 日	7 月 19 日	7 月 29 日	8 月 18 日
CK	23.7 b	24.2 a	25.1 b	36.0 a	28.1 a	26.2 a
T1	24.6 a	24.4 a	25.8 a	34.0 b	27.2 b	26.9 a
T2	24.9 a	24.7 a	25.5 a	30.5 c	27.3 b	26.8 a
T3	24.2 a	24.3 a	25.4 a	27.0 d	27.4 b	26.8 a

2.3 土壤酶活性

从图 2 可以看出,整个生育期内各处理的酶活性变化趋势基本一致,T3 处理的酶活性相较其他处理波动稍大.过氧化氢酶和蔗糖酶均在 8 月 10 日达到最大值,随后开始下降,磷酸酶活性于 7 月 20 日达到峰值,脲酶活性持续递增.宽窄垄种植模式下的各土壤酶活性均高于均匀垄种植模式,全生育期内过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶与磷酸酶平均活性分别提高 10.5%,12.2%,18.3%和 7.55%;宽窄垄配合 20%牛粪有机氮基肥(T2、T3)处理的 4 种酶活性比均匀垄分别提高 13.15%,12.49%,19.82%和 9.58%,T2 与 T3 处理全生育期内的平均酶活性差异无统计学意义.

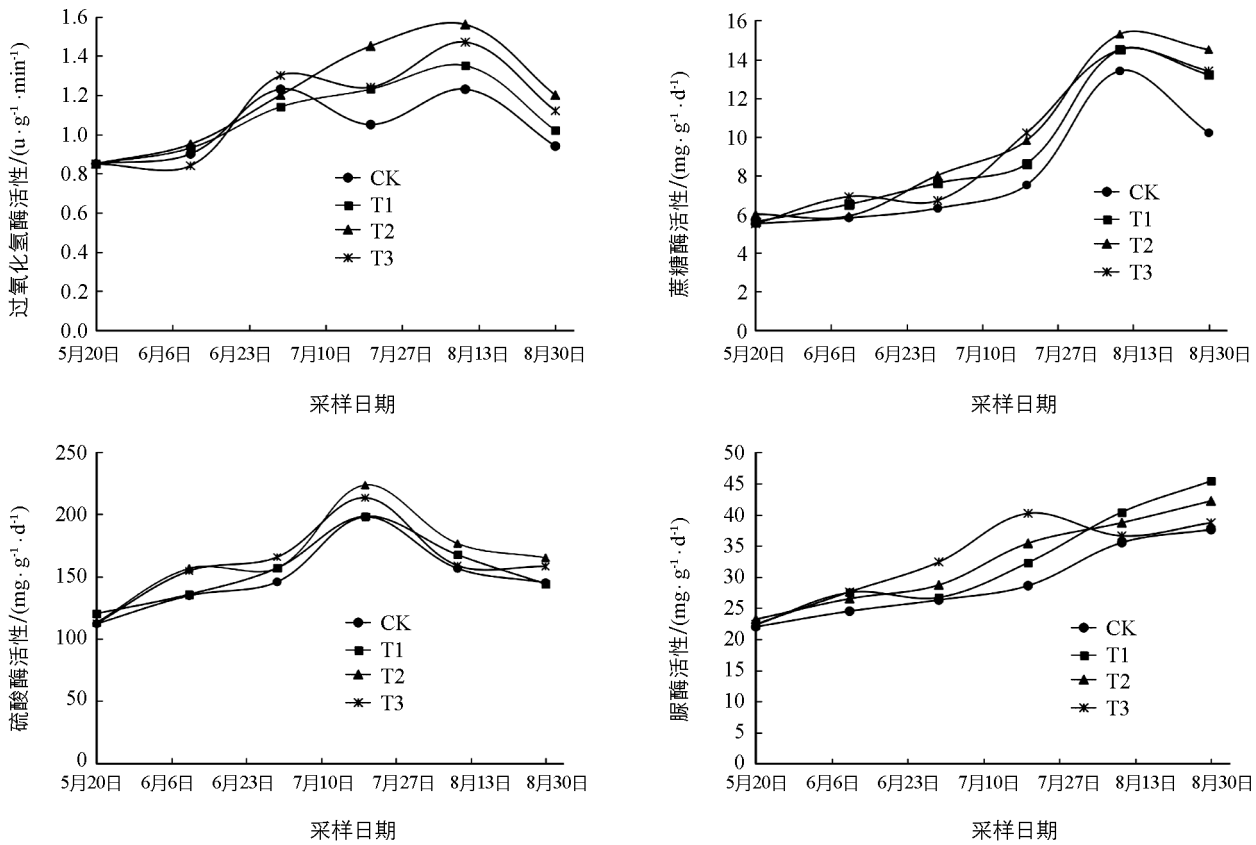


图 2 不同种植模式下土壤酶活性变化

2.4 土壤养分质量分数

从表 3 可以看出, 烤烟收获后, 宽窄垄种植土壤 pH 与速效钾质量分数显著上升, 而土壤速效磷质量分数无明显变化; 传统种植模式与宽窄垄结合常规施肥(T1)处理的土壤 C/N、有机质与碱解氮质量分数差异无统计学意义, 宽窄垄结合基施 20%氮源的牛粪有机肥或基施 20%氮源的牛粪有机肥配合窄垄间覆盖秸秆两个处理(T2,T3)的烟田土壤 C/N 与有机质质量分数明显增加, 而土壤碱解氮质量分数却明显下降.

表 3 不同种植模式下土壤养分质量分数

处理	有机质质量分数/碱解氮质量分数/速效磷质量分数/速效钾质量分数/				土壤 C/N	土壤 pH
	(g · kg ⁻¹)	(m · kg ⁻¹)	(m · kg ⁻¹)	(m · kg ⁻¹)		
CK	20.2 b	143.2 a	46.6 a	146.5 b	13.7 c	5.4 b
T1	20.5 b	135.4 a	48.7 a	156.4 ab	14.3 c	5.6 a
T2	21.2 a	127.8 b	48.6 a	176.3 a	15.4 b	5.7 a
T3	22.3 a	125.5 b	50.3 a	165.5 a	19.3 a	5.7 a

3 讨 论

3.1 宽窄垄种植模式调温蓄水作用

生产实践证明, 气候的波动是影响烟叶产量与品质的重要原因之一^[10], 优质烤烟生长的最适宜温度为 26~28 ℃, 此时烤烟根系的生理活性较高. 宽窄垄种植模式提高了烤烟移栽初期的土壤耕层温度, 有利于烟草的早发快长, 为成熟期烤烟丰产打下基础. 高温期间测定传统种植模式土壤耕层最高温度为 36 ℃, 而当温度超过 35 ℃时, 会不利于烤烟的生长发育. 过高的温度会使呼吸作用的消耗大于光合作用的积累, 时间过久, 烟株呈饥饿状态甚至死亡; 高温同时会阻碍必需辅酶的合成, 损坏蛋白质分子结构^[11]; 此外, 高温加强烟草的蒸腾作用, 容易引起干旱^[12]. 宽窄垄种植模式垄体扩大, 在相同热辐射条件下, 土壤温度升高与降低较为缓慢, 同时垄沟覆盖秸秆也有阻挡热量散失与太阳光直射的作用, 有利于增强土壤自动调温能力, 有利于低温期保温, 高温期降温, 可一定程度避免温度障碍因子.

土壤水分是影响烤烟生长的重要物质, 其高低受环境条件的制约. 窄垄间挖有一条宽 20 cm, 深 10 cm 的沟, 沟两头用泥土堵住, 形成凹槽以集雨蓄水, 旱季时雨水通过地膜或垄体汇入凹槽内, 减少地表径流造成的水份损失; 窄垄间覆盖秸秆, 阻碍土壤水分蒸发, 建立土壤“小水库”, 从而有效提高土壤的蓄水保墒能力^[13]; 雨季时疏通凹槽两端便于排水, 以防雨水过多造成涝害, 这与王树林等人的研究结果相一致^[14].

3.2 宽窄垄种植模式对烟草光合特性的影响

烟草作为一种收获叶片的喜光作物, 在生长发育过程中需要适宜充足的光照^[15], 烟草叶片是光合作用的主要场所, 其中约 96%的干物质直接或间接来源于光合作用, 因此光合作用是烤烟产质量提高的基础^[16], 但在烤烟生育期内会出现低温寡照与光照不足的天气条件, 且烟草叶片较大, 烟株间互相遮荫严重. 本试验研究证明, 宽窄垄种植模式明显提高了烤烟的气孔导度、胞间 CO₂ 浓度与净光合速率, 这是由于宽窄垄处理的宽垄间距比传统垄间距多出 10 cm, 改善了烟草群体间的通风条件, 提高了垄底透光率^[17], 有利于烟草截获更多的有效光能, 从而提高群体的光合效率, 这与刘朝巍等人对玉米宽窄行交替种植的研究结果相似^[18]. 许灵杰等研究证明, 增施 30%的有机氮有利于促进烤烟的光合作用^[19]. 本试验在提供 20%有机氮基肥的条件下施用不同品种的有机肥, 结果显示, 施用牛粪有机肥的处理烟株净光合速率比商品有机肥的更高, 而牛粪有机肥配合垄沟覆盖秸秆处理(T3)最高, 比均匀垄传统施肥处理增加 13.37%. 这可能是因为在同等氮量的条件下, 牛粪有机肥处理所提供的有机质较商品有机肥的增加 349.5 kg/hm², 垄沟秸秆腐熟也在一定程度上增加了土壤的有机质质量分数, 王通明等研究显示, 施用有机肥可明显提高烤烟叶片叶绿素质量分数与光合速率^[20], 这与本研究的结果相似.

3.3 宽窄垄种植模式对土壤酶与养分影响

土壤酶是土壤的重要组成部分之一,参与土壤中的一切物质循环与生化反应.研究表明,土壤酶活性可以反映土壤对作物根系的供养潜力^[21],能作为土壤质量、肥力与微生物活性的重要指标^[22-23].郑林林、王子芳等研究认为不同种植方式下与不同生育期内土壤酶活性存在一定的差异性^[24-25].本试验表明,宽窄垄交替种植模式的氧化氢酶、蔗糖酶、磷酸酶和脲酶活性均高于均匀垄种植模式,除脲酶活性在烤烟整个生育期内持续升高之外,其他 3 种酶活性都在 7、8 月份达到最大值.这可能是因为宽窄垄种植与有机肥处理改善土壤的通透性,增强土壤对热变化的缓冲能力,有利于土壤空气与水分的平衡,为土壤酶创造适宜的水、肥、气、热环境^[26];烤烟进入旺长期时,生长代谢旺盛,根系分泌物增多,而进入收获期以后,根系对养分的吸收减慢,代谢减弱,根系分泌物也随之有所减少,这可能是过氧化氢酶、蔗糖酶与磷酸酶活性先升高后降低的原因之一.很多研究证明,土壤酶与土壤肥力具有很好的相关性^[27-28],本试验研究显示,宽窄垄种植模式下的土壤有机质、速效磷、速效钾质量分数与土壤 C/N 和 pH 值都明显上升,养分有效性提高,秸秆覆盖物经历物理风化与微生物分解后,对于改善土壤通透性与提高土壤有机质质量分数具有良好的效益^[29].

3.4 宽窄垄种植模式的可持续发展效益

宽窄垄交替休闲—快速熟化技术,即以“宽窄垄间隔起垄,垄以利用为主,沟以培肥为主,隔年垄沟互换,在利用中培肥,在培肥中利用”.宽窄垄种植模式具通风好、透光性高、调温保墒能力强等突出特点,结合施用牛粪或秸秆有机肥,既能稳定烟田土壤有机质^[30],同时也能有效预防水土侵蚀和干旱胁迫^[31];窄垄间建造“小水库”宽垄加强通风透光的同时宽垄间也便于农民田间行走,有利于覆膜、揭膜、喷药、除草与烟叶采收等田间操作的进行,降低烟株机械损伤率,对于抑制烟草病虫害的传播具有重要意义.次年,在同一烟地改变垄沟位置,实现错行区域交替轮作种植,连续 3 年即可完成整片烟田土壤熟化工作,土壤培肥期间烟农的生产作业可以继续,保证了烟农一定的经济收入,是一种种地、养地相结合的新型种植模式,发展循环经济,有利于烟草种植的可持续发展.本试验将黄壤的农业利用和熟化培肥结合在一起,提供一种成本低廉的、易于掌握的技术,该项技术自推广应用以来取得了良好的经济效益和生态效益,深受农民朋友的喜爱.

4 结 论

宽窄垄种植模式提高了烟田对降水的有效利用率,与秸秆覆盖相结合避免了雨水对地面的直接冲刷,缓解了水分无效蒸发;移栽初期平均提高烟田耕层土壤温度 0.9℃,高温时段耕层土温比传统均匀垄种植降低 0.8~5.5℃,宽窄垄结合 20%牛粪有机氮基肥与垄沟覆盖秸秆,使 7 月 19 日的土壤温度比均匀垄种植降低 25%,更有利于烟草避免高温胁迫.

宽窄垄种植模式改善烟田通风透光条件,增强空气交换能力与光能截获率,提高光合效率,干物质的积累增多,尤其是,宽窄垄结合 20%牛粪有机氮基肥与垄沟覆盖秸秆处理使烤烟净光合速率达到 9.33 mol/(m²·s),比传统均匀垄种植增加 13.37%,为烤烟丰产优质奠定了基础.

宽窄垄种植模式有利于烟草喷药、采摘等田间作业的进行,同时结合施用有机肥与垄沟覆盖秸秆有利于为烤烟生长创造适宜的水、热、气、肥土壤条件,土壤酶活性较传统种植模式上升 9.58%~19.82%,提高土壤养分质量分数,次年垄沟互换种植,可实现 3 年快速培肥土壤,推广应用前景广阔.

参考文献:

- [1] 张培兰.重庆山区烟草种植规模研究[D].郑州:河南农业大学,2011.
- [2] 许安定,周鑫斌,苏婷婷,等.土地整理对烟田土壤理化及生物学性状的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2016,

38(3): 156—164.

[3] 蒲元瀛,张光辉,全景川,等.恩施州基本烟田土地整理建设模式研究与实践[J].中国烟草科学,2012,33(6):1—6.

[4] 王家民,陈建军,刘文涛,等.烟草双行凹垄栽培技术膜下水温效应研究[J].现代农业科技,2015(21):30,32.

[5] 王树林.M型宽垄双行烤烟轻简种植模式研究[D].北京:中国农业科学院,2011.

[6] 杨剑虹,王成林,代亨林.土壤农化分析与环境监测[M].北京:中国大地出版社,2008.

[7] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.

[8] CHEN Y H, NARA K, WEN Z G, et al. Growth and Photosynthetic Responses of Ectomycorrhizal Pine Seedlings Exposed to Elevated Cu in Soils [J]. Mycorrhiza, 2015, 25(7): 561—571.

[9] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.

[10] 黄中艳,张明达.云南烤烟种植气候变化及其影响研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2013,38(7):107—112.

[11] 文 科,杜林方.温度、尿素、盐酸胍等因素对烟草蛋白 PR-1a 荧光光谱的影响研究[J].四川师范大学学报(自然科学版),2015,38(5):734—739.

[12] 周冀衡,朱小平,王彦亭,等.烟草生理与生物化学[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1996.

[13] 王庆杰,李洪文,何 进,等.大垄宽窄行免耕种植对土壤水分和玉米产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(8):39—43.

[14] 王树林,刘好宝,邢小军,等.烟草轻简高效栽培技术研究—Ⅳ.M型宽垄双行种植模式对土壤理化性状的影响[J].中国烟草科学,2012,33(5):42—48.

[15] SCHON H, SCHARTE J, ESSMANN J, et al. The Role of Light and Photosynthesis During Pathogen Defence in Tobacco Leaves [M]. Dordrecht: Springer, 2008: 1557—1560.

[16] 张喜峰,张立新,高 梅,等.密度、留叶数及其互作对烤烟光合特性及经济性状的影响[J].中国烟草科学,2014,35(5):23—28.

[17] 王树林,史万华,刘好宝,等.烟草轻简高效栽培技术研究—Ⅲ.M型宽垄双行种植模式对烟草生长及产质量的影响[J].中国烟草科学,2011,32(5):29—33.

[18] 刘朝巍,张恩和,谢瑞芝,等.玉米宽窄行交替休闲保护性耕作的根系和光分布特征研究[J].中国生态农业学报,2012,20(2):203—209.

[19] 许灵杰,杜相革,翟 欣,等.有机氮比例对双垄栽培烤烟光合特性的影响[J].河南农业科学,2014,43(3):28—32.

[20] 王通明,陈 伟,潘文杰,等.有机肥和化肥对烟叶气体交换、叶绿素荧光特性及叶绿体超微结构的影响[J].植物营养与肥科学报,2015,21(2):517—526.

[21] 符裕红,黄宗胜,喻理飞.岩溶区典型根系地下生境类型中土壤酶活性研究[J].土壤学报,2012,49(6):1202—1209.

[22] KANG Y H, LIU S H, WAN S Q, et al. Assessment of Soil Enzyme Activities of Saline-Sodic Soil Under Drip Irrigation in the Songnen Plain [J]. Paddy Water Environ, 2013, 11(1): 87—95.

[23] PHALKE D H, PATIL S R, PHARANDE A L, et al. Effect of in Situ Recycling of Sugarcane Crop Residues on Soil Enzyme Activities Under Soybean-Maize System [J]. Biological Sciences, 2016, 86(2): 299—307.

[24] 郑林林,任明波,陈 旭,等.不同种植方式下烤烟烟田土壤酶活性研究[J].中国烟草科学,2010,31(3):23—28.

[25] 王子芳,高 明,秦建成,等.稻田长期水旱轮作对土壤肥力的影响研究[J].西南农业大学学报(自然科学版),2003,25(6):514—517.

[26] HU W G, JIAO Z F, WU F S, et al. Long-Term Effects of Fertilizer on Soil Enzymatic Activity of Wheat Field Soil in Loess Plateau, China [J]. Ecotoxicology, 2014, 23(10): 2069—2080.

[27] 唐玉姝,慈 恩,颜廷梅,等.太湖地区长期定位试验稻麦两季土壤酶活性与土壤肥力关系[J].土壤学报,2008,45(5):1000—1006.

[28] SHAN Q H, YU Y C, YU J, et al. Soil Enzyme Activities and Their Indication for Fertility of Urban Forest Soil [J]. Frontiers of Environmental Science and Engineering in China, 2008, 2(2): 218—223.

[29] 卜玉山,苗果园,周乃健,等.地膜和秸秆覆盖土壤肥力效应分析与比较[J].中国农业科学,2006,39(5):1069—1075.

- [30] PARADELO R, OORT F V, BARRÉ P, et al. Soil Organic Matter Stabilization at the Pluri-DScale: Insight from Bare Fallow Soils with Contrasting Physicochemical Properties and Macrostructures [J]. *Geoderma*, 2016, 275: 48–54.
- [31] 黄小辉, 尹小华, 刘 芸, 等. 干旱胁迫对三峡库区消落带桑树生长的影响 [J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2012, 29(3): 57–60.

Effects of the Wide-Narrow Ridge Planting Pattern on the Anthropogenic Mellowing of Tobacco Soil

SU Ting-ting¹, ZHOU Xin-bin¹, XU Chen², WANG Yan-kun¹,
GAO A-xiang¹, XIE De-ti¹, HE Rong³, WEI Jian-guo⁴,
LI Xu-hua⁵, LI Dong-liang², DAI Xian-qiang²

1. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. China Tobacco Chongqing Industrial Cororation Limited, Chongqing 400716, China;

3. China Tobacco Hunan Industrial Corporation Limited, Changsha 410000, China;

4. China Tobacco Guangxi Industrial Corporation Limited, Nanning 530001, China;

5. China Tobacco Guangdong Industrial Cororation Limited, Guangzhou 510620, China

Abstract: A favorable soil environment is the foundation for the achievement of quality tobacco production with a desirable yield. Unfortunately, the physico-chemical properties of soil usually deteriorate after soil consolidation of tobacco fields, resulting in lower economic benefit of flue-cured tobacco cultivation. In order to speed up the anthropogenic mellowing process of newly consolidated tobacco fields for the improvement of tobacco yield and quality, a field experiment was made, in which two different planting patterns—wide-narrow ridge and uniform ridge—were compared about the photosynthetic characteristics of the tobacco plants, soil temperature and nutrients and changes in soil enzymes. The results showed that compared with the uniform ridge planting pattern, the wide-narrow ridge planting pattern decreased soil temperature by 0.8–5.5 °C during the high temperature period, increased the net photosynthetic rate of the plants by 12.15% in their vigorous growing stage, and enhanced the activities of catalase, urease, sucrase and phosphatase by 10.5%, 12.2%, 18.3% and 7.55% in the soil, respectively, which played an important role in soil improvement. The wide-narrow ridge planting pattern in combination with 20% organic nitrogen fertilizer application and furrow straw mulching had even better benefits: soil temperature decreased by 25% compared with uniform ridge planting pattern on July 19th, the net photosynthetic rate increased by 13.37%, and the average activities of the above-mentioned four enzymes increased by 13.15%, 12.49%, 19.82% and 9.58%, respectively. It is concluded that wide-narrow ridge planting pattern as a new planting technique has a good effect on soil improvement and, combined with it, application of 20% organic nitrogen base fertilizer and straw mulching furrow will give even better results.

Key words: tobacco; wide-narrow ridge; photosynthetic characteristics; temperature; soil enzyme

