

行株距配置对烟田微生态环境、烤烟光合特性及产值的影响

管赛赛¹,李志鹏¹,于晓娜¹,宗胜杰¹,曾宪立²,郑文冉²,叶协锋¹

(¹河南农业大学烟草学院,郑州 450002;²重庆市烟草公司武隆分烟草公司,重庆 408500)

摘要:为了探索适宜武陵山区烟叶生产的最佳栽培行株距配置,采用田间试验,研究了烤烟不同行株距搭配对烟田微生态环境、烤烟光合特性及烟叶产值的影响。结果表明:(1)适宜的行株距配置能为烟株创造良好的烟田微生态环境;(2)行距0.12 m、株距0.40 m配置和行距0.12 m、株距0.60 m配置的叶片净光合速率最大,行距0.11 m、株距0.40 m配置和行距0.11 m、株距0.50 m配置的胞间CO₂浓度较高,行距0.12 m、株距0.40 m配置的叶片蒸腾速率显著高于其他处理,行距0.11 m、株距0.60 m配置的蒸汽压亏缺显著高于其他处理;(3)从产量和产值上看,行距0.12 m、株距0.40 m配置表现较优,且其上等烟比例和均价都较高。综合分析,武陵山区烟叶适宜的栽培行株距配置为行距0.12 m,株距0.40 m。

关键词:烤烟;行株距配置;微生态环境;光合特性;产值

中图分类号:S572

文献标志码:A

论文编号:casb16080074

Effect of Row-Spacing Allocation on Micro-ecological Environment in Tobacco Field and Tobacco Photosynthetic Characteristics and Output Value

Guan Saisai¹, Li Zhipeng¹, Yu Xiaona¹, Zong Shengjie¹, Zeng Xianli², Zheng Wenran², Ye Xiefeng¹

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

²Wulong Tobacco Company of Chongqing Tobacco Company, Chongqing 408500)

Abstract: To explore the optimal row-spacing allocation of flue-cured tobacco in Wuling mountainous area, a field experiment was conducted to study the effect of row-spacing allocations on micro-ecological environment in tobacco field, tobacco photosynthetic characteristics and output value of flue-cured tobacco. The results showed that: (1) suitable row-spacing could help to create a good micro-ecological environment for flue-cured tobacco; (2) the net photosynthetic rates (Pn) of 0.12 m×0.40 m treatment and 0.12 m×0.60 m treatment were the highest, the intercellular CO₂ concentrations (Ci) of 0.11 m×0.40 m treatment and 0.11 m×0.50 m treatment were relatively high, the transpiration rate (Tr) of 0.12 m×0.40 m treatment and the vapor pressure deficit (VPD) of 0.11 m×0.60 m treatment were significantly higher than those of other treatments; (3) the performance of 0.12 m×0.40 m treatment was good from the perspective of yield and output value, and the high grade leaf proportion and average price of the treatment were higher. By comprehensive analysis, the optimal row-spacing allocation of flue-cured tobacco in Wuling mountainous area was 0.12 m×0.40 m.

Key words: flue-cured tobacco; allocation of row-spacing; micro-ecological environment; photosynthetic characteristics; output value

0 引言

烤烟是中国重要的叶用型经济作物,主要以叶片

作为收获目标,要获得特色优质的烟叶,需要为烟株提供一个优越的外界环境,保障烟株健康的生长发育,而

基金项目:重庆市烟草公司重点项目“烟田微生态环境与烟叶品质形成关系研究”(NY20140401070010)。

第一作者简介:管赛赛,男,1990年出生,河南郸城人,硕士,研究方向为烟草栽培生理。通信地址:730050 甘肃兰州七里河区南滨河中路1111号兰州卷烟厂, Tel:0931-2555091, E-mail:gss281951409@163.com。

通讯作者:叶协锋,男,1979年出生,河南郑县人,副教授,硕士生导师,博士,主要从事烟草栽培生理生化研究。通信地址:450002 河南省郑州市金水区文化路95号 河南农业大学, Tel:0371-63555763, E-mail:yexiefeng@163.com。

收稿日期:2016-08-17, **修回日期:**2016-10-20。

烟株生长外界环境和植烟密度息息相关, 行株距配置是调控植烟密度的重要手段。行株距配置可有效调控烟田微生态环境, 调节烟叶光合作用, 影响烟叶产量和产值。在烟叶农业生产中, 种植密度适宜与否关系到烟叶产量高低和品质的好坏, 栽培密度过小, 烟株个体生长发育较好, 但是群体达不到理想水平, 综合经济效益不高; 栽培密度过大, 烟株群体结构内部小气候环境恶化, 个体烟株受群体内生境的影响较大, 生长不良, 形成的烟叶品质较差^[1-5]。李素云等^[6]研究表明, 合理的株距能够增加烟株生长前中期的根密集层密度, 提高烟叶产值, 改善烟叶品质, 降低次等烟比例。代先强等^[7]研究表明, 不同垄体走向在植株下部、中部、上部、上方等位置的烟田温度、相对湿度、CO₂浓度等微生态环境因素存在差异。汪耀富等^[8]研究表明, 植烟密度显著影响烟田冠层生态特性和烟田土壤水分状况等田间环境。江豪等^[9]的研究表明, 植烟密度能够影响烟叶的生育期进程, 密植的比稀植的大田生育期缩短2~3天, 稀植的烟株下二棚叶、腰叶、上二棚叶的光照度和风速等田间小气候更大, 烟叶大, 单叶较重。徐宸等^[10]研究表明, 烟田微生态环境受起垄方式的影响。陈文等^[11]报道指出, 烟田微生态环境制约烤烟的光合特性。目前, 有关植烟密度、烟田微生态环境的研究已有较多报道, 但有关行株距配置对烟田微生态环境、烤烟光合特性及产值的影响系统研究较少。笔者通过设置不同的行距、株距试验, 研究其对烟田微生态环境、烤烟光合特性及产值的影响, 以期对武陵山区烟叶适宜栽培密度的确定提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于2012年在重庆市武隆县开展, 以‘云烟97’为供试材料。试验设置株距和行距二因素, 行距设0.11、0.12 m两个水平, 株距设0.40、0.50、0.60 m三个水平, 共6个处理, 采用随机区组排列, 重复3次, 共18个小区, 小区面积166.67 m²。

表1 大田试验设计情况表

处理	行距/m	株距/m	植烟密度/(株/hm ²)
T1	0.11	0.40	22725
T2	0.11	0.50	18180
T3	0.11	0.60	15150
T4	0.12	0.40	20820
T5	0.12	0.50	16665
T6	0.12	0.60	13875

烟苗于5月13号移栽, 基肥采用有机肥、农家肥和烟草专用复合肥[m(N):m(P₂O₅):m(K₂O)=8:15:25], 施肥方法采取起垄前条施和移栽时穴施相结合的方式, 有机肥施用量为450 kg/hm², 烟草专用复合肥施用量为750 kg/hm²。追肥期在移栽后20天, 施用硝酸钾[m(N):m(K₂O)=14:47]225 kg/hm²。大田管理按当地优质烟叶生产技术方案进行。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 田间微生态环境指标 在烟株移栽后75天, 用美国NK公司制造的Kestrel 4000手持式气象仪、光量子测量仪、CO₂浓度测定仪测定烟株上方10 cm处(以下简称为植株上10)、上部叶中间处(以下简称为上)、中部叶中间处(以下简称为中)、下部叶中间处(以下简称为下)4个位置的温度、相对湿度、CO₂浓度、光照强度等烟田间微生态环境指标, 测定时间在上午10:00—11:00。

1.2.2 烟叶的光合指标 在烟株移栽后75天, 用美国LI-COR公司制造的LI-6400便携式光合测定系统定点测定叶片净光合速率和胞间CO₂浓度、叶片蒸腾速率和蒸汽压亏缺, 测定时间在上午10:00—11:00。

1.2.3 烤后烟叶产量和产值 烤后烟叶按照国家烤烟分级标准进行分级, 测定烟叶产量、产值、均价和上等烟比例^[12]。

1.3 统计分析

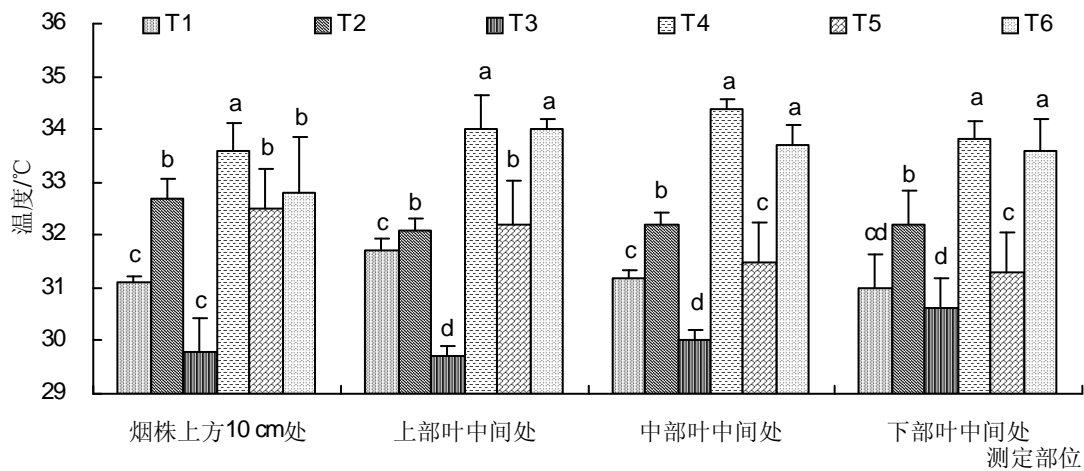
用Excel 2007和SPSS 22.0软件对所有试验数据进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 行株距配置对烤烟烟田微生态环境的影响

2.1.1 行株距配置对烤烟烟田温度变化的影响 由图1可知, 移栽后75天, 烟株上方10 cm处的温度表现为处理T4显著高于其他处理, 处理T2、处理T5和处理T6之间差异不显著; 烟株上部叶中间处、中部叶中间处和下部叶中间处的温度均已处理T4和处理T6较高且差异不显著, 而处理T1和处理T3的较低。这可能是由于0.12 m行距配置0.40、0.50、0.60 m株距改善了烟田间的受光态势, 提高了烟田温度, 其中0.12 m行距配置0.40、0.60 m株距的效果较好。

2.1.2 行株距配置对烤烟烟田相对湿度变化的影响 由表2可知, 不同处理的烟株3个部位相对湿度表现不同, 烟株上方10 cm处的相对湿度以处理T3最高, T2最低, 且处理T1、处理T3和处理T4差异不显著, 处理T2、处理T4、处理T5和处理T6差异不显著; 烟株上部叶中间处、中部叶中间处和下部叶中间处的相对湿度表现为处理T3均显著高于其他处理, 烟株上部叶中间



同一部位标以相同小写字母的值在0.05水平上差异不显著

图1 行株距配置对烤烟烟田温度变化的影响

处的相对湿度处理T2和处理T6较低且差异不显著,烟株中部叶中间处的相对湿度处理T4显著低于其他处理,处理T2、处理T4和处理T6的烟株下部叶中间处的相对湿度较低且差异不显著。可见,行株距配置对烟株上、中、下3个部位的相对湿度均有影响。

表2 行株距配置对烤烟烟田相对湿度变化的影响 %

处理	上10	上	中	下
T1	64.39a	62.01b	61.80b	63.31b
T2	59.48b	58.03c	58.65c	62.22c
T3	66.67a	66.02a	68.88a	68.23a
T4	62.77ab	60.38b	56.47d	60.80c
T5	60.29b	60.58b	62.90b	65.48b
T6	60.20b	57.17c	58.66c	62.01c

注:同列标以相同小写字母的值在0.05水平上差异不显著。下同。

2.1.3 行株距配置对烤烟烟田CO₂浓度变化的影响 CO₂是作物光合作用的必需原料,CO₂浓度对作物产量和品质形成有重要影响。由表3可知,烟田CO₂浓度随着烟株部位高度的增加,处理T1、T2、T3和T5均表现为先降低后升高再降低的趋势,而处理T4和T6表现为先升高后降低的趋势。烟株上方10 cm处的CO₂浓度处理T3显著高于其它处理,处理T5最低;上部叶中间处的CO₂浓度处理T6显著高于其他处理,处理T5最低;中部叶中间处的CO₂浓度处理T3最高,处理T5最低,处理T3和其他处理差异显著;下部叶中间处的CO₂浓度处理T3最高,处理T5最低,处理T3和其他处理差异显著。表明行株距配置能够影响烟田间的空气交换,改善CO₂供应。

表3 行株距配置对烤烟烟田CO₂浓度变化的影响 μmol/mol

处理	上10	上	中	下
T1	1144.50b	1149.52c	1142.48b	1144.51b
T2	1142.01b	1146.49c	1139.50b	1148.00b
T3	1168.03a	1214.00b	1169.49a	1171.50a
T4	1080.01c	1085.01d	1094.01c	1091.01d
T5	1059.02d	1079.54d	1063.53d	1088.48d
T6	1088.00c	1316.47a	1134.01b	1110.00c

2.1.4 行株距对烤烟烟田光照强度的影响 烟草是一种喜光作物,在大田生长发育和品质形成过程中需要充足适宜的光照^[13]。由图2可知,移栽后75天,烟株上方10 cm处的光照强度表现为处理T3最高,处理T6显著低于其他处理,而处理T3和处理T5差异不显著,处理T1、处理T2和处理T4差异不显著;烟株上部叶中间处光照强度表现为处理T3和处理T5较高且差异不显著,处理T2、处理T4和处理T6较低且差异不显著;烟株中部叶中间处光照强度表现为处理T3显著高于其他处理,处理T1、处理T2和处理T4较低且差异不显著;烟株下部叶中间处光照强度处理T3较高,但处理间差异不显著。说明行株距配置对烟田间的光照强度有一定影响,且对烟株中上部位的影响较大。

2.2 行株距配置对烟叶光合作用的影响

2.2.1 行株距配置对烤烟烟叶净光合速率和胞间CO₂浓度的影响 植物叶片的净光合速率的大小是衡量植物光合作用能力强弱的重要指标,能够直接反映植物光合作用程度及变化情况^[14]。由表4可知,随着烟株部位的升高烟叶的净光合速率逐渐增大,上部叶净光合速率处理T4最大,处理T3次之,两者差异不显著,

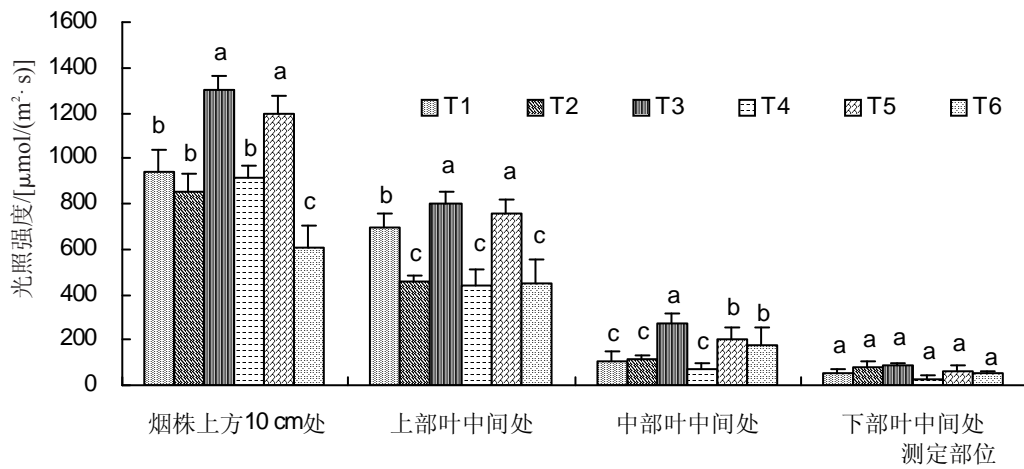


图2 行株距配置对烤烟烟田光照强度的影响

表4 行株距配置对烟叶净光合速率和胞间CO₂浓度的影响

处理	烟叶净光合速率/[μmol/(m ² ·s)]			胞间CO ₂ 浓度/(μmol/mol)		
	上部叶	中部叶	下部叶	上部叶	中部叶	下部叶
T1	16.11c	8.93c	3.63d	258.80b	282.92b	305.02c
T2	17.17b	12.00b	5.24c	270.89a	293.93a	310.72a
T3	17.25a	12.04b	6.29b	258.45b	291.91a	327.07a
T4	17.28a	12.68a	7.45a	250.88b	269.51c	294.07d
T5	16.10c	9.08c	5.51c	241.71c	269.51c	310.58b
T6	17.15b	12.71a	7.68a	242.56c	287.19b	304.56c

表5 行株距配置对叶片蒸腾速率和蒸汽压亏缺的影响

处理	烟叶蒸腾速率/[mol/(m ² ·s)]			蒸汽压亏缺/kPa		
	上部叶	中部叶	下部叶	上部叶	中部叶	下部叶
T1	7.57b	5.58c	2.59d	3.26b	3.49b	3.82a
T2	8.94a	7.00b	3.95c	3.30b	3.39b	3.76a
T3	7.02bc	7.00b	6.77b	3.76a	3.75a	3.77a
T4	6.91c	5.86c	3.78c	2.65d	2.78c	3.02b
T5	6.38d	7.40a	4.43c	2.80c	2.70c	2.95b
T6	6.96c	7.00b	7.70a	2.92c	2.89c	2.82b

处理T1和处理T5烟叶的净光合速率较小且差异不显著;中部叶净光合速率处理T4和处理T6较大,两者差异不显著,处理T1和处理T5烟叶的净光合速率较小且差异不显著;下部叶净光合速率处理T4和处理T6较大,差异不显著。说明,适宜的行株距配置可以改善叶片对光能的利用,提高叶片净光合速率。

胞间CO₂浓度是植物进行光合作用细胞内环境的CO₂浓度,直接影响到光合作用暗反应阶段的羧化速率^[15]。由表4可知,上部叶胞间CO₂浓度以处理T2最大,为270.89 μmol/mol,显著高于其他处理,处理T5最小,为241.71 μmol/mol,处理T5和处理T6差异不显著。中部叶胞间CO₂浓度处理T2最大,为291.91 μmol/mol,处理T2和处理T3差异不显著,处理T4和T5最小,为269.51 μmol/mol;下部叶胞间CO₂浓度T3最大,为327.07 μmol/mol,处理T2和T3之间差异不显著,处理T4最小。

2.2.2 行株距配置对烤烟叶片蒸腾速率和蒸汽压亏缺的影响 蒸腾速率是促进净光合速率的重要生理因子^[16],由表5可知,上部叶蒸腾速率处理T2显著高于其它

处理,为8.94 mol/(m²·s),处理T5最小,为6.38 mol/(m²·s);中部叶蒸腾速率处理T5最大,处理T2、T3和T6次之;下部叶处理T6的蒸腾速率最大,为7.70 mol/(m²·s),T1最小,为2.59 mol/(m²·s),两者之间差异显著。

大气蒸汽压亏缺反映了大气的干燥力,是影响气孔反应的最重要环境变量之一^[17-18]。由表5可知,蒸汽压亏缺从下部叶至上部叶处理T1、T2和T4依次降低,处理T3和T5表现为先降低后升高的趋势,而处理T6表现为逐渐升高。上部叶蒸汽压亏缺处理T3最大,处理T2次之,处理T1和处理T2差异不显著,处理T5和处理T6差异不显著;中部叶蒸汽压亏缺处理T3最大,处理T1和处理T2差异不显著,处理T4、处理T5和处理T6差异不显著;下部叶蒸汽压亏缺处理T1、处理T2和处理T3较大,且差异不显著,处理T4、处理T5和处理T6差异不显著。

2.3 行株距配置对烤烟经济学性状的影响

由表6可知,在产量上,处理T4最高,显著高于其他处理,处理T3次之,处理T6最低,处理T1和处理T2差异不显著,处理T3和处理T5差异不显著;在产值方

表6 行株距配置对烤烟经济学性状的影响

处理	产量/(kg/hm ²)	产值/(元/hm ²)	上等烟比例/%	均价/(元/kg)
T1	1500.80c	22737.10d	21.13%c	15.15c
T2	1594.90c	21164.30d	16.03%d	13.27d
T3	1851.40b	26326.90c	25.40%c	14.22c
T4	2649.20a	49278.00a	67.07%a	18.60ab
T5	1743.50b	33042.90b	51.84%b	18.95a
T6	1325.10d	24367.80cd	50.61%b	18.39b

面,处理T4最高,为49278.00元/hm²,显著高于其他处理,处理T5次之,处理T2最低,处理T3和处理T6差异不显著,处理T1、处理T2和处理T6差异不显著;上等烟比例以处理T4最高,处理T1和处理T3差异不显著,处理T5和处理T6差异不显著;均价以处理T5最高,且和处理T4差异不显著,处理T2最低,处理T1和处理T3差异不显著。综上,产值、产值和上等烟比例均以处理T4最高,处理T4总体表现最好。

3 结论与讨论

田间微生态环境影响作物群体结构与个体的关系,制约着作物群体的生理活动,从而影响作物生长发育和品质的形成。在适宜范围内扩大水稻栽插行距,获得较高的产量与合理行距有利于改善群体中后期的通风透光性和冠层结构的关系密切^[19-20]。王建林、谢立勇等^[20-21]认为行距越宽,冠层受光越好。刘开昌等^[22]研究表明,密度对玉米作物群体内小气候因子光合有效辐射、CO₂浓度、气温、相对湿度等的垂直分布有显著的影响,而且这种影响反馈到玉米群体结构的组成,最终反映在群体的有效积能量和产量上。李文璧等^[23]研究表明,不同植烟密度下的烟田小气候不同,光照、温度等空间资源的分布差异较大。本试验结果数据表明,适宜的行株距配置可以提高烟株上部叶中间处、中部叶中间处、下部叶中间处的CO₂浓度和烟田光照强度,减少烟株上部叶中间处、中部叶中间处、下部叶中间处的相对湿度,可以改善烟田通风和光照等烟田微生态环境条件,为烟叶生长发育创造一个良好的微生态环境。

绿色植物通过光合作用实现物质转化和能量转化,为植物生长发育和产量形成提供保障,光合作用是植物重要的生理活动,叶片的净光合速率是表征光合作用能力的重要指标,叶片的净光合速率大,光合作用能力强,反之,则弱;而净光合速率与胞间CO₂浓度、蒸腾速率、蒸汽压亏缺关系密切;胞间CO₂浓度参与植物光合作用暗反应过程,胞间CO₂浓度高低直接影响光

合作用的强弱;蒸腾速率则影响着叶片蒸腾作用和气孔的开放,进而影响外界环境CO₂进入叶片量与胞间CO₂浓度,从而影响光合作用;蒸汽压亏缺是影响气孔反应的重要因素之一^[24]。王瑞等^[25]研究发现,降低种植密度可以减小烟叶净光合速率的下降率,延缓光合功能的衰退,同时也延长了光合同化产物的积累时间,种植密度对光合功能及其同化产物的调控主要发生在烟株成熟期(移栽60天)以后,且随着叶片生育进程的推进,其影响程度增大。本试验结果显示,处理T4和处理T6的可以提高烟株的中、下部位的叶片净光合速率和蒸腾速率,降低叶片的胞间CO₂浓度,处理T4的烟叶综合效益较好,可能由于处理T4和处理T6的良好生态环境为促进光合生产打牢了坚实基础,过小的烟田行株距,一方面不利于烟株生育后期烟田的空气流通,使烟田环境恶化,另一方面,烟田空间资源难以满足烟株的需要,致使烟株间竞争加剧,不利于烟叶干物质的积累和品质的形成,烟叶的综合效益降低;过大的株行距,虽然烟田生态环境较好,但是烟株密度小,群体效益不高。

综合分析认为,在武陵山区‘云烟97’栽培的行株距为0.12 m×0.40 m时,烟株群体结构内烟田小气候环境较适宜烟株的发育,综合经济效益较高,但是关于进一步优化烟叶栽培行株距问题,仍需要做进一步研究。

参考文献

- [1] 王伦梅,潘锋,王定斌,等.不同移栽密度对云烟85生长及产量和品质的影响[J].天津农业科学,2010,16(6):33-35.
- [2] 顾学文,王军,谢玉华,等.种植密度与移栽期对烤烟生长发育和品质的影响[J].中国农学通报,2012,28(22):258-264.
- [3] 郭月清.烤烟栽培技术[M].北京:金盾出版社,1992.
- [4] 张锡玉,龙国炳,陈宗义,等.烤烟优质适产栽培与气候生态关系研究[J].中国烟草科学,1996(4):7-14.
- [5] 李海平,朱列书,黄魏魏,等.种植密度对烟田环境、烤烟农艺性状及产量质量的影响研究进展[J].作物研究,2008,22(5):489-490.
- [6] 李素云,刘光辉,姚雪梅.移栽株距对隆回烟叶产量和质量的影响[J].作物研究,2013,27(4):337-339.
- [7] 代先强,李沛,叶协锋,等.群体走向对打顶期烤烟不同部位微生态环境的影响[J].江西农业学报,2012,24(4):138-140.
- [8] 汪耀富,孙德梅,韩富根.密度和地膜覆盖对烟田冠层生理特性和土壤水分利用效率的影响[J].烟草科技,2003(12):27-30.
- [9] 江豪,陈朝阳,王建明,等.种植密度、打顶时期对云烟85烟叶产量及质量的影响[J].福建农林大学学报:自然科学版,2002,31(4):437-441.
- [10] 徐宸,孙曙光,王勇,等.不同垄向对旺长期烟田微生态环境的影响[J].江西农业学报,2012,24(12):81-84.
- [11] 陈文,刘红恩,王勇,等.烟田微生态环境对烤烟光合作用影响研究进展[J].江西农业学报,2011,23(2):85-88.

- [12] 国家烟草专卖局.GB/T 2635—1992,烤烟[S].北京:中国标准出版社,1992.
- [13] 洪其琨.烟草栽培[M].上海:上海科学技术出版社,1983:28-30.
- [14] 刘全吉,孙学成,胡承孝,等.磷对小麦生长和光合作用特性的影响[J].生态学报,2009,29(2):854-859.
- [15] 杨泽粟,张强,郝小翠,等.半干旱雨养地区春小麦气孔导度和胞间CO₂浓度对环境因子的响应[J].科学技术与工程,2014,14(33):20-27.
- [16] 张广富,赵铭钦,韩富根.烤烟净光合速率与生理生态因子的关系[J].浙江大学学报,2011,37(2):187-192.
- [17] 李秧秧,张萍萍,赵丽敏,等.不同氮素形态下小麦叶片光合气体交换参数对蒸汽压亏缺的反应[J].植物营养与肥料学报,2010,16(6):1299-1305.
- [18] 赵小光,张耀文,田建华,等.甘蓝型油菜不同发育时期光合日变化和环境因子之间的关系[J].西南农业学报,2013,26(4):1392-1397.
- [19] 郑克武,邹江石,吕川根.氮肥和栽插密度对杂交稻‘两优培九’产量及氮素吸收利用的影响[J].作物学报,2006,32(6):888-893.
- [20] 王建林,徐正进.穗型和行距对水稻冠层受光态势的影响[J].中国水稻科学,2005,19(5):422-426.
- [21] 谢立勇,徐正进,林而达,等.水稻灌浆期群体光能截获与利用分析[J].中国农业气象,2005,26(4):207-209.
- [22] 刘开昌,张秀清,王庆成,等.密度对玉米群体冠层内小气候的影响[J].植物生态学报,2000,24(4):489-493.
- [23] 李文璧,朱凯,段风云,等.施氮量和种植密度对红花大金元烟田小气候和产值的影响[J].中国烟草科学,2008,29(2):27-32.
- [24] 王三根.植物生理生化[M].北京:中国农业出版社,2008.
- [25] 王瑞,刘国顺,倪国仕,等.种植密度对烤烟不同部位叶片光合特性及其同化物积累的影响[J].作物学报,2009,35(12):2288-2295.