

减施化肥对烤烟叶片光合特性、叶绿素荧光特性和产质量的影响

宋文博¹, 杨鹏九², 刘 军³, 王 峰¹, 王克辉⁴, 贺国强⁵, 李恒全⁵

(1. 牡丹江师范学院, 黑龙江 牡丹江 157011; 2. 黑龙江省烟草专卖局, 黑龙江 哈尔滨 150000; 3. 牡丹江烟叶公司勃利分公司, 黑龙江 勃利 154500; 4. 牡丹江烟叶公司宝清分公司, 黑龙江 宝清 155600; 5. 牡丹江烟草科学研究所, 黑龙江 牡丹江 157011)

摘要:为推动优质特色烤烟的生产,在田间试验条件下,以烤烟品种龙江 911 为材料,研究减施化肥对烤烟叶片光合特性和叶绿素荧光特性及产质量的影响。结果表明:减施化肥增施有机肥提高了中部叶的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、 $\Phi PS II$,但降低了中部叶的 SPAD 值,总施氮量为 39.75 和 32.25 $kg \cdot hm^{-2}$ 的处理提高了烤烟中部叶的水分利用率,而总施氮量低于 32.25 $kg \cdot hm^{-2}$ 的处理降低了烤烟中部叶的水分利用率;上等烟率、中上等烟率、橘色烟率、均价、产量和产值均以减施化肥总含氮量为 39.75 $kg \cdot hm^{-2}$ 时最高,总施氮量为 2.25 $kg \cdot hm^{-2}$ 的处理降低了烤烟中部叶的橘色烟率、产量和产值。说明减施化肥总含氮量为 39.75 $kg \cdot hm^{-2}$ 时为最适当,有利于提高烤烟中部叶的光合能力、叶绿素荧光特性及叶片的产质量,过少的施氮量则降低烤烟叶片产质量。

关键词:减施化肥;烤烟;光合特性;叶绿素荧光特性;产量;质量

中图分类号:S572 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2015)10-0070-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.10.0070

长期施加化肥将会导致土壤理化性状、营养元素、有机物质和生物学活性降低^[1],偏施氮肥不仅造成土壤结构恶化、肥力下降,导致作物产量和品质下降,农业生产成本上升,而且还会严重威胁生态环境^[2]。增施有机肥能显著增加土壤的有机质含量^[3]和各种微量元素的含量^[4]。烤烟在生长过程中需要大量肥料,施用生物有机肥能提高烟叶的单产、均价、产值及上等烟比例^[5]。已有研究结果表明减少化肥施用量或增施有机肥将有效提高烤烟产质量^[6-7],但减施化肥、增施有机肥对烤烟光合能力、叶绿素荧光特性及产质量的影响三个方面结合研究鲜有报道。烤烟中部烟叶质量往往要好于上、下部烟叶,也是市场需求较大的部位,可以指示出烟叶的整体水平状况^[8]。为此,本文探讨了合理的减施化肥、增施有机肥对烤烟中部叶片光合特性和叶绿素荧光特性及产质量的影响,为优质特色烤烟生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年在牡丹江烟草科学研究所宁安试验基地进行。该地区属第二积温带,无霜期 130~140 d, $\geq 10^{\circ}C$ 活动积温 2 600~2 900 $^{\circ}C$,土壤质地为粘壤土,土壤类型为河淤土,土壤的养分状况为:有机质 1.55 $g \cdot kg^{-1}$,碱解氮 72.45 $mg \cdot kg^{-1}$,速效磷 77.90 $mg \cdot kg^{-1}$,速效钾 259.20 $mg \cdot kg^{-1}$,试验地块前茬作物为烤烟,秋翻秋起垄。

1.2 材料

供试烤烟品种为当地主栽品种龙江 911。不同氮磷钾配比采用的肥料为烟草专用肥、重过磷酸钙、硫酸钾、硫酸铵,其中烟草专用肥比例为 $N:P_2O_5:K_2O=7:10:21$,重过磷酸钙含磷 46%,硫酸钾含 K_2O 54.0%,硫酸铵含 N 21.2%。有机肥为黑龙江农垦三龙生物科技有限公司生产,氮、磷、钾含量均为 1%,有机质含量 $>35\%$ 。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 随机区组设计,4 个处理,3 次重复。各处理为 6 行小区,行长 7 m,小区面积 48.5 m^2 。5 月 15 日覆膜移栽;种植密度:行距 110 cm,株距 50 cm,密度 18 180 株 $\cdot hm^{-2}$ 。各处理有机肥中氮肥的施用量为 2.25 $kg \cdot hm^{-2}$ 。田间管理措施按当地生产技术规范进行,各项农事操

收稿日期:2015-06-05

基金项目:黑龙江省烟草专卖局资助项目(HN201001、HN201102、HN201303、201502);公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203091)

第一作者简介:宋文博(1989-),女,山东省营口市人,在读硕士,从事植物生理研究。E-mail:1617401595@qq.com。

通讯作者:李恒全(1964-),男,山东省肥城市人,学士,高级农艺师,从事烟草烘烤栽培研究。E-mail:lhq735@126.com。

作保持及时一致,同一管理措施在同一天内完成(见表 1)。

表 1 不同处理的施肥量

Table 1 Amount of fertilizer of different treatments

处理 Treatments	施氮量/ (kg·hm ⁻²) Application amount of N	施磷量/ (kg·hm ⁻²) Application amount of P	施钾量/ (kg·hm ⁻²) Application amount of K
T1	2.25	45	135
T2	17.25	45	135
T3	32.25	45	135
T4	39.75	45	135
CK	47.25	45	135

1.3.2 测定项目及方法 ①烟株叶片的 SPAD 值。于 2013 年 7 月 19 日(平顶后)测量烤烟从下往上数第 9 片叶,记为中部叶。选择晴朗天气的 9:00-11:30 时段,采用柯尼卡美能达(Konica Minolta)公司生产的便携式 SPAD-502 Plus 测量,每小区选田间长势均匀一致有代表性的烟株 20 株来测量。

②烟株光合参数。于 2013 年 7 月 12 日测量烤烟从下往上数第 9 片叶,记为中部叶,选择晴朗天气的 9:00-11:30 时段,有效光合辐射值为 1 500~2 200($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),测定仪器为美国 CID 公司生产的 CI-340 便携式光合作用测定系统,每小区选田间长势均匀一致有代表性的烟株 6 株来测量净光合速率(Pn)、蒸腾速率(E)和气孔导度(C)等。并计算水分利用率(WUE),其中 $\text{WUE}=\text{Pn}/\text{E}$ 。

③叶绿素荧光参数。在 2013 年 7 月 18 日(平顶后)测量烤烟从下往上数第 9 片叶,记为中部叶,选择晴朗天气的 9:00-11:30 时段,采用德国 WALZ 公司生产的 MINI-PAM 超便携式调制叶绿素荧光仪,每小区选田间长势均匀一致有代表性的烟株 9 株来测量。测定方法:直接测试实际荧光 F,给出饱和脉冲光,测出光下最大荧光 Fm'。根据 Fm'和 F 的差可以求出在实际光照状态下 PSII 的实际量子产量,即 $\Phi\text{PSII}=\Delta\text{F}/\text{Fm}'=(\text{Fm}'-\text{F})/\text{Fm}'$ 为 ΦPSII 光能捕获效率^[9]。

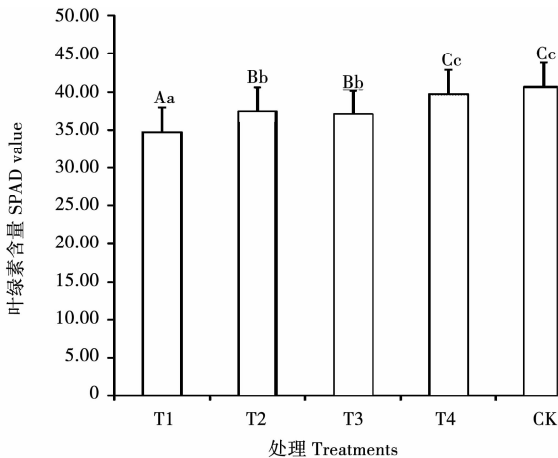
④烤后烟叶主要经济性状。依照烤烟国标 GB 2635-92 按小区分级测产记值,包括产量、产值、单叶重、均价、上等烟率、上中等烟率、橘色烟率等。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 软件进行数据分析,对数据做 F 检验,采用 Duncan 法做差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 减施化肥对烤烟叶片 SPAD 值的影响

由图 1 结果表明,烤烟中部叶的 SPAD 值以 CK 最高,分别比 T1、T2、T3、T4 高 17.15%、8.74%、9.84%、2.34%。CK 的叶绿素 SPAD 与 T4 差异不显著,与 T1、T2、T3 有极显著差异。SPAD 值大小顺序为 CK>T4>T2>T3>T1,减施化肥 4 个处理的叶绿素 SPAD 值均低于 CK 值。



不同的大小写字母分别代表0.01和0.05的显著水平。下同。
Different capital letters and lowercases mean significant difference at 0.01 and 0.05 level. The same below.

图 1 不同处理烤烟中部叶片的 SPAD
Fig. 1 SPAD of flue-cured tobacco central leaf of different treatments

2.2 减施化肥对烤烟叶片光合特性的影响

2.2.1 减施化肥对烤烟叶片净光合速率(Pn)的影响 由图 2 可知,减施化肥 4 个处理烤烟中部叶片的净光合速率(Pn)均高于 CK,依次比 CK 提高了 20.01%、22.25%、29.80%、32.45%,以 T4 处理的 Pn 值为最高。其中 T3、T4 处理的 Pn 与 CK 差异显著。Pn 值大小顺序为 T4>T3>T2>T1>CK。

2.2.2 减施化肥对烤烟叶片蒸腾速率(E)值的影响 由图 3 可知,减施化肥 4 个处理烤烟中部叶片的蒸腾速率均高于 CK,分别比 CK 提高了 24.74%、20.90%、20.96%、4.32%。4 个处理的 E 值与 CK 差异均不显著。

2.2.3 减施化肥对烤烟叶片气孔导度(C)的影响 由图 4 可知,减施化肥提高了中部叶片的气

孔导度,中部叶的C值T1、T2、T3、T4分别比CK高27.81%,24.67%,16.21%,6.87%,但与CK差异不显著。

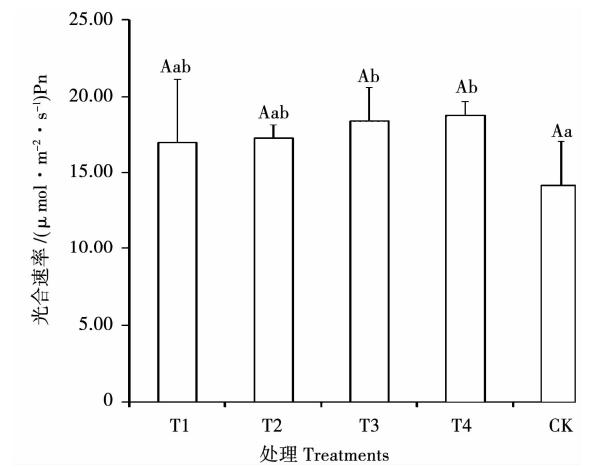


图2 不同处理烤烟中部叶片的光合速率
Fig.2 Photosynthetic rate of flue-cured tobacco central leaf of different treatments

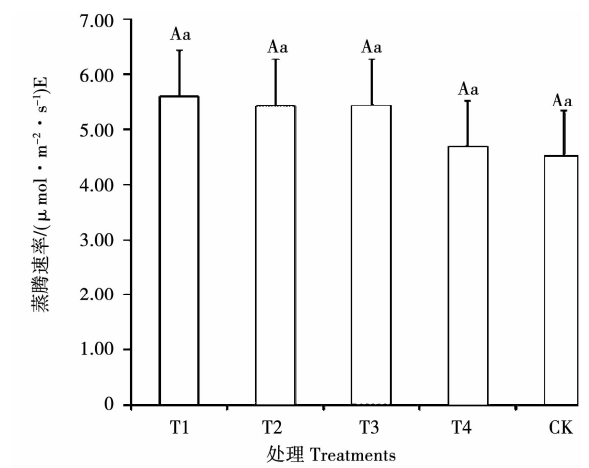


图3 不同处理烤烟中部叶片的蒸腾速率
Fig.3 Transpiration rate of flue-cured tobacco central leaf of different treatments

2.2.4 减施化肥对烤烟叶片水分利用效率的影响 由图5可知,烤烟中部叶T3、T4处理的水分利用率高于CK,T4处理的水分利用效率最高,比CK高出37.98%,与T1、T2以及CK差异达极显著水平,T1、T2中部叶的水分利用效率则有所降低。WUE值大小顺序为T4>T3>CK>T2>T1。

2.3 减施化肥对烤烟中部叶叶绿素荧光特性的影响

由表2可知,CK中部叶的F值和Fm'值均高于其它4个处理,但ΦPSⅡ却低于T2、T3、T4,差异均不显著。T2、T3、T4中部叶的ΦPSⅡ比

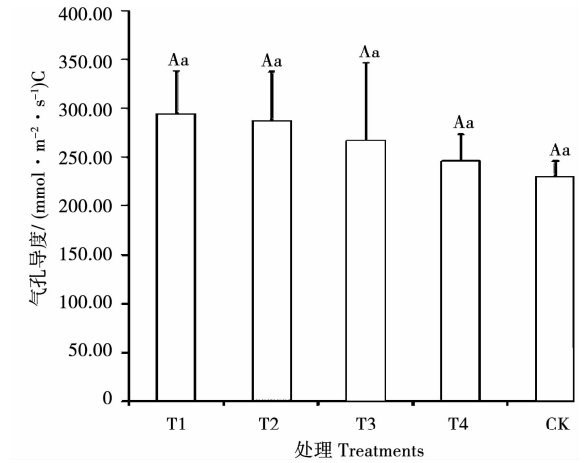


图4 不同处理烤烟中部叶片的气孔导度
Fig.4 Stomatal conductance of flue-cured tobacco central leaf of different treatments

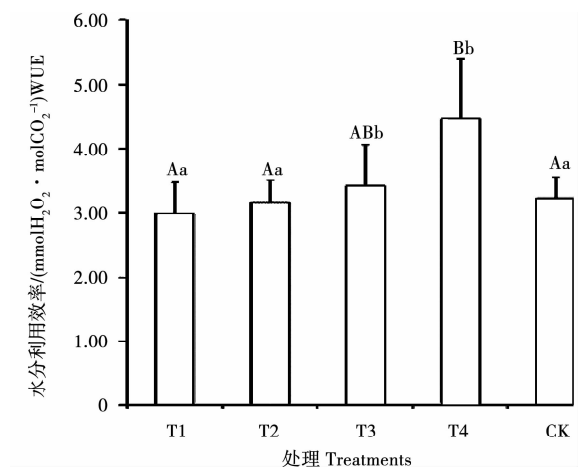


图5 不同处理烤烟中部叶片的水分利用率
Fig.5 Water use efficiency of flue-cured tobacco central leaf of different treatments

CK分别高6.7%、10.0%、6.7%,表明减施化肥增施有机肥能提高烤烟中部叶的实际光化学效率。

表2 不同处理烤烟中部叶片的F、Fm'和ΦPSⅡ值				
Table 2 F、Fm' and ΦPSⅡ value of flue-cured tobacco central leaf of different treatments				
处理 Treatments	F	Fm'	ΦPSⅡ	
T1	497.00±185.02 Aa	696.89±200.07 Aa	0.29±0.08	Aa
T2	474.33±112.33 Aa	691.00±102.77 Aa	0.32±0.07	Aa
T3	443.40±53.68 Aa	673.20±121.47 Aa	0.33±0.05	Aa
T4	431.00±13.86 Aa	719.86±99.45 Aa	0.32±0.05	Aa
CK	546.33±88.14 Aa	790.00±114.09 Aa	0.30±0.06	Aa

2.4 减施化肥对烤后烟叶主要经济性状的影响

由表 3 可知,减施化肥(除 T4 外)降低了烤烟的单叶重和产量,提高了烤烟上等烟率、上中等烟率、均价和产值。与 CK 相比,T1 的单叶重和产量降低了 15.1%和 16.1%,T2 的单叶重和产量降低了 6.2%和 9.2%,但 T4 的单叶重和产量最高,分别比 CK 提高了 1.3%和 3.2%。T1、

T2、T3、T4 的上中等烟率依次比 CK 提高了 12.47百分点、11.06 百分点、10.88 百分点以及 16.52 百分点,均价依次提高了 2.27、2.21、2.61、3.72 元·kg⁻¹。T2、T3、T4 的产值依次比 CK 提高了 2 801.7、6 643.2 和 13 612.2 元·hm⁻²,其中 T4 的产值与 CK 差异极显著。

表 3 减施化肥后烤烟叶的主要经济性状

Table 3 Main economic characters of flue-cured tobacco leaf after recucing fertilizer

处理 Treatments	单叶重/g Weight of sigle leaf	上等烟率/% Superior tobacco rate	上中等烟率/% Secondary tobacco rate	橘色烟率/% Orange tobacco rate	产量/(kg·hm ⁻²) Yield	均价/(元·kg ⁻¹) Average price	产值/(元·hm ⁻²) Output value
T1	9.25±0.20 Aa	22.76±3.49 ABb	70.73±8.40 Aab	14.57±7.23 Aa	2656.5±58.5 Aa	15.07±0.99 ABa	40030.5±2692.5 Aa
T2	10.21±0.81 ABb	22.04±5.82 ABb	69.32±1.62 Aab	28.12±11.94 Aab	2877.0±228.0 ABab	15.01±0.52 ABb	43248.0±4384.5 ABa
T3	10.87±0.67 Bb	30.99±8.20 Bbc	69.14±11.55 Aab	28.77±9.50 Aab	3042.0±189.0 BCbc	15.41±1.68 ABb	47089.5±7470.0 ABab
T4	11.03±0.53 Bb	34.54±5.89 Bc	74.78±6.20 Ab	35.64±11.89 Ab	3268.5±157.5 Cc	16.52±0.97 Bb	54058.5±5146.5 Bb
CK	10.89±0.44 Bb	12.31±6.57 Aa	58.26±7.41 Aa	28.70±13.07 Aab	3167.9±126.9 BCc	12.80±1.18 Aa	40446.3±2291.6 Aa

3 结论与讨论

3.1 叶绿素 SPAD 值

叶绿素 SPAD 值受施氮量的影响,据研究表明烤烟叶片叶绿素含量随施氮量的增加而升高^[10]。本文结果与其一致,随着减施化肥增施有机肥施氮量的降低,叶绿素 SPAD 值也跟着降低,4 个处理均低于未减施化肥的 CK 组。

3.2 光合速率

光合速率的高低是对能否形成优质烤烟叶片一个重要考量。虽减施化肥增施有机肥 4 个处理的 SPAD 值略低于 CK,但烤烟的实际荧光下降,净光合速率并未受到影响。减施化肥增施有机肥处理的 Pn 都高于对照组,其烤后烟叶的上等和上中等烟率也均高于对照组,表明减施化肥增施有机肥提高了烤烟中部叶的 Pn 值,从而增大了优质烤烟比例。

蒸腾速率和气孔导度则表明了烟株叶片的吸收和排出 H₂O 和 CO₂ 的情况,本试验中减施化肥增施有机肥处理的 E 与 C 均高于对照组,说明减施化肥增施有机肥有利于提高烤烟中部叶的蒸腾速率和气孔导度。

T4、T3 处理的水分利用率较对照组高且差异极显著,这说明减施化肥增施有机肥在总施氮量为 39.75 kg·hm⁻²(T4)和 32.25 kg·hm⁻²(T3)时则能提高烤烟中部叶的水分利用率,但总施氮量低于 32.25 kg·hm⁻²的 T2、T1 两个处理的水分

利用率较对照组降低,橘色烟率、产量都较对照组降低,说明过少的氮肥将不能满足烤烟中部叶对水分的有效利用,降低了烤烟产质量。

综合以上各项光合生理指标,减施化肥总施氮量为 39.75 kg·hm⁻²(T4)的处理叶绿素 SPAD 值仅略低于对照组,但其差异不大,其 Pn 与 WUE 较对照组均大幅度提高,差异明显,T4 的蒸腾速率和气孔导度也均高于对照组,说明在总施氮量为 39.75 kg·hm⁻²时,烤烟中部叶的光和特性最高。

3.3 叶绿素荧光

叶绿素荧光反映了对光能吸收、激发、传递和光合作用原初反应过程的情况。植物利用吸收到的光能进行光合作用和荧光,还有一部分以热能形式消散。热损耗通常为非光化学淬灭,将此忽略。从能量守恒角度出发,实际荧光 F 值降低,Pn 则升高。本试验研究表明,减施化肥增施有机肥降低了烤烟中部叶 F 值,实际光化学效率 ΦPSⅡ(除 T1)升高,净光合作用 Pn 也逐步增强,其烤后烟叶的上等烟率,上中等烟率均较对照组高,表明适当的减施化肥增施有机肥能有效降低烤烟中部叶的实际荧光,提高烤烟中部叶的实际光化学效率 ΦPSⅡ,增强净光合作用进而提升烟质。

3.4 烤烟叶片产质量

有研究者^[11-14]调查施有机肥有助于烤烟叶片产质量的提高。齐虹凌^[6]等人认为减施化肥增施有机肥提高了烤烟叶片的上等烟比例和均价,

但却降低了烤烟叶片的产质量。本研究中,减施化肥增施有机肥均比未减施化肥(CK)组提高了上等烟比例和均价,总产值(除 T1)与对照组相比均有明显的提高,其中由以 T4 处理(总施氮量 $39.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)提高幅度最大,产质量最高,总产值最多,而 T1(总施氮量 $2.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)处理各项指标数最低,总施氮量低于 $32.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的烤烟产量普遍降低,说明在总施氮量 $39.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时有利于提高烤烟中部叶的光合能力、叶绿素荧光特性及叶片的产质量,过少的施氮量则降低烤烟叶片产质量。

参考文献:

- [1] 张北赢,陈天林,王兵.长期施用化肥对土壤质量的影响[J].中国农学通报,2010(11):182-187.
- [2] 张绍林,朱兆良,徐银华,等.关于太湖地区稻麦上氮肥和适宜用量[J].土壤,1988,20(1):5-9.
- [3] 张海涛.磷肥、有机肥对土壤磷库及土壤磷缓冲能力的影响研究[D].保定:河北农业大学,2007:43-117.
- [4] 夏东旭.增施不同肥料对植烟土壤特性和烤烟品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2012.

- [5] 邓接楼,涂晓虹,王爱斌,等.生物有机肥在烟草上的应用研究[J].安徽农业科学,2007,35(29):9289-9290.
- [6] 齐虹凌,王福鑫,王潮钟,等.化肥减施对烤烟根系和烟株产质量的影响[J].黑龙江农业科学,2010(12):38-40.
- [7] 周晓,朱旭,阚宏伟,等.配施不同比例有机肥对烤烟光合作用及产质量的影响[J].广西农业科学,2009,40(5):517-520.
- [8] 龙怀玉,张连连,刘建利,等.中国烤烟中部叶矿质营养元素浓度状况[J].植物营养与肥料学报,2007,13(3):450-457.
- [9] 张守仁.叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J].植物学报,1999,16(4):444-448.
- [10] 罗海波,钱晓刚,何腾兵,等.增施氮肥和环割对烤烟光合速率的影响[J].土壤,2003,35(3):259-261.
- [11] 白文三,吴国贺,崔昌范.不同有机肥配比用量对烤烟香味的的影响[J].延边农业科技,2000(54):25-29.
- [12] 唐莉娜,熊德中.有机肥与化肥配合施用对烤烟生长发育的影响[J].烟草科技,2000(10):32-35.
- [13] 韩锦峰,吕巧灵,杨素勤.饼肥种类及其与化肥配比对烤烟生长发育及产质的影响[J].河南农业科学,1998(6):11-14.
- [14] Paunescu A D. The influence of the mixed and organic fertilization on the soil biology yield and quality of Oriental tobacco[J]. Coresta,1997,2:86.

Effect of Reducing Amount of Chemical Fertilizer on Leaf Photosynthetic Characteristics, Chlorophyll Fluorescence, Yield and Quality of Flue-cured Tobacco

SONG Wen-bo¹, YANG Peng-jiu², LIU Jun³, WANG Zheng¹, WANG Ke-hui⁴, HE Guo-qiang⁵, LI Heng-quan⁵

(1. Mudanjiang Normal University, Mudanjiang, Heilongjiang 157011; 2. Heilongjiang Province Tobacco Monopoly Bureau, Harbin, Heilongjiang 150000; 3. Boli Branch of Mudanjiang Tobacco Leaf Cooperation, Boli, Heilongjiang 154500; 4. Baoqing Branch of Mudanjiang Tobacco Leaf Cooperation, Baoqing, Heilongjiang 155600; 5. Mudanjiang Tobacco Science Research Institute, Mudanjiang, Heilongjiang 157011)

Abstract: In order to promote the production of high quality flue-cured tobacco, taking flue-cured tobacco variety LongJiang 911 as material under field experiment, the effect of reducing chemical-fertilizer on leaf photosynthetic characteristics, the chlorophyll fluorescence characteristics, the yield and quality of flue-cured tobacco were studied. The results showed that the SPAD was decline when reducing amount of chemical-fertilizer, but the photosynthetic rate, the rate of transpiration, stomatal conductance and actual photochemical efficiency of PS II in the light increased, treatments that nitrogenous fertilizer amount overall of 39.75 and $32.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ improved water use efficiency, and nitrogenous fertilizer amount below $32.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ reduced the flue-cured tobacco water use efficiency; nitrogenous fertilizer amount of $39.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ had the highest of the proportion of tobacco leaves with middle and first rank, orange level rate, average price, yield and output value of the flue-cured tobacco on middle leaf, nitrogenous fertilizer overall amount of $2.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ reduced orange level rate, yield and output value. The results indicated that $39.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ amount of nitrogenous fertilizer about reducing amount of chemical-fertilizer was the most appropriate value, which was advantage to enhance the photosynthetic characteristics, the chlorophyll fluorescence characteristics, the yield and quality of flue-cured tobacco on leaf, little amount of nitrogenous fertilizer would be reduce yield and quality of flue cured tobacco leaves.

Keywords: reducing amount of chemical fertilizer; flue-cured tobacco; photosynthetic characteristics; chlorophyll fluorescence; yield and quality