

培肥对烟田土壤养分含量及烤烟生长发育的影响

赵晓会^{1a,b}, 刘海轮^{1b,2}, 孙颖^{1b}, 和文祥^{1b}, 邓小成³

(1 西北农林科技大学 a 生命科学学院, b 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2 陕西省烟草公司, 陕西 西安 710061; 3 陕西省陇县烟草公司, 陕西 陇县 721200)

[摘要] 【目的】探讨培肥对烟田土壤养分及烤烟生长发育的影响, 筛选最佳的培肥模式, 为解决烟田连作障碍及指导陕西烟草的生产提供依据。【方法】以“秦烟 96”为供试材料, 在陕西陇县设置田间试验, 以不施肥为对照(CK), 测定了不同培肥措施(化肥、烟草专用肥、有机肥、有机肥配施烟草专用肥、有机肥配施微生物肥料)下烟田土壤养分含量、烟株农艺性状、烟草品质及烤烟产量、产值, 并对其相关性进行分析。【结果】与 CK 相比, 各培肥处理均可显著提高烟田土壤养分含量, 增加烟株的株高、叶片数、最大叶长和最大叶宽等, 显著提升烟叶的品质, 提高烟草的经济效益(烟草的产量、产值、均价和上中等烟的比例), 其中以有机肥配施烟草专用肥的效果最好。相关分析表明, 培肥后土壤的有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量与烟草的经济指标、农艺性状和烟叶品质的部分指标间呈显著或极显著正相关。【结论】有机肥配施烟草专用肥是研究区烟田较优的培肥模式。

[关键词] 培肥; 烤烟; 土壤养分; 农艺性状; 经济性状

[中图分类号] S572.062

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)06-0115-07

Effect of fertilization on soil nutrients and the growth of flue-cured tobacco

ZHAO Xiao-hui^{1a,b}, LIU Hai-lun^{1b,2}, SUN Ying^{1b},
HE Wen-xiang^{1b}, DENG Xiao-cheng³

(1 a College of Life Sciences, b College of Resources and Environment, Northwest A&F University,
Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Tobacco Company of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710061, China;

3 Tobacco Company of Longxian, Longxian, Shaanxi 721200, China)

Abstract: 【Objective】The impacts of fertilization on soil nutrients and the growth of flue-cured tobacco were studied to select the optimum fertilization model and to overcome the continuous cropping obstacles, which can provide evidence for flue-cured tobacco production in Shaanxi province. 【Method】We conducted the experiment to study the content of soil nutrients as well as the growth, quality and yield of flue-cured tobacco under different fertilizing methods (chemical fertilizer, tobacco-specific fertilizer, organic manure, organic manure combined with tobacco-specific fertilizer, organic manure combined with microbial manure) in Longxian Shaanxi province, and no fertilizer as control treatment. The flue-cured tobacco for this trial was “Qinyan 96”. 【Result】Compared with the control, fertilization could improve the content of soil nutrients. The agronomical character of tobacco, the quality and the economic effectiveness (such as the yield, output value, average price and ratio of tobacco with first and second degree), and the organic manure

* [收稿日期] 2010-12-03

[基金项目] 陕西省烟草专卖局科技重大专项“陕西省基本烟田综合治理工程”; 西北农林科技大学“青年学术骨干人才支持计划”项目

[作者简介] 赵晓会(1986—), 女, 河南禹州人, 在读硕士, 主要从事烟田培肥研究。E-mail: zxx7206@163.com

[通信作者] 和文祥(1968—), 男, 陕西黄龙人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事土壤生物化学研究。E-mail: wxhe1968@163.com

combined with tobacco-specific fertilizer were all enhanced. Correlation analysis showed that organic matter content and available N,P,K content were significantly or remarkably significantly positive relevant to soil nutrient,economic indicators,tobacco agronomical characteristics and qualities.【Conclusion】Organic manure combined with tobacco-specific fertilizer is an optimal fertilization model in Shaanxi province.

Key words: fertilization; flue-cured tobacco; soil nutrients; agronomical character; economic indicators

烟草是重要的经济作物,我国烟草的种植面积和产量均居世界首位,每年向国家财政上缴约 1 000 亿元,其中陕西作为西北地区的烟草大省,种植面积一直维持在 30 667 hm² 左右,为陕西及全国的国民经济发展做出了重要贡献^[1]。但由于近年来耕地面积逐年减少,烟草种植与需求的矛盾日益突出,烟田无法休养,导致烟田土壤生产中出现诸多问题,如养分失衡、土壤板结、结构破坏、微生物种群失调、病虫害严重等连作障碍,最终导致烟叶产量和品质下降,严重妨碍了烟草行业的可持续发展^[2-6]。为此,国内学者对烟田土壤改良和培肥进行了研究,发现培肥是解决烟田土壤连作障碍的有效措施之一,如增施秸秆、种植绿肥、施用微生物制剂、有机肥和化肥混施等^[7-13]。但也有学者发现,有机肥与化肥混施会造成烟草贪青晚熟,降低烟草的品质和产值^[14],加之我国种植烟草的自然条件千差万别,导致培肥效果也不尽相同,而且在陕西等西北地区,此方面的研究报道尚比较少。为此,本研究在陕西烟草主产县之一的陇县开展了田间培肥试验,分析培肥对烟田土壤养分含量、烤烟生长状况及品质、产量、产值等的影响,了解培肥与土壤养分含量及烤烟品质和产量、产值的关系,旨在为提高烤烟品质和产值,改良烟田土壤等提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试烤烟品种为“秦烟 96”。试验地设在陕西陇

县棱底下镇王马咀村(N 34°52. 753',E 106°46. 335'),海拔 999. 2 m,当地 5—9 月的平均气温为 20. 2 ℃,总降水量 356. 4 mm,日照 724. 7 h,气温适宜,日照偏少,降雨较多。土壤类型为黄绵土(黄土正常新成土,Loessi-Orthic Primosols),所选烟田连续种植烟草约 10 年,其基本理化性质为:有机质 10. 19 g/kg,全氮 0. 83 g/kg,碱解氮 35. 31 mg/kg,有效磷 12. 66 mg/kg,速效钾 133. 62 mg/kg,pH 8. 24。

1.2 试验方案

培肥试验于 2009 年 5—9 月进行,共设 6 个处理(表 1)。N、P 肥分别施用的是尿素和过磷酸钙;烟草专用肥由陇县烟草公司提供,其 $m(N):m(P_2O_5):m(K_2O)=10:10:20$;有机肥施用的是腐熟鸡粪;微生物肥料施用的是“可利丰”牌复合微生物肥料。由于烟草对氮肥要求十分敏感,故所有施肥处理的氮肥水平全部控制在 60 kg/hm²,且均在起垄前以基肥施入。试验采用随机区组设计,重复 2 次,共 12 个小区;小区面积为 6 m×6 m=36 m²,处理间及外围均设有保护行;烟草种植行、株距为 1. 2 m×0. 5 m。烟草移栽后,按优质烟栽培技术进行田间管理。

1.3 测定项目及方法

打顶后,于 2009-08-09 在每个处理小区中随机选取 20 株烤烟,按照国家标准进行农艺性状调查^[15];并取烤后各处理的 3、4、5 部位烟叶进行品质分析^[16-17];在常规烘烤完成后进行分级,记录各小区的产量、产值。

表 1 不同培肥处理中各种肥料的用量

Table 1 Application of fertilizers in different treatments					kg/hm ²
编号 Number	处理 Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	微生物肥料 Microbial manure
CK	对照 CK	0	0	0	0
B	化肥 Chemical fertilizer	60	60	0	0
C	烟草专用肥 Tobacco-specific fertilizer	60	60	120	0
D	有机肥 Organic manure	60	56. 69	31. 28	0
E	有机肥+烟草专用肥 Organic manure combined with tobacco-specific fertilizer	60	58. 35	75. 64	0
F	有机肥+微生物肥料 Organic manure combined with microbial manure	60	56. 69	31. 28	277. 78

烟叶采收后,分小区采集 5~20 cm 土层土样各 3 个,风干过筛,按常规方法测定土壤有机质、碱解

氮、有效磷和速效钾含量^[16]。

1.4 数据处理

采用 EXCEL2003 与 DPS7.05 软件对试验数据进行相关性分析和差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 培肥对烟田土壤养分含量的影响

由表 2 可以看出,各培肥处理土壤有机质含量的大小排序为 E>C>F>D>B>CK。与 CK 相比,处理 E 的增幅最大,为 18.6%,处理 B 增幅最小,为 8.32%。各培肥处理的有机质含量均较基础土样(10.19 g/kg)有所升高,而 CK 有机质含量反

而降低,表明培肥直接或间接地补充了土壤当中的有机物质,提高了土壤有机质含量,其中尤以烟草专用肥与有机肥混施的提升幅度最大。

处理 E 的土壤碱解氮含量较 CK 提高了 31.7%,也是其他培肥处理的 1.04~1.32 倍,且与 CK 和处理 B、D 和 F 的差异均达显著水平;与 CK 相比,处理 C、F、D 土壤碱解氮含量的增幅分别为 26.8%,24.4%,21.9%,但以上三者之间差异不显著;处理 B 的增幅最小,为 14.6%。表明施肥对土壤碱解氮含量的增加有明显的促进作用,但部分施肥处理间差异不明显,可能是本试验施氮量相同所致。

表 2 不同培肥处理对烟田土壤养分含量的影响

Table 2 Effects of different fertilizers on the content of soil nutrients

处理 Treatment	有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter	碱解氮/(mg·kg ⁻¹) Alkali N	有效磷/(mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/(mg·kg ⁻¹) Available K
CK	9.52 d	35.88 d	13.61 c	135.73 e
B	10.36 c	41.13 c	15.40 bc	148.22 d
C	11.02 ab	45.50 ab	17.97 ab	192.83 a
D	10.61 bc	43.75 b	16.79 ab	173.20 c
E	11.29 a	47.25 a	19.37 a	183.91 b
F	10.76 bc	44.63 b	17.01 ab	176.75 c

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著(P<0.05)。下表同。
Note: Within the same column, different superscripts are significantly different (P<0.05). It is the same with below tables.

有效磷是标志土壤磷素养分供应状况的重要指标。由表 2 可见,各培肥处理土壤有效磷含量的大小顺序为 E>C>F>D>B>CK,培肥处理土壤的有效磷含量较 CK 提高了 13.15%~42.32%,其中以处理 E 的效果最好。除处理 B 外,其他培肥处理均与 CK 差异显著,但这些施肥处理间的差异均未达显著水平。

土壤中的速效钾含量是影响烟草含钾量的主要因素之一。由表 2 所示,各培肥处理土壤的速效钾含量表现为 C>E>F>D>B>CK,除处理 D 与 F 间差异不显著外,其他处理间的差异均达显著水平,表明施用钾肥对土壤速效钾含量具有显著影响,各施肥处理均可显著提高土壤中的速效钾含量。速效

钾与施肥种类密切相关,也在一定程度上表明施用钾肥是解决烟草缺钾的有效途径之一。有文献报道,烤烟收获后土壤残留的有效钾含量为 150 mg/kg 时,才能基本上满足烟叶对钾的需求^[18]。可见本地区土壤速效钾含量仍需进一步补充。

相关分析表明,土壤有机质含量与碱解氮、速效磷、速效钾含量间均达极显著正相关,相关系数分别为 0.994,0.983 和 0.924,揭示土壤养分含量的消长变化是一致的。

2.2 培肥对烟株农艺性状的影响

烟株农艺性状是决定烟草产量的重要因素之一。本试验条件下,不同培肥处理对烟株农艺性状的影响如表 3 所示。

表 3 不同培肥处理对烟株农艺性状的影响

Table 3 Effects of different fertilizers on agronomical character of tobacco

处理 Treatment	株高/cm Plant heigh	节距/cm Knot length	茎围/cm Stem girth	叶片数 Leaf numbers	最大叶长/cm Maximum leaf length	最大叶宽/cm Maximum leaf width
CK	148.7±8.06 b	8.7±0.64 a	9.6±0.73 a	19.5±1.27 b	58.8±4.49 a	30.0±1.27 a
B	156.0±11.70 ab	8.3±1.65 a	10.5±1.15 a	20.0±2.31 ab	62.3±4.99 a	32.8±1.02 a
C	164.2±6.15 a	8.1±0.99 a	10.6±1.04 a	21.5±1.99 ab	64.3±5.40 a	32.3±1.32 a
D	162.4±12.71 a	8.0±0.58 a	9.7±0.63 a	22.0±1.29 a	62.5±6.42 a	31.1±1.46 a
E	166.5±4.39 a	8.2±0.49 a	10.8±1.07 a	22.2±1.68 a	62.5±2.63 a	32.3±1.08 a
F	160.5±10.18 a	8.3±0.37 a	9.6±0.80 a	21.8±1.77 a	62.0±2.94 a	32.0±1.38 a

从表 3 可以看出,各处理烟草株高的大小顺序为 E>C>D> F>B>CK,除处理 B 外,其他施肥处理的株高与 CK 间的差异均达显著水平。与 CK 相比,培肥在一定程度上均可使烟株叶片数、最大叶长和最大叶宽有所提高,促进烟株的生长发育,但对节距、茎围等指标均无明显影响。这可能是由于烟草农艺性状不仅受施肥的影响,而且还受到其他因

素如烟草品种、气候条件等的影响。

从表 4 可以看出,土壤中的有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量与株高、叶片数、最大叶长基本上均呈显著或极显著正相关,表明土壤养分与烟株的长势关系密切,即土壤的肥力水平越高,供给烟草的养分就越充足,烟草的长势就越好。

表 4 土壤养分与烟株农艺性状的相关分析

Table 4 Correlation coefficients between soil nutrients and agronomical character of tobacco

项目 Item	有机质 Organic matter	碱解氮 Alkali N	有效磷 Avail P	速效钾 Avail K
株高 Plant height	0.978 * *	0.985 * *	0.975 * *	0.944 * *
节距 Knot length	−0.789	−0.816 *	−0.736	−0.788
茎围 Stem girth	0.613	0.525	0.598	0.413
叶片数 Leaf numbers	0.871 *	0.914 *	0.892 *	0.898 *
最大叶长 Maximum leaf length	0.850 *	0.840 *	0.768	0.839 *
最大叶宽 Maximum leaf width	0.722	0.682	0.606	0.506

注:自由度 $n-2=4$, $r_{0.05}=0.811$, $r_{0.01}=0.917$ 。表 6、表 8 同。
Note: Freedom $n-2=4$, $r_{0.05}=0.811$, $r_{0.01}=0.917$. The same as table 6,8.

2.3 培肥对烟草品质的影响

烟草是经济作物,其产值不仅取决于烟草产量的高低,更决定于其品质的优劣。而烟草品质的优劣不仅决定于烟叶中主要化学成分含量的高低,还决定于各成分间是否协调平衡。

烟叶总氮含量是烟草氮素代谢的衡量指标。表 5 显示,培肥可使烟叶总氮含量明显提高,其中处理

C 的总氮含量最高,为 15.9 g/kg,其次为处理 E、F,均为 14.2 g/kg,处理 B 最小,仅为 13.0 g/kg。除处理 B 外,其余各培肥处理烟叶的总氮含量与 CK 的差异均达显著水平。通常烟草适宜的总氮含量为 15~35 g/kg,最适含量在 25 g/kg 左右^[19]。可见本研究区烟草中的总氮含量较低,还需进一步提高。

表 5 不同培肥处理对烟叶品质的影响

Table 5 Effects of different fertilizers on quality of tobacco leaves

处理 Treatment	总氮/ (g·kg ⁻¹) Nitrogen	烟碱/ (g·kg ⁻¹) Nicotine	总糖/ (g·kg ⁻¹) Total sugar	还原糖/ (g·kg ⁻¹) Reducing sugar	钾/ (g·kg ⁻¹) Potassium	氯/ (g·kg ⁻¹) Chlorine	总氮/烟碱 Nitrogen/ Nicotine	总糖/烟碱 Total sugar/ Nicotine	钾/氯 K/Cl
CK	12.1 d	8.5 c	204.8 f	144.9 d	16.1 e	0.8 d	1.42	24.16	20.02
B	13.0 cd	10.4 b	255.6 d	212.9 b	16.9 d	0.8 d	1.25	24.56	21.01
C	15.9 a	13.7 a	268.8 c	213.8 b	21.9 a	1.1 c	1.16	19.69	19.90
D	13.3 bc	9.9 b	299.5 a	235.3 a	19.8 c	1.6 a	1.35	30.31	12.49
E	14.2 b	13.1 a	277.5 b	228.3 a	20.8 b	1.2 b	1.08	21.20	17.02
F	14.2 b	10.1 b	232.7 e	197.4 c	20.9 b	1.6 a	1.42	23.13	13.05

烟碱是影响烟叶吸味品质的重要因素,烟碱含量过低则烟气没有劲头,吸味平淡;若烟碱含量过高,则刺激性大,味苦。由表 5 可见,各处理烟叶烟碱含量大小顺序为 C>E>B>F>D>CK,各培肥处理和 CK 的差异均达显著水平。供试烟叶烟碱含量为 8.5~13.7 g/kg,与烟碱最适含量 25 g/kg 左右^[19]相比,本地区烟叶中烟碱含量较低,这可能是因为 8—9 月降雨过多,造成大量氮素流失,从而影响了烟叶中烟碱的合成。这与李进平等^[20]提出的“成熟期随着土壤相对含水量增加,烟叶中烟碱含量有明显降低趋势”的结论一致。

糖类是形成烟叶香气物质和决定烟气醇和度的重要因素,含糖量低则引起刺呛位,而糖含量过高则烟气吃味平淡。从表 5 可以看出,各培肥处理烟叶总糖和还原糖的含量分别为 204.8~299.5 g/kg 和 144.9~235.3 g/kg。各处理烟叶总糖含量表现为 D>E>C>B>F>CK,且各处理间的差异均达显著水平。还原糖与总糖变化规律基本一致,除处理 B 与 C、D 与 E 之间差异不显著外,其他处理间的差异均到了达显著水平。由此可见,培肥对烟叶中总糖和还原糖含量有一定的影响,与烟叶的最佳总糖含量(250~300 g/kg)和最佳还原糖含量(150~250

g/kg)^[17]相比,本地区烟叶糖含量较为适中。

烟叶钾含量是影响烟叶燃烧性好坏、烟叶香气质量和烟雾品质的重要指标。表 5 显示,各培肥处理烟草钾含量为 16.1~21.9 g/kg,略低于国际优质烟叶钾含量(20 g/kg)标准^[17]。5 个培肥处理中,处理 C 烟叶的钾含量最高,为 21.9 g/kg,较 CK 增加了 36.03%,其他培肥处理的增幅为 4.97%~29.81%。各培肥处理烟叶钾含量均显著高于 CK,表明钾肥施用在一定程度上可以有效提高烟叶的钾含量。

适量氯含量可改善烟叶的烟气质量,但其含量过高会降低烟叶的燃烧性。从表 5 可以看出,各处理烟叶氯含量普遍偏低,仅为 0.8~1.6 g/kg,远低于国际优质烟叶的氯含量(4~8 g/kg)标准^[21]。除处理 B 外,其他培肥处理烟叶的氯含量均显著高于 CK,说明培肥能提高烟叶的氯含量,但施用化肥的影响相对较小。

氮碱比(总氮/烟碱)和糖碱比(总糖/烟碱)是评价烟草内在化学品质是否协调的指标。表 5 显示,各处理烟叶氮碱比为 1.08~1.42,糖碱比为 19.69~30.31,均大于最适氮碱比(1)和最适糖碱比(10)^[17],这主要是因为供试烟草烟碱含量过低所致。各处理钾氯比(钾/氯)为 12.49~21.01,符合钾氯比大于 4 的标准^[17]。综合来看,与其他处理相比,处理 C 和处理 E 烟叶的糖碱比、氮碱比和钾氯比最接近于适宜值,说明有机肥配施烟草专用肥处理烟叶品质的协调性较好。

参照烟叶主要化学成分的最适含量,可知本地区以后需进一步开展提高烟叶中烟碱、氮和氯等含量的协调研究。

土壤养分与烟草品质的相关分析结果(表 6)表明,烟叶中的烟碱、还原糖和钾含量与大部分土壤养分含量呈显著或极显著正相关,而其他烟草品质性状与土壤养分含量的相关性不显著。

表 6 土壤养分与烟草品质的相关分析

Table 6 Correlation coefficients between soil nutrients and quality of tobacco leaves				
项目 Item	有机质 Organic matter	碱解氮 Alkal N	速效磷 Avail P	速效钾 Avail K
烟碱 Nicotine	0.848 *	0.793	0.850 *	0.812 *
总氮 Nitrogen	0.793	0.777	0.756	0.903 *
总糖 Total sugar	0.696	0.709	0.678	0.633
还原糖 Reducing sugar	0.818 *	0.830 *	0.766	0.692
钾 Potassium	0.882 *	0.902 *	0.881 *	0.989 * *
氯 Chlorine	0.498	0.591	0.496	0.607

2.4 培肥对烤烟经济性状的影响

不同培肥处理对烤烟经济性状的影响及土壤养分与烟草经济性状的相关分析结果见表 7 和表 8。

表 7 不同培肥处理对烤烟经济性状的影响

Table 7 Effects of different fertilizers on economic indicators of tobacco				
处理 Treatment	产量/(kg·hm ⁻²) Yield	均价/(元·kg ⁻¹) Average price	产值/(元·hm ⁻²) Output value	上中等烟叶比例/% Ratio of tobacco with first and second degree
CK	2 524.20	9.48	23 918.25	53.50
B	2 579.70	9.72	25 079.40	57.00
C	2 819.40	10.36	29 216.25	63.50
D	2 734.95	10.29	28 129.65	61.90
E	2 863.80	10.39	29 753.55	64.00
F	2 777.25	10.03	27 844.35	60.70

表 8 土壤养分与烟草经济性状的相关分析

Table 8 Correlation coefficients between soil nutrients and economic indicators of tobacco				
项目 Item	有机质 Organic matter	碱解氮 Alkal N	速效磷 Avail P	速效钾 Avail K
产量 Yield	0.945 **	0.956 **	0.969 **	0.971 **
产值 Output value	0.945 **	0.956 **	0.968 **	0.975 **
均价 Average price	0.915 *	0.929 **	0.933 **	0.951 **
上中等烟叶比例 Ratio of tobacco with first and second degree	0.960 **	0.971 **	0.964 **	0.971 **

从表 7 可以看出,各培肥处理的产量、产值、均价、上中等烟叶比例均较 CK 有不同程度的提高,其

中处理 E 的 4 个经济性状均最高。这说明施肥对烤烟经济性状影响明显,而有机肥与化肥配施能较大幅度地提高烟叶的内在质量,增加经济效益。由表 8 可知,烟叶的产量、产值、均价和上中等烟叶比例与烟田土壤养分含量间的相关系数为 0.915~0.975,呈显著或极显著正相关。

3 结 论

1) 本研究表明,培肥可提高烟田土壤的养分含量,与其他处理相比,有机肥配施烟草专用肥处理显著增加了土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾的含量。揭示有机肥和烟草专用肥混合施用对烟田土壤养分有明显的改善作用。

2) 培肥可有效增加烟株的株高、有效叶片数、最大叶长和最大叶宽等农艺性状,促进烟株的生长发育,提高烟叶的产量和质量,提升烟草总体的经济性状,增加烟农的收入;另外,培肥可以提高烟叶中主要化学成分含量,使烟叶化学成分之间趋于协调,有效改善烟叶的品质。其中以有机肥与烟草专用肥配施效果最佳。

3) 相关分析表明,烟田土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾与烟株的农艺性状(株高、有效叶片数、最大叶长等)呈显著或极显著正相关,与烟草的各经济性状间均呈显著或极显著正相关。烟叶主要化学成分(烟碱、氮、还原糖和钾)也与烟田大部分土壤养分含量之间呈显著或极显著正相关。说明培肥可以提高烟田土壤肥力,进而促进烟株的发育,提高烟叶的品质和经济性状。

[参考文献]

[1] 刘国顺. 烟草栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
Liu G S. Tobacco cultivation [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003. (in Chinese)

[2] 关国经, 张长华, 冯光群, 等. 发病史、品种和轮作组合预防烤烟青枯病试验 [J]. 贵州农业科学, 2006, 34(增刊): 41-42.
Guan G J, Zhang C H, Feng G Q, et al. Controlling ralstonia solanacearum of flue-cured tobacco by the combination of variety and crop rotation according to disease levels of tobacco fields [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2006, 34 (Suppl.): 41-42. (in Chinese)

[3] 王连君, 谷思玉. 烤烟连作对土壤养分的影响 [J]. 烟草科技, 2004(9): 40-42.
Wang L J, Gu S Y. Effect of succession cropping of flue-cured tobacco on soil nutrients [J]. Tobacco Science & Technology, 2004(9): 40-42. (in Chinese)

[4] 刘 方, 何腾兵, 刘元生, 等. 长期连作黄壤烟地养分变化及其施肥效应分析 [J]. 烟草科技, 2002(6): 30-33.

Liu F, He T B, Liu Y S, et al. Nutrient changes of yellow soil successively planted flue-cured tobacco and its fertilization effect [J]. Tobacco Science & Technology, 2002(6): 30-33. (in Chinese)

[5] 晋 艳, 杨宇虹, 段玉琪, 等. 烤烟连作对烟叶产量和质量的影响研究初报 [J]. 烟草科技, 2002(1): 41-45.
Jin Y, Yang H Y, Duan Y Q, et al. Influence of continuous cropping on yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Tobacco Science & Technology, 2002(1): 41-45. (in Chinese)

[6] 石秋环, 焦 枫, 耿 玮, 等. 烤烟连作土壤环境中的障碍因子研究综述 [J]. 中国烟草科学, 2009, 15(6): 81-84.
Shi Q H, Jiao F, Geng W, et al. An overview on research into factors hindering continuous cropping in flue-cured tobacco [J]. Chinese Tobacco Science, 2009, 15(6): 81-84. (in Chinese)

[7] 王学杰, 王小东, 管京宜, 等. 烟草连作效应分析及对策初探 [J]. 河北农业科学, 2008, 12(4): 6-7, 9.
Wang X J, Wang X D, Zan J Y, et al. Analysis and countermeasure on succession cropping effect of tobacco [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2008, 12(4): 6-7, 9. (in Chinese)

[8] 张晓玲, 潘振刚, 周晓峰, 等. 自毒作用与连作障碍 [J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 781-784.
Zhang X L, Pan Z G, Zhou X F, et al. Autotoxicity and continuous cropping obstacles: A review [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(4): 781-784. (in Chinese)

[9] 高 群, 孟宪志, 于洪飞. 连作障碍原因分析及防治途径研究 [J]. 山东农业科学, 2006(3): 60-63.
Gao Q, Meng X Z, Yu H F. Reason analysis and control methods of succession cropping obstacle [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2006(3): 60-63. (in Chinese)

[10] 陈国康, 易 龙, 肖崇刚, 等. 生物多样性控病及其在克服烟草连作障碍中的可能应用 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(11): 5031-5033, 5042.
Chen G K, Yi L, Xiao C G, et al. Advance in disease control based on biodiversity utilization and its probable case application in overcoming the continuous cropping obstacles of tobacco [J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2009, 37(11): 5031-5033, 5042. (in Chinese)

[11] 吕 静. 微生物肥料在我国烤烟生产中的应用与创新 [J]. 中国烟草科学, 1999(3): 48-50.
Lü J. The application and prospect of microbes in the production of chinese flue-cured tobacco [J]. Chinese Tobacco Science, 1999 (3): 48-50. (in Chinese)

[12] 籍 越, 饶学明, 刘卫群, 等. 芝麻饼肥与无机肥配比对烟草根系生长发育的影响 [J]. 河南农业大学学报, 2003(3): 241-244, 256.
Ji Y, Rao X M, Liu W Q, et al. Effect of combined application of sesame cake fertilizer and inorganic fertilizer on growth and development of tobacco root system [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2003(3): 241-244, 256. (in Chinese)

[13] 唐莉娜, 熊德中. 有机肥与化肥配施对烤烟生长发育的影响 [J]. 烟草科技, 2000(10): 32-34.

Tang L N, Xiong D Z. Effect of combining application of organic and chemical fertilizers on the growth and development of flue-cure tobacco [J]. Tobacco Science & Technology, 2000 (10): 32-34. (in Chinese)

[14] 叶玉珍. 烤烟施肥技术 [J]. 河南科技, 1997(12): 10-11.
Ye Y Z. Fertilization techniques for flue-cured tobacco [J]. Henan Science & Technology, 1997(12): 10-11. (in Chinese)

[15] 国家烟草专卖局. YC/T 142—1998 中华人民共和国烟草行业标准: 烟草农艺性状调查方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
State Tobacco Monopoly Bureau. YC/T 142—1998 Occupation standard of tobacco of the people's republic of China; Investigating methods of agronomical character of tobacco [S]. Beijing: Standards Press of China, 1998. (in Chinese)

[16] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
Bao S D. Soil and agricultural chemistry analysis [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999. (in Chinese)

[17] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
Wang R X. Tobacco chemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003. (in Chinese)

[18] 陈江华, 刘建利, 李志宏. 中国植烟土壤及烟草养分综合管理 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
Chen J H, Liu J L, Li Z H. Nutrients integration management of chinese tobacco and soil [M]. Beijing: Science Press, 2008. (in Chinese)

[19] 肖协忠, 吴帼英, 王宝华, 等. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 50-52, 65.
Xiao X Z, Wu G Y, Wang B H, et al. Tobacco chemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 50-52, 65. (in Chinese)

[20] 李进平, 陈振国, 李建平. 土壤水分条件对白肋烟产质量的影响研究 [J]. 灌溉排水学报, 2003(4): 73-78.
Li J P, Chen Z G, Li J P. Effects of soil moisture on yield and quality and suitable soil moisture indexes for irrigation in burley tobacco [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2003(4): 73-78. (in Chinese)

[21] 韩忠明, 李章海, 黄刚, 等. 我国主要烟区烤烟氯含量特征比较研究 [J]. 贵州农业科学, 2008, 36(1): 106-107.
Han M Z, Li Z H, Huang G, et al. Characteristic of tobacco chlorine content in main tobacco cultivation areas in China [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2008, 36(1): 106-107. (in Chinese)

(上接第 114 页)

[18] 范雪梅, 姜东, 戴廷波, 等. 花后干旱或渍水下氮素供应对小麦光合和籽粒淀粉积累的影响 [J]. 应用生态学报, 2005, 16 (10): 1883-1888.
Fan X M, Jiang D, Dai T B, et al. Effects of nitrogen supply on flag leaf photosynthesis and grain starch accumulation of wheat from its anthesis to maturity under drought or waterlogging [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16 (10): 1883-1888. (in Chinese)

[19] 孙旭生, 林琪, 姜雯, 等. 施氮量对开花期超高产小麦旗叶 CO₂ 响应曲线的影响 [J]. 麦类作物学报, 2009, 29(2): 303-307.
Sun X S, Lin Q, Jiang W, et al. Effects of different amount of nitrogen supply on the CO₂-response curve in flag leaves of superhigh-yield winter wheat at flowering stage [J]. Journal of Triticeae Crops, 2009, 29(2): 303-307. (in Chinese)

[20] 罗明华, 胡进耀, 吴庆贵, 等. 干旱胁迫对丹参叶片气体交换和叶绿素荧光参数的影响 [J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 619-623.
Luo M H, Hu J Y, Wu Q G, et al. Effects of drought stress on leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence of *Salvia miltiorrhiza* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21 (3): 619-623. (in Chinese)

[21] 孟繁静. 植物生理学 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2000: 206-213.
Meng F J. Plant physiology [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2000: 206-213. (in Chinese)