

昆明烟区特色品种种植关键技术障碍及应对策略

徐兴阳, 欧阳进, 端永明, 钱发聪

(云南省烟草公司昆明市公司 烟叶生产技术中心, 云南 昆明 650051)

摘要:为应对烤烟生产发展“新常态”,寻找技术新突破.针对昆明烟区转移后呈现的新问题、新特点,围绕影响烤烟特色品种种植的关键技术因子,从不同前作、作物秸秆还田、植烟土壤养分特点等几个方面深入剖析,提出适宜昆明烟区种植 K326、红花大金元的实用新技术与配套的施肥方案,并从农业生产可持续角度探讨了烤烟特色品种提质、增效的新途径.

关键词:烤烟;特色品种;技术障碍;策略

中图分类号:S572 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-5639(2015)06-0001-06

DOI:10.14091/j.cnki.kmxyxb.2015.06.001

Key Technical Obstacles and Counter Measures on Planting Characteristic Varieties in Kunming Tobacco Growing Area

XU Xing-yang, OU Yang-jin, DUAN Yong-ming, QIAN Fa-cong

(Production & Technical Centre, Yunnan Tobacco Company Kunming Branch, Yunnan Kunming 650051, China)

Abstract: To find out a new technical support and breakthrough to cope with the “new normal” of tobacco production development in Kunming, aimed at the new problems and features after Kunming tobacco growing area transferred, based on the key affecting factors of planting the characteristic light-aroma tobacco varieties, analysis and research has been made on the features of different previous crops, crop straws return, and soil nutrient to put forward the new practical technologies and matched fertilization scheme for tobacco varieties of K326 and Hongda and new ways were discussed on upgrading quality and efficiency for sustainable agricultural production.

Key words: flue-cured tobacco; characteristic variety; technical obstacle; strategy

当前,我国烟草面临“控量、提质、增效”和“新常态”,以及放开烟叶收购价格“新挑战”,随之带来了几个方面的问题:第1,烤烟种植具有种植面积下降幅度大、产量下降幅度小的不对称性;第2,市场对特色烤烟品种(K326和红花大金元)烟叶的需求量较大,其烟叶收购量及比重呈逐年上升趋势;第3,在烟叶收购价格放开的情况下,还要让烟农持续增收,实现“工商农与地方政府”四满意.然而,随着农村产业结构的深度调整,近几年昆明种烟区域发生了很大改变^[1-2],这两个特色品种的增产潜力也面临巨大挑战.培育壮苗、平衡施肥、病虫害综合防治和成熟采收等“四大环节”的传统经验已经不能满足当前特色烤烟品种的生产需要.为此,寻找技术新突破,主动应对“新常态”已成为当务之急.

1 昆明种烟区域现状

从2010年至今,昆明烤烟种植区域由南向北、由低海拔向高海拔、由坝区向山区转移的趋势明显.当前,昆明烟区主要呈现5个新特点或新问题:1)光温热发生了变化,光照更加充足,但热量欠缺,后期低温的现象将更加突出;2)土壤pH更加趋于合理(多中性偏酸)、土壤肥力增加,但是,90%以上为山地烟,红壤占85%以上,质地重壤至轻粘壤居多,烤烟“返青”难烘烤现象较突出,根结线虫病加重^[3-4];3)基础设施更加薄弱、水源保障能力变差;4)种烟主体发生变化,“精益生产”模式逐渐代替了“精耕细作”的传统模式;5)特色品种K326和红花大金元的种植比重增加,增产、增收压力大.基于

收稿日期:2015-10-01

基金项目:中国烟草总公司云南省公司资助项目(2013YN17;2014YN20).

作者简介:徐兴阳(1974—),男,云南盐津人,高级农艺师,硕士,主要从事烟草种植新品种、新技术及新方法研究.

此,可能会带来其他一些关键性因子发生变化,如土壤中锰、铁、铝等微量元素、土壤微生物群落、土壤供肥规律以及农家肥源等的改变,以致烟株的生长发育规律(前期生长变得缓慢,后期更易受低温影响)和农艺措施及烘烤特性等都会发生改变,其最直接的表现就是烟叶的落黄成熟受到影响,返青、贪青晚熟、甚至老憋烟的现象时有发生,常常导致中上部烟叶烘烤性下降,大面积减产降质。为此,如何在原有特色品种种植区域进一步提高单产,在新区域(山区红壤)种植好、烘烤好特色品种烟叶,就成为当前烟叶生产的一项重大课题。

2 影响昆明特色烟生产的关键词

2.1 烤烟的收获对象

烤烟是一种以收获叶片为主的特殊经济作物,其田间生长势强、生长良好,只能说明田间鲜烟叶的生物产量高,但与烟农收益、烟叶品质不呈正相关,因为田间生物量并不代表烟叶的产质量。栽培是关键,烘烤是保障。优质烟叶是栽出来的,只有在大田栽出能够正常落黄成熟的烟叶,再通过合理采摘和科学烘烤将烟叶品质固定下来,才能最终满足卷烟企业所需求的优质原料。

2.2 山地红壤

红壤为发育于热带和亚热带雨林、季雨林或常绿阔叶林植被下的土壤,昆明地处北纬亚热带、低纬高原山地季风气候,是我国西南高原红壤的主要分布区。

山地红壤的主要特征是缺乏钙、镁、钾、钠等碱金属或碱土金属,而富含铁、铝氧化物,呈酸性红色。此类土壤封闭性强、通透性差,“秋发”特征明显,不发小苗发老苗。前期肥料利用率低,根系发育不良,烤烟生长缓慢;而进入旺长和成熟期的雨季,肥料被大量利用,易造成后期贪青晚熟或“返青”,对以收获叶片为主的烤烟生产严重不利。

2.3 土壤有效氮

目前,在大农业科研与生产上一般以土壤有效氮(又称水解氮或碱解氮)作为作物施氮的依据。而土壤有效氮是硝态氮、氨态氮、酰胺、氨基酸和易水解的蛋白质氮的总和^[5],但能被作物吸收利用的氮素主要是氨态氮和硝态氮^[6]。因此,单纯的土壤中有有效氮并不能很好地作为施肥参考指标,还必须考虑前作、土壤类型和土壤结构等多种因素。

2.4 前作

前作,指某一种作物种植前一个生产季节所种的作物,包括大春和小春。在昆明烟区,烤烟的大春前作通常为烤烟、玉米、水稻等作物,小春作物通常有大麦、小麦、青稞、油菜、苦荞、大蒜,以及蚕豆、豌豆、苕子等 5 大科 9 种作物。小春季节若没有种植任何作物则被称为冬闲。

2.5 作物秸秆

通常将成熟农作物的茎叶(穗)几个部分总称为秸秆,其主要包括玉米、水稻、小麦、大麦、黑麦草和甘蔗等禾本科(Gramineae)作物,油菜等十字花科(Brassicaceae)作物,豌豆、蚕豆、苕子等豆科(Leguminosae sp.)作物,苦荞等蓼科(Polygonaceae)作物,以及棉花等锦葵科(Malvaceae)作物在收获籽实后的剩余部分。而光合作用的产物有 50% 以上存在于秸秆中,秸秆富含有机质和氮、磷、钾、钙、镁、硫等多种养分,也是一种重要的生物资源。此外,它还是一种粗饲料,其粗纤维含量(质量分数)高,达 30% ~ 40%,并含有木质素(能够被反刍动物羊、牛等牲畜吸收和利用,但不能为鸡、猪所利用)等。

作物科别不同,其秸秆 C/N(碳氮比)差异也很大(详见下表 1)。当然,相同品种也会因地域、土壤类型、栽培措施等不同而差异较大。

表 1 不同作物秸秆碳氮比

秸秆种类	麦秆	玉米秆	稻草	油菜秆	豆秆
C/N	66.5	66.5	72.3	63.7	37.0

2.6 有机肥

有机肥是指含有有机物质,既能提供农作物多种无机养分和有机养分,又能培肥改良土壤的一类肥料。主要包括农家肥、绿肥和腐殖酸肥 3 类,pH 值多呈中性偏碱。

广义上的有机肥:俗称农家肥,包括以各种动植物残体及其代谢物(如人畜粪便)的单一或混合组成,经过自然发酵或腐熟剂发酵的产物。充分腐熟的农家肥,使用时其养分含量可以忽略不计。

狭义上的有机肥:就是对广义有机肥进行无害化处理,以含碳为主、富含大量有益物质,符合国家相关标准(NY 525—2002)及法规的肥料。市场上的有机肥种类繁多,如微生物有机肥、氨基酸有机肥、腐殖酸有机肥等,使用时其养分含量需要抵扣相应的氮磷钾含量。

3 不同前作对特色烟生产的影响

从作物与土壤养分的关系来看, 各类作物对于磷、钾、钙等都是消耗的, 但对于氮和碳却有消耗和增加的区别^[7], 且影响了土壤营养元素的吸收、利用和分布, 不同的前作对烤烟的产质量影响很大. 有研究^[8-9]表明, 对烤烟主要经济性状(产量、产值、上等烟比例)和烟叶品质有利的小春前作是大麦(*Hordeum vulgare*)与油菜(*Pisum sativum*), 不利的前作是洋葱(*Allium cepa*)、甜脆豌豆(*Brassica napus*)、豌豆(*Pisum sativum*)和苕子(*Vicia L.*), 而大蒜(*Allium sativum*)作为烤烟前作尚有一定争议^[10,21], 不同区域表现各异.

不同小春作物的施肥、自身携带养分以及固氮或耗养能力差异巨大, 进而会影响土壤环境的养分及其平衡, 最终会影响到烤烟生长发育和烟叶的产质量. 大麦富碳耗氮, 在一般的产量水平下, 吸氮量比大豆多1倍以上, 从土壤中吸收大量氮素和供给土壤碳源, 且其生长周期较短, 人为施肥较少, 后作烤烟易于控制施肥量, 且有利于烟叶落黄成熟; 油菜对土壤肥水条件要求相对较高, 既能消耗土壤中大量氮素, 又能促进土壤养分平衡, 对后作烤烟的烟叶落黄成熟有利; 甜脆豌豆为食用豆科作物, 本身具有固氮作用, 加上增产、增收的驱使, 人为大水大肥, 收获后使土壤中残留的氮素较多, 种植烤烟难以调控施肥量; 洋葱为鳞茎类作物, 氮和钾的消耗量均较大, 破坏了土壤的营养平衡; 苕子(一种重要的绿肥)也是固氮能力较强的豆科作物, 虽然在一定程度上改良了土壤、培肥了地力, 但种植烤烟同样难以控制施肥量, 且对地下害虫防治和烤烟落黄成熟不利, 这不是我们需要的; 大蒜本身属于需肥量较大的作物, 但若考虑后作种植烤烟, 应尽量少施或不施化肥, 多补充水分, 尽量消耗土壤中残存的N素, 便能确保后作烤烟的产质量.

不同大春作物抗病特性、需肥特性等差异很大, 其中以水稻较好, 玉米次之, 最差的是烟草(连作). 实行水旱轮作不仅可以减轻后作烤烟病害的发生, 还可改善土壤结构和土壤的通气性, 有利于后作烤烟生长发育; 玉米氮肥施用量大则会破坏土壤养分平衡, 加上根系分泌物对烤烟的生长可能产生抑制作用^[11], 进而影响到烟株生长和烟叶品质; 烟草连作的土壤养分较为丰富, 但土传病害(黑胫病、根结

线虫病等)严重、营养失衡、以及根系分泌物的自毒现象等, 会带来减产、降质等诸多不利^[12-13].

因此, 在实际烟叶生产中, 制订施肥方案和指导施肥时, 绝不能忽视前作及其施肥习惯的影响, 特别是在山地红壤烟区及烤烟连作的土壤上, 应大力推广大麦等耗N、对烤烟落黄成熟有利的前作, 这对降低后期“返青”风险, 提高单产、提质增效意义重大.

4 作物秸秆还田的应用效果

作物秸秆还田是一种理想的选择, 昆明乃至整个云南的麦秆、稻草、玉米秆等资源丰富的, 开展秸秆还田具有良好的条件^[14-17]. 对改良土壤、促进烟株生长发育、提高抗逆性, 以及改善烟叶品质等具有重要作用. 一般而言, 其使用方法主要是粉碎后直接还田或腐熟后农家肥还田两种方式, 前者用量4 500 ~ 9 000 kg/hm², 后者用量7 500 ~ 15 000 kg/hm².

作物秸秆虽然携带大量养分, 但在施入当季几乎得不到有效利用. 不仅如此, 在烟叶生产上, 单独施用未经腐熟的作物秸秆, 往往会发生“氮饥饿”现象^[18], 导致作物生长前期缺氮、发育不良而大幅减产. 这是因为碳氮比是影响作物秸秆分解的重要因素, 微生物分解有机物的最佳碳氮比为 $\rho(C):\rho(N)=25:1$, 碳氮比大则有机物分解较困难或矿化速度较慢. 一般禾本科作物的茎秆碳氮比都较高, 可达 $\rho(C):\rho(N)=(60\sim100):1$, 而豆科作物秸秆的碳氮比则较低, 如一般豆科绿肥的碳氮比为: $\rho(C):\rho(N)=(15\sim20):1$. 如果施入碳氮比过大、未经腐熟的作物秸秆, 则会产生两个方面的影响, 一方面微生物分解需要消耗土壤中大量的N素, 另一方面发酵过程中所产生的物质也可能会影响烟株的根系发育.

那么, 在烤烟生产中, 是选择作物秸秆直接还田, 还是选择腐熟农家肥还田, 需要区别对待. 有研究表明^[17,19-20], 在移栽前, 无论采用直接还是腐熟还田, 提高经济性性状的效果均表现为: 麦类秸秆 > 玉米秸秆 > 稻草 > 豆类秸秆. 但若直接利用禾本科秸秆, 中后期不但不会提供养分, 还可能会在腐解过程中消耗土壤中的N素, 在后期供肥较弱的土壤常常会导致烤烟后期发生早衰现象. 为此, 针对后期供肥能力强的土壤(如红壤), 秸秆(尤其是麦秆)直接还田, 可以促使烤烟分层落黄较好、成熟期提前, 经济效益显著提高(建议将“红壤禾本科秸秆还田”作为

实用新型技术在红壤烟区全面推广应用);反之,对于后期供肥能力弱的土壤(如紫色土),作物秸秆只宜堆捂腐熟还田。

5 昆明植烟土壤施肥(推荐)方案

在制订施肥方案时,往往不能做到面面俱到,但土壤有效 N 含量(质量分数)和前作应作为确定施 N 量最重要的参考依据^[21]。在不同前作、相同土壤有效 N 含量(质量分数,以下同)水平的烤烟施 N 量差异较大,例如土壤有效 N 含量为高水平,小麦(或油菜)前作与菜豌豆前作的烤烟施 N 量会相差约 3 倍。针对苕子、豌豆、蚕豆等固氮能力强、培肥土壤的前作,或是施肥量较大

的前作,要严格控制烤烟的施 N 量。而在山地红壤上,不同前作对烤烟施肥的影响更加明显,施肥不当,常常会导致烟株生长异常,烟叶出现贪青晚熟难于褪色,进而影响烟叶产质量。

5.1 氮磷钾三要素用量的确定

昆明烟区植烟土壤有效氮含量通常表现为:红壤>水稻土>紫色土,施肥量掌握的难易程度也是由难到易,后两者对 N 肥的容忍性较大。在通常情况下,速效氮水平红壤以 2 级、3 级居多,水稻土以 3 级、4 级居多,紫色土以 4 级、3 级居多。为此,在相同区域的 3 种类型土壤,施 N 量(含生物有机肥或以其他形式抵扣的 N 素用量)通常表现为依次增加 15~30 kg/hm²,具体方案详见表 2。

表 2 昆明烟区特色品种红壤种植 N 肥用量(推荐)方案

级别	土壤有效 N /(mg·kg ⁻¹)	红花大金元/(kg·hm ⁻²)			K326/(kg·hm ⁻²)		
		麦类、苦荞、油菜	蚕豆、大蒜、冬闲	菜豌豆、苕子	麦类、苦荞、油菜	蚕豆、大蒜、冬闲	菜豌豆、苕子
5	<60	75.0~90.0	60.0~75.0	45.0~60.0	127.5~142.5	112.5~127.5	97.5~112.5
4	60~90	60.0~75.0	45.0~60.0	30.0~45.0	112.5~127.5	97.5~112.5	82.5~97.5
3	90~120	45.0~60.0	30.0~45.0	15.0~30.0	97.5~112.5	82.5~97.5	67.5~82.5
2	120~150	30.0~45.0	15.0~30.0	7.5~15.0	82.5~97.5	67.5~82.5	52.5~67.5
1	>150	15.0~30.0	避免种植	避免种植	67.5~82.5	52.5~67.5	37.5~52.5

注:配施有机肥的土壤,施氮量取下限;反之,则在推荐范围内适当增加。

磷、钾肥的施用量,以参考绝对数量为宜。通常情况下,P₂O₅的用量以 45~90 kg/hm²为宜,K₂O 的用量以 180~225 kg/hm²为宜。针对有效磷、速效钾质量分数明显偏低的特殊土壤,如土壤有效磷质量分数<12 mg/kg,其用量可提高至 90~120 kg/hm²;如土壤速效钾质量分数<100 mg/kg,可以采取团棵至旺长期根施钾肥或叶面喷施硫酸钾(或磷酸二氢钾)相结合的补钾方式。

另外,需要将硝酸钾与硫酸钾的作用区别看待,前者主要作为提苗肥在烤烟前期施用,且其含氮量需要计算在总施氮量中;而后者则作为提高烟叶钾含量、改善烟叶品质、增进烟叶落黄成熟,在栽后 35~45 d 施用(栽后 45~60 d 是钾的吸收高峰期)。

5.2 有机肥用量的确定

1) 农家肥的用量。因其重要作用主要表现在烤烟生产当季保水、保肥,提高土壤的通透性,以及提高肥料利用率和促进根系发育等几个方面,建议将“腐熟剂充分腐熟的农家肥”作为一项实用新型技术在全市范围内推广,而未腐熟的农家肥会给烤烟生长带来许多不确定因素应杜绝使用。其用量以

土壤有机质含量(质量分数)为依据,而土壤有机质质量分数也常表现为:红壤(3%~4%)>水稻土(2%~3%)>紫色土(1.5%~2.5%)。为此,在相同区域的 3 种类型土壤,农家肥用量以红壤 7 500~9 000 kg/hm²为宜,水稻土、紫色土则依次增加 1 500~3 000 kg/hm²。

2) 商品有机肥的用量。其兼具农家肥与化肥的作用特点,用量通常是有机氮所占比例为 40%~50%,最多不宜超过 60%,因其改善土壤通透性的能力有限,常常需要与腐熟农家肥搭配,作基肥施用。

5.3 中微量元素的确定

在确定施肥方案时,往往会忽略中微量元素的作用,而实际上,中微量元素会对烟叶产质量产生重要影响^[22-24],甚至可能是上部烟叶易挂灰的重要原因^[25-26]。昆明植烟土壤应优先考虑缺锌(临界值 1.0 mg/kg)、硼(0.5 mg/kg)、钼(0.15 mg/kg)^[3],缺镁、铁、铝富集,以及锰中毒等几种情况。针对缺乏中微量元素的土壤,可采取缺什么补什么的原则,考虑在肥料中添加或在团棵至旺长期叶面喷施的措施;

针对锰中毒、铁铝富集的情况,其是否对昆明烟区的烟叶造成影响目前尚没有得到证实,但可以关注.如有效锰高于 30 mg/kg 的土壤,可探索 13% EDTA-Fe (乙二胺四乙酸铁钠) 5 000 倍液,在团棵至旺长期叶面喷施,并观察改善效果.

6 特色品种提质、增效新途径展望

综上所述,要种植好烤烟特色品种 K326 和红花大金元,特别是在山地红壤上,确保大田烟株早生快发、后期正常落黄,重点应在前作(小春)选择、有机肥应用和施肥量确定等几个方面多下工夫.除此之外,还可从以下几方面探索和实践“提质、增效”的新途径.

6.1 禾本科秸秆的直接应用

禾本科秸秆作基肥,在土壤水分低的烤烟生长前期,秸秆很少分解,不会与烤烟争氮,而在水分充足的烤烟旺长期、成熟期,秸秆分解加快,可以消耗土壤中大量的 N 素,一定程度上控制了过多的 N 素供应,有利于烤烟脱氮成熟^[9].为此,在秋发地红壤上种植特色品种,可以考虑在根际范围内直接施用禾本科秸秆,以缓解大田后期土壤供肥“过剩”现象,有效预防烟叶的返青和贪青晚熟.

但其利用方式值得探索,包括形状、紧实度以及填充物等.在形状上,可以将玉米秸秆粉碎后二次加工,制作成易于施用的颗粒状、细棒条等;在紧实度方面,不宜压得太实,或者在其中添加易吸水成分,以确保遇水后易分解.

6.2 作物微生物的提取应用

小麦、油菜根系浸提液,以及小麦、油菜根际土壤中的细菌和真菌,都对烟株生长有较强的促进作用^[27].为此,可以探索将这些“浸提液”或有益菌进行分离、提取和培养,并进行扩繁,加工成可以在土壤中定植的微生物菌剂或微生物肥,在大田几个关键时期施用(浇灌),以促进烟株早生快发,后期分层落黄.

6.3 水资源的“精益管理”

发生转移后的昆明烟区水源保障能力差,旺长期缺水、干旱胁迫现象经常出现,对提质增效严重不利.一方面,旺长期缺水导致烤烟对肥料利用率不高,对提高单产、充分发挥品种潜力严重不利;另一方面,对生物防治不利,如“多肽保”“枯草芽孢杆菌”和“厚垣孢子轮枝菌”等 3 种生物环保型产品,

它们对当前昆明烟区主要病害“烟草花叶病、黑胫病和根结线虫病”防治具有良好的效果^[4,28-30],但却常常依赖于根际范围土壤充足的水分.因此,应探索高效、正确的水资源“精益管理”模式,推广应用成本低、易操作的科学补水方式.

6.4 其他途径

1) 将小春茬口前移.将大麦、油菜等对种植烤烟有利的小春作物的播种、移栽期较常规提前约 1 个月,在大春收获末期(9 月上旬)进行播种或移栽,实现提前收获,给深翻晒垡预留出更多的空间,从而能够改善土壤结构、降低病虫基数,提升烤烟提质增效空间.

2) 针对大田前期肥效没有充分发挥的烟田(地),可在旺长期播种大麦等耗 N 类须根系作物,吸收土壤中过多的养分,防止烟株后期贪青晚熟或“返青烟”.

3) 开发利用生物炭(Biochar)等低碳环保型产品,提高作物的肥料利用率,增强土壤的通透性,实现烟叶生产的可持续发展.有研究表明^[30-32],生物炭富含微孔,十分容易聚集营养物质和有益微生物,不仅可以补充土壤的有机物含量(质量分数),有效地保存水分和养料,还有利于作物生长发育、增产增收,目前受到了全球的关注.

[参考文献]

- [1] 欧阳进,徐兴阳,胡卫宗,等.昆明烟叶生产稳定持续发展研究报告[J].昆明学院学报,2014,36(3):27-30.
- [2] 钱发聪.昆明烟区烤烟种植现状分析及发展建议[J].昆明学院学报,2014,36(3):31-34.
- [3] 徐兴阳,罗华元,欧阳进,等.红花大金元品种的烟叶质量特性及配套栽培技术探讨[J].中国烟草科学,2007,28(5):26-30.
- [4] 徐兴阳,罗华元,饶智,等.昆明植烟土壤根结线虫种群动态研究[J].昆明学院学报,2013,35(6):11-14.
- [5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:40.
- [6] 陆景陵.植物营养学:上册[M].北京:中国农业出版社,2003:25.
- [7] 刘巽浩.耕作学[M].北京:中国农业出版社,1996.
- [8] 徐照丽,杨宇虹.不同前作对烤烟氮肥效应的影响[J].生态学报,2008,27(11):1926-1931.
- [9] 刘优雄,周冀衡,邓小刚,等.不同前作土壤对烤烟生长和化学成分影响的研究[J].作物研究,2010,24(3):173-176.

- [10] 黄光荣,赵致. 烤烟与不同作物轮作对烤烟生长发育及产质的影响[J]. 作物与栽培,2007(6):30-31.
- [11] 毛倪寿. 前作的根际物质及根际微生物对烤烟生长的影响研究[J]. 烟草科技,2002(5):38-39.
- [12] 刘方. 连作烤烟土壤养分变化分析[J]. 贵州农学院学报,1997,16(2):1-4.
- [13] 刘方. 长期连作黄壤烟茬养分变化及施肥效应分析[J]. 烟草科技,2002(6):30-33.
- [14] 谭世文. 关于耕地有机质周转研究[J]. 土壤通报,1981,12(6):43-47.
- [15] 丁庆堂,邱凤琼. 有机物在控制土壤肥力中的作用[J]. 土壤通报,1986,17(7):77-84.
- [16] 和丽钟,张晓海,汪禄祥,等. 直接施用禾本科秸秆对烤烟产量、产值和品质的影响[J]. 西南农业学报,2004,17(6):773-779.
- [17] 王绍坤,张晓海,张晓林,等. 秸秆还田对烟区土壤和烟叶产质量的效应[J]. 中国农学通报,2000,16(5):11-13.
- [18] 程励励,文启孝,李洪. 稻草还田对土壤 N 素和水稻产量的影响[J]. 土壤,1992,24(5):234-238.
- [19] 陆琳,杨跃,吴建洲,等. 前作秸秆还田烤烟经济性状分析[J]. 江西农业学报,2009,21(4):6-10.
- [20] 尚志强,张晓海,邵岩,等. 秸秆还田和覆盖对烤烟生长发育及品质的影响[J]. 烟草科技,2006(1):50-53.
- [21] 杨绍聪,张艳军,段永华,等. 前作、土壤有效氮及烤烟施氮对烟叶产量和产值的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(16):250-254.
- [22] 宋承鉴. 中国优质烤烟区的土壤条件[J]. 烟草学刊,1990(2):68-73.
- [23] 雷永和. 云南烟草中微肥营养与土壤管理[M]. 昆明:云南科技出版社,1995.
- [24] 邵岩. 烤烟营养失调症及施肥原理[M]. 昆明:云南民族出版社,1998.
- [25] 何伟,郭大仰,李永智,等. 形成灰色烤烟的原因及机理[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(2):167-169.
- [26] 张银军. 灰色烟叶的成因和防治技术研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2008.
- [27] 毛倪寿,杨宇虹,晋艳,等. 前作的根际物质及根际微生物对烤烟生长的影响研究[J]. 烟草科技,2002(5):38-39.
- [28] 端永明,郭生云,罗文富,等. 昆明烟区红花大金元黑胥病样症状致病原的鉴定及防治方法探索[J]. 昆明学院学报,2011,32(6):14-15,29.
- [29] 杨丽琼,徐兴阳,董家红,等. 昆明烟区苗期烟草普通花叶病的现状分析及对策研究[J]. 昆明学院学报,2011,33(3):39-41.
- [30] LEHMANN J, JOSEPH S. Biochar for environmental management science and technology [M]. London: Earthscan Publications Ltd., 2009:1-9.
- [31] 陈温福,张伟明,孟军,等. 生物炭应用技术研究[J]. 中国工程科学,2011,13(2):83-89.
- [32] 陈玲桂. 生物炭输入对农田土壤重金属迁移的影响研究[D]. 杭州:浙江大学,2013.

