

干旱胁迫对云烟 87 产量 及其化学成分的影响

周紫燕¹, 丁雪丹¹, 李晓斐¹, 肖金香^{2*}

(1. 江西农业大学 农学院 江西 南昌 330045; 2. 江西农业大学 园林与艺术学院 江西 南昌 330045)

摘要: 江西植烟季节, 前期降雨量多, 后期阶段性干旱时发, 干旱不仅影响烤烟产量, 而且严重影响烤烟品质。为解决不同干旱程度对云烟 87 产量和化学成分的影响, 2009—2010 年设置了烤烟团棵期、旺长期和现蕾期 3 个生育期的干旱长度: 干旱 7、10、13、16 d、长期干旱、CK(对照) 6 个处理, 采用盆栽防雨棚控水试验。结果表明: 干旱 7、10、13、16 d 3 个生育期平均单株产量分别下降 9.2%、14.4%、19.3% 和 27%。干旱 7 d, 团棵期还原糖和全磷分别下降 2.39% 和 5.56%, 烟碱含量增加 6.11%。旺长期全钾含量下降 1.54%, 总氮含量增加 4.45%; 干旱 16 d, 现蕾期还原糖和全钾含量分别下降 31.57% 和 31.32%, 总氮含量升高了 47.56%, 烟碱含量增加了 46.35%, 旺长期全磷含量下降 29.86%。随着干旱时间的增长, 对产量影响最大的是团棵期, 影响最小的是现蕾期。而对化学成分的影响团棵期小, 现蕾期大。云烟 87 能耐半个月之内的干旱, 超过半个月, 产量减少近 1/3, 总氮和烟碱含量增加 1 倍。

关键词: 云烟 87; 产量; 化学成分; 干旱胁迫

中图分类号: S572 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0226-06

The Effect of Drought Stress on Yield and Chemical Components in Yunyan87

ZHOU Zi-yan¹, DING Xue-dan¹, LI Xiao-fei¹, XIAO Jin-xiang^{2*}

(1. College of Agronomy, JAU, Nanchang 330045, China; 2. College of Landscape Architecture and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: In the tobacco season in Jiangxi Province, rainfall is often in the early stage and drought is in the late stage. Drought not only affects tobacco yield, but also seriously affects the quality of flue-cured tobacco. To reduce the effect of drought of different degrees on yield and chemical components of Yunyan87, six drought treatments were conducted by using pot cultivation and rain&water control technique in three growth periods (resettling growth stage, vigorously growing stage and budding stage) during 2009 to 2010: drought of 7 d, 10 d, 13 d, 16 d, prolonged drought and CK (compare). The results showed that the average yield per plant under drought of 7 d, 10 d, 13 d and 16 d in the three growth periods decreased by 9.2%, 14.4%, 19.3% and 27% respectively. Under drought of 7d, sugar and total phosphorus in the resettling growth stage decreased by 2.39% and 5.56% respectively but nicotine content increased by 6.11%, and total potassium content in the vigorously growing stage decreased by 1.54% while total nitrogen content increased by 4.45%.

收稿日期: 2011-11-10 修回日期: 2012-02-07

基金项目: 江西省教育厅项目(GJJ12225)

作者简介: 周紫燕(1986—), 女, 硕士生, 主要从事农业气象灾害方面的研究; E-mail: zhouziyanjx@126.com; * 通讯作者: 肖金香 教授, E-mail: xiaojinxiangjx@126.com.

Under drought of 16 d, sugar and total potassium in the budding stage decreased by 31.57% and 31.32% respectively and total nitrogen and nicotine content increased by 47.56% and 46.35% respectively, and total phosphorus content in the vigorously growing stage decreased by 29.86%. With prolonging the drought time, the largest influence on yield was in the resettling growth stage, while the smallest influence was in the budding stage. However, the largest influence on the chemical components was just contrary to that on the yield, i. e. smallest in the resettling growth stage while largest in the budding stage. Drought-tolerant time of Yunyan 87 was less than two weeks. If drought time surpassed half a month, the yield decreased nearly one third, while total nitrogen and nicotine content doubled.

Key words: Yunyan87; yield; chemical components; drought stress

烟草是我国重要的经济作物之一,面积和总产量居世界第一位,其中消耗的烟叶类型中,烤烟消耗占烟叶总消耗量的近 90%,中国也是世界烤烟消耗量最多的国家,1998 年烤烟消耗量占世界总消耗量的近 60%^[1]。中国大部分烟区处于干旱、半干旱环境中,而且优质烟叶产区多位于丘陵地区,属于雨养旱作烟区,干旱成为当地烟叶生产中的主要限制因素,严重影响烟叶产量和品质^[2-3]。干旱对烤烟产量和化学成份的影响,国内外著多学者都有过研究。Postiglione 等^[4]研究表明,干旱条件下烟叶产量降低,总氮、烟碱、蛋白质含量增加,含糖量减少。伍贤进^[5]的试验结果也显示,土壤含水量较低时,烟碱和总氮含量增加,而总糖和还原糖的含量下降,总糖与烟碱,还原糖与烟碱的比值下降。韩锦峰^[6]和汪耀富^[7]及冯敏玉等^[8]的试验也证明了这一点。董顺德等^[9]研究指出,不同干旱时期和干旱程度对烟叶品质都有显著影响,以旺长期干旱对烟叶产量的影响较大,成熟期干旱对烟叶品质的影响较为明显,各生育期干旱处理的烟叶中总氮和烟碱含量均有升高的趋势,而还原糖含量则表现出下降的趋势,但干旱时期和干旱程度不同,烟叶中化学成分含量有明显差异。干旱不但对烤烟产量和品质的影响,对光合特性的影响也很大^[10]。目前,国内外虽有一些关于干旱对烤烟产量和化学品质影响方面的研究报道,但不同干旱天数对烤烟不同生育期的产质影响报道并不多见^[11-13]。尤其江西烟区几乎没有这方面的报道。江西虽雨水较充沛,但其降雨时间往往集中在烤烟生长的前期和中期,而在生长后期常会发生阶段性干旱,其对烤烟上部叶的品质和可用性影响较大。在特殊年份也发生春旱,如 2011 年春旱时间长,烤烟生长受到抑制。本研究选择不同干旱天数对烤烟团棵期、旺长期和现蕾期试验,旨在为指导大田烤烟的合理灌溉,防灾减灾,提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及其培育

选用云烟 87 作为试验材料,漂浮育苗,试验设在江西农业大学气象站内,4 月 19 日移栽,采用盆栽防雨棚控水干旱试验。试验用盆内径 35 cm,深 40 cm,每盆装土 20 kg。硝态氮占氮肥用量的 40%,铵态氮占 60%。氮肥 60%、磷肥 100%、钾肥 70% 做基肥,硝态氮 40% 做基肥,剩余部分做追肥,栽后 1 个月分 3 次兑水施完。

1.2 试验设计

干旱时间长度设置 7,10,13,16 d 及长期干旱(团棵期、旺长期和现蕾期分别进行长时间干旱处理),以 CK 为对照(放置棚外正常管理),共 6 个处理,每个处理 10 株,3 个生育期,共 180 株(盆)。分别在烤烟团棵期、旺长期和现蕾期时搬入防雨棚内进行干旱试验,试验结束后搬出棚外正常管理,长期干旱处理则继续留在棚内。

1.3 测定项目与方法

将各处理采收成熟叶片在 105 °C 杀青,60 °C 下烘至恒质量,计算单株烟叶产量。各处理留中部叶粉碎备制作为化学成分分析样品,测定烟叶还原糖、总氮、全磷、全钾、烟碱。烟叶样品用 H₂SO₄-H₂O₂ 消化,凯氏定氮仪自动定氮的方法测氮,钒钼黄法测磷,火焰光度法测钾^[14];烟碱采用蒸馏法测定^[15],还原糖采用蒽酮法测定^[16]。

1.4 统计方法

应用软件 Excel 和 DPS 进行数据分析。

2 试验结果与分析

2.1 不同干旱时间对烤烟单株产量的影响

从表 1 可以看出,随干旱时间的延长,各生育期的单株产量下降增大。各处理的单株产量均以对照为最高,其中不同干旱时间处理之间单株产量及产量下降幅度差异极其显著。3 个生育期相同处理时间之间的单株产量除长期干旱处理差异极其显著外,其他都表现为差异显著。在干旱 7~16 d 范围内,单株烟叶产量下降速度由大到小依次为旺长期、团棵期、现蕾期。因旺长期生长快,干旱导致烟叶生长受阻,危害大。

表 1 不同干旱天数烤烟的单株产量

Tab. 1 The variation of yield per plant with different drought days in flue-cured tobacco

生育期 Growth stage	干旱时间/d Drought time	单株产量/g Yield per plant	产量下降/% Yield descent
团棵期 Resettling growth stage	CK	56.40a	
	7d	51.74bc	8.3h
	10 d	48.57cdef	13.9g
	13 d	45.86fg	18.7f
	16 d	41.93hi	25.7d
	长期干旱 Prolonged drought	13.66l	75.8a
旺长期 Vigorous growing stage	CK	56.40a	
	7d	49.38bcde	12.4g
	10 d	46.66defg	17.3f
	13 d	44.27gh	21.5e
	16 d	39.14ij	30.6c
	长期干旱 Prolonged drought	27.01k	52.1b
现蕾期 Budding stage	CK	56.40a	
	7d	52.52b	6.9h
	10 d	49.77bed	11.8g
	13 d	46.43efg	17.7f
	6 d	42.57h	24.5d
	长期干旱 Prolonged drought	38.36j	32.0c

表中同一列不同字母表示在 $P \leq 0.05$ 情况下进行 Duncan 多重极差检验法时的差异显著。

Table in the same column with different letters indicate $P \leq 0.05$ cases for Duncan multiple test of significant differences.

2.2 不同干旱时间对烤烟化学成分的影响

2.2.1 不同干旱时间对烤烟还原糖含量的影响 从表 2 可知,随着干旱时间的延长,各生育期的还原糖含量均显著下降,各生育期之间在干旱条件下的还原糖含量均值由大到小依次为团棵期、旺长期、现蕾期,而其与还原糖含量降幅的顺序则刚好相反。各干旱处理中,还原糖含量最大的是对照,为 17.76%,团棵期干旱 7、10、13、16 d,还原糖分别下降 2.39%、4.42%、19.71% 和 24.56%。旺长期干旱 7、10、13、16 d,还原糖分别下降 3.41%、11.88%、20.13% 和 25.16%。现蕾期干旱 7、10、13、16 d,还原糖分别下降 6.75%、13.59%、25.94% 和 31.57%。在干旱 7~16 d 范围内,烟株还原糖含量下降速度由大到小依次为现蕾期、旺长期、团棵期,因现蕾期是品质形成的关键期。

2.2.2 不同干旱时间对烤烟总氮含量的影响 由表 2 可知,随干旱时间的加长,烟叶含氮量不断增加,其中团棵期和旺长期在干旱 7 d 总氮量分别升高了 6.85% 和 9.91%,干旱 10 d 总氮量分别升高了 17.96% 和 22.32%,干旱 13 d 时总氮量达到最大值,分别升高了 35.66% 和 42.55%,干旱 16 d 的总氮量则下降,分别升高了 27.94% 和 30.91%。而现蕾期的总氮量则随干旱时间的延长逐渐增大,干旱 7、10、13、

16 d 分别升高了 4.45%、15.65%、32.86% 和 47.56%。可见,短期干旱对烤烟的总氮含量影响不大,较长时间干旱则对烤烟烟叶的总氮含量影响较大。

表 2 不同处理烤烟的化学成分

Tab. 2 Chemical components of different treatments

生育期 Growthstage	处理 Treatment	还原糖 / % Reducing sugar	总氮 / % Totalnitrogen	全磷 / % Totalphosphorus	全钾 / % Totalpotassium	烟碱 / % Nicotine	还原糖 / 烟碱 Reducing sugar / Nicotine	总氮 / 烟碱 Total nitrogen / Nicotine
团棵期 Resettling growth stage	CK	17.76a	1.27h	0.64a	3.23a	1.95g	9.12a	0.65bc
	7 d	17.33ab	1.36fg	0.61ab	3.09ab	2.06g	8.39b	0.66bc
	10 d	16.97ab	1.50de	0.55cd	2.84cd	2.24f	7.59c	0.67b
	13 d	14.26d	1.73b	0.47fg	2.63efg	2.47cd	5.77g	0.70a
	16 d	13.40de	1.63c	0.50ef	2.39hi	2.41cde	5.55g	0.67b
旺长期 Vigorous growing stage	CK	17.76a	1.27h	0.64a	3.23a	1.95g	9.12a	0.65bc
	7 d	17.15ab	1.40f	0.55cd	3.18a	2.29ef	7.49c	0.61e
	10 d	15.65c	1.56d	0.52de	2.95bc	2.43cde	6.44e	0.64cd
	13 d	14.18d	1.81a	0.49ef	2.71def	2.72a	5.21h	0.67b
	16 d	13.29de	1.67bc	0.45g	2.53fgh	2.54bc	5.23h	0.66bc
现蕾期 Budding stage	CK	17.76a	1.27h	0.64a	3.23a	1.95g	9.12a	0.65bc
	7 d	16.56b	1.33gh	0.60b	2.96bc	2.31def	7.18d	0.58f
	10 d	15.34c	1.47e	0.59bc	2.79cde	2.50c	6.14f	0.59f
	13 d	13.15e	1.69bc	0.53de	2.48gh	2.68ab	4.90i	0.63de
	16 d	12.15f	1.88a	0.51e	2.22i	2.85a	4.27j	0.66bc

表中同一列不同字母表示在 $P \leq 0.05$ 情况下进行 Duncan 多重极差检验法时的差异显著。

Table in the same column with different letters indicate $P \leq 0.05$ cases for Duncan multiple test of significant differences.

2.2.3 不同干旱时间对烤烟全磷含量的影响 由表 2 可知,与对照比较,随干旱时间的加长,各生育期的全磷含量均明显下降。团棵期干旱 7、10、13、16 d,全磷分别下降 5.56%、14.01%、26.41% 和 22.52%;旺长期干旱 7、10、13、16 d,全磷分别下降 13.90%、19.52%、23.14% 和 29.86%;现蕾期干旱 7、10、13、16 d,全磷分别下降 7.21%、8.73%、17.79% 和 20.29%。各生育期干旱处理对全磷影响由大到小依次为旺长期、团棵期、现蕾期,可见,旺长期干旱对烟叶全磷含量的影响最大,现蕾期干旱则对其影响相对小些。

2.2.4 不同干旱时间对烤烟全钾含量的影响 由表 2 可知,CK 全钾含量最高,为 3.23%,随干旱天数的加长,各生育期的全钾含量明显下降,其中干旱 7 d 下降幅度最小,团棵期、旺长期和现蕾期的全钾含量分别下降 4.55%、1.54% 和 8.54%,到干旱 16 d 均达到了最低值,现蕾期下降最显著,下降了 31.32%;团棵期次之,下降了 26.20%;旺长期下降的幅度最小,下降了 21.74%。各生育期的全钾含量最低值和均值由小到大依次为现蕾期、团棵期、旺长期。可见,现蕾期干旱对烤烟全钾的含量影响最大。

2.2.5 不同干旱时间对烤烟烟碱含量的影响 烟碱是使烟草具有商品价值的主要因素,烟碱的作用是产生生理强度,使吸食者感觉兴奋,但其含量过高损害人体健康,降低烟碱含量高的吸味较为柔和且有益于健康^[17]。烟碱可直接刺激人体中枢神经,产生生理反应,下部叶适宜烟碱含量 1.5%~2.1%、中部叶 2.0%~2.8%、上部叶 2.5%~3.5% 为适宜,烟碱含量过高,刺激性增强,吃味变劣,劲头大,使人有呛刺不悦之感;烟碱含量低,吃味平淡,不能满足吸食需要^[18-19]。

由表 2 可知,各生育期不同干旱时间处理烟碱含量的变化趋势和总氮含量的变化趋势基本一致。CK 烟碱含量最小,随干旱天数的增加,烟碱含量不断增加,与对照比较,团棵期、旺长期和现蕾期干旱 7 d 的烟碱含量分别上升 6.11%、17.67% 和 18.46%,团棵期和旺长期在干旱 13 d 时达到最大值,分别增加了 26.91% 和 39.86%,干旱 16 d,这 2 个生育期的烟碱含量增值则下降,分别增加了 24.09% 和 30.56%。而现蕾期的烟碱含量则随干旱时间的延长逐渐增大,在干旱 16 d 时达到最大值,增加了 46.35%,是各生育期不同干旱处理的最大值,烟碱含量增加由大到小依次为现蕾期、旺长期、团棵期。

2.2.6 不同干旱时间对烤烟糖碱比的影响 烟叶水溶性总糖含量与烟碱含量应保持适当的比例,简称糖碱比,糖碱比例协调能使烟气在醇和的同时,又保持具有香气、吃味及适宜的浓度和劲头,使吸烟者得

到心理上和生理上的满足,一般认为,烤烟糖碱比为8~12时,烟气比较醇和,以接近10最适宜^[20-23]。由表2可知,各生育期的CK烟叶糖碱比较最适宜。干旱7d,团棵期糖碱比下降幅度最慢,下降8.01%,旺长期下降17.91%,现蕾期下降幅度最大,下降21.28%。干旱10d,团棵期、旺长期和现蕾期糖碱比分别下降16.86%、29.45%和32.69%。干旱13d,各生育期糖碱比均急剧下降,3个生育期糖碱比分别下降36.73%、42.89%和46.24%。干旱16d,旺长期和现蕾期糖碱比分别下降39.21%、42.68%、53.24%。随干旱的天数增加,3个生育期糖碱比迅速下降。下降的速度由大到小依次为现蕾期、旺长期、团棵期。

2.2.7 不同干旱时间对烤烟糖碱比的影响 氮碱比也是评价烤烟内在质量的重要依据。烤烟的氮碱比值一般为0.8~1.1,以1较为合适,比值增大,烟叶成熟不佳,身份往往趋轻,颜色变淡,烟叶的香味逐步减少;比值接近2时,烟气香味严重不足;比值低于1时,烟叶往往身份趋重,烟味转浓,但刺激性逐步加重^[24-25]。由表2可知,不管是CK还是不同生育期不同干旱时间的烤烟氮碱比均未达到标准,与对照相比,团棵期干旱处理的氮碱比均略有上升,旺长期和现蕾期干旱处理氮碱比呈先下降后上升的趋势,7d后一直在上升,但上升幅度不大。可见,团棵期干旱对烤烟烟叶的氮碱比影响不大,对旺长期和现蕾期氮碱比影响大些。

3 讨论

干旱对云烟87的产量和化学成分影响较大,各生育期随干旱时间增加,产量、还原糖、全磷和全钾含量降低,总氮和烟碱含量增加。

各处理中,现蕾期干旱7d后烤烟产量下降最小,团棵期长期干旱后的烤烟产量下降最大,产量下降的原因可能是由于烟株在干旱胁迫下,土壤中有效水分和有效营养离子的含量下降,生长受抑制、根系活力下降和光合速率下降等生理效应,从而导致了烤烟产量的明显下降。在干旱7~16d范围内,单株烟叶产量下降速度由大到小依次为旺长期、团棵期、现蕾期,因旺长期是整个生育过程中生长最快的时期,干旱导致烟叶生长受阻,对烤烟产量影响最大。

现蕾期不同干旱时间对烤烟还原糖和全钾含量影响最大。还原糖、全磷和全钾含量随干旱时间增长而迅速下降的原因可能是由于干旱影响植株体内正常的生理代谢,导致烟株体内无机物和有机物的吸收、运输和转化失调,从而影响烤烟烟叶的化学成分。

烟碱含量的变化规律同还原糖、全磷和全钾含量相反,随干旱天数增加,总氮和烟碱而增加。各处理中,干旱7d烟碱最小,干旱13d达到最大值,干旱16d烟碱含量则下降,这可能是因为适度的干旱促进了烤烟烟碱的合成和积累,而干旱时间过长会严重影响根的生长,而烟碱主要是在根系中合成后输送到茎和叶片中去的,因此严重干旱条件下导致烟碱含量下降。总氮变化规律与烟碱一致。

从研究结果可以看出,团棵期长期干旱对烤烟产量影响最大,现蕾期长期干旱影响最小,而对化学成分的影响则相反,团棵期对烟叶化学成分影响最小,现蕾期影响最大,随着生育期的推进,干旱发生得越晚,干旱时间越长对烤烟化学成分的影响越大,各生育期均以干旱7d影响最小,干旱16d影响最大。因此,在烤烟栽培管理过程中,各生育期均要注意防止过长时间干旱的发生,尤其是现蕾期要特别注意水分的管理,以免影响烟叶的产量和品质。干旱情况下烟叶较容易出现病虫害,在生产中要做好病虫害防治,尤其是前一年已种过烟草的土壤,没经过翻晒,第二年种植花叶病特别多,对产量和品质也有很大影响。

本试验是盆栽,烟碱比大田的要偏低。评价烤烟品质的优劣有化学方面的指标,也有物理指标,由于实验条件限制,有些成分无法测定,在下年度大田种植时设法解决油分、香味、劲头等问题。

参考文献:

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 15-46.
- [2] 孙志英, 彭克勤, 胡家金, 等. 干旱胁迫对烟叶产量的影响[J]. 湖南农业科学, 2003(2): 29-30, 31.
- [3] 汪耀富, 孙德梅, 徐传快, 等. 干旱胁迫下氮用量对烤烟养分积累与分配及烟叶产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 306-311.

- [4] Postiglione L, Barbieri G. Effect of water deficit or water excess during the different development stages on tobacco [J]. *Burley Inf Bull of Coresta*, 1988: 97-98.
- [5] 伍贤进. 土壤水分对烤烟生长和光合作用的影响 [J]. *绵阳农专报*, 1995, 12(6): 20-25.
- [6] 韩锦峰, 汪耀富, 杨素勤, 等. 干旱胁迫对烤烟化学成分和香气物质含量的影响 [J]. *中国烟草*, 1994, 91(1): 35-38.
- [7] 汪耀富, 孙德梅, 徐传快, 等. 干旱胁迫对烤烟养分吸收分配及产量品质的影响 [J]. *干旱地区农业研究*, 2006, 24(1): 65-69.
- [8] 冯敏玉, 肖金香, 舒文英, 等. 烤烟团棵期灌水处理的生理特性响应 [J]. *江西农业大学学报*, 2005, 27(6): 831-835.
- [9] 顺德, 张延春, 孙德梅, 等. 干旱胁迫下烤烟矿质养分含量与烟叶产、质量的关系 [J]. *烟草科技*, 2005, 211(2): 30-34.
- [10] 邹建民, 史建军, 冯敏玉, 等. 水氮耦合对烤烟团棵期光合特性的影响研究 [J]. *江西农业大学学报*, 2009, 31(2): 220-225.
- [11] 王惠群, 萧浪涛, 刘素纯, 等. 干旱胁迫对烤烟产量和某些化学成分的影响 [J]. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 2004, 30(5): 401-404.
- [12] 周紫艳, 李晓斐, 丁雪丹. 干旱对烤烟团棵期的光合特性影响研究 [J]. *江西农业大学学报*, 2011, 33(6): 1037-1042.
- [13] 崔保伟, 陆引昱, 张振中, 等. 烤烟生长发育及化学品质对水分胁迫的响应 [J]. *河南农业科学*, 2008, (11): 55-58.
- [14] 南京农学院. 土壤农化分析 [M]. 北京: 农业出版社, 1980: 191-196.
- [15] 王瑞新, 韩富根, 杨素勤, 等. 烟草化学品质分析法 [M]. 郑州: 河南科技出版社, 1998: 80-82.
- [16] 邹琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 111-112.
- [17] 谢莹莹, 王凌, 韩锦峰, 等. 烤烟中的烟碱和去甲基烟碱 [J]. *中国烟草科学*, 2004, 25(2): 38-41.
- [18] 闫克玉. 烟草化学 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2002: 117-130.
- [19] 刘国顺. 国内外烟叶质量差距分析和提高烟叶质量技术途径探讨 [J]. *中国烟草学报*, 2003(sup.): 54-58.
- [20] 冯祥国, 刘好宝, 戴亚, 等. 川渝烟叶糖碱比的变化趋势分析 [J]. *江西农业学报*, 2010, 22(2): 30-32.
- [21] 汪耀富, 高华军, 刘国顺, 等. 氮、磷、钾肥配施对烤烟化学成分和致香物质含量的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(1): 76-81.
- [22] 景延秋, 宫长荣, 张月华, 等. 烟草香味物质分析研究进展 [J]. *中国烟草科学*, 2005, 26(2): 44-48.
- [23] 张燕, 李天飞, 宗会, 等. 不同产地香料烟内在化学成分及致香物质分析 [J]. *中国烟草科学*, 2003, 24(4): 12-16.
- [24] 周恒, 许自成, 戴亚, 等. 我国主产烟区烤烟总氮、总植物碱、氮碱比与感官质量的关系分析 [J]. *江西农业学报*, 2009, 21(7): 18-21.
- [25] 王东胜, 刘贯山, 李章海, 等. 烟草栽培学 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2002: 94-95.