

密度和氮用量对烤烟上部叶中性致香物质和感官质量的影响

张渝婕¹, 赵铭钦^{1*}, 贺凡¹, 刘鹏飞¹, 王鹏泽¹, 来苗¹, 卢素萍¹, 石刚²

(1.河南农业大学烟草学院, 郑州 450002; 2.湖北中烟工业有限责任公司武汉卷烟厂, 武汉 430051)

摘要: 为了研究种植密度与氮用量互作对烤烟上部叶香气物质含量和感官质量的影响, 以云烟 87 为试验材料, 采用两因素裂区试验设计, 通过方差分析、显著性检验和偏相关分析等方法进行了研究。结果表明: (1) 种植密度和氮用量与中性致香物质含量皆呈极显著正相关关系, 二者互作对上部叶中性致香物质含量增加作用明显, 尤其是高密度高氮、高密度中氮、中密度高氮和中密度中氮等 4 个互作处理烟叶香气总量提升幅度较大; (2) 种植密度与感官质量呈极显著负相关关系, 而低密度、中密度分别与低氮、高氮互作则对感官评吸质量有一定的促进作用; (3) 不同互作处理相比较, 以中密度高氮为最好, 低密度高氮、低密度中氮、高密度高氮、高密度中氮次之, 高密度低氮相对较差, 表明不同的种植密度与氮用量互作对上部烟叶香吃味质量影响效应明显不同。

关键词: 烤烟; 上部叶; 密度; 氮用量; 中性致香物质; 评吸质量

中图分类号: S572.06

文章编号: 1007-5119 (2015) 06-0037-06

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2015.06.007

Effects of Planting Density and Nitrogen Application Rate on Neutral Aroma Components and Smoking Quality in Upper Leaves of Flue-cured Tobacco

ZHANG Yujie, ZHAO Mingqin*, HE Fan, LIU Pengfei, WANG Pengze, LAI Miao, LU Suping, SHI Gang²

(1. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Wuhan Cigarette Factory, China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Wuhan 430051, China)

Abstract: The effects of the interaction between planting density and nitrogen application rate on neutral aroma component contents and smoking quality of upper leaves was studied with Yunyan 87 as the sample variety using a split-plot experiment design and the data was analyzed using variance analysis, significance test, partial correlation and other methods. The results showed that both planting density and nitrogen application rate had significantly positive correlation with neutral aroma component contents. The interaction of planting density and nitrogen application rate had a greater influence on the enhancement of neutral aroma component contents, especially in the following four treatment combinations including high density high nitrogen, high density medium nitrogen, medium density high nitrogen and medium density medium nitrogen, all of which significantly improved the total aroma content of the upper leaves. Partial correlation analysis showed that planting density showed a significantly negative correlation with smoking quality. Low and medium planting density, in combination with both low nitrogen application rate and high nitrogen application rate could promote smoking quality. Compared with the comprehensive assessment of different combinations of treatments, the results indicated that the treatment combination of medium density, high nitrogen was the best and most appropriate combination in neutral aroma component contents and smoking quality, the treatment combinations of low density high nitrogen, low density medium nitrogen, high density high nitrogen and high density medium nitrogen were the next, and the treatment combination of high density low nitrogen was the worst compared with the other treatments. Comparison between different treatment combinations revealed that the influence on neutral aroma component contents and smoking quality was significantly different among interactions of different planting densities and nitrogen application rates.

Keywords: flue-cured tobacco; upper leaves; planting density; nitrogen application rate; neutral aroma components; smoking quality

烟草的土壤营养和空间营养影响甚至决定着烟叶的香吃味质量。合理控制种植密度是协调烟

草个体与群体矛盾的主要栽培技术之一, 也是决定烟叶产量与质量的主要因素^[1]。适宜的氮用量

基金项目: 吉林烟草工业有限责任公司项目“提高河南基地上六片叶可用性技术研究与示范开发”[JY2013001]

作者简介: 张渝婕(1990-), 硕士研究生, 研究方向为烟草栽培生理生化研究。E-mail: fionazhangyj@163.com

*通信作者, E-mail: zhaomingqin@126.com

收稿日期: 2015-07-01

修回日期: 2015-11-28

可以保证烟株正常生长发育,有助于烟叶品质和产量的提高^[2],多数研究表明,密度和施氮量对烤烟的农艺性状、化学成分、光合作用、产量及产值等均有显著影响^[3-9]。有关种植密度和氮用量对烟叶品质的影响研究文献较多,但二者互作对香吃味质量的影响研究较少。针对这一问题,开展了种植密度与氮用量互作对烤烟中性致香成分含量与感官质量的影响,旨在为提高河南烤烟上部叶质量及其可用性提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2013—2014年在南阳市方城县金叶园进行。供试土壤为黄壤土,pH为7.48,有机质11.45 g/kg,全氮0.72 g/kg,碱解氮55.00 mg/kg,速效磷15.01 mg/kg,速效钾160.00 mg/kg。试验田地势平坦、灌溉便利,前茬作物为玉米。供试品种为云烟87。施用肥料均为烟草专用复合肥[m(N):m(P₂O₅):m(K₂O)=10:10:20]硝酸铵(含纯氮34%),重过磷酸钙(含P₂O₅46%)硫酸钾(含K₂O50%);其中总纯氮用量的40%由芝麻饼肥(全氮57.08 g/kg、全磷26.15 g/kg、全钾14.29 g/kg)提供,氮、磷、钾肥的70%条施作基肥,30%作穴肥,田间管理按规范化栽培措施进行。

1.2 试验设计

本试验为两因素裂区试验,主因子(主区处理)为种植密度(D),设置3个水平,分别为D1:

13 500 株/hm²,D2:16 500 株/hm²,D3:19 500 株/hm²,采用1.20 m固定行距,株距分别为D1:0.617 m,D2:0.505 m,D3:0.427 m;副因子(副区处理)为氮用量(N),设置3个水平,分别为纯氮N1:45 kg/hm²、N2:60 kg/hm²、N3:75 kg/hm²,每个处理施用P₂O₅90 kg/hm²,K₂O135 kg/hm²,整个裂区试验共设置9个处理,3次重复,共27个小区,每小区面积为130.00 m²。于4月中旬条施70%肥料,5月1日移栽。

1.3 测定项目与方法

化学成分测定方法参考文献^[10-11]进行测定。中性致香成分采用水蒸气蒸馏-二氯甲烷溶剂萃取法^[12]进行提取,所得样品有机相以GC/MS鉴定结果和NIST库检索定性,各组分相对含量以其峰面积所占总面积的百分比表示。

感官评吸由吉林烟草工业有限责任公司技术中心卷烟评吸委员会进行。采用单料烟9分制评吸方式,即各个评吸指标均按各自的质量档次进行赋值计分,最后再计算评吸总得分。数值处理采用Excel和SPSS 20.0软件进行分析。

2 结果

2.1 密度与氮用量互作对烤烟上部叶化学成分含量的影响

通过分析密度与氮素互作对上部叶化学成分含量的影响,结果表明(表1),密度对烟碱、糖碱比作用极显著,对钾含量作用显著,密氮互作

表1 密度与氮用量互作对烤烟上部叶化学成分的影响

Table 1 Effects of different treatment interactions on chemical component contents in upper leaves of flue-cured tobacco

处理	总糖/%	还原糖/%	烟碱/%	总氮/%	钾/%	氯/%	糖碱比	氮碱比	钾氯比	两糖比
D1N1	21.33a	19.60a	3.09a	2.28a	1.77bc	1.70abc	6.36a	0.75a	1.04b	0.92a
D1N2	15.33bcd	14.15bcd	3.14a	2.50a	1.69bc	1.41c	4.57b	0.80a	1.21ab	0.92a
D1N3	12.72de	11.65de	3.37a	2.40a	1.57c	1.59abc	3.47bc	0.72a	0.99b	0.92a
D2N1	17.16bc	14.93bc	2.35b	2.26a	1.98ab	1.74ab	6.39a	0.95a	1.14b	0.87a
D2N2	17.63b	16.59b	2.97a	2.32a	1.74bc	1.42bc	5.60a	0.78a	1.24ab	0.94a
D2N3	11.71e	10.48e	3.32a	2.69a	1.64c	1.76a	3.16c	0.81a	0.93b	0.90a
D3N1	13.90cde	12.78cde	3.39a	2.61a	1.76bc	1.45abc	3.77bc	0.77a	1.22ab	0.92a
D3N2	13.82cde	13.10cde	3.26a	2.68a	2.18a	1.45abc	4.03bc	0.82a	1.55a	0.95a
D3N3	15.44bcd	14.64bcd	3.33a	2.50a	1.84bc	1.72abc	4.42b	0.76a	1.09b	0.95a
显著性检验(p值)										
密度	0.074	0.121	0.005	0.367	0.017	0.431	0.008	0.303	0.085	0.408
氮用量	0.000	0.001	0.013	0.599	0.056	0.011	0.000	0.554	0.009	0.341
密度×氮用量	0.001	0.000	0.028	0.524	0.032	0.302	0.000	0.559	0.779	0.815

注:同一行内不同小写字母表示处理间差异达到5%显著水平,下同。

对糖、烟碱、钾含量、糖碱比产生极显著或显著影响,氮用量对化学成分影响最大,互作次之,密度最小。糖碱比、氮碱比随密度增大整体呈先增大后减小的变化趋势,氮用量增大后,糖含量、糖碱比和氮碱比整体呈下降趋势,钾氮比整体呈先增大后减小的变化趋势。

2.2 密度和氮用量互作对烤烟上部叶中性致香物质含量的影响

由表 2 看出,不同类别致香成分含量与香气总量随密度和氮用量增大整体呈上升趋势。表现为低密度(D1)下氮用量增大后,西柏烷类致香物质含量、新植二烯含量和香气总量在低氮下含量最低,中氮下含量略高于高氮下含量,其他致香成分含量随氮用量的增大而显著升高;中密度

(D2)和高密度(D3)下中性致香成分含量随氮量增大整体呈上升趋势。低氮(N1)下密度增大后,新植二烯含量先上升后下降,中密度的新植二烯含量略高于高密度的含量,其他致香成分含量和香气总量呈现先降低后升高的变化;中氮(N2)下密度增大后,芳香族氨基酸类、西柏烷类致香物质含量和除新植二烯外香气总量先降低后升高,其他致香成分含量和香气总量显著升高;高氮(N3)下密度增大后,中性致香成分含量整体呈上升趋势。中性致香成分含量在高密和高氮下含量显著高于其他处理。说明密度和氮用量与致香物质含量密切相关。

进一步研究表明,不同处理烟叶中的香气物质含量及其组成明显不同。就香气物质含量而言,

表 2 不同互作处理对烤烟上部叶致香物质含量的影响 $\mu\text{g/g}$

Table 2 Effects of different treatment interactions on aroma component contents in upper leaves of flue-cured tobacco

致香物质	处理								
	D1N1	D1N2	D1N3	D2N1	D2N2	D2N3	D3N1	D3N2	D3N3
芳樟醇	0.690d	0.816c	0.935ab	0.737d	0.691d	0.906b	0.688d	0.976a	0.892b
异佛尔酮	0.376f	0.662d	0.714cd	0.528e	0.646de	0.832bc	0.693d	0.901b	1.146a
氧化异佛尔酮	0.227d	0.248cd	0.290b	0.164f	0.245cd	0.286b	0.270bc	0.335a	0.345a
β -大马酮	17.872bc	16.656d	15.883e	20.179a	16.898d	18.397b	17.000d	18.479b	17.659c
β -二氢大马酮	5.811de	5.540ef	4.968g	5.256fg	6.315c	6.798b	5.473ef	6.072cd	7.449a
β -环柠檬醛	0.523e	0.640cd	0.752a	0.619d	0.427g	0.435g	0.478f	0.670c	0.705b
香叶基丙酮	4.014cd	4.150cd	4.914a	3.126f	4.406b	4.121cd	4.968a	3.935d	4.260bc
二氢猕猴桃内酯	3.294c	2.850e	3.142cde	2.928de	4.002a	3.683b	3.921ab	2.874e	3.235cd
巨豆三烯酮 1	1.283a	1.419a	1.439a	1.214a	1.532a	1.473a	1.399a	1.797a	1.820a
巨豆三烯酮 2	5.623e	6.442bc	6.305c	5.384e	6.650b	5.952d	6.199cd	7.550a	7.675a
巨豆三烯酮 3	3.194ef	3.735cd	4.936a	2.717g	3.388de	3.847c	2.938fg	4.049bc	4.260b
3-羟基- β -二氢大马酮	1.580b	1.482bc	1.643b	1.2901c	1.620b	1.449bc	1.635b	1.911a	2.044a
巨豆三烯酮 4	7.756e	8.570d	8.063e	7.677e	9.365c	8.728d	8.651d	10.238b	11.895a
螺岩单草酮	1.119e	1.299cde	1.887b	1.387cd	1.424c	1.339cde	1.269cde	1.189de	2.098a
法尼基丙酮	11.876a	12.175a	12.337a	11.171b	11.893a	12.032a	10.677c	10.516c	12.210a
类胡萝卜素类总计	65.236g	66.683f	68.208d	64.376g	69.502c	70.276c	66.259f	71.491b	77.691a
苯甲醛	1.077de	1.131cd	2.725a	0.761e	1.461bc	1.747b	1.564b	2.632a	1.554b
苯甲醇	7.312bc	7.668b	4.465d	4.635d	6.638c	7.663b	7.521b	10.034a	10.319a
苯乙醛	3.601b	5.927a	5.669a	5.417a	5.435a	6.365a	5.494a	6.224a	4.473b
苯乙醇	2.987c	3.208c	5.669a	1.503d	3.664c	3.481c	3.386c	5.003b	4.713b
芳香族氨基酸类总计	14.976c	17.934cd	18.527cd	12.316f	17.199d	19.257c	17.966cd	23.893a	21.060b
糠醛	18.163c	18.166c	21.224a	14.964d	19.075b	18.019c	17.752c	21.078a	21.002a
糠醇	0.481d	0.417e	0.514d	0.359f	0.339f	0.743b	0.826a	0.807a	0.683c
2-乙酰基咪喃	0.220d	0.351c	0.376c	0.352c	0.471b	0.504b	0.525b	0.638a	0.651a
5-甲基糠醛	1.550c	1.653c	1.959a	1.333d	1.714bc	1.671bc	1.504cd	2.005a	1.875ab
6-甲基-5-庚烯-2-醇	1.185cd	1.233cd	1.277bcd	0.764e	1.578ab	1.285bcd	1.015de	1.396bc	1.738a
6-甲基-5-庚烯-2-酮	1.799bc	2.151a	1.623c	1.610c	2.126a	2.174a	1.638c	2.024ab	2.103ab
3,4-二甲基-2,5-咪喃二酮	1.429c	1.404c	2.932a	1.034d	1.472c	1.675bc	1.458c	1.643c	1.979b
2-乙酰基吡咯	0.064c	0.224b	0.563a	0.052c	0.031c	0.066c	0.058c	0.049c	0.066c
棕色化产物类总计	24.892d	25.598cd	30.469a	20.467e	26.806b	26.135bc	24.775d	29.640a	30.097a
茄酮	51.381bc	54.257b	48.192c	42.850d	47.636c	55.181b	65.566a	55.186b	65.899a
西柏烷类总计	51.381bc	54.257b	48.192c	42.850d	47.636c	55.181b	65.566a	55.186b	65.899a
新植二烯	583.458e	588.072e	584.327e	596.594cd	628.256c	677.394b	594.146cd	668.229b	760.520a
除新植二烯外香气总量	159.390f	167.448e	168.846de	142.323g	163.734ef	173.877cd	176.797c	183.476b	197.931a
香气总量	742.848d	755.519cd	753.173cd	738.917d	791.990c	851.271b	770.943cd	851.705b	958.450a

以 D3N3 处理烟叶中香气物质含量最高, D2N3 和 D3N2 处理次之, D1N1 和 D2N1 处理最低; 就香气物质组成而言, D3N3、D3N2 和 D2N3 处理烟叶中不同致香成分含量均较高, D1N3 和 D2N2 次之, D1N1、D1N2 和 D2N1 处理在不同类别致香物质含量均较低。

2.3 密度和氮用量互作对烤烟感官质量的影响

通过密度和氮用量对上部烟叶感官质量的研究结果表明(表3), 随着密度的增大, 烟叶的感官质量总体呈明显下降趋势, 主要表现为香气质

变差、香气量减少、杂气增大、刺激性加重、余味舒适性有所降低。而无论在何种密度条件下, 当烟株施氮量增加后, 烟叶的感官评吸质量却有显著提升, 表现在香气质、香气量、劲头、燃烧性等方面的得分增加。进一步的显著性检验显示, 密度对香气质、香气量、杂气、刺激性、余味有极显著的影响, 密度和氮用量对劲头和灰色均表现出显著互作效应, 密度、氮用量及互作对评吸结果影响极显著。不同处理相比较, 以 D1N3 和 D1N2 处理的感官质量最好, D2N1、D1N1 和 D2N3 次

表3 不同互作处理对烤烟上部叶评吸质量的指标统计和显著性检验

Table 3 Index statistics of different treatment interactions and significance test on smoking quality in upper leaves of flue-cured tobacco

评吸指标	评吸质量									显著性检验 (p 值)		
	D1N1	D1N2	D1N3	D2N1	D2N2	D2N3	D3N1	D3N2	D3N3	密度	氮用量	密度×氮用量
香气质	5.0b	6.5a	6.5a	4.5b	4.5b	4.5b	4.5b	4.5b	4.5b	0.001	0.301	0.312
	中等	中偏上	中偏上	中偏下	中偏下	中偏下	中偏下	中偏下	中偏下			
香气量	6.5ab	7.0a	7.0a	5.0c	4.5c	5.5bc	4.5c	5.0c	4.5c	0.000	0.537	0.312
	尚足	尚足	尚足	有	较少	有	较少	有	较少			
浓度	5.0a	6.5a	6.5a	6.5a	6.5a	6.5a	6.0a	6.5a	5.5a	0.496	0.397	0.447
	中等	较浓	较浓	较浓	较浓	较浓	中等	较浓	中等			
杂气	6.5a	5.5ab	6.5a	4.5b	4.5b	5.5ab	4.5b	4.5b	4.5b	0.002	0.288	0.623
	较轻	有	较轻	较重	较重	有	较重	较重	较重			
劲头	4.5c	6.5ab	6.5ab	7.0a	5.0bc	7.0a	5.0bc	5.5abc	6.5ab	0.369	0.053	0.046
	较小	较大	较大	较大	中等	较大	中等	中等	较大			
刺激性	7.5a	7.0ab	7.0ab	5.0bc	4.5c	4.5c	4.5c	4.5c	4.5c	0.000	0.777	0.992
	较小	较小	较小	有	较大	较大	较大	较大	较大			
余味	7.5a	7.5a	7.5a	5.5b	4.5b	5.0b	4.5b	4.5b	4.5b	0.000	0.764	0.892
	较舒适	较舒适	较舒适	尚适	欠适	尚适	欠适	欠适	欠适			
燃烧性	4.5b	6.0ab	6.5a	6.5a	6.0ab	6.0ab	6.0ab	5.0ab	5.0ab	0.206	0.914	0.087
	较差	中等	尚好	尚好	中等	中等	中等	中等	中等			
灰色	4.0c	6.0ab	6.5a	6.5a	4.0c	5.0bc	4.5c	5.0bc	6.0ab	0.589	0.056	0.001
	较黑	灰白	尚白	尚白	较黑	中等	较黑	中等	灰白			
评吸总分	51.0b	58.5a	60.5a	51.0b	44.0c	49.5b	44.0c	45.0c	45.5c	0.000	0.000	0.000

注: 质量评价分值各项均为9分。

之, D2N2 和 D3N1 处理的感官质量最差。

2.4 密度和氮用量互作对烤烟香吃味质量的偏相关分析

通过密度和氮用量与不同致香物质含量的偏相关分析结果(表4)显示, 分别除去氮用量、密度的影响可得, 密度、氮用量与5个类别致香含量及香气总量均呈现极显著的正相关关系; 建立线性回归方程 $Y_{\text{香气总量}} = 0.018 * D + 3.447 * N + 292.761$, $R^2 = 0.756$ 。说明密度和氮用量互作对上部烟叶香气物质含量的影响较为明显。

进一步对密度和氮用量与上部叶评吸质量的偏相关分析(表4)显示, 除去氮用量影响, 密度与香气质、香气量、杂气、刺激性、余味、评吸总分呈极显著负相关关系; 除去密度影响, 氮用量与劲头呈显著正相关关系, 与刺激性和余味存在负相关关系, 表明密度和氮用量对感官质量具有明显的影响。

3 讨论

本试验研究表明, 密度和氮用量与中性致香成分呈极显著的正相关关系, 二者对提高香气总

表4 烤烟致香物质含量和感官质量的偏相关分析
Table 4 Partial Correlation analysis of aroma component contents and smoking quality

测试项目	评价指标	密度	氮用量
香气物质	类胡萝卜素类	0.772**	0.849**
	芳香族氨基酸类	0.601**	0.665**
	棕色化产物类	0.236	0.750**
	西柏烷类	0.592**	0.207
	新植二烯	0.742**	0.717**
	除新植二烯外香气总量	0.690**	0.688**
	香气总量	0.789**	0.770**
感官质量	香气质	-0.608**	0.247
	香气量	-0.794**	0.197
	浓度	0.000	0.139
	杂气	-0.635**	0.162
	劲头	-0.061	0.391*
	刺激性	-0.706**	-0.124
	余味	-0.793**	-0.072
	燃烧性	-0.132	0.067
	灰色	-0.125	0.300
	评吸总分	-0.840**	0.383

注：*：P=0.05，**：P=0.01。

量都有极显著的促进作用，具体表现为，同密度水平下，高氮量的致香成分含量（西柏烷类除外）能达到最大值或较大值；同氮素水平下，高密度的致香物质含量最大，中密度次之，低密度的含量最小。其中，密度和氮用量分别为19 500 株/hm²、75 kg/hm²和19 500 株/hm²、60 kg/hm²互作处理的烟叶不同致香物质含量均较高，16 500 株/hm²、75 kg/hm²和16 500 株/hm²、60 kg/hm²次之。13 500 株/hm²、75 kg/hm²处理的烤烟棕色化产物类物质含量最高。说明高香气成分的烤烟主要集中在中密度、高密度和中氮量、高氮量的处理中，与以往的研究结论基本一致^[13-16]。

研究结果显示，高密度对提高烤烟中性致香物质含量十分有利，但是对感官质量存在不利影响。影响上部叶感官质量的主要因素为种植密度，上部叶感官质量随密度增大而显著下降，可能是因为密度和氮用量的增大会引起化学成分、游离氨基酸等含量的变化^[5,7,17]，而这些成分对感官质量有显著影响^[18-23]，如总糖、还原糖与评吸总分极

显著或显著正相关，总氮、烟碱、氯含量与评吸总分极显著或显著负相关^[18-20]，本试验结果表明，总糖、还原糖和氯含量随密度的增大整体呈下降趋势，烟碱、总氮、钾含量和钾氯比随密度增大整体上升，与宋莹丽等^[24]的研究结果一致。因此，密度增大会导致感官质量下降。游离氨基酸含量过高或过低也会降低烤烟的抽吸品质^[21-22]，大部分香味成分与感官质量显著正相关，但也有少量香气成分与感官质量呈显著负相关关系^[23]，这也是导致感官质量下降的原因。

4 结 论

密度和氮用量增大，均可极显著提高上部叶中性致香物质含量，密氮互作对不同类别致香成分含量的提高作用极显著。上部叶感官质量随氮用量增大整体呈上升趋势，随密度增大而极显著下降，密度是影响上部叶感官质量的主要因素。综合分析可得，密度为16 500 株/hm²、氮用量75 kg/hm²的互作处理对提高烤烟上部叶中性致香物质含量和感官质量最适宜。

参考文献

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京：中国农业出版社，2003.
- [2] 孙群，佟汉文，吴波，等. 不同种源乌拉尔甘草形态和ISSR遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报，2007，8（1）：56-63.
- [3] 张喜峰，张立新，高梅，等. 密度与氮肥互作对烤烟圆顶期农艺及经济性状的影响[J]. 中国烟草科学，2012，33（5）：36-41.
- [4] 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.
- [5] 张喜峰，张立新，高梅，等. 密度与氮肥互作对烤烟氮钾含量、光合特性及产量的影响[J]. 中国土壤与肥料，2013（2）：32-36，61.
- [6] 毛家伟，张翔，王宏，等. 种植密度和氮用量对烟叶光合特性和产量质量的影响[J]. 干旱地区农业研究，2012（5）：66-70.
- [7] 上官克攀，杨虹琦，罗桂森，等. 种植密度对烤烟生

- 长和烟碱含量的影响[J].烟草科技,2003(8):42-45.
- [8] 赵铭钦,卢叶,刘云,等.种植密度与留叶数对打顶后烤烟几种酶活性和MDA含量的影响[J].中国烟草学报,2009(3):49-53,62.
- [9] 张广富,赵铭钦,王冬,等.不同种植密度烤烟净光合速率日变化与生理生态因子的关系[J].中国烟草学报,2011(1):54-61.
- [10] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [11] 王瑞新,韩富根,杨素勤.烟叶化学品质分析[M].郑州:河南科学技术出版社,1990:50-66.
- [12] 王鹏泽,赵铭钦,刘鹏飞,等.浓香型产区烤烟中性致香成分与生物碱组成及含量[J].中国烟草科学,2014,35(5):98-102.
- [13] 赵铭钦,杨磊,李元实,等.不同施氮水平对烤烟中性致香成分及评吸质量的影响[J].云南农业大学学报,2009(1):16-21.
- [14] 韩富根,沈铮,李元实,等.施氮量对烤烟经济性状、化学成分及香气质量的影响[J].中国烟草学报,2009(5):38-42.
- [15] 张广富,赵铭钦,韩富根,等.种植密度和施钾量对烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J].中国土壤与肥料,2011(5):43-47.
- [16] 王东胜,王能如,李章海,等.栽培调控措施对南丹烤烟香气质量的影响[J].安徽农业科学,2009(10):4505-4509.
- [17] 宋小林,刘强,宋海星,等.不同处理条件下油菜茎叶可溶性糖和游离氨基酸总量及其对籽粒产量的影响[J].西北农业学报,2010(6):187-191.
- [18] 杜娟,张楠,许自成,等.烤烟不同部位烟叶主要化学成分与感官质量的关系[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2011(2):16-20.
- [19] 常爱霞,杜咏梅,付秋娟,等.烤烟主要化学成分与感官质量的相关性分析[J].中国烟草科学,2009,30(6):9-12.
- [20] 刘伟,王健强,师金鸽,等.3种香型典型产区烤烟主要理化特征与感官质量的关系[J].作物研究,2014(7):807-811,814.
- [21] 邓国宾,曾晓鹰,薛红芬,等.烤烟游离氨基酸与感官质量的相关性研究[J].中国烟草科学,2011,32(5):14-19,23.
- [22] 刘荣森.烤烟游离氨基酸的研究[D].长沙:湖南农业大学,2007.
- [23] 胡建军,周冀衡,李文伟,等.烤烟香味成分与其感官质量的典型相关分析[J].烟草科技,2007(3):9-15,22.
- [24] 宋莹丽,史宏志,何景福,等.不同施氮量下采收时期对上部叶质量和经济性状的影响[J].中国烟草科学,2014,35(2):94-99.