

施氮量与留叶数对万源晒红烟产质量和香气成分的影响

郑 昕¹, 史宏志^{1*}, 杨兴有², 杨吉光², 李晶晶¹, 王 俊¹, 杨惠娟¹

(1.河南农业大学, 烟草行业烟草栽培重点实验室, 烟草农业减害研究中心, 郑州 450002; 2.四川省烟草公司达州市公司, 四川 达州 635000)

摘 要:为探究施氮量与留叶数对万源晒红烟产质量和香气成分的影响,以主栽晒红烟品种“万毛3号”为材料,设计不同施氮量与留叶数的栽培试验,对晒红烟农艺性状、经济性状和香气成分等进行测定分析。结果表明,随施氮量和留叶数增加,万毛3号的产量和产值上升,均价和上、中等烟比例先升高后降低。施氮量增加,烟叶的烟碱、钾含量显著上升,糖含量显著下降;中性致香成分总量显著升高,多种质体色素降解产物、苯丙氨酸转化产物和茄酮含量上升。留叶数增多,烟叶糖和钾含量显著升高,烟碱、总氮含量下降;中性致香成分总量和新植二烯、类胡萝卜素降解产物含量呈下降趋势,而苯丙氨酸类转化产物和棕色化产物含量显著上升。综合分析,在施氮 15 kg/667 m²、留叶 18 片处理下,烟叶的产量较高,品质较优,感官质量评价好。

关键词:晒红烟;施氮量;留叶数;产量;质量;化学成分;香气成分

中图分类号:S572.01

文章编号:1007-5119(2018)01-0049-08

DOI:10.13496/j.issn.1007-5119.2018.01.007

Effects of Nitrogen Rates and Numbers of Leaves Remained on Yield, Quality and Aroma Components of Sun-cured Red Tobacco

ZHENG Xin¹, SHI Hongzhi^{1*}, YANG Xingyou², YANG Jiguang², LI Jingjing¹, WANG Jun¹, YANG Huijuan¹

(1. Tobacco Cultivation Key Laboratory of Tobacco Industry, Tobacco Harm Reduction Center, Zhengzhou 450002, China; 2. Dazhou Tobacco Company of Sichuan, Dazhou, Sichuan 635000, China)

Abstract: Wanmao 3, a major sun-cured tobacco cultivar in Wanyuan, Sichuan was experimented to explore the influence of different nitrogen rates and numbers of leaves on the yield, and quality, and aroma components of sun-cured red tobacco. Tobacco leaf samples from different growth periods and after curing were collected and analyzed. The results showed that with the increase of nitrogen rates and numbers of leaves, the output and yield of Wanmao 3 increased, average price and fine or medium tobacco increased first and then decreased. With the increase of nitrogen rates, the nicotine and K content increased significantly, the sugar content decreased significantly, and the aroma component contents increased significantly. And plastid pigments, phenylalanine conversion and solanone content increased significantly. This suggested that increased nitrogen rates at a reasonable level were beneficial to aroma amount in tobacco. With increased numbers of leaves, the sugar and K content increased significantly, nicotine and total nitrogen content decreased significantly. And the aroma components, neophytadiene and various of carotenoids decreased, but the phenylalanine conversion and browning product contents increased significantly. Based on comprehensive analysis, with 15 kg/667 m² of nitrogen rates and 18 leaves, tobacco leaves both have higher yield and quality, and the sensory quality is the best.

Keywords: sun-cured red tobacco; nitrogen rates; numbers of leaves; yield; quality; chemical composition; aroma components

栽培技术是晒烟质量和风格特征形成的关键环节^[1-3],烟株的肥料施用尤其是氮肥运筹、田间管理措施及生长环境条件均会影响其生长发育和烟叶内物质的积累和转换,造成烟叶产量和品质的差

异。氮对烟叶的产量和品质有显著影响^[4]。合理增氮能够改善烟株农艺与经济性状,提高烟叶外观品质,协调内在化学成分;氮肥过量则导致烟叶难以调制、烟碱含量过高、品质下降^[5-8]。烟株留叶数是

基金项目:四川省烟草公司达州市公司“达州名晒烟生产关键技术研究与应用”(2015011)

作者简介:郑 昕(1993-),男,在读硕士,研究方向为烟草栽培和生理。E-mail:690949120@qq.com。*通信作者,E-mail:shihongzhi88@163.com

收稿日期:2017-08-25

修回日期:2017-11-06

调节烟叶营养水平的重要手段,主要通过改变打顶后烟株营养的分配、供给情况以及通风透光条件,进而影响烟叶的产量及品质^[9-10]。研究表明^[11-12],随着留叶数的增加,烟叶的总氮、烟碱和钾含量递减,总糖含量增加。史宏志等^[13]对白肋烟的研究表明,随着留叶数的增加,烟碱等主要生物碱含量降低,中性致香成分变化较为复杂。

四川万源晾晒烟历史悠久,风味独特,是生产雪茄烟和混合型卷烟的重要原料。近年来,由于缺乏对万源晾晒烟生产技术的研究和推广,烟农重视产量而多施氮肥、多留叶,导致烟叶质量下降。同时,大量氮肥的施用导致万源烟区土壤碱解氮含量过高,在一定程度上限制了土壤质量和烟叶品质的提升^[14-15];留叶过多,则增加了烟叶采收和晒制时的劳动强度和成本,降低烟农收益。一般认为^[16-17],不同类型和品种的烟草各有其适宜的施氮量和留叶数。目前施氮量与留叶数对烤烟、白肋烟产量和化学成分的研究较多,而有关地方性晒红烟的研究鲜见报道。为此,本文以万源当地主栽晒红烟品种“万毛3号”为材料,进行了施氮量、留叶数及其互作对烟叶产量和内在成分影响的试验,旨在筛选适宜的施氮量和留叶数组合,为优质晒红烟烟叶生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料

试验于2016年4月在四川省万源市草坝镇进行,海拔1090 m左右。供试土壤为黄棕壤,土壤肥力中等,有机质含量适中,前茬作物玉米,供试品种为当地主栽晒红烟品种“万毛3号”。

1.2 试验设计

采用双因素裂区试验。主区为施氮量(N),设3个水平分别为N1:13 kg/667 m²、N2:15 kg/667 m²、N3:17 kg/667 m²;副区为留叶数(L),设4个水平分别为14片/株、16片/株、18片/株、20片/株。试验共12个处理,设3次重复,共36个小区。植烟密度为1111株/667m²,行株距1.2 m×0.5 m,移

栽前15 d进行起垄施基肥,5月12日进行移栽,移栽后30、45 d在烟株根部两侧条施追肥(基肥、追肥比例为1:1,肥料氮磷钾比例为m(N) : m(P₂O₅) : m(K₂O)=10 : 10 : 28,现蕾打顶。烟叶生产各环节严格按照当地优质烟叶生产技术标准进行管理。

1.3 测定内容及方法

1.3.1 农艺性状测定 农艺性状测定参照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,每个小区选取5株具有代表性的烟株挂牌标记,在移栽后30 d开始,每隔10天测定1次农艺性状,记录烟株株高、叶片数、最大叶长叶宽、茎围和节距等农艺性状。

1.3.2 经济性状测定 各小区烟株挂牌,标记采收、调制,调制后计算产量,并根据全国晒红烟6级制分级标准^[15]进行烟叶分级。以一级烟为上等烟,二、三级烟为中等烟,以此为依据计算烟叶的上、中等烟比例和均价,并计算产值。

1.3.3 化学成分测定 各处理调制后,取上部叶三级1 kg,在烘箱40℃下烘干后磨碎过0.25 mm筛,分别测定总氮、总糖、还原糖、烟碱、钾和氯的含量。总氮含量采用过氧化氢-硫酸消化法测定^[18];总糖含量采用蒽酮比色法测定^[19];还原糖含量采用3,5-硝基水杨酸(DNS)比色法测定^[19];烟碱含量采用盐酸萃取、紫外分光光度法测定^[19];钾含量采用火焰分光光度法测定^[19];氯含量采用干灰化AgNO₃滴定法测定^[19]。

1.3.4 香气成分测定 采用同时蒸馏萃取仪提取香气物质,气质联用仪进行分析(GC/MS:Agilent 7890A-5975C,Agilent Technologies,USA),内标法(硝基苯)进行测定。称20.000 g烟样放入100 mL圆底烧瓶中,依次加入2.0 g柠檬酸、0.5 mL内标和500 mL去离子水,充分摇匀。以40 mL的二氯甲烷为萃取剂,采用同时蒸馏萃取的方法收集有机相,并将样品浓缩至1 mL左右,备用。样品由GC/MS鉴定结果和NIST08库检索定性^[20]。

1.3.5 烟叶感官质量测定 各处理取上部叶三级1 kg,烟叶经回潮后,采取QS-1型切丝机加工成

0.8~1.6 mm 宽的烟丝，制成单料烟，平衡水分后由国家烟草栽培生理生化研究基地 5 名评吸专家对其风格、香气质、香气量、浓度、杂气、劲头、刺激性、余味和燃烧性等进行评价。

1.3.6 数据分析 采用 Excel 2003 与 SPSS 22.0 统计软件进行数据处理、方差分析以及双因素的互作效应分析，由 LSD 法分析均值差异的显著性。

2 结 果

2.1 不同施氮量与留叶数对烟叶农艺性状的影响

由表 1 可知，移栽后 30 和 60 d 时，随施氮量增加，各农艺性状均呈上升趋势，施氮量为 15 和 17 kg/667m² 处理间除株高差异显著外，其余各性状差异不显著。说明在 15 kg/667m² 施氮水平下，“万毛 3 号”生长发育所需氮素已足够充盈，过多施氮对烟株生长无显著提升。移栽后 90 d 时，增加氮肥用量和留叶数，株高均显著升高；茎围、节距随施氮量增加而增大，而随留叶数增多，茎围逐渐减小，节距先增后减；最大叶长、叶宽随着施氮量的增加而显著增大，随留叶数增多而减小，无显著差异。

双因素方差分析表明，除留叶数对最大叶长、叶宽有显著影响外，施氮量与留叶数对烟叶其他性状的影响均达到极显著水平；留叶数对株高、茎围和节距的影响较大，而施氮量对最大叶长、叶宽的影响更显著。除株高外，两者交互对其他性状均有极显著地影响。

2.2 不同施氮量与留叶数对烟叶经济性状的影响

如表 2 所示，随施氮量增加，烟叶的产量、产值呈上升趋势；而均价和上、中等烟比例呈先上升后降低的趋势，在施氮 17 kg/667m² 条件下显著低于其他处理。随留叶数增多，烟叶产量、产值均呈上升趋势，而留叶 20 片时，产量提升已不显著；均价和上、中等烟比例呈先上升后降低的趋势，以留叶 16 和 18 片时较好。

双因素方差分析表明，施氮量对“万毛 3 号”的各项经济性状的影响达到极显著水平；留叶数对产量、产值的影响大于施氮量。两者互作对均价、上中等烟比例影响不显著，对产量和产值的影响达到极显著水平。

表 1 不同施氮量与留叶数对烟叶农艺性状的影响

Table 1 Effect different nitrogen rates and numbers of leaves remained on the agronomic characters

移栽时间 Transplanting time/d	施氮量 Nitrogen rate/ (kg·667m ⁻²)	留叶数 Numbers of leaves	株高 Height/cm	茎围 Laimosphere/cm	节距 Pitch/cm	最大叶 Max leaf	
						叶长 Leaf length/cm	叶宽 Leaf width/cm
						30	13
	15	14.63a	22.38b	6.75a	2.49a	49.25a	27.15a
	17	14.75a	24.75a	6.82a	2.56a	50.13a	27.63a
60	13	19.13b	44.13c	12.38b	3.36b	69.02b	30.70b
	15	21.12a	52.88b	13.26a	3.65a	72.51a	34.13a
	17	20.63a	56.50a	13.53a	3.76a	74.13a	34.88a
90	13	14	89.21f	12.50de	3.48g	72.17f	35.87d
		16	94.60e	12.11ef	3.73ef	72.67f	34.50e
		18	103.58d	12.05f	4.08bc	72.91f	33.17f
		20	106.80c	11.37g	3.93d	74.20ef	33.16f
	15	14	94.80e	14.67ab	3.63f	76.70cd	36.33cd
		16	102.63d	14.37ab	3.97d	76.13de	36.14cd
		18	107.62c	12.67d	4.17ab	75.33de	36.10cd
		20	114.67b	12.13ef	4.12b	73.06f	35.83cd
	17	14	101.82d	15.27a	3.65f	82.33a	38.67a
		16	108.01c	14.71ab	4.13b	79.50b	37.66ab
		18	111.73b	13.27c	4.25a	79.01b	37.37ab
		20	118.83a	12.53de	4.16ab	78.38bc	36.87bc
	<i>F</i> (N)		72.01**	93.12**	45.74**	161.54**	57.02**
	<i>F</i> (L)		196.21**	148.32**	95.72**	4.43*	3.66*
	<i>F</i> (N*L)		2.50	21.49**	12.46**	7.66**	6.38**

注：表中同列小写字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$)，*表示同列数据差异显著 ($p < 0.05$)，**表示同列数据差异极显著 ($p < 0.01$)，下同。

Note: Different lowercase letters in same column in the table show significant difference ($p < 0.05$); * Indicate significant differences in the same column data; ** Indicate very significant differences in the same column data, the same below.

表2 不同施氮量与留叶数对烟叶经济性状的影响

Table 2 Effects of different nitrogen rates and numbers of leaves remained on the economic characters

施氮量 Nitrogen rate/ (kg·667m ⁻²)	留叶数 Numbers of leaves	产量 Yield/ (kg·667m ⁻²)	产值 Output value/ (元·667m ⁻²)	均价/(元·kg ⁻¹) Average price/(yuan·kg ⁻¹)	上中等烟比例 Rate of supper and medium tobacco/%
13	14	184.2e	3076.1g	16.7bc	81.02bc
	16	188.2d	3161.8e	16.8abc	81.22ab
	18	193.4c	3326.5c	17.2ab	81.43ab
	20	198.2bc	3270.3d	16.5cd	79.86cd
15	14	189.2d	3235.3e	17.1ab	81.44ab
	16	194.5c	3326.0c	17.1ab	81.76ab
	18	198.4b	3432.3ab	17.3a	82.64a
	20	206.7ab	3443.6ab	16.5cd	80.62bc
17	14	205.5ab	3267.5d	15.9ef	78.24e
	16	211.7a	3387.2bc	16.0def	78.29cd
	18	216.6a	3487.2a	16.1def	79.01cd
	20	219.3a	3440.0ab	15.7f	78.21e
<i>F(N)</i>		71.55**	100.94**	34.48**	43.34**
<i>F(L)</i>		157.45**	219.91**	10.59**	2.65
<i>F(N*L)</i>		9.32**	34.59**	1.45	0.28

2.3 不同施氮量与留叶数对烟叶化学成分的影响

表3结果显示,随着施氮量增加,烟叶总糖、还原糖含量和糖碱比显著降低,而烟碱和钾含量显著升高。在施氮17 kg/667 m²时,总氮含量显著高于其他处理,氮碱比显著低于其他处理。氯含量、钾氯比随施氮量的增加总体呈上升趋势。

随着留叶数增多,烟叶总糖、还原糖含量显著上升,低施氮处理时表现更明显;烟碱、总氮含量显著下降,尤其在高施氮条件下幅度更为明显。钾含量随着留叶数的增加显著上升,氯元素无明显规律。糖碱比、氮碱比和钾氯比均随留叶数的增多总体呈上升趋势。

双因素方差分析表明,施氮量、留叶数及其互作效应对“万毛3号”烟叶化学成分含量的影响均达到极显著水平。留叶数对烟叶糖含量的增加、总氮含量的减少以及糖碱比的协调意义更大,而施氮量对烟碱、钾、氯含量及相应比例的影响较大。

2.4 不同施氮量与留叶数对烟叶香气成分的影响

表4结果表明,随着施氮量增加,类胡萝卜素降解产物、苯丙氨酸转化物、茄酮含量和中性致香成分总量呈上升趋势;新植二烯含量先升高后降低;棕色化产物含量呈下降趋势。留叶数增多,苯丙氨酸转化物、棕色化产物、茄酮含量明显升高;类胡

表3 不同施氮量与留叶数对烟叶化学成分的影响

Table 3 Effects of different nitrogen rates and numbers of leaves remained on the chemical composition

施氮量 Nitrogen rate/ (kg·667m ⁻²)	留叶数 Numbers of leaves	总糖 Total sugar/ (mg·g ⁻¹)	还原糖 Reducing sugar/ (mg·g ⁻¹)	烟碱 Nicotine/ (mg·g ⁻¹)	氯 Cl/ (mg·g ⁻¹)	钾 K/ (mg·g ⁻¹)	总氮 Total nitrogen/ (mg·g ⁻¹)	糖碱比 Sugar-nicotine ratio	氮碱比 Nitrogen-nicotine ratio	钾氯比 Potassium-chlorine ratio
13	14	25.9d	21.1e	43.6d	3.49h	25.1h	29.0c	0.48e	0.67cd	6.50f
	16	27.2c	22.1d	39.9d	3.72g	24.7h	27.4de	0.55d	0.69bc	6.11g
	18	29.0b	24.0b	33.9f	3.40h	28.0f	24.4g	0.71b	0.72a	6.98de
	20	33.9a	26.2a	32.7f	4.51cd	32.5c	24.2g	0.80a	0.74a	6.76ef
15	14	23.3e	18.1g	46.9c	3.54h	27.1g	29.7c	0.39f	0.63e	7.77ab
	16	25.5d	20.1f	38.3d	3.92f	29.1e	27.9d	0.52d	0.73a	7.42c
	18	27.4c	23.1cd	36.8e	4.51cd	30.6d	27.0de	0.63c	0.73a	7.26cd
	20	27.6bc	23.4bc	36.6e	4.22e	33.7b	25.9f	0.64c	0.71ab	7.47c
17	14	21.7f	14.6i	56.5a	4.43d	28.8e	32.7a	0.26h	0.58f	7.09d
	16	23.3e	15.2hi	51.2b	5.09a	31.1d	31.7b	0.30g	0.62e	7.53bc
	18	24.3d	17.6g	47.2c	4.60c	32.1c	29.9c	0.37f	0.63e	7.25cd
	20	24.9d	19.5f	42.8d	4.81b	36.1a	27.8d	0.46e	0.65de	8.00a
<i>F(N)</i>		11.80**	36.42**	59.43**	63.37**	82.34**	146.05**	19.79**	240.40**	86.51**
<i>F(L)</i>		34.25**	173.84**	13.31**	47.26**	24.23**	218.89**	117.65**	83.64**	37.84**
<i>F(N*L)</i>		5.84*	14.38**	24.67**	9.12**	9.73**	4.79**	6.23**	10.55**	22.59**

表 4 不同施氮量与留叶数对烟叶香气成分的影响

Table 4 Effects of different nitrogen rates and numbers of leaves remained on the aroma components

香气物质 Aroma material	施氮 13 kg/667m ²				施氮 15 kg/667m ²				施氮 17 kg/667m ²			
	14	16	18	20	14	16	18	20	14	16	18	20
6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-Methyl-5-hepten-2-one	2.54	1.91	1.06	3.59	2.28	1.40	1.99	2.71	2.87	1.93	2.77	2.26
6-甲基-5-庚烯-2-醇 6-Methyl-5-hepten-2-hol	1.24	0.91	0.44	0.67	0.83	1.04	0.61	0.51	0.49	0.62	1.01	0.53
愈创木酚 Guaiacol	0.68	1.26	0.73	0.86	0.97	0.37	1.04	0.95	0.83	0.93	1.72	0.84
芳樟醇 Linalool	4.51	4.05	2.37	4.04	3.94	2.85	4.32	3.65	3.97	3.33	4.46	4.51
β-大马酮 β-damascenone	9.25	9.07	8.26	8.07	10.56	10.19	9.10	8.11	13.96	11.42	9.23	9.27
β-二氢大马酮 β-damascenone	8.99	6.70	7.53	3.03	8.78	7.07	6.62	2.57	7.73	6.33	5.02	2.74
异佛尔酮 Isophorone	1.66	1.28	1.49	1.12	1.51	1.36	1.32	0.97	1.43	1.27	1.03	0.89
氧化异佛尔酮 Isophorone oxide	0.57	0.36	0.44	0.33	0.46	0.38	0.34	0.27	0.40	0.33	0.28	0.30
香叶基丙酮 Geranyl acetone	9.22	5.13	4.89	5.16	6.71	5.86	4.88	3.58	4.43	4.06	1.96	2.90
二氢猕猴桃内酯 dihydroactinidiolide	14.03	3.97	3.23	4.57	3.94	4.04	3.07	3.97	4.96	3.84	4.97	3.56
巨豆三烯酮 1Megastigmatrienone-1	1.16	0.90	0.75	0.61	1.58	1.34	0.90	0.83	2.15	1.77	1.21	0.96
巨豆三烯酮 2Megastigmatrienone-2	4.22	3.91	3.06	2.99	6.19	4.41	4.07	4.02	6.90	5.05	4.28	4.17
巨豆三烯酮 3Megastigmatrienone-3	2.17	1.63	1.57	1.28	2.59	2.43	2.15	1.43	3.53	2.86	2.30	1.89
3-羟基-β-二氢大马酮 3-hydroxy-β-damascenone	7.46	7.27	5.67	4.8	10.73	9.84	9.16	5.28	13.16	10.89	9.89	6.41
巨豆三烯酮 4Megastigmatrienone-4	6.85	5.33	4.91	4.24	7.31	5.86	4.97	4.37	8.97	6.38	6.13	5.55
螺岩兰草酮 Snailvetiverketone	3.82	2.02	2.54	2.27	2.41	1.99	1.85	2.04	2.60	11.25	1.45	3.11
法尼基丙酮 (5E,9E)-6,10,14-TriMethylpentadeca-5,9,13-trien-2-one	21.57	16.31	20.87	9.24	23.70	23.43	20.69	13.57	36.33	23.27	20.11	18.97
类胡萝卜素降解产物总量 Total various of carotenoids	99.94b	71.99f	73.81f	56.87h	94.49c	83.86d	77.08e	58.83h	114.71a	95.53	77.82e	68.86g
平均值 Average	N1-N3 L1-L4		74.65c 103.04a	78.57b 83.79b	89.23a 74.91c							
苯甲醛 Benzaldehyde	1.56	1.58	2.14	3.08	1.13	1.30	1.79	2.31	0.81	1.34	1.86	2.06
苯乙醛 Phenylacetaldehyde	1.69	2.60	3.32	3.84	2.53	4.88	6.55	6.76	3.58	5.75	5.71	9.61
苯甲醇 Benzalcohol	3.64	8.91	8.77	12.81	7.48	8.01	8.90	10.46	4.09	4.49	9.88	10.15
苯乙醇 Phenethyl alcohol	7.85	17.33	10.23	14.22	11.31	13.49	13.72	16.92	17.51	9.63	26.12	9.79
苯丙氨酸类转化产物总量 Total phenylalanine	14.74k	30.42e	24.46h	33.95c	22.45i	29.46f	29.18e	36.45b	25.99g	21.21j	43.57a	31.61d
平均值 Average	N1-N3 L1-L4		25.89b 21.06c	29.39a 26.43b	30.60a 32.99a							
糠醛 Furfural	10.83	15.59	16.24	19.63	10.11	11.08	16.19	17.60	8.19	9.70	12.02	12.60
糠醇 Furfuralcohol	1.17	2.38	2.99	5.64	1.62	1.92	2.22	5.04	1.55	2.47	4.15	4.17
2-乙酰基呋喃 2-Acetylfuran	0.47	0.12	0.28	0.39	0.38	0.30	0.18	0.36	0.46	0.33	0.36	0.15
3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮 3,4-Isopropyl-2,5-furandione	5.49	1.44	1.99	2.78	2.03	3.22	2.68	3.35	3.46	0.93	2.76	1.93
5-甲基-2-糠醛 5-Methyl-2-furfural	1.11	2.24	2.64	4.32	1.02	1.87	2.24	3.71	0.63	0.97	1.24	1.80
2,6-壬二烯醛 2,6-octadienal	0.35	0.30	0.41	0.67	0.41	0.22	0.72	0.28	0.47	0.26	0.35	0.14
藏花醛 Safranal	0.31	0.14	0.21	0.15	0.11	0.24	0.22	0.14	0.13	0.14	0.28	0.09
β-环柠檬醛 β-Cyclocitral	0.40	0.33	0.31	0.36	0.26	0.35	0.33	0.27	0.25	0.52	0.66	0.03
棕色化产物总量 Total browning product	20.13f	22.54d	25.07c	33.94a	15.94h	19.20g	24.78c	30.75b	15.14i	15.32i	21.82e	20.91ef
平均值 Average	N1-N3 L1-L4		25.42a 17.07d	22.67b 19.02c	18.30c 23.89b							
茄酮 Solanone	42.17h	58.40g	70.65e	87.12c	56.55g	69.06e	77.14d	88.39c	58.30g	65.58f	104.5b	112.6a
平均值 Average	N1-N3 L1-L4		64.56c 52.34d	72.79b 64.35c	85.25a 84.10b							
新植二烯 Neophytadiene	427.82e	323.74h	312.52h	272.93i	511.84b	436.92e	429.76e	347.31g	595.22a	473.21c	456.27d	368.66f
平均值 Average	N1-N3 L1-L4		334.23c 511.63a	431.43a 411.32b	473.34b 399.55c							
中性致香成分总量 Total aroma	604.82e	507.14g	506.52g	484.83h	701.24b	638.52d	637.96d	561.71f	809.32a	670.81c	703.97b	602.66e
平均值 Average	N1-N3 L1-L4		525.83c 705.13a	634.86b 605.49b	696.69a 616.15b							

注：表中同行数据不含相同小写字母表示差异具有统计学意义 ($p < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters in same column in the table show significant difference ($p < 0.05$).

萝卜素降解产物、新植二烯含量和中性致香成分总量总体呈降低趋势。

由双因素方差分析结果可知(表5),除类胡萝卜素降解产物外,施氮量、留叶数及两者互作对烟叶中性致香成分质量及各组分均有极显著影响。施氮量与苯丙氨酸转化物含量关系更密切,留叶数对其余香气组分及总量的影响更大。

2.5 不同施氮量与留叶数对烟叶感官质量的影响

由表6可知,适量增氮有利于突出烟叶的风格,燃烧时香气量、浓度较好,余味的舒适程度佳,施氮量增加到17 kg/667m²时烟叶风格弱化,烟气余味变差,出现香气质变差、杂气较重、劲头和刺激性较大等问题。随着留叶数增加,烟叶香气质变优,杂气、劲头及刺激性减小,风格突出程度、余味呈先上升后下降的趋势。烟叶的燃烧性,随着施氮量和留叶数的变化无明显规律。

3 讨论

施氮量和留叶数的多少,与烟株的生长和叶片的发育密切相关,进而影响烟叶产量^[5-10]。本试验

结果表明,施氮量与留叶数对“万毛3号”生长发育和产质量均有重要影响,施氮量为15 kg/667m²时已基本满足“万毛3号”生长发育的需求,施氮不足或过盛,分别造成烟叶产量下降和均价降低。留叶数可改善烟株农艺性状,使株型更合理^[21];烟叶均价和上、中等烟比例随留叶数的增加呈曲线变化。由此可见,合理增肥、增叶能够提升烟叶产量和质量,而一味多施肥、多留叶,对烟叶产量无显著提升,同时影响质量,不利于产值的提高^[22]。

烟叶中不同化学成分和香气物质随施氮量和留叶数的增减,表现出不同的变化趋势。本试验结果表明,施氮量和留叶数对烟碱、糖类、钾和氯等主要化学成分有极显著的影响;施氮量的增加使烟株营养充分,生物碱、总氮含量高;留叶数通过改变光合作用强度、调节田间小气候等途径,提高烟叶糖含量并降低生物碱水平。对烟叶香气成分分析结果表明,施氮量增加,烟叶中性香气含量显著升高;留叶数增多,中性香气含量相对降低。本试验中,重要质体色素降解产物巨豆三烯酮的4个同分异构体的含量均随施氮量增加而上升,随留叶数增

表5 不同施氮量与留叶数互作对烟叶香气成分的影响

Table 5 Effects of different nitrogen rates and numbers of leaves remained on the aroma components

项目	类胡萝卜素降解物类	苯丙氨酸类	棕色化产物类	茄酮	新植二烯	总量
Project	Various of carotenoids	Phenylalanine	Browning product	Solanone	Neophytadiene	Total
F(N)	4.84*	24.41**	23.21**	31.97**	16.83**	41.69**
F(L)	16.36**	18.29**	103.46**	134.07**	25.80**	54.36**
F(N*L)	5.04**	7.76**	17.33**	29.66**	5.57**	19.28**

表6 不同施氮量与留叶数对烟叶感官质量的影响

Table 6 Effects of different nitrogen rates and numbers of leaves remained on the sensory quality

施氮量	留叶数	风格	香气质	香气量	浓度	杂气	劲头	刺激性	余味	燃烧性	总分
Nitrogen rate/ (kg·667m ⁻²)	Numbers of leaves	Style (9)	Aroma quality (9)	Aroma amount (9)	Concentration (9)	Miscellaneous (9)	Momentum (9)	Irritation (9)	Aftertaste (9)	Combustion (9)	Total score (81)
13	14	4.5	5.5	7.2	6.1	6.0	7.5	5.1	6.1	8.3	56.3
	16	5.0	5.5	7.2	6.0	6.0	7.3	5.2	6.3	8.0	56.5
	18	5.0	5.7	7.0	6.0	6.4	7.1	5.3	6.2	8.0	56.7
	20	4.5	5.7	6.8	5.8	6.4	7.0	5.3	6.2	8.2	55.9
15	14	5.0	5.5	7.6	6.2	5.8	7.8	5.0	6.2	8.0	57.1
	16	5.3	5.6	7.5	6.0	6.0	7.6	5.0	6.5	8.0	57.5
	18	5.5	5.6	7.3	6.0	6.0	7.3	5.2	6.5	8.1	57.5
	20	5.1	5.6	7.0	6.0	6.2	7.2	5.2	6.2	8.2	56.7
17	14	5.0	5.2	7.7	6.4	5.8	8.0	4.5	6.1	8.2	56.9
	16	5.2	5.2	7.6	6.2	5.8	7.7	4.6	6.1	8.0	56.4
	18	5.3	5.4	7.4	6.0	6.0	7.5	4.6	6.2	8.0	56.4
	20	5.0	5.4	7.1	6.0	6.0	7.3	5.0	6.3	8.4	56.5

多而下降；同属于质体色素降解产物的 3-羟基- 3-二氢大马酮也有相同的变化趋势；说明氮素充足、留叶较少的条件有利于质体色素及相关香气成分的形成。这与史宏志等^[13]研究结果相似。糠醛、糠醇和 5-甲基-2-糠醛属于糖类降解产物，其含量随留叶数增多而呈上升趋势，与烟叶糖分随留叶数变化的趋势一致。多留叶有利于苯丙氨酸转化物的生成；多施氮多留叶，茄酮含量较高。施氮量与留叶数对化学成分和香气成分的影响，在感官质量上也会体现出不同的反映。施氮量大，烟叶香气量较大，但糖碱比、氮碱比降低导致香气质变差；通过留叶数可控制烟碱和糖含量，协调化学成分，使烟叶品质变优。

在实际生产中，氮肥运筹和打顶留叶密不可分，双因素方差分析充分显示，施氮量、留叶数及互作效应对烟叶生长发育、产量产值以及内在各成分有重要影响，这对于针对性地解决烟叶生产中出现的这一问题具有重要的意义。

4 结 论

本试验结果显示，合理增氮、增叶有利于提高烟株农艺和经济性状，协调烟叶化学成分和香气成分，提高烟叶感官质量；而过量施氮使烟叶品质降低，影响产值。综合分析认为，在万源当地土壤、环境条件下，当地主栽晒红烟品种“万毛 3 号”在施氮 15 kg/667m²、留叶 18 片处理下，烟株农艺性状和烟叶经济性状表现较优，烟叶化学成分和香气成分较为协调，烟叶晒烟风格相对突出，香气质较优且浓度较好，余味较舒适，感官质量评分最高。同时，该组合降低了烟农的成本和劳动强度，且对保护土壤有利。

参考文献

- [1] 王莹, 李元实, 赵铭钦, 等. 种植密度及留叶数对烤烟主要碳水化合物含量的影响[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(2): 216-219.
WANG Y, LI Y S, ZHAO M Q, et al. Effects of plant density and the remained leaf number on contents of major carbohydrate in flue-cured tobacco leaves[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2009, 24(2): 216-219.
- [2] 赵铭钦, 韩静, 刘友杰, 等. 种植密度和留叶数对延边烤烟中性致香质含量及评吸质量的影响[J]. 浙江农业学报, 2009, 1(2): 178-182.
ZHAO M Q, HAN J, LIU Y J, et al. Effects of plant density and remained leaf number on contents of neutral aroma constituents and flavor quality of flue-cured tobacco[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2009, 1(2): 178-182.
- [3] 曹务栋, 潘文杰, 薛小平, 等. 不同留叶数对烤烟新品种兴烟 1 号生长及产值的影响[J]. 耕作与栽培, 2009(5): 13-14.
CAO W D, PAN W J, BI X P, et al. Effects of remained leaf number on growth and output value of new flue-cured tobacco Xingyan No.1[J]. Tillage and Cultivation, 2009(5): 13-14.
- [4] 胡国松, 郑伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 86-156.
HU G S, ZHENG W, WANG Z D, et al. Flue-cured tobacco nutrition principle[M]. Beijing: Science Press, 1995: 86-156.
- [5] 刘建平. 不同氮肥及用量对潍县萝卜硝酸盐和亚硝酸盐含量的影响[J]. 山东农业科学, 2010, 42(11): 55-59.
LIU J P. Influence of different nitrogen fertilizers and application rates on contents of nitrate and nitrite in Weixian radish[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2010, 42(11): 55-59.
- [6] 田秀英, 王正银. 硒对苦荞硒、总黄酮和芦丁含量、分布与累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 721-727.
TIAN X Y, WANG Z Y. Effects of selenium application on contents, distribution and accumulation of selenium, flavonoids and rutin in tartary buckwheat[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2008, 14(4): 721-727.
- [7] 李雪君, 丁燕芳, 李淑君, 等. 不同施氮量对烤烟新品种豫烟 7 号、豫烟 9 号产量和品质性状的影响[J]. 江西农业学报, 2014, 26(2): 102-105.
LI X J, DING Y F, LI S J, et al. Effects of different nitrogen application rates on yield and quality characters of flue-cured tobacco new varieties Yuyan 7 and Yuyan 9[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2014, 26(2): 102-105.
- [8] 谢廷鑫, 占朝琳, 练焯晶, 等. 不同施氮量对烤烟 K326 生长发育及品质的影响[J]. 江西农业学报, 2011, 23(9): 18-20.
XIE T X, ZHAN C L, LIAN Y J, et al. Effects of different application rates of nitrogen fertilizer on growth, development and quality of flue-cured tobacco K326[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2011, 23(9): 18-20.
- [9] 范伟. 留叶数和施氮量互作对烟叶安全性及经济性状的影响[J]. 北京农业, 2012(9): 30.

- FAN W. Leaf number and leaf nitrogen interaction on the safety and economical character influence[J]. Beijing Agriculture, 2012(9): 30.
- [10] 钱华, 史宏志, 赵晓丹, 等. 豫中烟区烟草 NC297 不同留叶水平的光合生理特性[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(6): 90-93.
- QIAN H, SHI H Z, ZHAO X D, et al. Effects of leaf number on characteristics about NC297 in medium-henan[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(6): 90-93.
- [11] 李进平, 王昌军, 戴先凯, 等. 移栽和打顶时间对白肋烟烟碱积累的影响[J]. 烟草科技, 2001(6): 35-37.
- LI J P, WANG C J, DAI X K, et al. Effects of transplanting and topping time on nicotine accumulation of burley tobacco[J]. Tobacco Science & Technology, 2001(6): 35-37.
- [12] 王广山, 尹启生, 张树模, 等. 运用栽培技术措施调节白肋烟氮碱比提高其可用性的研究[J]. 烟草科技, 2001(6): 38-42.
- WANG G S, YI Q S, ZHANG S M, et al. Improving usability of burley tobacco with optimum cultural practices[J]. Tobacco Science & Technology, 2001(6): 38-42.
- [13] 史宏志, 李志, 谢子发, 等. 白肋烟留叶数对叶片中性香气成分和生物碱含量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(4): 375-379.
- SHI H Z, LI Z, XIE Z F, et al. Effect of leaf number on the contents of neutral aroma components and alkaloids in air-cured burley tobacco[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2008, 42(4): 375-379.
- [14] 韩利红, 王昌全, 曾勇, 等. 万源烟区土壤主要肥力状况综合评价[J]. 四川农业科技, 2016(4): 43-48.
- HAN L H, WANG C Q, ZENG Y, et al. Soil-fertility status comprehensive evaluation about tobacco area in Wanyuan[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology, 2016(4): 43-48.
- [15] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 14-20.
- CHEN J H, LI Z H, LIU J L, et al. Evaluation of soil nutrients condition in major tobacco production region of China[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2004, 10(3): 14-20.
- [16] 许晨曦, 刘国顺, 李向阳, 等. 品种与施氮量互作对烟草碳氮代谢关键酶的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(3): 83-85.
- XU C X, LIU G S, LI X Y, et al. Effects of variety and nitrogen rates toxicity interaction on key enzymes of carbon and nitrogen metabolism in tobacco[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(3): 83-85.
- [17] 许建营. 烟草工艺与调香技术[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2007.
- XU J Y. Tobacco process and adjusted aroma technology [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2007.
- [18] 郝再彬. 植物生理生化实验指导[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- HAO Z B. Experimental guidance on plant physiology and biochemistry[M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004.
- [19] 王瑞新, 韩富根, 杨素勤. 烟草化学品质分析法[M]. 郑州: 河南科技出版社, 1990.
- WANG R X, HAN F G, YANG S Q. Tobacco chemical quality analysis[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1990.
- [20] 周海燕, 苏菲, 孙军伟, 等. 生态环境对白肋烟上部叶的品质和中性香气成分的影响[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(7): 844-852.
- ZHOU H Y, SU F, SUN J W, et al. Effect of ecological environment on upper stalk leaves quality and neutral aroma components of burley tobacco [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(7): 844-852.
- [21] 申宴斌, 刘彦中, 马剑雄, 等. 不同留叶数对烤烟新品种 NC297 生长及产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 57-60.
- SHEN Y B, LIU Y Z, MA J X, et al. Effects of apparent leaf number on growth, yields and quality of new flue-cured tobacco variety NC297[J]. Chinese Tobacco Science, 2009, 30(6): 57-60.
- [22] 韦翔华, 白厚义, 陈佩琼. 氮、钾、镁营养对烟草产量和产值的效应研究[J]. 广西农业生物科学, 2000, 19(2): 77-80.
- WEI X H, BAI H Y, CHEN P Q. Studies on the effect of nitrogen, potassium and magnesium on yield and output value of tobacco[J]. Journal of Guangxi Agric. and Biol. Science, 2000, 19(2): 77-80.