

引用格式:

全柯颖, 蔡奇, 张阳, 陈舜尧, 谢会雅, 王新月, 黄琼慧, 邓小华. 减氮配施微生物菌剂对烤烟产量和品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(6): 645–651.

QUAN K Y, CAI Q, ZHANG Y, CHEN S Y, XIE H Y, WANG X Y, HUANG Q H, DENG X H. Effects of nitrogen reduction fertilization model combined with microbial agents on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(6): 645–651.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



## 减氮配施微生物菌剂对烤烟产量和品质的影响

全柯颖<sup>1</sup>, 蔡奇<sup>2</sup>, 张阳<sup>2</sup>, 陈舜尧<sup>2</sup>, 谢会雅<sup>2</sup>, 王新月<sup>1</sup>, 黄琼慧<sup>1</sup>, 邓小华<sup>1\*</sup>

(1.湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省烟草公司株洲市公司, 湖南 株洲 412400)

**摘要:**为探究减氮条件(比传统施肥减氮 21.49%)下配施微生物菌剂对烤烟产量和品质的影响,采用施肥模式(传统施肥和减氮 21.49%)微生物菌剂(根茎康微生物菌剂)的双因素试验,比较不同处理烤烟的生长性状、化学成分、感官质量和经济效果差异,采用效应值( $\eta^2$ )分析施肥模式、微生物菌剂及其互作对烤烟产量和品质的贡献率。结果表明:减氮配施微生物菌剂可改善中、上部烟叶物理特性,上、中、下部烟叶的总糖含量和上部叶钾含量分别提高了 15.47%、9.03%、81.41%、16.28%,上、中、下部烟叶感官质量分别提高了 5.92%、6.93%、7.36%,正组烟比例提高了 10.75%,青杂烟比例降低了 55.35%;氮肥偏生产力和氮肥偏生产效率分别提高了 20.31%、32.95%;施肥模式、微生物菌剂及其互作对烤烟生长性状贡献率分别为 37.25%、38.83%、23.92%,对烟叶化学成分贡献率分别为 39.04%、31.64%、29.32%,对烟叶感官质量贡献率分别为 54.48%、39.26%、6.26%,对烟叶经济效果贡献率分别为 37.57%、32.52%、29.91%。

**关键词:** 烤烟; 减氮施肥; 微生物菌剂; 配施; 产量和品质

中图分类号: S572.06

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)06-0645-07

## Effects of nitrogen reduction fertilization model combined with microbial agents on yield and quality of flue-cured tobacco

QUAN Keying<sup>1</sup>, CAI Qi<sup>2</sup>, ZHANG Yang<sup>2</sup>, CHEN Shun Yao<sup>2</sup>, XIE Hui Ya<sup>2</sup>,

WANG Xinyue<sup>1</sup>, HUANG Qionghui<sup>1</sup>, DENG Xiaohua<sup>1\*</sup>

(1.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Zhuzhou Branch of Hunan Tobacco Province Company, Zhuzhou, Hunan 412400, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of nitrogen reduction conditions (21.49% reduction compared to traditional nitrogen application) combined with microbial agents on the yield and quality of flue-cured tobacco, the growth characteristic, chemical composition, sensory quality and economic effects of flue-cured tobacco were studied by double factors test considering fertilization model and microbial agents, and the contribution rate of fertilization mode, microbial agents and their interactions on the yield and quality of flue-cured tobacco was analyzed by  $\eta^2$  value. The results showed that nitrogen reduction fertilization combined with microbial agents can improve the physical properties of middle and upper tobacco leaves, the sugar content in upper, middle, and lower leaves of tobacco and the potassium content in upper leaves of tobacco increased by 15.47%, 9.03%, 81.41%, and 16.28%, respectively; the sensory quality of upper, middle, and lower tobacco leaves increased by 5.92%, 6.93% and 7.36%, respectively; the proportion of positive group tobacco increased by 10.75% and the proportion of green and miscellaneous tobacco decreased by 55.35%; the partial productivity of nitrogen fertilizer and partial production efficiency of nitrogen fertilizer increased by 20.31% and 32.95%, respectively. The contribution rates of nitrogen reduction fertilization models, microbial agents, and the interactions to the growth characteristic of flue-cured

收稿日期: 2023-06-26

修回日期: 2023-10-28

基金项目: 湖南省烟草专卖局科技项目 (19-22Aa03); 湖南省烟草公司株洲市公司科技项目(20-001)

作者简介: 全柯颖(1999—), 女, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培与调制研究, 602423754@qq.com; \*通信作者, 邓小华, 博士, 教授, 主要从事烟草科学与工程技术研究, yzdxh@163.com

tobacco were 37.25%, 38.83% and 23.92%, respectively; the contribution rates on chemical components were 39.04%, 31.64% and 29.32%, respectively; the contribution rates on sensory quality were 54.48%, 39.26% and 6.26%, respectively; and the contribution rates on economic character were 37.57%, 32.52% and 29.91%, respectively.

**Keywords:** flue-cured tobacco; nitrogen reduction fertilization; microbial agents; combined application; yield and quality

烟草栽培过程中合理施用氮肥可提高肥料利用率,提高烤烟产量,有利于提升烟叶品质<sup>[1]</sup>。南方稻作烟区烤烟移栽期、伸根期常遇低温阴雨<sup>[2]</sup>,施氮量高<sup>[3-4]</sup>,肥料流失率高<sup>[5]</sup>,减氮提质增效势在必行。余小芬等<sup>[6]</sup>的研究结果表明,在减施10%氮、磷、钾肥和低追氮比例下,肥料利用率、烟叶产量和质量显著提高。张海伟等<sup>[3]</sup>采用在基肥占比35%条件下减氮15%的方式,烟叶产值和烟叶质量得到提高。尹兴盛等<sup>[7]</sup>认为,减氮配施生物有机肥能提高烟叶产量和质量。王鹏等<sup>[8]</sup>认为,施缓释肥减氮可以保持氮素平衡利用和提高烟叶品质;黄琼慧等<sup>[9]</sup>采用减氮10%~20%配施液态有机碳肥,上等烟比例、产量、产值、氮肥偏生产力和偏生产效率都得到了提高。烤烟生产中施用微生物肥料可促进烟株生长发育和提高烟叶产量及品质<sup>[10]</sup>,但在多雨的稻作烟区,减氮施肥模式配施微生物菌剂对稻茬烤烟产量与品质的影响的报道较少。笔者采用双因素试验,探究减氮施肥模式配施微生物菌剂对烤烟产量和品质的影响,以期为湖南稻作烟区烤烟氮养管理提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试烤烟品种为云烟87。

供试肥料:烟草专用基肥(氮、磷、钾质量分数分别为7%、17%、8%),烟草专用提苗肥(氮、磷质量分数分别为20%、9%),烟草专用追肥(氮、钾质量分数分别为10%、32%),烟草专用穴肥(氮、磷、钾质量分数分别为6%、15%、11%),灌蔸肥(氮、磷质量分数分别为20%、9%),水溶追肥(氮、钾质量分数分别为10%、40%),均为湖南金叶众望科技股份有限公司产品;生物发酵饼肥(总养分 $\geq 8\%$ 、有机质 $\geq 70\%$ ,云南云叶化肥股份有限公司出品);硫酸钾(钾质量分数 $\geq 52.0\%$ ,新疆罗布泊钾盐有限责任公司出品);根茎康微生物菌剂(北京恩格兰环境技术有限责任公司出品)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 试验设计

试验在湖南省株洲市茶陵县(113°39'E,

26°53'N)进行。该区域烟稻连作,土壤pH5.82,有机质44.23 g/kg,碱解氮、有效磷、速效钾分别为34.72、60.22、250.14 mg/kg。设置施肥模式(C):C1为促根减氮施肥(减氮21.49%);C2为传统施肥。设置微生物菌剂(D):D1为施用根茎康;D2为不施根茎康。3次重复。12个小区,4行区,每行27株,小区面积65 m<sup>2</sup>,随机区组排列。C1,烟苗移栽前10~15 d施专用穴肥600 kg/hm<sup>2</sup>和生物发酵饼肥450 kg/hm<sup>2</sup>,移栽当天和移栽后7~10 d兑水浇施灌蔸肥30 kg/hm<sup>2</sup>和75 kg/hm<sup>2</sup>,移栽后15 d分别兑水浇施硫酸钾、灌蔸肥和水溶追肥75、45、225 kg/hm<sup>2</sup>,移栽后30 d兑水浇施水溶追肥300 kg/hm<sup>2</sup>,移栽后40 d分别兑水浇施水溶追肥和硫酸钾75、150 kg/hm<sup>2</sup>,总施氮量126 kg/hm<sup>2</sup>,氮、磷、钾质量比为1.00 : 0.82 : 3.32。C2,烟苗移栽前10~15 d分别穴施烟草专用基肥和生物发酵饼肥900、450 kg/hm<sup>2</sup>,移栽当天兑水浇施提苗肥22.5 kg/hm<sup>2</sup>,移栽后7~10 d分别兑水浇施提苗肥和专用追肥52.5、150 kg/hm<sup>2</sup>,移栽后15 d分别兑水浇施专用追肥和硫酸钾105、150 kg/hm<sup>2</sup>,移栽后30 d兑水浇施专用追肥和硫酸钾195、150 kg/hm<sup>2</sup>,总施氮量160.5 kg/hm<sup>2</sup>,氮、磷、钾质量比为1.000 : 0.995 : 2.870。将根茎康(30 kg/hm<sup>2</sup>)与生物发酵饼肥和烟草专用基肥或烟草专用穴肥混匀,穴施。烤烟3月24日移栽,种植密度为50 cm×120 cm。其他田间管理与株洲市优质烤烟生产技术规程相同。

#### 1.2.2 检测指标与方法

参照文献[11-12],选取烟叶下部叶(X2F)、中部叶(C3F)、上部叶(B2F)各20片,测定叶长、叶宽、叶厚、含梗率、平衡含水率、单位叶面积质量和单叶质量。

烟叶样品烘干粉碎后,采用间隔流动分析仪(SKALAR San++)测定烟叶总糖、还原糖、烟碱、总氮、氯及钾含量<sup>[13]</sup>。

样品卷制后,组织专业评吸人员,按YC/T

138—1998《烟草及烟草制品》进行感官质量评价,统计评吸总分<sup>[14]</sup>。

每个小区烟叶单采、单烤,分级后统计正组烟叶和青杂色烟叶数量及比例<sup>[15]</sup>;计算正组烟率、杂色烟率、上等烟率、均价、产量、产值;按照文献[9]方法,计算烤烟氮肥偏生产力和氮肥偏生产效率。

### 1.3 统计分析方法

采用 Excel 2010 及 SPSS 20.0 进行数据处理、统计分析和差异显著性分析。采用效应值( $\eta^2$ )<sup>[16]</sup>评价施肥模式、微生物菌剂及其互作对烤烟性状的影响。

## 2 结果与分析

### 2.1 减氮配施微生物菌剂对烟叶生长性状的影响

由表 1 可知, C2 的上部叶单位叶面积质量较 C1 的提高 2.38%; D2 的烟叶叶长、叶厚、单位叶面积质量比 D1 的分别提高 7.25%、6.13%、9.63%; C2D2 的烟叶叶长、叶厚、单位叶面积质量最大, C1D1 的最小。C2 的中部叶叶长、叶厚、单位叶面积质量较 C1 的分别提高 8.71%、5.41%、12.12%; C1D2 的烟叶叶长、叶厚、单位叶面积质量最小, C2D2 的烟叶叶长、叶厚最大, C2D1 的单位叶面积

表 1 减氮配施微生物菌剂的烟叶的生长性状

Table 1 Growth characteristic of tobacco leaves with nitrogen reduction fertilization and microbial agents								
烟叶部位	处理	叶长/cm	叶宽/cm	叶厚/mm	含梗率/%	平衡含水率/%	单位叶面积质量/(g m <sup>-2</sup> )	单叶质量/g
上部	C1	60.40±4.26	20.12±1.48	130.54±7.22	27.57±1.45	14.25±0.24	(119.39±7.20)b	11.14±1.81
	C2	62.47±4.06	21.08±2.43	133.47±3.22	27.57±2.68	13.47±0.23	(122.23±5.56)a	10.97±1.15
	D1	(59.28±2.44)b	20.83±1.79	(128.08±3.19)b	26.71±1.00	13.91±0.53	(115.26±3.39)b	10.92±1.49
	D2	(63.58±4.49)a	20.37±2.31	(135.93±3.60)a	28.44±2.55	13.80±0.44	(126.36±1.51)a	11.18±1.54
	C1D1	(58.87±2.75)b	20.70±1.45	(128.52±3.64)c	26.69±1.14	14.35±0.15	(112.99±1.56)b	10.96±1.69
	C1D2	(61.93±5.55)b	19.53±1.53	(132.57±1.23)b	28.46±1.28	14.14±0.30	(125.80±2.04)a	11.32±2.29
	C2D1	(59.70±2.61)b	20.97±2.42	(127.64±3.40)c	26.73±1.11	13.47±0.30	(117.54±3.29)b	10.89±1.64
	C2D2	(65.23±3.38)a	21.20±2.98	(139.30±1.99)a	28.41±3.83	13.47±0.22	(126.92±0.80)a	11.04±0.77
	$\eta_c^2$	0.102	0.068	0.028	0.001	0.788	0.400	0.004
	$\eta_b^2$	0.329	0.017	0.170	0.192	0.069	0.911	0.009
$\eta_{c \times d}^2$	0.039	0.037	0.046	0.001	0.062	0.197	0.001	
中部	C1	(67.18±4.76)b	28.53±1.99	(124.62±3.19)b	30.61±1.99	16.22±0.32	(80.76±2.02)b	11.34±1.32
	C2	(73.03±3.43)a	27.63±3.87	(131.36±10.62)a	31.03±2.64	16.02±0.60	(90.55±5.94)a	12.68±0.87
	D1	71.13±3.79	29.43±2.30	127.68±10.06	29.64±1.27	15.98±0.56	86.86±5.99	12.43±1.45
	D2	69.08±6.17	26.73±3.13	128.30±6.98	32.00±2.47	16.25±0.37	84.44±7.59	11.60±1.03
	C1D1	(70.23±4.10)ab	29.10±2.75	(125.98±2.79)b	30.16±1.79	16.47±0.18	(82.35±1.23)b	11.79±1.92
	C1D2	(64.13±3.46)b	27.97±1.17	(123.26±3.49)b	31.06±2.47	15.97±0.18	(79.16±1.04)b	10.89±0.28
	C2D1	(72.03±4.08)ab	29.77±2.32	(129.38±15.38)a	29.12±0.10	15.50±0.19	(91.37±5.21)a	13.06±0.61
	C2D2	(74.03±3.12)a	25.50±4.30	(133.34±5.80)a	32.94±2.54	16.54±0.26	(89.72±7.69)a	12.30±1.05
	$\eta_c^2$	0.482	0.036	0.190	0.017	0.268	0.618	0.341
	$\eta_b^2$	0.103	0.250	0.002	0.346	0.394	0.090	0.165
$\eta_{c \times d}^2$	0.309	0.101	0.054	0.169	0.843	0.010	0.001	
下部	C1	62.65±3.53	24.93±2.93	109.24±8.05	28.07±3.06	14.00±0.28	67.99±6.01	(7.45±1.21)a
	C2	61.37±5.59	25.38±2.72	107.05±8.81	27.07±1.66	11.92±0.34	63.57±3.80	(7.09±0.85)b
	D1	64.55±4.36	27.05±2.14	105.40±10.16	27.74±1.52	12.99±0.90	(69.95±4.00)a	(7.83±1.02)a
	D2	59.47±3.19	23.27±1.71	110.89±4.91	27.39±3.22	12.93±1.40	(61.61±2.16)b	(6.71±0.69)b
	C1D1	63.50±4.81	27.27±0.68	106.24±11.39	28.48±1.78	13.78±0.25	(73.44±0.54)a	(7.94±1.45)a
	C1D2	61.80±2.43	22.60±2.15	112.24±2.32	27.65±4.45	14.21±0.06	(62.54±1.06)b	(6.97±0.93)ab
	C2D1	65.60±4.59	26.83±3.30	104.56±11.24	27.00±1.00	12.19±0.23	(66.46±1.77)ab	(7.73±0.66)a
	C2D2	57.13±1.78	23.93±1.16	109.53±7.02	27.13±2.43	11.66±0.17	(60.68±2.83)b	(6.44±0.36)b
	$\eta_c^2$	0.044	0.017	0.023	0.048	0.978	0.700	0.054
	$\eta_b^2$	0.421	0.554	0.127	0.006	0.029	0.893	0.350
$\eta_{c \times d}^2$	0.244	0.063	0.001	0.011	0.704	0.440	0.011	

同一部位同列不同字母表示同种处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

质量最大。C1 的下部叶单叶质量较 C2 的提高 5.08%；D1 的烟叶单位叶面积质量、单叶质量较 D2 的分别提高 13.54%、16.69%；C1D1 处理的单位叶面积质量、单叶质量最大，C2D2 的最小。可见，减氮配施微生物菌剂可降低上部和中部烟叶长度、厚度和单位叶面积质量，提高下部烟叶的单位叶面积质量和单叶质量。

上部叶的  $\eta_c^2$ 、 $\eta_b^2$ 、 $\eta_{c \times d}^2$  平均值分别为 0.199、0.242、0.055，中部叶分别为 0.279、0.193、0.212，

下部叶分别为 0.266、0.340、0.211。将 3 个部位的效应值求和，并转化为百分率，施肥模式和微生物菌剂及其互作对烟叶生长性状贡献率分别为 37.25%、38.83%、23.92%，说明微生物菌剂对烟叶生长性状影响较大。

## 2.2 减氮配施微生物菌剂对烟叶化学成分的影响

由表 2 可知，D1 的上部叶烟叶钾较 D2 的提高 10.18%；C2 的中部叶烟碱较 C1 的提高 13.85%；

表 2 减氮配施微生物菌剂的烟叶的化学成分

Table 2 Chemical components of tobacco leaves with nitrogen reduction fertilization and microbial agents %							
烟叶部位	处理	总糖	还原糖	烟碱	总氮	氯	钾
上部	C1	26.84±0.96	21.00±0.96	3.31±0.12	2.26±0.10	0.30±0.08	2.43±0.08
	C2	25.76±2.08	20.05±1.84	3.23±0.09	2.27±0.17	0.23±0.04	2.32±0.19
	D1	27.61±0.47	21.70±0.50	3.25±0.07	2.32±0.13	0.29±0.09	(2.49±0.04)a
	D2	25.00±1.28	19.35±1.13	3.29±0.15	2.21±0.12	0.23±0.01	(2.26±0.12)b
	C1D1	(27.62±0.42)a	(21.76±0.56)a	(3.21±0.05)ab	2.24±0.12	0.37±0.01	(2.50±0.05)a
	C1D2	(26.07±0.58)a	(20.24±0.53)a	(3.41±0.08)a	2.29±0.09	0.22±0.01	(2.37±0.04)ab
	C2D1	(27.60±0.62)a	(21.65±0.56)a	(3.29±0.07)ab	2.41±0.06	0.21±0.06	(2.49±0.05)ab
	C2D2	(23.92±0.54)b	(18.45±0.70)b	(3.17±0.07)b	2.13±0.10	0.25±0.01	(2.15±0.02)b
	$\eta_c^2$	0.598	0.491	0.350	0.004	0.652	0.738
	$\eta_b^2$	0.896	0.856	0.127	0.349	0.580	0.922
$\eta_{c \times d}^2$	0.590	0.430	0.668	0.528	0.771	0.715	
中部	C1	31.52±1.12	27.56±0.82	(1.95±0.09)b	1.77±0.07	0.20±0.01	3.13±0.11
	C2	29.48±1.43	26.06±1.02	(2.22±0.10)a	1.87±0.10	0.16±0.07	3.46±0.15
	D1	30.79±1.68	27.19±0.85	2.06±0.21	1.78±0.07	0.21±0.02	3.22±0.20
	D2	30.21±1.66	26.43±1.42	2.11±0.14	1.87±0.10	0.16±0.06	3.37±0.22
	C1D1	31.64±1.61	27.70±0.73	(1.89±0.10)b	1.74±0.07	0.19±0.01	3.08±0.13
	C1D2	31.40±0.70	27.42±1.05	(2.01±0.04)ab	1.80±0.05	0.21±0.01	3.19±0.04
	C2D1	29.95±1.52	26.68±0.71	(2.23±0.11)a	1.81±0.07	0.23±0.01	3.37±0.13
	C2D2	29.02±1.47	25.44±0.98	(2.22±0.11)a	1.94±0.10	0.20±0.01	3.55±0.13
	$\eta_c^2$	0.451	0.522	0.750	0.390	0.922	0.750
	$\eta_b^2$	0.064	0.218	0.102	0.364	0.961	0.374
$\eta_{c \times d}^2$	0.023	0.103	0.136	0.062	0.978	0.031	
下部	C1	(33.37±1.99)a	(25.27±1.26)a	(1.49±0.08)b	1.90±0.12	0.21±0.01	3.65±0.30
	C2	(22.85±3.91)b	(16.51±3.17)b	(1.68±0.05)a	2.18±0.19	0.27±0.01	3.48±0.15
	D1	(30.74±4.91)a	(22.84±3.82)a	1.57±0.16	1.91±0.11	0.24±0.04	3.44±0.07
	D2	(25.48±6.71)b	(18.95±5.83)b	1.60±0.07	2.18±0.21	0.24±0.03	3.69±0.29
	C1D1	(35.14±0.53)a	(26.29±0.68)a	(1.43±0.04)b	(1.81±0.02)b	0.20±0.01	3.39±0.05
	C1D2	(31.60±0.48)ab	(24.25±0.63)a	(1.55±0.04)ab	(2.00±0.09)ab	0.22±0.01	3.91±0.15
	C2D1	(26.34±1.34)ab	(19.38±0.51)b	(1.71±0.05)a	(2.01±0.02)ab	0.27±0.01	3.49±0.04
	C2D2	(19.37±0.29)b	(13.64±0.36)c	(1.65±0.05)a	(2.36±0.02)a	0.26±0.01	3.47±0.23
	$\eta_c^2$	0.986	0.989	0.883	0.921	0.972	0.348
	$\eta_b^2$	0.945	0.948	0.201	0.916	0.123	0.550
$\eta_{c \times d}^2$	0.648	0.804	0.616	0.519	0.587	0.589	

同一部位同列不同字母表示同种处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

C1 的下部叶总糖、还原糖较 C2 的分别提高 46.04%、53.06%，C2 的烟碱较 C1 的提高 12.75%，D1 的烟叶总糖、还原糖较 D2 的分别提高 20.64%、20.53%。C2D2 的上部烟叶总糖、还原糖、烟碱、钾相对较低；C1D1 的中部烟叶烟碱相对较低；C2D2 的下部烟叶总糖、还原糖相对较低，C1D1 的烟叶烟碱、总氮相对较低。综合分析，减氮配施微生物菌剂可提高烟叶总糖和还原糖含量及钾含量，降低中部和下部烟叶钾含量，略微提高上部烟叶的烟碱含量，对烟叶氯含量没有显著影响。

上部叶的  $\eta_c^2$ 、 $\eta_D^2$ 、 $\eta_{C \times D}^2$  平均值分别为 0.472、0.622、0.617，中部叶分别为 0.631、0.347、0.222，下部叶分别为 0.850、0.614、0.627。将 3 个部位的效应值求和并转化为百分率，施肥模式和微生物菌剂及其互作对烟叶的化学成分贡献率分别为 39.04%、31.64%、29.32%。说明施肥模式对烟叶化学成分影响较大。

### 2.3 减氮配施微生物菌剂对烟叶感官质量的影响

由表 3 可知，C1 的上部、下部烟叶感官质量较 C2 的分别提高 3.79%、4.30%，D1 的较 D2 的分别提高 2.08%、2.95%。3 个部位均以 C1D1 的感官质量总分最高。说明减氮配施微生物菌剂可改善烟叶感官质量。

表 3 减氮配施微生物菌剂的烟叶感官质量评分

Table 3 Sensory quality of flue-cured tobacco leaves with nitrogen reduction fertilization and microbial agents

处理	感官质量评分		
	上部烟叶	中部烟叶	下部烟叶
C1	(67.65±1.77)a	83.62±3.40	(67.46±2.62)a
C2	(65.18±1.06)b	81.29±2.95	(64.68±1.14)b
D1	(67.10±2.09)a	84.04±3.28	(67.03±2.04)a
D2	(65.73±1.55)b	80.86±2.59	(65.11±2.54)b
C1D1	(68.69±1.54)a	85.06±4.32	(68.73±1.00)a
C1D2	(66.60±1.49)ab	82.18±2.01	(66.20±3.36)ab
C2D1	(65.51±0.99)ab	83.03±2.26	(65.33±0.87)ab
C2D2	(64.85±1.23)b	79.55±2.75	(64.02±1.09)b
$\eta_c^2$	0.563	0.187	0.450
$\eta_D^2$	0.286	0.300	0.279
$\eta_{C \times D}^2$	0.097	0.004	0.037

同列不同字母表示同种处理间的差异有统计学意义(P<0.05)。

上部叶的  $\eta_c^2$ 、 $\eta_D^2$ 、 $\eta_{C \times D}^2$  平均值分别为 0.563、0.286、0.097，中部叶分别为 0.187、0.300、0.004，下部叶分别为 0.450、0.279、0.037。将 3 个部位的效应值求和并转化为百分率，施肥模式和微生物菌剂及其互作对烟叶的感官质量贡献率分别为 54.47%、39.27%、6.26%，说明施肥模式对烟叶感官质量影响较大。

### 2.4 减氮配施微生物菌剂的烤烟经济效益

减氮配施微生物菌剂的烤烟的经济效益列于表 4。结果表明，C1 的正组烟比例较 C2 的提高

表 4 减氮配施微生物菌剂的烟叶的经济效益

Table 4 Economic characters of flue-cured tobacco leaves with nitrogen reduction fertilization and microbial agents

处理	正组烟比例/%	青杂烟比例/%	上等烟比例/%	均价/(元 kg <sup>-1</sup> )	产量/(kg hm <sup>-2</sup> )	产值/(元 hm <sup>-2</sup> )	氮肥偏生产力/(kg kg <sup>-1</sup> )	氮肥偏生产效益/(元 kg <sup>-1</sup> )
C1	(94.26±2.15)a	(5.74±2.15)b	60.14±3.90	29.84±0.14	(2084.29±78.96)b	(62 470.66±601.45)b	(16.54±0.63)a	(495.80±20.65)a
C2	(87.67±5.56)b	(12.33±5.56)a	59.83±0.68	28.57±1.39	(2277.45±66.81)a	(65 374.86±568.04)a	(14.19±0.42)b	(407.32±25.46)b
D1	(92.17±0.81)a	(7.83±0.81)b	61.61±1.83	29.75±0.28	2214.85±97.73	(66 717.64±395.88)a	15.63±1.59	(471.08±15.04)a
D2	(89.76±8.51)b	(10.24±8.51)a	58.37±1.39	28.67±1.52	2146.88±109.87	(61 127.88±429.29)b	15.10±1.38	(432.04±25.86)b
C1D1	(92.74±5.13)ab	(7.26±5.13)ab	62.90±2.29	29.94±1.09	2142.41±103.68	(64 937.47±246.81)b	(17.00±1.29)a	(515.38±4.24)a
C1D2	(95.78±3.85)a	(4.22±3.85)b	57.38±2.29	29.74±0.76	2026.17±72.89	(60 003.84±584.74)c	(16.08±0.52)ab	(476.22±4.55)ab
C2D1	(91.60±3.18)ab	(8.40±3.18)ab	60.31±1.26	29.55±0.83	2287.30±82.27	(68 497.80±481.96)a	(14.25±1.01)b	(426.78±3.75)ab
C2D2	(83.74±4.66)b	(16.26±4.66)a	59.35±1.61	27.59±0.90	2267.60±103.80	(62 251.91±412.59)b	(14.13±1.49)b	(387.66±4.95)b
$\eta_c^2$	0.450	0.450	0.994	0.546	0.671	0.187	0.891	0.834
$\eta_D^2$	0.926	0.926	0.335	0.672	0.332	0.874	0.113	0.170
$\eta_{C \times D}^2$	0.074	0.074	0.665	0.328	0.329	0.813	0.887	0.830

同列不同字母表示同种处理间的差异有统计学意义(P<0.05)。

7.52%；D1 的较 D2 的提高 2.68%；C2D2 的正组烟比例最低。C2 的青杂烟比例较 C1 的提高 114.81%，D2 的较 D1 的提高 30.78%；C2D2 的青杂烟比例最低，说明减氮配施微生物菌剂可提高正组烟比例，

降低青杂烟比例。C1 的上等烟比例和均价大于 C2 的，D1 的大于 D2 的，C1D1 的上等烟比例和均价最高，说明减氮配施微生物菌剂对烟叶上等烟率和均价没有显著影响。

C2 的产量较 C1 的提高 9.27%；C2 的产值较 C1 的提高 4.65%，D1 的产值较 D2 的提高 9.14%，C2D1 的烟叶产量和产值最高，说明减施氮肥降低了烟叶产量和产值，但配施微生物菌剂可提高烟叶产量和产值。

C1 的氮肥偏生产力较 C2 的提高 16.56%，C1 的氮肥偏生产效益较 C2 的提高 21.72%，D1 的较 D2 的提高 9.04%。C1D1 的烟叶氮肥偏生产力和氮肥偏生产效益最高，说明减氮配施微生物菌剂可提高烟叶氮肥偏生产力和氮肥偏生产效益。

$\eta_{C_1}^2$ 、 $\eta_{D_1}^2$ 、 $\eta_{C_1D_1}^2$  平均值分别为 0.628、0.544、0.500。将烟叶经济效果的效应值转化为百分率，施肥模式和微生物菌剂及其互作对烟叶经济效益贡献率分别为 37.57%、32.52%、29.91%，说明施肥模式对烟叶经济效益的影响较大。

### 3 讨论

烤烟减施氮肥可提高烟叶化学成分协调性<sup>[17]</sup>，但减施氮肥会降低烟叶产量，如何在减氮的同时保证烟叶产量和烟农收入，是减氮研究必须解决的问题。黄琼慧等<sup>[18]</sup>将烟草专用追肥改为水溶性追肥并配施促根剂，通过促进烤烟根系发育和改变肥料种类来提高肥料利用率，提高了烟叶产量和产值。张阳等<sup>[19]</sup>研究认为水溶性追肥配施促根剂，有利于提高追肥效果，还能促进烤烟根系发育。张海伟等<sup>[3]</sup>采用开大穴根区施肥和减少基肥比例的方式，在减氮 15% 的情况下，提高了烟叶产值。陈治峰等<sup>[4]</sup>通过减少基肥比例和改变专用基肥配方减施氮量 22.22% 等措施，提高了烟叶产值。本试验中，采用减少基肥氮比例和改变基肥配方及根区施用基肥、灌蔸肥促根、水施追肥等综合促根减氮措施，在减施氮量 21.49% 的情况下，增加下部叶单叶质量和总糖、还原糖含量及上部叶钾含量，降低中部和下部叶烟碱含量，上部叶和下部叶的感官质量、正组烟比例、烤烟的氮肥偏生产力和氮肥偏生产力得到提高，提高了烟叶产值。由此可见，烤烟减施氮肥不是简单地减少氮肥用量，而是要从促进烟株根系发育来提高烤烟对氮肥的吸收，以及改变基追肥比例、施肥时间、施肥位置、肥料形态等多方面来提高肥料利用率，达到减氮增效的目的。

微生物菌剂对微生物群落结构和活性有调节

和促进作用，能提高作物根系有益菌的活度，活化土壤中的养分供作物吸收利用，促进烟株的生长发育<sup>[10,20]</sup>。根茎康微生物菌剂的主要菌种为解淀粉芽孢杆菌、胶冻样类芽孢杆菌和侧孢短芽孢杆菌等。张爱民等<sup>[21]</sup>认为施用胶冻样类芽孢杆菌可减少烟草专用基肥用量，提高烟叶产量、产值、均价、上等烟率和中等烟叶率。王明等<sup>[22]</sup>认为施用侧孢短芽孢杆菌可提高葡萄根、茎、叶的全氮含量。本试验结果表明，微生物菌剂可增加上部叶叶长、叶厚、单位叶面积质量，提高下部叶总糖和还原糖含量。在施肥中减氮会降低生物群落多样性，而微生物菌肥可以维持土壤中微生物群落的多样性并保持较高水平<sup>[23]</sup>，因此减氮配施微生物菌剂可以提高氮肥效果。李茜等<sup>[24]</sup>通过增施液体微生物菌肥有效地提高了烟株的物理指标，配施微生物菌剂可以显著提高下部叶的单位叶面积质量和单叶质量。张雅楠等<sup>[25]</sup>认为在减氮 30% 情况下配施微生物菌剂可提高土壤有效磷和速效钾含量，促进作物生长和提高品质和产量；施肥过量会降低土壤酶活性和土壤微生物多样性，而菌剂可以增加微生物活性，提高土壤养分利用效率<sup>[26]</sup>，提高作物对养分的吸收。本试验结果表明，减氮配施微生物菌剂可提高烟叶品质和产量，这可能与微生物菌剂改善土壤微生物群落结构，促进烟叶对氮素的吸收有关<sup>[20]</sup>。

### 4 结论

减氮施肥模式配施微生物菌剂可改善中、上部烟叶物理特性，提高烟叶糖和钾含量，提高烟叶感官质量，提高正组烟比例及降低青杂烟比例，提高氮肥偏生产力和氮肥偏生产效率。采用减施基肥氮，在基肥中添加微生物菌剂，以全水溶追肥替代传统追肥，适当推迟最后一次追肥时间的生产技术措施，可在减氮 21.49% 情况下提高烟叶产量和品质，提高肥料利用效率。

#### 参考文献：

- [1] 李春俭, 张福锁, 李文卿, 等. 我国烤烟生产中的氮素管理及其与烟叶品质的关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2): 331-337.
- [2] 侯建林, 李思军, 何铭钰, 等. 不同施肥模式对稻茬烤烟生长和干物质积累及产质量的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38(33): 39-43.
- [3] 张海伟, 何宽信, 叶为民, 等. 多雨烟区烤烟氮肥优

- 化施用的减氮效应及对烤烟产质量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(3): 36-41.
- [4] 陈治锋, 肖汉乾, 邓小华, 等. 促根减氮施肥模式对烤烟产量和品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(1): 12-17.
- [5] 汪耀富, 邵孝侯, 孙德梅, 等. 基于微区设计的多雨地区烟田土壤氮素平衡研究[J]. 烟草科技, 2019, 52(3): 18-25.
- [6] 余小芬, 解燕, 杨树明, 等. 减施氮磷钾肥和氮肥基追比对云南曲靖烤烟产质量及养分利用的影响[J]. 西南农业学报, 2020, 33(4): 848-854.
- [7] 尹兴盛, 包玲凤, 濮永瑜, 等. 减氮配施生物有机肥对植烟土壤特性及烟草青枯病的防效研究[J]. 中国农业科技导报, 2023, 25(7): 122-131.
- [8] 王鹏, 段焰, 张建军, 等. 缓释肥配合减氮对烤烟品质和氮素利用的影响[J]. 中国烟草科学, 2021, 42(5): 23-29.
- [9] 黄琼慧, 肖汉乾, 肖艳松, 等. 稻茬烤烟减氮配施腐植酸碳肥的效应[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(5): 520-527.
- [10] 潘锋华, 艾永峰, 熊承飞, 等. 施用不同微生物肥对烤烟生长发育及品质的影响[J]. 农村经济与科技, 2020, 31(20): 29-30.
- [11] 邓小华, 陈冬林, 周冀衡, 等. 湖南烤烟物理性状比较及聚类评价[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3): 63-68.
- [12] 田茂成, 邓小华, 陆中山, 等. 基于灰色效果测度和主成分分析的湘西州烟叶物理特性综合评价[J]. 核农学报, 2017, 31(1): 187-193.
- [13] 杜瑞华, 周明松. 连续流动分析法在烟草分析中的应用[J]. 中国测试技术, 2007, 33(3): 76-78.
- [14] 江智敏, 邓小华, 张仲文, 等. 基于多指标模糊综合评价的烤烟采收成熟度研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(3): 455-463.
- [15] 邓小华, 朱林, 李思军, 等. 稻茬烤烟中部 6 片烟叶一次性采收的成熟度综合评价[J]. 核农学报, 2023, 37(4): 854-864.
- [16] COHEN J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences[M]. New York: Routledge, 1988.
- [17] 邓小华, 杨丽丽, 邹凯, 等. 烟稻轮作模式下烤烟增密减氮的主要化学成分效应分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4): 991-997.
- [18] 黄琼慧, 张阳, 谢会雅, 等. 水溶性追肥配施促根剂对烤烟产量和质量的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2023, 50(2): 219-227.
- [19] 张阳, 王新月, 谢会雅, 等. 烤烟生长对水溶性追肥配施促根剂的响应[J]. 核农学报, 2023, 37(5): 1030-1039.
- [20] 郭玥岐, 周丽洪, 龚利娟, 等. 解淀粉芽孢杆菌在农业领域的研究与应用[J]. 四川农业科技, 2022(8): 80-84.
- [21] 张爱民, 张双凤, 赵钢勇, 等. 胶冻样类芽孢杆菌 CX-9 菌株肥料制剂的研制及在烟草上的应用[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2013, 33(4): 387-393.
- [22] 王明, 徐鲁成, 高振, 等. 宛式拟青霉和侧孢短芽孢杆菌对盐碱胁迫下‘赤霞珠’葡萄盆栽苗生长发育的影响[J]. 植物生理学报, 2022, 58(7): 1317-1326.
- [23] 李丽, 韩周, 张昀, 等. 减氮配施微生物菌剂对水稻根系发育及土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2019, 50(4): 932-939.
- [24] 李茜, 苏国权, 危月辉, 等. 增施微生物菌肥对烤烟生长发育及烟叶品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(19): 123-129.
- [25] 张雅楠, 张昀, 燕香梅, 等. 氮肥减施配施菌剂对水稻生长及土壤有效养分的影响[J]. 土壤通报, 2019, 50(3): 655-661.
- [26] 岳明灿, 王志国, 陈秋实, 等. 减施化肥配施微生物菌剂对番茄产质量和土壤肥力的影响[J]. 土壤, 2020, 52(1): 68-73.

责任编辑: 罗慧敏  
英文编辑: 罗维