

施氮量对烤烟成熟期叶片生理特性的影响

刘亚琦, 刘国顺, 田 茜

(国家烟草栽培生理生化研究基地, 河南农业大学烟草学院, 河南 郑州 450002)

摘要:为明确不同施氮量在烟叶成熟时期对上、中部烟叶生理特性的影响,2012年在河南省许昌市以烤烟品种“中烟100”为研究对象,打顶后每隔5 d取样,测定了不同成熟时期、不同部位的鲜烟叶在氮肥梯度下的叶绿素含量、硝酸还原酶活性、可溶性蛋白质及游离氨基酸含量.结果表明,不同施氮量对上、中部叶成熟过程的氮代谢活动影响较大.在上部烟叶逐渐成熟过程中,不同的施氮量对烟叶中的叶绿素、可溶性蛋白质含量影响不显著,对硝酸还原酶活性影响显著,对游离氨基酸含量影响极显著;在中部烟叶逐渐成熟过程中,不同施氮量对可溶性蛋白质含量影响不显著,对硝酸还原酶活性影响显著,对叶绿素、游离氨基酸含量影响均极显著.可见,只有适量施用氮肥,才能生产出优质烟叶,本研究中以施氮量45 kg/hm²最佳.

关键词:烤烟; 施氮量; 成熟期; 硝酸还原酶; 可溶性蛋白; 叶绿素; 游离氨基酸
中图分类号:S572 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2013)04-0465-05

Effects of Nitrogen Application Rate on Physiological Characteristics of Flue-Cured Tobacco Leaves at the Maturing Stage

LIU Yaqi, LIU Guoshun, TIAN Xi

(National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center,
College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Effects of nitrogen application rate on physiological characteristics of flue-cured tobacco leaves at the maturing stage were studied by surveying chlorophyll content, nitrate reductase (NR) activity, soluble protein content and free amino acid content of fresh leaves of Zhongyan 100, a variety planted in Xuchang city of Henan Province, from different positions and in different periods every 5 days, from April to September, 2012. The results showed that during the gradually mature process of tobacco, effects of nitrogen application rate on soluble protein content and chlorophyll content of the upper tobacco leaves were not significant, but it was significant on NR activity and free amino acids content. The effect of nitrogen application rate on soluble protein content of the middle tobacco leaves were not significant, but it was significant on NR activity, chlorophyll content and free amino acids content. Only appropriate amount of nitrogen application could produce high quality tobacco leaves. The treatment of 45 kg/hm² pure nitrogen was the best.

Key words: flue-cured tobacco; nitrogen application rate; maturing stage; nitrate reductase; soluble protein; chlorophyll; free amino acid

烟叶品质与成熟时期的物质代谢、施肥水平密切相关. 烟叶成熟度是衡量烟叶品质的主要因素, 其与烟叶的色、香、味水平密切相关^[1]. 只有采收成熟度好的鲜烟叶, 经过恰当的烘烤, 才能获得成熟度好, 香气品质高的烟叶^[2]. 土壤中的氮素供应水平和烟草体内氮素平衡状态决定着烟草的产量和品

质^[3]. 烤烟是产量和品质并重的叶用经济作物, 烟叶的产量取决于烟株内干物质的积累量及其生物学产量在叶片中的分配量, 而干物质的积累和烤烟的品质又与烟株对营养元素的吸收密切相关^[4]. 氮素对烟叶品质形成的影响很大^[5-7], 它不仅是作物营养的三大要素之一, 而且是植物体内蛋白质、核酸、酶、叶绿素、内源激素的构成元素^[8], 参与调控植物体生化反应, 是植物体碳氮代谢过程中最关键的元素^[9]. 有研究表明: 在一定范围内施氮水平的提高能增加烟叶产量, 提高烟叶等级^[10]. 要得到适产和优良品质的烟叶, 必须施用氮肥, 关键是施用量的多少^[11]. 氮素供应直接影响烟叶成熟时期, 供氮不足时烟叶生长前期氮代谢强度较弱, 容易产生脱肥现象, 烟叶产量低. 供氮过多, 则前期生长过旺, 延迟成熟或黑暴难烤. 本试验针对河南省许昌市中部地区富营养烟田土壤氮素难以控制的状况, 设置不同氮肥用量测定烟叶生理特性和化学成分变化, 研究氮素水平对烟叶品质的影响, 为老烟区富营养烟田合理供氮提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

供试烟草 *Nicotiana tabacum* 品种“中烟 100”, 为主栽品种.

1.2 田间试验

2012 年试验安排在河南省许昌市许昌县苏桥镇. 供试烟田土壤中 pH7.1, 碱解氮 73.7 mg/kg, 速效磷 18.77 mg/kg, 速效钾 195 mg/kg, 有机质 10.6 g/kg. 5 月 13 日移栽, 株行距为 55 cm × 120 cm. 试验共设低、中、高 3 个氮肥处理, 即纯氮分别 22.5、45.0 和 67.5 kg/hm², 依次标记为 T1、T2、T3. 以 T2 的氮肥用量为准, 氮、磷、钾配比为 1.0:1.3:3.0, 3 个处理磷、钾肥用量固定不变. 氮肥和钾肥均按 70% 基施、30% 穴施, 磷肥全部基施. 5 月 2 日条施基肥, 5 月 13 日施窝肥. 试验占地面积共 1 200 m². 大田管理按照优质烟叶生产技术要求进行. 7 月 20 日现蕾, 7 月 27 日打顶, 上部叶在移栽后第 100 天左右逐渐进入成熟, 于移栽后第 95 天取样; 中部叶在移栽后第

85 天左右进入成熟, 于移栽后第 80 天取样.

1.3 取样与测试分析

取样部位为上部第 16 ~ 18 片叶, 中部第 9 ~ 13 片叶. 取样时间 09:00—10:00, 所采样品立即放置于液氮罐中带回实验室处理, 顺序取样, 设 3 次重复.

硝酸还原酶活性的测定采用活体法; 可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝 G-250 法; 叶绿素含量采用酒精提取分光光度法; 游离氨基酸含量采用茚三酮显色、紫外分光光度法测定. 试验结果采用 SPSS 17.0 统计软件进行分析.

2 结果与分析

2.1 叶绿素含量的变化特征

烟草绿色素主要是叶绿素, 存在于烟草的叶和绿色茎中, 它参与光合作用, 使太阳能转变为化学能而贮藏在形成的有机化合物中, 是进行光合作用的重要色素, 因此它们是烟草生长发育必不可少的成分^[12]. 由表 1 可以看出, 不同氮肥处理及不同部位的烟叶在进入成熟期之后, 叶绿素的分解速率总体上大于合成速率, 含量逐渐降低, 但是在降低的过程中有较小幅度的升高, 如上部叶 T1、T3 处理, 中部叶 T1、T2 和 T3 处理, 这可能与采样时外界环境有很大关系, 土壤含水率会直接影响烟叶对氮素的同化能力^[13], 进而影响到叶绿素含量.

氮肥处理对上部烟叶的叶绿素含量影响不显著 ($F=1.174, P=0.323$), 不同成熟时期对上部烟叶的叶绿素含量影响差异极显著 ($F=25.859, P<0.01$), 氮肥梯度及成熟时期的交互效应对上部烟叶叶绿素含量的影响不显著. 3 个氮肥处理不同成熟时期对叶绿素含量的影响均极为显著 ($F=6.759, P=0.007$; $F=15.092, P=0.001$; $F=9.657, P=0.002$).

氮肥处理对中部烟叶的叶绿素含量影响极显著 ($F=5.916, P=0.007$), 不同成熟时期对中部烟叶叶绿素含量影响极显著 ($F=11.954, P<0.01$), 氮肥梯度及成熟时期的交互效应对中部烟叶叶绿素含量的影响不显著. T1、T2 处理不同成熟时期对叶绿素含量的影响均不显著, T3 处理的不同成熟期对叶绿素含量的影响极显著 ($F=12.468, P=0.001$).

表 1 移栽后不同时期烟草叶片叶绿素含量变化¹⁾

Tab.1 Changes of chlorophyll content of tobacco leaves in different periods after transplanting

处理	$w_{\text{上部叶}}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$					$w_{\text{中部叶}}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$				
	95 d	100 d	105 d	110 d	115 d	80 d	85 d	90 d	95 d	100 d
T1	1.49a	1.37a	0.98b	1.01b	0.78b	1.17a	1.02b	1.04ab	1.00b	1.01b
T2	1.42a	1.36a	1.22a	1.01b	0.77c	1.49a	0.98b	1.03b	0.96b	0.98b
T3	1.47a	1.49a	1.27ab	1.05bc	0.80c	1.42a	1.06b	1.14ab	1.19ab	1.16ab

1) 同一部位同行数据后凡是有一个相同小写字母者, 表示同一氮肥水平下不同成熟时期差异不显著 ($P>0.05$, Duncan's 法).

2.2 硝酸还原酶活性变化特征

烟叶品质是烟株碳、氮代谢协调的结果. 硝酸还原酶(NR)活性可作为衡量氮代谢的指标,烟叶生长发育时期由以氮代谢为主适时转变为碳代谢为主,是生产优质烟的重要基础^[14]. NR活性受氮代谢和光合作用的影响. 表2的结果表明,上部烟叶NR活性在移栽后100 d明显增大,主要是因为一方面采样前下雨,致使土壤中氮素吸收转化量增高;另一方面中部烟叶已采收,田间通风增强,有利于上部烟叶进行光合作用,此时光合固定最大,随后烟叶逐渐成熟,NR活性迅速下降. 氮肥处理对上部烟叶的NR活性影响显著($F=4.51, P=0.02$),不同成熟时期对上部烟叶的NR活性影响差异极显著($F=393.18, P<0.01$),氮肥梯度及成熟时期的交互效应对上部烟叶NR活性的

影响不显著. T1、T2、T3处理在不同成熟时期对NR活性的影响均极为显著($F=251.90, P<0.01$; $F=122.44, P<0.01$; $F=76.03, P<0.01$).

中部烟叶在逐渐成熟的过程中,NR活性逐渐降低,这可能是由于现蕾后氮代谢强度由最强逐渐减弱,碳代谢逐渐加强. 3个处理的NR活性为 $T3>T2>T1$,移栽后85 d时3个处理相差不大. 氮肥处理对中部烟叶的NR活性影响差异显著($F=5.44, P=0.01$),不同成熟时期对中部烟叶NR活性影响差异极显著($F=162.53, P<0.01$),氮肥处理及成熟时期的交互效应对中部烟叶NR活性的影响差异不显著. T1、T2、T3处理在不同时期对NR活性的影响差异极显著($F=61.70, P<0.01$; $F=56.10, P<0.01$; $F=48.31, P<0.01$).

表2 移栽后不同时期烟草叶片硝酸还原酶(NR)活性变化¹⁾

处理	上部叶 NR 活性/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)					中部叶 NR 活性/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	95 d	100 d	105 d	110 d	115 d	80 d	85 d	90 d	95 d	100 d
T1	0.30d	1.57a	0.75b	0.47c	0.30d	1.07a	0.82b	0.44c	0.30d	0.29d
T2	0.29d	1.64a	0.93b	0.48c	0.41cd	1.15a	0.83b	0.52c	0.43c	0.30c
T3	0.30d	1.45a	0.74b	0.56c	0.29d	1.18a	0.82b	0.62c	0.51c	0.34d

1) 同一部位同行数据后凡是有一个相同小写字母者,表示同一氮肥水平下不同成熟时期差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法).

2.3 游离氨基酸含量变化特征

由表3可以看出,各部位叶片中3个氮肥处理游离氨基酸含量的变化大部分随成熟度的增加呈“下降-增加-下降”变化趋势,这与前人的研究结果^[12]一致. 上部叶3个氮肥处理游离氨基酸含量均在移栽后105 d时达到最高,且 $T3>T2>T1$;中部叶的T1在95 d时达最高,而T2、T3则在移栽后90 d时达到最大,且 $T2>T3>T1$. 氮肥处理对上部烟叶的游离氨基酸含量影响差异极显著($F=11.697, P<0.01$),不同成熟时期对上部烟叶的游离氨基酸含量差异极显著($F=30.326, P<0.01$),氮肥梯度及成熟时期的交互效应对上部烟叶游离

氨基酸含量的影响差异极显著($F=4.14, P=0.002$). T1、T2、T3处理在不同成熟时期对游离氨基酸含量的影响差异均显著($F=16.555, P<0.01$; $F=5.85, P=0.011$; $F=19.879, P<0.01$).

氮肥处理对中部烟叶的游离氨基酸含量影响差异极显著($F=8.178, P=0.001$),成熟时期对中部烟叶游离氨基酸含量影响差异极显著($F=32.856, P<0.01$),氮肥处理及成熟时期的交互效应对中部烟叶游离氨基酸含量的影响差异不显著. T1、T2、T3处理在不同时期游离氨基酸含量的影响差异极显著($F=6.786, P=0.007$; $F=22.428, P<0.01$; $F=18.045, P<0.01$).

表3 移栽后不同时期烟草叶片游离氨基酸含量变化¹⁾

处理	$w_{\text{上部叶}}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$					$w_{\text{中部叶}}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$				
	95 d	100 d	105 d	110 d	115 d	80 d	85 d	90 d	95 d	100 d
T1	29.1a	14.1b	35.6a	29.8a	10.4b	15.1bc	22.9ab	26.6a	27.5a	7.3c
T2	24.5b	23.7b	43.3a	27.7b	19.1b	21.6b	20.3bc	35.6a	32.5a	15.2c
T3	28.9c	42.1b	53.5a	30.5c	14.3d	23.7b	20.6bc	35.3a	30.6a	16.5c

1) 同一部位同行数据后凡是有一个相同小写字母者,表示同一氮肥水平下不同成熟时期差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法).

2.4 可溶性蛋白质含量变化特征

由表 4 可以看出,打顶后 5~25 d 中部烟叶可溶性蛋白质含量下降,表明烟叶逐渐成熟衰老.上部烟叶的可溶性蛋白质在 100 d 时稍有升高,这可能与中部烟叶采收后源库比例的改变和光合条件的改善有关,

相对较适宜的光温条件有利于 1,5-二磷酸核酮糖羧化酶(Rubisco)的羧化反应^[15].方差分析结果表明,不同施氮量对可溶性蛋白质的影响不显著,3 个氮肥梯度对上、中部烟叶可溶性蛋白质的影响不显著,成熟时期对上、中部烟叶可溶性蛋白质的影响不显著.

表 4 移栽后不同时期烟草叶片可溶性蛋白质含量变化¹⁾
Tab.4 Changes of soluble protein content of tobacco leaves in different periods after transplanting

处理	$w_{\text{上部叶}}/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$					$w_{\text{中部叶}}/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$				
	95 d	100 d	105 d	110 d	115 d	80 d	85 d	90 d	95 d	100 d
T1	0.58a	0.55a	0.39a	0.29a	0.50a	0.66a	0.58a	0.56a	0.67a	0.49a
T2	0.54a	0.81a	0.30a	0.411a	0.50a	0.77a	0.67a	0.64a	0.65a	0.55a
T3	0.71a	0.86a	0.81a	0.65a	0.40a	0.83a	0.74a	0.72a	0.60a	0.60a

1)同一部位同行数据后凡是有一个相同小写字母者,表示同一氮肥水平下不同成熟时期差异不显著($P>0.05$,Duncan's 法).

3 讨论与结论

氮素是影响烟株生长发育和烟叶质量最为重要的元素,不合理地施用氮肥会影响烟株正常的生长发育,继而影响烟叶烤后的品质^[4,16].本试验结果表明,在烟草生长发育过程中,烟叶内蛋白质变化的总趋势是由高到低逐渐下降的,随着施氮量的增加,烤烟中的可溶性蛋白质含量得到明显提高;烟叶在进入成熟期之后,叶绿素的合成速率则小于分解速率,含量逐渐降低.不同施肥量对中部烟叶叶绿素含量影响极显著,每个氮肥梯度在不同成熟时期对叶绿素含量影响均极显著.游离氨基酸含量的变化随成熟度的增加呈“下降-增加-下降”的变化趋势.这与前人的研究结果^[12,17]基本一致.3 个氮肥梯度对上、中部叶游离氨基酸有极显著影响,每个氮肥梯度在不同成熟时期对游离氨基酸含量影响均极显著,氮肥处理及成熟时期的交互作用对上部烟叶中游离氨基酸含量影响极显著.

NR 的活性是受氮素和光合作用等因素共同调节的.中部烟叶 NR 活性随成熟度的增加逐渐下降,即逐渐由氮代谢转化为碳代谢;上部烟叶 NR 活性在 100 d 时又明显增大.这主要是因为一方面取样前下雨,致使土壤中可被烟株吸收利用的氮增加;另一方面中部烟叶采收后,田间通风增强,利于上部烟叶进行光合作用,此时光合固定最大,然后烟叶逐渐成熟,NR 活性迅速下降.

蛋白质与吃味呈显著负相关,与刺激性呈显著正相关^[18],随着施氮量的增加,烤烟中的可溶性蛋白质得到明显提高,不利于优质烟叶的形成.叶绿素是影响烟叶品质和可用性的主要成分之一^[19],故过低或过高均不利于烟叶品质的形成,只有合理的施氮

量才能有利于优质烟叶的形成.低氮水平时 NR 活性较低,烟叶生长前期氮代谢强度较低,在一定程度上影响了烟叶正常生长.氮素浓度过大反而降低 NR 活性,不利于烟苗的氮素代谢^[20].刘国顺等^[21]研究表明,施氮能够提高根系 NR 活性,但是施氮过多反而降低根系 NR 的活性.陈锦强等^[22]研究证明,在适宜的范围内,氮素水平提高,黄麻的光合速率随之提高,但氮素过高,光合速率则有降低趋势.对于烤烟中部烟叶来说,高氮水平(T3)下,在烟叶成熟时,NR 活性仍然较高,这将会推迟烟叶中的氮代谢及时转化为碳代谢,致使烟叶贪青晚熟,从而影响烟叶品质.综合上述各个指标可以得出,不同施氮量对上、中部叶成熟过程的氮代谢影响较大.只有适量施用氮肥,才能生产出优质烟叶,本研究中以 T2 处理(即施氮量 45 kg/hm²)最佳.

参考文献:

[1] 蔡宪杰.成熟度与烟叶质量的量化关系研究[J].中国烟草学报,2005,11(4):42-46.
[2] 张树堂.烤烟采收成熟度对烟叶两糖差及品吸质量的影响[J].烟草农业科学,2008(4):48-51.
[3] 谢会雅,朱列书,赵松义.不同施氮量对烤烟干物质积累的影响[J].作物研究,2007(1):22-23.
[4] 王世济,崔权仁,赵第馄,等.烤烟干物质和氮磷钾吸收积累规律研究[J].安徽农业科学,2003,31(5):770-772.
[5] MAW B W, STEPHENSON M G, GAINES T P, et al. Comparison of liquid and granular nitrogen fertilizer on the yield, quality, and value of flue cured tobacco[J]. Tob Sci, 1995, 39(3): 77-82.
[6] 韩锦峰,刘国顺,韩富根.氮素用量、形态和种类对烤烟生长发育及产量品质影响的研究[J].中国烟草学报,1992,1(1):16-23.

[7] 汪耀富,孙德梅,李群平,等. 灌水与氮用量互作对烤烟叶片养分含量、产量、品质及氮素利用效率的影响[J]. 河南农业大学学报,2003,37(2): 119-123.

[8] MA B L, MORRISON K, MALEOM J, et al. Canopy light reflectance and field greenness to assess nitrogen fertilization and yield of maize[J]. Agron J, 1996, 88(3): 915-920.

[9] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993: 127-141.

[10] REYNOLDS L B, ROSA N. Effect of irrigation scheduling and amounts on flue-cured tobacco in Ontario[J]. Tob Sci, 1995, 39: 83-91.

[11] SAVÉ R, BIEF C, DOMINGO R, et al. Some physiological and morphological characteristics of citrus plants for drought resistance[J]. Plant Sci, 1995, 110(2): 167-172.

[12] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

[13] 华水金, 杨宇虹, 赵菊英, 等. 氮肥对水田与旱地烤烟烟叶氮浓度和相关酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 689-694.

[14] 马新明, 牛书丽, 倪继恒, 等. 不同根系调节剂对烟草烟碱及钾素分布的动态影响[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(4): 45-348.

[15] 肖协忠. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1997.

[16] 晋艳. 施肥水平对烟株长势及烟叶质量的影响[J]. 烟草科技, 1999(6): 39-42.

[17] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 260-271.

[18] 张新要, 李天福, 刘卫群, 等. 配施饼肥对烤烟叶片含氮化合物代谢及酶活性的影响[J]. 中国烟草科学, 2004, 24(3): 31-34.

[19] 杨虹琦, 周冀衡, 罗泽民, 等. 不同产区烤烟中质体色素及降解产物的研究[J]. 西南农业大学学报, 2004, 26(10): 640-644.

[20] 刘国顺, 赵春华, 叶协锋, 等. 氮素对烤烟烟苗蛋白质组分含量、硝酸还原酶活性和干质量积累的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(2): 71-74.

[21] 刘国顺, 赵春华, 王彦亭, 等. 施氮量对烤烟根系发育和某些生理指标的影响[J]. 河南农业大学学报, 2007, 27(4): 134-137.

[22] 陈锦强, 李明启. 不同氮素营养对黄麻叶片的光合作用、光呼吸的影响及光呼吸与硝酸还原的关系[J]. 植物生理学报, 1983, 9(3): 251-259.

【责任编辑 周志红】

《华南农业大学学报》2014 年改为双月刊

《华南农业大学学报》是华南农业大学主办的综合性农业科学学术刊物。创刊于 1959 年, 2014 年起以双月刊出版。

本刊主要报道农业各学科的科研学术论文、研究简报、综述等, 设有农学·园艺·土壤肥料、植物保护、生物学、林业科学、动物科学与兽医学、农业工程与食品科学、综述、简报等栏目。本刊附英文目次和英文摘要。读者对象主要是农业院校师生、农业科研人员和有关部门的专业干部。

本刊为《中国科学引文数据库》、《中国科技论文统计源(中国科技核心期刊)》及《中国学术期刊综合评价数据库》等固定刊源, 并排列在中国科学引文数据库被引频次最高的中国科技期刊 500 名以内。被《中文核心期刊要目总览》遴选为综合性农业科学核心期刊。为美国《化学文摘》、美国《剑桥科学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、英国《CABI》、英国《动物学记录》、《中国生物学文摘》及国内农业类文摘期刊等多家国内外著名文摘固定刊源。

国内外公开发行, 欢迎订阅。双月刊, A4 幅面。定价 15.00 元, 全年 90.00 元。自办发行, 参加全国非邮发报刊联合征订发行, 非邮发代号: 6573。

订阅办法: 订阅款邮汇至: 300381 天津市卫津南路李七庄邮局 9801 信箱, 全国非邮发报刊联合征订服务部。

《华南农业大学学报》编辑部