

# 湖南烤烟上部叶质体色素的降解规律及与碳水化合物含量关系的初步研究

冯连军<sup>1</sup>, 李玉辉<sup>2</sup>, 高旭<sup>1</sup>, 杨亚<sup>1</sup>, 朱列书<sup>3\*</sup>

(1. 川渝中烟工业有限责任公司, 成都 610017; 2. 湖南省烟草公司永州市公司, 湖南 永州 425000; 3. 中国烟草中南农业试验站, 长沙 410128)

**摘要:**以 K326 为材料, 研究了打顶后上部叶质体色素的降解规律以及与碳水化合物含量之间的关系。结果表明, 烤烟上部叶质体色素的降解主要发生在打顶后 30~45 d。其中, 叶绿素、类胡萝卜素在此阶段的平均降幅分别达 47.16%、58.10%。总糖在打顶初期有所降低, 随后升高并趋于稳定, 而淀粉在打顶后的 30 d 内一直表现为上升, 随后下降。灰色关联度分析表明, 生育后期与总糖关联程度较大的分别为类胡萝卜素/叶绿素 (打顶后 0、15 d) 和类胡萝卜素 (打顶后 30、45 d), 而淀粉则表现为叶绿素 a (打顶后 0 d) 和总叶绿素 (打顶后 15 d), 后期则是类胡萝卜素/叶绿素 (打顶后 30、45 d)。

**关键词:** 质体色素; 总糖; 淀粉; 灰色关联度分析

中图分类号: S572.01

文章编号: 1007-5119 (2013) 04-0045-05

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2013.04.010

## Preliminary Study on the Relationship between Degraded Rules of Chromoplast Pigments and Carbohydrate in Upper Leaves of Hunan Flue-cured Tobacco

FENG Lianjun<sup>1</sup>, LI Yuhui<sup>2</sup>, GAO Xu<sup>1</sup>, YANG Ya<sup>1</sup>, ZHU Lieshu<sup>3\*</sup>

(1. Chinese Tobacco Chuanyu Industrial Ltd., Co., Chengdu 610017, China; 2. Yongzhou Tobacco Company of Hunan Province, Yongzhou, Hunan 425000, China; 3. South Central Agricultural Experiment Station of China Tobacco, Changsha 410128, China)

**Abstract:** The relationship between the degraded rules of chromoplast pigments and carbohydrate in upper leaves of flue-cured tobacco after topping was studied by using tobacco variety K326. The results showed that: Degradation of chromoplast pigments in upper leaves occurred mainly in 30-45 days after topping. The average drop in this stage of chlorophyll and carotenoids content were 47.16% and 58.10%. The total sugar content decreased from the day of topping to the following 15 days, then it increased and tended to be stable. But the starch content increased for 30 days after topping, then decreased. Grey incidence analysis indicated that: the closest correlation to total sugar in late-growth stages were the ratio of carotenoids/chlorophyll (0 and 15 days after topping) and the carotenoids (30 and 45 days after topping), whereas the starch showed that the closest correlation were the chlorophyll a (0 days after topping) and total chlorophyll (15 days after topping), then were the ratio of carotenoids/chlorophyll (30 and 45 days after topping).

**Keywords:** chromoplast pigments; total sugar; starch; grey incidence analysis

质体色素包括叶绿素和类胡萝卜素, 是植物吸收太阳光能进行光合作用的重要物质<sup>[1]</sup>。目前, 有关质体色素在烤烟方面的研究主要集中于生态环境<sup>[2-3]</sup>、肥料<sup>[4]</sup>、栽培措施<sup>[5-6]</sup>等对烤后烟叶品质的影响。据研究<sup>[7-8]</sup>, 质体色素的降解产物对烟叶品质的贡献巨大, 是卷烟香气的主要来源。烤烟体内的

碳水化合物主要包括总糖、还原糖、淀粉等, 是光合作用产生的葡萄糖经过进一步合成转化形成, 在烟支燃烧时与含氮化合物共同决定着吸味的酸碱平衡。因此, 烟叶碳水化合物含量过高或过低均会影响烟叶品质。质体色素和碳水化合物含量与烟株生育期存在很大关系, 生育后期是烤烟上部叶成

基金项目: 湖南省烟草专卖局资助项目“湖南特色新品种选育”(2006A-12)

作者简介: 冯连军, 男, 硕士, 主要从事烟草原料研究。E-mail: 475902125@qq.com。\*通信作者, E-mail: zls5888@yahoo.com.cn

收稿日期: 2011-10-17

修回日期: 2013-03-17

熟落黄的关键时期,关于此阶段叶片内质体色素的降解及碳水化合物含量的变化,目前尚未见报道。

为了探明烤烟打顶后质体色素的降解、碳水化合物的变化以及二者之间的内在联系,以烤烟品种 K326 为材料进行了试验,旨在揭示二者的变化规律、内在联系以及为烤烟香气物质的研究和化学品质的分析提供理论参考及试验基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

烤烟品种 K326。2011 年在湖南农业大学烟草基地进行,试验田为烟稻轮作制,土壤类型为黏壤土。土壤肥力基本情况为:0~20 cm 土层有机质含量 22.11 g/kg, pH 6.23, 速效氮 72.35 mg/kg, 速效磷 15.38 mg/kg, 速效钾 121.76 mg/kg。试验田面积为 0.13 hm<sup>2</sup>, 栽培密度为 1.2 m × 0.5 m, 留叶数 24 片, 施肥方式为当地常规施肥, 其他农艺措施按优质烟叶生产操作规范进行。烟株生长期间由于干旱共进行 2 次灌水, 分别为移栽后 40、85 d。

### 1.2 取样测定方法

取样时间为打顶当天及打顶后 15、30、45 d。采取五点取样法, 每点选取长势较为一致的烟株 5 株, 取烟株自上而下第 4 片叶, 将叶片按主脉分为两部分: 一部分剪碎并充分混匀, 用来测定质体色素含量, 另一部分去除主脉后于 105 °C 条件下杀青 15 min, 粉碎, 过 60 目筛, 用来测定烟叶中的总糖和淀粉含量。试验测定按张志良等<sup>[9]</sup>的方法进行。

### 1.3 数据分析

数据整理与分析采用 DPS<sup>[10]</sup>和 Excel 共同完成。

## 2 结果

### 2.1 打顶后烤烟上部叶质体色素和碳水化合物含量的变化

图 1 表明, 打顶后的不同时期内, 质体色素与碳水化合物的变化差异很大。叶绿素的变化趋势表现为随着生育期的推进, 含量逐渐降低。打顶后

45 d 内降幅达 60.29%, 且含量的降低主要发生在打顶后 30~45 d, 此阶段的降幅为 47.16%。类胡萝卜素在打顶后 15 d 内出现一定程度的降解, 平均降幅为 29.65%, 而后降解较为缓慢。从打顶后 30 d 开始又出现快速降解, 至打顶后 45 d 降幅达 58.10%, 整体变化水平与黎娟等<sup>[11]</sup>的研究较为相似。

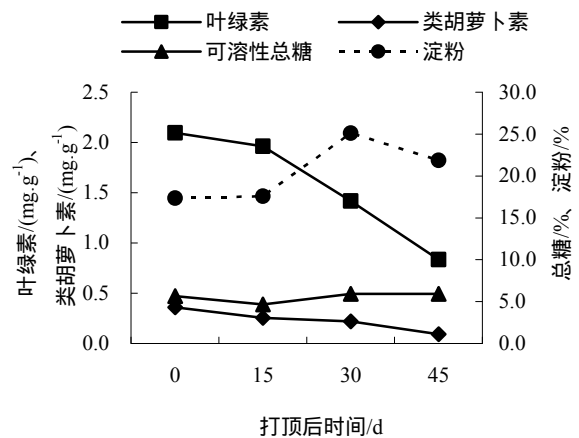


图 1 打顶后烤烟上部叶质体色素与碳水化合物含量的变化  
Fig. 1 The changes of chlorophyll and total sugar contents in K326 upper leaves after topping

从打顶后 15 d 开始, 总糖含量逐渐上升并基本趋于稳定。整体来看, 总糖含量在打顶后的 45 d 内变化幅度较小, 基本在 4%~6% 的范围内。淀粉在打顶后 15 d 内变化不大, 此后的一个时期内, 叶片淀粉含量出现了明显的上升趋势。至打顶后 30 d, 淀粉含量达到峰值, 平均含量 25.11%, 增幅达 42.67%, 表明上部叶的淀粉积累主要发生在打顶后的 15~30 d 内。此后淀粉含量开始下降, 至打顶后的 45 d 含量降至 21.87%, 平均降幅为 12.91%。可见, 烤烟上部叶淀粉降解的时期主要出现在打顶 30 d 以后, 这与总糖含量的变化差异很大。

### 2.2 打顶后碳水化合物含量与质体色素各项指标间的灰色关联度分析

2.2.1 质体色素的各项衍生指标在打顶后不同时期内的含量变化 由表 1 可知, 叶绿素 a 的变化与总叶绿素相似, 而叶绿素 b 则表现为先升高后降低的趋势。据云菲等<sup>[12]</sup>、张守仁<sup>[13]</sup>的研究, 叶绿素 b 作为天线色素, 是捕光色素蛋白复合体 (LHCP)

表 1 打顶后烤烟上部叶质体色素的各项衍生指标  
Table 1 Derivative indices of chromoplast pigments in K326 upper leaves after topping

生育期	叶绿素 a/ (mg·g <sup>-1</sup> )	叶绿素 b/ (mg·g <sup>-1</sup> )	叶绿素 a/b	类胡萝卜素/ 叶绿素
打顶当天	1.73±0.34	0.36±0.09	4.90±0.54	0.17±0.01
打顶 15 d	1.40±0.08	0.56±0.03	2.52±0.06	0.17±0.01
打顶 30 d	1.07±0.11	0.35±0.05	3.08±0.11	0.13±0.00
打顶 45 d	0.56±0.03	0.27±0.02	2.11±0.13	0.16±0.01

的重要组成部分，其含量的增加有利于形成更多的 LHCP，能够提高叶绿体的捕光能力，提高烟株的光能利用率。因此，叶绿素 b 的这一变化可能与其特定的生理功能具有很大关系。叶绿素 a/b 的变化趋势与类胡萝卜素/叶绿素差异很大，这是因为叶绿素 a/b 的比值主要反映了叶绿素合成和转化的平衡关系，而类胡萝卜素含量的增加对类胡萝卜素/叶绿素比值的提高较为显著，二者的影响因子不同。同时，这也与不同时期内各指标的含量不同以及打顶后的 45 d 内类胡萝卜素发生降解的程度大于叶绿素有关。

2.2.2 烤烟上部叶总糖、淀粉含量与质体色素各项

指标间的灰色关联度分析 将质体色素各项指标进行定义：叶绿素 a (Y<sub>1</sub>) 叶绿素 b (Y<sub>2</sub>) 总叶绿素 (Y<sub>3</sub>) 类胡萝卜素 (Y<sub>4</sub>) 叶绿素 a/b (Y<sub>5</sub>) 类胡萝卜素/叶绿素 (Y<sub>6</sub>)。由于各指标的数据单位不同，导致某些数据之间具有较大差别，因而首先对母序列与子序列的所有数据标准化转换，再分别与品质指标进行关联分析，结果见表 2。

由表 2 可知，打顶当天和打顶后 15 d，烤烟上部叶总糖含量均与类胡萝卜素/叶绿素 (Y<sub>6</sub>) 关联程度最大，关联系数分别达 0.4059、0.3292。表明类胡萝卜素/叶绿素的比值与总糖在此阶段内具有较大的相关关系。至打顶后 30、45 d，这种关系逐渐由类胡萝卜素 (Y<sub>4</sub>) 所取代，此时的关联系数分别为 0.3354、0.3854，且类胡萝卜素/叶绿素 (Y<sub>6</sub>) 在此时的关联系数最小。表明生育期的不同，影响烟叶总糖含量的因素具有很大差异。整体来看，打顶后的 45 d 内，烤烟上部叶类胡萝卜素/叶绿素以及类胡萝卜素含量与烟叶总糖含量关系密切。

表 2 打顶后碳水化合物与质体色素各项指标间的灰色关联度分析

生育期	指标	关联序	关联系数					
打顶当天	总糖	Y <sub>6</sub> > Y <sub>5</sub> > Y <sub>4</sub> > Y <sub>2</sub> > Y <sub>3</sub> > Y <sub>1</sub>	G(1,1)=0.2037	G(1,2)=0.2832	G(1,3)=0.2658	G(1,4)=0.3028	G(1,5)=0.3263	G(1,6)=0.4059
	淀粉	Y <sub>1</sub> > Y <sub>3</sub> > Y <sub>2</sub> > Y <sub>4</sub> > Y <sub>6</sub> > Y <sub>5</sub>	G(1,1)=0.4988	G(1,2)=0.4147	G(1,3)=0.4770	G(1,4)=0.4100	G(1,5)=0.3123	G(1,6)=0.3706
打顶 15 d	总糖	Y <sub>6</sub> > Y <sub>5</sub> > Y <sub>3</sub> > Y <sub>2</sub> > Y <sub>1</sub> > Y <sub>4</sub>	G(1,1)=0.2376	G(1,2)=0.2721	G(1,3)=0.2749	G(1,4)=0.2207	G(1,5)=0.3250	G(1,6)=0.3292
	淀粉	Y <sub>3</sub> > Y <sub>1</sub> > Y <sub>4</sub> > Y <sub>2</sub> > Y <sub>5</sub> > Y <sub>6</sub>	G(1,1)=0.3724	G(1,2)=0.3609	G(1,3)=0.3843	G(1,4)=0.3713	G(1,5)=0.3592	G(1,6)=0.2954
打顶 30 d	总糖	Y <sub>4</sub> > Y <sub>5</sub> > Y <sub>3</sub> > Y <sub>1</sub> > Y <sub>2</sub> > Y <sub>6</sub>	G(1,1)=0.3034	G(1,2)=0.2811	G(1,3)=0.3050	G(1,4)=0.3354	G(1,5)=0.3352	G(1,6)=0.2714
	淀粉	Y <sub>6</sub> > Y <sub>5</sub> > Y <sub>4</sub> > Y <sub>1</sub> > Y <sub>3</sub> > Y <sub>2</sub>	G(1,1)=0.1810	G(1,2)=0.1775	G(1,3)=0.1796	G(1,4)=0.2120	G(1,5)=0.4744	G(1,6)=0.5799
打顶 45 d	总糖	Y <sub>4</sub> > Y <sub>5</sub> > Y <sub>2</sub> > Y <sub>3</sub> > Y <sub>1</sub> > Y <sub>6</sub>	G(1,1)=0.2976	G(1,2)=0.3287	G(1,3)=0.3057	G(1,4)=0.3854	G(1,5)=0.3301	G(1,6)=0.2404
	淀粉	Y <sub>6</sub> > Y <sub>2</sub> > Y <sub>3</sub> > Y <sub>5</sub> > Y <sub>1</sub> > Y <sub>4</sub>	G(1,1)=0.2297	G(1,2)=0.3355	G(1,3)=0.2664	G(1,4)=0.2268	G(1,5)=0.2310	G(1,6)=0.3425

打顶后烤烟上部叶淀粉含量的变化与杨焕文等<sup>[14]</sup>的研究较为相似，均为打顶后出现一个降低的趋势，随后开始上升。由灰色关联度分析结果可知，打顶时，与淀粉含量关系较为密切的是叶绿素 a (Y<sub>1</sub>)，关联系数达 0.4988。这可能与叶绿素 a<sup>[15-16]</sup>在烟株体内的特殊生理功能具有很大的关系。15 d 后，这种关联程度被总叶绿素 (Y<sub>3</sub>) 取代，且这两个时期类胡萝卜素/叶绿素 (Y<sub>6</sub>) 与淀粉的关联系数均较小。至打顶后 30、45 d，情况正好相反，与淀粉含量关系较密切的是类胡萝卜素/叶绿素 (Y<sub>6</sub>)，

而叶绿素 a (Y<sub>1</sub>) 和总叶绿素 (Y<sub>3</sub>) 的作用则显得较为次要。原因可能是由于质体色素的降解转化影响了淀粉的合成，进而影响到淀粉的含量变化。

3 讨论

质体色素作为烤烟生长期间重要的光合色素，其含量的多少影响着碳水化合物的合成与转化程度，同时其降解产物也是烟叶香气前提物的重要组成部分。因此，探索质体色素的降解转化以及此期间碳水化合物的变化具有重要意义。

拓阳阳等<sup>[17]</sup>研究了质体色素在不同基因类型烤烟中的含量差异以及与烟叶化学成分间的关系, 研究表明, 叶绿素 a 与总糖含量呈显著正相关, 而类胡萝卜素则表现为显著负相关。刘洪华等<sup>[18]</sup>以云烟 202 为试材, 研究了有机无机肥配施对烟叶质体色素含量及其降解产物的影响, 表明增施有机肥对烟叶质体色素及其降解产物含量均有较大影响, 且以有机肥和无机肥各占 50% 表现较优。徐明康等<sup>[19]</sup>研究了海拔高度对红花大金元质体色素含量和降解产物的影响, 表明海拔 2000~2200 m 区域内更有利于彰显红花大金元的清香品质。但以上研究均侧重于烤后烟叶, 与本文研究生长期间的质体色素具有一定的差异。

本研究表明, 烤烟生育后期总糖含量的变化首先表现为降低, 这与韦建玉等<sup>[20]</sup>、张晓远等<sup>[21]</sup>的研究较为相似, 但与杨焕文等<sup>[14]</sup>的研究不同, 原因可能是因为留叶数不同造成取样部位的差异, 但具体原因需要做进一步的试验研究。淀粉打顶后 15 d 内变化不大, 这与陈爱国等<sup>[22]</sup>的研究不同, 原因可能与留叶数存在一定的关系, 且由于此阶段叶片发生的时间较短, 细胞处于快速生长期, 呼吸作用较强, 光合作用产生的葡萄糖多数用于呼吸底物进行消耗, 导致积累较少。另据宫长荣等<sup>[23]</sup>的研究, 淀粉作为烤烟烟叶内重要的碳水化合物, 其在叶片细胞内的合成、积累、分解、转化状况决定着烤后烟叶内部各种化学成分的协调程度。由于淀粉主要在叶肉细胞的叶绿体和淀粉体中合成, 因此, 烤烟质体色素的降解转化与淀粉含量的变化在一定程度上具有较为复杂的关系。

由于质体色素的各指标与碳水化合物之间关系错综复杂, 导致进行相关性分析结果不可靠<sup>[24]</sup>。故研究采取了灰色关联度分析, 旨在找出系统因素间影响较大的因素, 把握矛盾的主要方面。同时, 针对碳水化合物只研究了总糖和淀粉, 至于还原糖的变化以及与质体色素间的关系、质体色素与碳水化合物在不同品种间的关系还需要做进一步的理论研究。

## 4 结 论

打顶后的 45 d 内叶绿素的总降幅为 60.29%, 而在打顶后 30~45 d 的降幅达 47.16%。可见, 打顶后烤烟上部叶叶绿素的降解转化主要发生在这一阶段, 且类胡萝卜素的降解表现出相似的规律。总糖与淀粉的变化稍有不同, 打顶初期, 总糖含量表现为下降趋势, 随后开始上升并趋于稳定。而淀粉在打顶后的 30 d 内一直表现为上升, 随后开始下降。叶绿素 a 在打顶后的变化趋势与总叶绿素较为相似, 而叶绿素 b 则表现为先升高后降低的趋势。叶绿素 a/b 的变化呈先降低后升高再降低的趋势, 而类胡萝卜素/叶绿素的变化则表现为前期一直降低, 后期略有升高的趋势。

灰色关联度分析表明, 打顶初期 (打顶后 0、15 d), 与总糖含量关系较为密切的主要是类胡萝卜素/叶绿素, 而到后期 (打顶后 30、45 d), 这种关系逐渐被类胡萝卜素所取代。淀粉则表现为打顶前期分别为叶绿素 a 和总叶绿素, 后期则是类胡萝卜素/叶绿素占主导地位。

## 参 考 文 献

- [1] 刘乐, 赵铭钦, 刘云, 等. 不同氮素水平下喷施顶端调节剂对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J]. 湖南农业大学学报, 2010, 36 (3): 285-288.
- [2] 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 (5): 640-644.
- [3] 周冀衡, 王勇, 邵岩, 等. 产烟国部分烟区烤烟质体色素及主要挥发性香气物质含量的比较[J]. 湖南农业大学学报, 2005, 31 (2): 128-132.
- [4] 赵铭钦, 王付锋, 张志逢, 等. 增施不同有机物质对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24 (6): 149-152.
- [5] 赵铭钦, 刘金霞, 刘国顺, 等. 不同成垄方式与分次施钾对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 42 (4): 56-59.
- [6] 韩富根, 董祥洲, 王初亮, 等. 植物生长物质对烤烟上部叶生长生理、质体色素及其降解产物的影响[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32 (6): 1109-1114.
- [7] 邵惠芳, 杨永峰, 刘国顺, 等. 烤烟发育过程中香气成

- 分的变化动态研究[J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(4): 368-373.
- [8] 邱慧慧, 史宏志, 马永建, 等. 烤烟叶片中性香气成分含量的分布[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(6): 5-8.
- [9] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 62-73.
- [10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 1027-1036.
- [11] 黎娟, 周清明, 杨虹琦, 等. 烤烟成熟进程中主要化学成分的变化[J]. 湖南农业大学学报, 2006, 32(3): 241-244.
- [12] 云菲, 刘国顺, 史宏志, 等. 光氮互作对烤烟叶片光合色素及荧光特性的影响[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(4): 44-50.
- [13] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999, 16(4): 444-448.
- [14] 杨焕文, 耿宗泽, 李佛琳, 等. 不同施氮量的烤烟烟叶大田生长期碳水化合物的变化[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(2): 153-157.
- [15] Debora J W, Doron H, Elifzer E G. Chlorophyll breakdown by chlorophyllase; isolation and functional expression of the chlase1 gene from ethylene-treated citrus fruit and its regulation during development [J]. Plant J, 1999, 20(6): 653-661.
- [16] Whitefield D M, Rowan K S. Changes in the chlorophylls and carotenoids of leaves of tobacco during senescence [J]. Phytochemistry, 1974, 13(4): 77-83.
- [17] 拓阳阳, 赵铭钦, 金洪石, 等. 烤烟不同基因型间质体色素含量差异与烟叶化学成分的关系[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(6): 32-36.
- [18] 刘洪华, 赵铭钦, 王付峰, 等. 有机无机肥配施对烤烟质体色素及降解产物的影响[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(5): 38-43.
- [19] 徐明康, 王松峰, 俞世康, 等. 植烟海拔对烤烟红花大金元质体色素及其降解产物的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(6): 43-46.
- [20] 韦建玉, 邹凯, 王军, 等. 硝态氮和铵态氮配施对烤烟光合作用及碳水化合物代谢的影响[J]. 广西农学报, 2008, 23(2): 17-21.
- [21] 张晓远, 刘国顺, 毕庆文, 等. 烤烟成熟过程中部分酶活性及碳水化合物变化规律研究[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(1): 45-48.
- [22] 陈爱国, 王树声, 申国明, 等. 烤烟叶片成熟期间碳氮代谢主要物质流分析[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(4): 30-34.
- [23] 官长荣, 刘霞, 郭瑞, 等. 淀粉代谢及影响烤烟淀粉含量的因素[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(6): 742-748.
- [24] 邓小华, 周冀衡, 李晓忠, 等. 烤烟质量与焦油量的灰色关联分析[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(6): 850-854.

(上接第44页)

## 4 结 论

在恩施烟区育苗中运用地热线加热技术能够提高水体和盘面温度, 为烟苗生长争得有效积温, 从而缩短育苗周期, 提高烟苗的干物质积累和抗逆性, 达到适时移栽的目的。在恩施烟区育苗阶段, 根据不同自然条件, 低山、二高山、高山分别采取 10、20 和 40 W/m<sup>2</sup> 加热量在育苗池内底部铺加地热线, 可满足烟苗生长所需的温度条件, 促使烟苗正常生长发育, 缩短育苗周期, 确保烟苗适时移栽。

### 参考文献

- [1] 陈学平, 郭家明, 解彩君. 低温对烟草种子发芽的影响, [J]. 烟草科技, 1994, 104, 31-34.
- [2] 邓建强, 谭毛彦, 杨军, 等. 恩施烟区气候周期性变化的特征分析[J]. 烟草科技, 2011(9): 81-84.
- [3] 李奇, 陈建军, 卢静静, 等. 烤烟增温浅水育苗试验[J]. 烟草科技, 2008(12): 61-66.
- [4] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [5] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [6] 张凯, 魏敏芝, 陈青云, 等. 黄瓜穴盘苗壮苗指标的初步研究[J]. 华中农业大学学报, 2004, 35(增刊): 240-244.
- [7] 刘劲松, 刘贞琦. 温度对烟苗生长及光合特性的影响[J]. 贵州大学学报, 2002, 21(2): 83-88.