

移栽时间对烤烟光合特性、产量和品质的影响

鹿莹^{1,2}, 梁晓芳¹, 管恩森³, 王毅³, 王永⁴, 常帅^{1,2},
陈乐^{1,2}, 孙艳茹^{1,2}, 石屹¹, 王树声^{1*}

(1. 中国农业科学院烟草研究所, 农业部烟草生物学与加工重点实验室, 青岛 266101; 2. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081; 3. 山东省潍坊烟草有限公司, 山东 潍坊 261061; 4. 山东中烟工业有限责任公司, 济南 250013)

摘要: 为了明确潍坊烟区 NC55 品种适宜的移栽时间, 试验设置了 4 个移栽时间处理 (5 月 2 日、5 月 12 日、5 月 22 日、6 月 1 日), 以调查移栽时间对烤烟生长发育、光合特性、叶绿素代谢酶活性、经济性状及感官评吸质量的影响。结果表明, 移栽时间显著影响烤烟生长、光合特性和叶绿素代谢酶活性。与 5 月 2 日移栽相比, 推迟移栽缩短了烤烟生长的伸根期、旺长期和采收期, 从而缩短了大田生育期。随移栽时间推迟, 旺长期、平顶期叶绿素含量和净光合速率显著提高, 叶绿素酶和脱镁螯合酶活性显著降低, 叶片长宽和单叶重增加; 成熟期叶绿素含量和净光合速率显著降低, 叶绿素酶和脱镁螯合酶活性显著提高; 烟叶均价、上等烟叶比例和烟叶感官评吸质量呈先增加后降低趋势, 以 5 月 12 日移栽最高, 5 月 22 日移栽次之。因此, 建议生产上适当推迟移栽, 潍坊烟区以 5 月 12 日前后移栽至 5 月 22 日结束为宜。

关键词: 烤烟; 移栽时间; 光合特性; 叶绿体色素; 叶绿素酶; 品质

中图分类号: S572.01

文章编号: 1007-5119(2014)01-0048-06

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2014.01.009

Effects of Transplanting Time on Photosynthesis Characteristics, Yield and Quality of Flue-cured Tobacco

LU Ying^{1,2}, LIANG Xiaofang¹, GUAN Enseng³, WANG Yi³, WANG Yong⁴, CHANG Shuai^{1,2}, CHEN Le^{1,2},
SUN Yanru^{1,2}, SHI Yi¹, WANG Shusheng^{1*}

(1. Tobacco Research Institute, CAAS, Key Laboratory of Tobacco Quality Control, Ministry of Agriculture, Qingdao 266101, China;

2. The Graduate School of the CAAS, Beijing 100081, China; 3. Weifang Tobacco Company of Shandong Province, Weifang,

Shandong 262200, China; 4. China Tobacco Shandong Industrial LLC, Jinan 250013, China)

Abstract: To identify the most suitable transplanting time of NC55 in Weifang, A field experiment was conducted with four transplanting time treatments (05/02, 05/12, 05/22, 06/01) to evaluate its effect on growth, photosynthesis characteristics, chlorophyll metabolism enzyme activity, economical character and sensory evaluation in flue-cured tobacco. The results showed that transplanting time had significant effect on growth, photosynthesis characteristics and chlorophyll metabolism enzyme activity in flue-cured tobacco. Compared to 05/02 transplanting, later transplanting shortened its root elongation, vigorous growth and picking stages, thus its growth duration decreased. As the transplanting time delayed, chlorophyll content and net photosynthetic rate significantly increased but Chlase and MDCase activity decreased in vigorous growth and topping stages. But reverse trends were observed in maturing stage. As the transplanting time delay, the rate between tobacco average price and upper-middle-tobacco leaves increased first and decreased afterwards, while sensory and taste quality of flue-cured tobacco showed the opposite trend. So transplanting time of tobacco production may be delayed up to May 12 to May 22 in Weifang.

Keywords: tobacco; transplanting time; photosynthesis characteristic; chloroplast pigment; chlase; quality

影响烤烟移栽时间的主要因素有种植区域、土壤、气象因素、烟草病害、种植品种、栽培模式、烘烤技术等^[1]。寻找最佳移栽时间是优质烤烟生产

的关键因素之一^[2]。移栽时间不同, 烟株生长所处生态条件也会有差异, 而生态条件对烟叶产量和品质的形成具有重要影响^[3-6]。研究发现, 移栽过早,

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203091); 中国烟草总公司山东省公司科技专项(2011101); 山东中烟工业有限责任公司项目(201201010)

作者简介: 鹿莹, 女, 硕士研究生, 从事烟草栽培生理研究。E-mail: ycslyuying@163.com。*通信作者, E-mail: wangshusheng@caas.cn

收稿日期: 2013-10-10

修回日期: 2013-12-02

烟苗处于低温短日照的条件下,其营养生长受阻,导致烟株早花,烟叶的产量和品质都会下降;若移栽过迟,烟苗前中期处于高温环境下,其营养生长快、干物质积累少、叶片薄,不能完成其正常的生育周期,且中部烟叶烤后质量差^[7-9]。烟草移栽时间的选择,实质是根据烟草生长发育的持续性和阶段性的要求,趋利避害,把烟草田间生长发育和正常成熟采收均安排在适宜的生态环境中^[10]。

诸城市是山东潍坊的主要烤烟种植区,常年种植面积在 6600 hm² 以上,近年来随着品种的更替,烤烟品种由以中烟 100 为主,逐渐更替为 NC55 及其他品种,但目前主栽品种的配套技术,特别是适宜移栽时间尚不十分明确,因此设置本试验,旨在通过研究不同移栽时间对烤烟 NC55 生长发育、光合特性、经济性状及感官评吸结果的影响,明确其在潍坊烟区的适宜移栽时间,充分发挥品种特性,实现良种良法配套。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于 2012 年在山东省诸城市琅埠试验站进行,供试品种为 NC55。试验地土壤 pH 6.71,有机质含量 11.90 g/kg,碱解氮含量 63.83 mg/kg,速效磷含量 61.91 mg/kg,速效钾含量 219.95 mg/kg。

1.2 试验设计

试验设诸城目前生产采用移栽时间 5 月 2 日(对照)、5 月 12 日、5 月 22 日、6 月 1 日共 4 个移栽时间处理,采取分期播种的方法保证烟苗苗龄基本一致。田间采取小区种植,随机区组排列,3 次重复,行株距 120 cm×50 cm,小区面积 100 m²。施纯氮 90 kg/hm²,*m*(N):*m*(P₂O₅):*m*(K₂O)=1:1.5:2.5。其余田间管理参照当年优质烟生产方案。

1.3 取样测定方法

在旺长期、平顶期、成熟期,用 LI-6400 便携式光合仪测定第 15 片叶光合参数(光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度及蒸腾速率),每小区测 5 片叶,每片叶测 3 次。统一设定叶室光强为 1000 μmol/(m²·s),CO₂ 浓度为 400 μmol/mol,温度为 27.0 °C。自移栽后 40 d 起,每 10 天取第 15 片鲜烟叶去除叶脉后用液氮冷冻保存,冷冻干燥机干燥,测定色素含量^[11]、叶绿素酶和脱镁螯合酶活性^[12]。

采收烘烤期按小区单收,分别挂竿烘烤,烤后分级计产,分别计算各小区的产量、产值和各等级烟叶比例,每个处理取混合样进行感官质量评价。

1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 9.50 进行统计分析。

2 结果

2.1 生育期

由表 1 看出,与 5 月 2 日相比,随移栽时间推迟,伸根期和旺长期相应缩短,成熟期推迟,采收期缩短。可见,随着移栽时间的推迟,各生育时期均后移,大田生育期缩短。

2.2 农艺性状

由图 1 看出,推迟移栽的处理前期烟株茎高和叶片数的增长速度快,后期低于早移栽的处理。移栽 70 d 时,茎高和叶片数均随移栽时间推迟而降低。

从表 2 可知,各部位叶长宽呈现随移栽时间推迟先增大后减小的趋势,中部叶和上部叶长宽以 5 月 22 日移栽的最大,其次为 5 月 12 日;株高和有效叶片数随移栽时间推迟而降低,6 月 1 日移栽的显著低于其他处理。

表 1 移栽时间对烤烟生育期的影响

Table 1 Influence of transplanting time on growth period of flue-cured tobacco

移栽时间/(月-日)	团棵期/(月-日)	现蕾期/(月-日)	下部叶成熟期/(月-日)	中部叶成熟期/(月-日)	顶叶成熟期/(月-日)	大田生育期/d
05-02	06-10	07-08	08-02	08-20	09-02	123
05-12	06-18	07-14	08-08	08-24	09-06	117
05-22	06-22	07-16	08-16	08-28	09-08	109
06-01	06-30	07-22	08-20	08-30	09-10	101

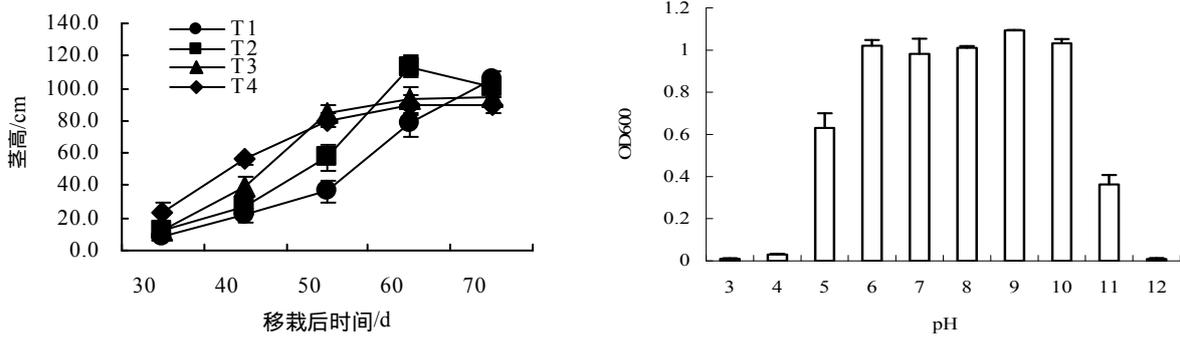


图 1 移栽时间对烤烟茎高和叶片数的影响

Fig. 1 Influence of transplanting time on stem height and leaf number of flue-cured tobacco

表 2 移栽时间对平顶期农艺性状的影响

Table 2 Influence of transplanting time on the agronomic attributes of flat period

移栽时间/ (月-日)	下部叶		中部叶		上部叶		株高/ cm	茎围/ cm	有效叶数/ 片
	长/cm	宽/cm	长/cm	宽/cm	长/cm	宽/cm			
05-02	46.45bB	21.61bAB	59.12a	23.79cB	59.85bcAB	24.06bAB	104.67aA	8.88a	28.27aA
05-12	46.79bB	22.55bB	62.36a	26.82abAB	64.97abAB	25.55abAB	105.33aA	9.42a	24.18bB
05-22	47.88bAB	23.58abAB	63.58a	27.79aA	66.91aA	28.36aA	95.10abAB	8.91a	24.70bB
06-01	55.39aA	27.52aA	59.94a	24.97bcAB	57.45cB	22.48bB	89.60bB	9.03a	23.24bB

注：小写字母不同表示达 0.05 水平上的差异；大写字母不同表示达 0.01 水平上的差异，下同。

2.3 叶绿素含量

由图 2 可以看出，与 5 月 2 日移栽相比，在旺长期和平顶期，中部叶叶绿素含量随移栽时间推迟而升高，成熟期叶绿素含量随移栽时间推迟而降低。

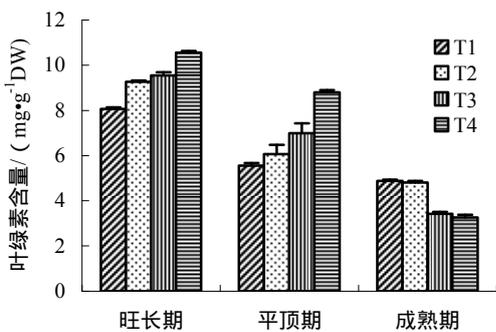


图 2 移栽时间对烤烟中部叶叶绿素含量的影响

Fig. 2 Influence of transplanting time on chlorophyll of middle leaves

从表 3 可知，打顶后相同天数，色素含量随移栽时间的推迟而显著降低；打顶后 15d 至 35d，4 个处理类胡萝卜素与叶绿素含量的比值分别下降了 1.31%、4.44%、4.38%、2.73%。

2.4 叶绿素代谢酶

叶绿素酶和脱镁螯合酶是叶绿素分解代谢中的两个关键酶，移栽时间影响其活性（图 3）。与 5 月 2 日移栽相比，旺长期和平顶期，叶绿素酶和脱镁螯合酶活性随移栽时间推迟而降低，成熟期酶活性随移栽时间推迟而升高。5 月 2 日和 5 月 12 日移栽的处理旺长至成熟叶绿素酶和脱镁螯合酶活性呈逐渐下降趋势，5 月 22 日和 6 月 1 日移栽处理成熟期酶活性超过平顶期。

2.5 光合特性

由表 4 可知，各处理中部叶的净光合速率 $[P_n, \mu\text{mol CO}_2/(\text{m}^2\cdot\text{s})]$ 、气孔导度 $[S_c, \text{mol H}_2\text{O}/(\text{m}^2\cdot\text{s})]$ 和蒸腾速率 $[T_r, \text{mmol H}_2\text{O}/(\text{m}^2\cdot\text{s})]$ 随生育期推进变化趋势均为降低，但胞间 CO_2 浓度 ($C_i, \mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$) 呈现上升的变化趋势。同一生育期内处理间净光合速率差异显著，与 5 月 2 日相比，随移栽时间推迟，旺长期和平顶期净光合速率提高，成熟期净光合速率降低。

2.6 经济性状

由表 5 可知，各处理之间产量、产值、上等烟比例和均价有随移栽时间推迟先增加后降低的趋

表 3 移栽时间对中部叶绿素、类胡萝卜素含量和类胡萝卜素/叶绿素的影响

Table 3 Influence of transplanting time on Chl, Car and Car/Chl of middle leaves

移栽时间/ (月-日)	叶绿素含量/(mg·g ⁻¹ DW)			类胡萝卜素含量/(mg·g ⁻¹ DW)			类胡萝卜素/叶绿素		
	打顶后 15 d	打顶后 25 d	打顶后 35 d	打顶后 15 d	打顶后 25 d	打顶后 35 d	打顶后 15 d	打顶后 25 d	打顶后 35 d
05-02	4.0939aA	2.9516aA	2.5487aA	0.5581aA	0.4838aA	0.3808aA	13.63	16.39	14.94
05-12	3.9228bB	2.8934aA	2.1925abAB	0.5065bB	0.4405bB	0.3805aA	12.91	15.22	17.35
05-22	3.3519cC	2.6114bB	1.9149bB	0.4451cB	0.3995cC	0.3381bB	13.28	15.30	17.66
06-01	3.2974cC	2.0340cC	1.9196bB	0.3970dC	0.3060dD	0.2835cC	12.04	15.04	14.77

表 4 移栽时间对中部叶净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度和蒸腾速率的影响

Table 4 Influence of transplanting time on Pn, Sc, Ci, and Tr of middle leaves of flue-cured tobacco

移栽时间/ (月-日)	旺长期				平顶期				成熟期			
	Pn	Sc	Ci	Tr	Pn	Sc	Ci	Tr	Pn	Sc	Ci	Tr
05-02	21.30cB	0.2542dD	289.07aA	4.08dC	15.23aA	0.2319dC	292.40aA	5.45bB	10.23aA	0.2465aA	303.45bB	7.92aA
05-12	22.51bcB	0.4071cC	270.29aA	6.47cB	17.88abAB	0.3422cC	277.20abAB	6.42bAB	9.12aA	0.2353aA	309.00bAB	7.48aAB
05-22	23.50bB	0.6597bB	220.50bB	13.58bA	19.94bBC	0.4854bB	244.29bBC	6.74abAB	6.84bB	0.1846abAB	314.33abAB	6.38abAB
06-01	26.91aA	0.8138aA	187.93cC	14.55aA	21.44cC	0.6360aA	208.00cC	7.67aA	4.78cB	0.1411bB	322.00aA	5.41bB

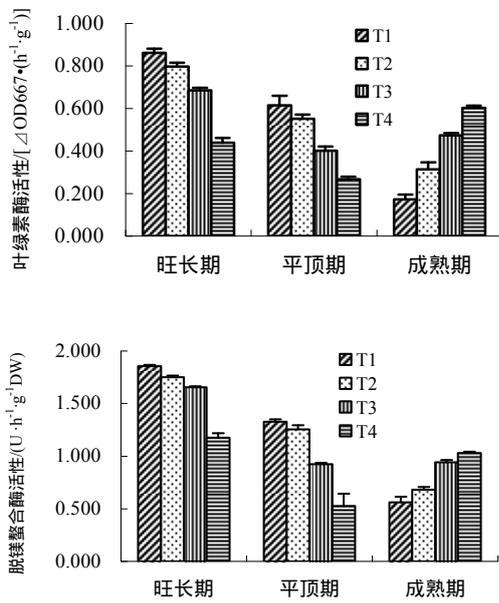


图 3 移栽时间对烤烟中部叶叶绿素酶和脱镁螯合酶的影响
Fig. 3 Influence of transplanting time on Chlase and MDCase of middle leaves

势,5月12日移栽上等烟比例和均价明显高于其他处理。

2.7 烤后烟叶感官评吸结果

由表 6 可知,各处理香气质、余味、杂气和总分得分均为 5 月 12 日移栽的最好,5 月 22 日次之,其中 5 月 12 日移栽的质量档次最好。

3 讨论

移栽时间不同导致烟株大田生育期所处的温、光、水等自然条件存在差异,进而影响烤烟的生长和产质量,因而确定适宜移栽时间对烟株的生长发

育起着至关重要的作用。近年来,各烟区随气候等自然生态条件的变化和主栽品种的更替,相继开展了烤烟移栽时间试验研究。研究显示,改变移栽时间会显著影响烤烟的生长发育:生育时期随移栽时间的推迟而后移,生育期明显缩短^[13-14]。王克占^[9]发现中烟 100 随移栽时间的推迟株高和总叶数变小。南平烟区试验表明,推迟移栽可提高烟株前期茎高并增大烟叶长宽^[14]。陕西旬阳试验^[15]发现,随着移栽期推迟,移栽至团棵的历期逐渐缩短,大田生育期以及初烤至终烤的历期也逐渐缩短。本研究表明,与诸城烟区目前生产采用的 5 月 2 日前后移栽相比,随移栽时间推迟,各生育时期均后移,完成整个大田生育期所需时间缩短,且推迟移栽促进烟株前期生长,并增大平顶期烟叶长宽,与前人研究结果一致。有研究发现,随着移栽期的推迟,株高总体上呈逐渐升高的趋势^[15],本试验表明,随移栽时间推迟,烟株茎高下降。原因可能为移栽晚的处理现蕾开花较早,故打顶相对较早,导致株高降低,留叶数较少,因此过分推迟移栽时间不利于发挥品种优势,提高产量。

烟叶的生产与光合作用有着密切的关系。叶绿体色素执行光能的吸收、传递与转化,为光合作用提供必不可少的动力^[16],质体色素作为烟叶重要的致香前体物质,对烟叶的品质和风味也具有重大影响。叶绿素酶和脱镁螯合酶是叶绿素代谢过程中的关键酶,叶绿素酶催化叶绿素水解为植醇和脱植基叶绿素^[17-18],脱镁螯合酶催化脱植基叶绿酸向脱

表5 移栽时间对烤烟产量与产值的影响

Table 5 Influence of transplanting time on the yield and output value of tobacco leaves

移栽时间/(月-日)	产量/(kg·667m ²)	产值/(元·667m ²)	上等烟比例/%	中等烟比例/%	均价/(元·kg ⁻¹)
05-02	123.6	2421.7	21.86	21.86	19.8
05-12	155.4	3304.1	35.91	51.67	21.2
05-22	156.0	3151.2	20.27	68.77	20.2
06-01	152.8	3178.7	17.46	75.30	20.8

表6 移栽时间对烤后烟叶感官评吸结果的影响

Table 6 Influence of transplanting time on sensory evaluation result of cured leaves

移栽时间/(月-日)	香型	劲头	浓度	香气质(15)	香气量(20)	余味(25)	杂气(18)	刺激性(12)	燃烧性(5)	灰色(5)	得分(100)	质量档次
05-02	中偏浓	适中	较浓-	10.9	16.2	18.7	12.6	8.6	3	3.1	73.1	中等 ⁺
05-12	中偏浓	适中	较浓-	11.3	16.3	19.5	13.3	8.9	3	3.1	75.4	较好 ⁺
05-22	中偏浓	适中	较浓-	11.2	16.2	19.3	13	8.9	3	3.1	74.7	中等 ⁺
06-01	中偏浓	适中	较浓-	11.1	16.1	18.9	12.8	8.8	3	3.1	73.8	中等 ⁺

镁叶绿素 a 转变,这两种酶活性的高低会影响烟叶叶绿素的含量。前人对烟草叶绿素酶和脱镁螯合酶进行了一定研究^[19-21],但关于移栽时间对其活性影响的研究较少,本研究表明,中部叶叶绿素酶和脱镁螯合酶活性在旺长期和平顶期随移栽时间推迟而降低,成熟期随移栽时间推迟而升高。总体上看各处理叶绿素含量逐渐下降,而两种酶活性却表现为先下降后升高,可能原因为酶与叶绿素底物空间上的分离使酶活性具有潜伏性^[22]。在黑龙江宁安市,龙江 911 在 5 月 10 日移栽光合性能明显高于其他处理^[23],说明适当推迟移栽时间利于烟株光合特性。在贵州遵义,发现云烟 87 在各叶龄阶段推迟 10 d 移栽处理的烟叶总叶绿素含量和净光合速率低于对照^[24]。荐春晖等^[15]研究认为,生育前期烟叶的光合作用维持在较高水平,有利于干物质的积累;生育后期烟叶的光合作用有所降低,有利于烟叶的成熟落黄。韩锦峰等^[25]研究指出,叶绿体色素的含量随成熟度的提高而减少,类胡萝卜素占色素总量的比例随成熟度的提高而增加。本研究发现,适当推迟移栽有利于提高生育前期的叶绿素含量和光合能力,促进烟株的干物质积累,而早栽的处理表现为成熟期光合速率较高,导致成熟落黄慢,品质较差;打顶后 15 至 35 d,5 月 12 日、5 月 22 日处理的类胡萝卜素与叶绿素含量比值下降幅度明显高于其他两个处理,可知 5 月 12 日、5 月 22 日移栽叶片采收时成熟度较好。

研究表明,适当调整移栽时间可提高烟叶产量和质量。王克占等^[9]认为,中烟 100 在山东以 5 月

7 日至 27 日移栽较为适宜,且以 5 月 17 日为最佳移栽期,这个时期移栽对烟叶产量、质量的提高具有明显作用;福建建阳的试验表明,2 月 8 日移栽烤后烟叶经济性状和中、下部叶评吸质量表现较好^[13];山东莒县中烟 100 试验发现,4 月 30 和 5 月 10 移栽处理的烤烟评吸质量较高,而 4 月 20 日与 5 月 20 日移栽的稍差^[26];湖北宣恩试验发现,适当提前移栽可以提高烟叶的产量和品质^[27]。可见,虽然不同烟区生态条件不同,但都可通过调整适宜的移栽时间使烟株充分利用当地气候资源,利于烤烟产质量形成,移栽过早或过晚则会有相反作用。本试验结果显示,移栽期推迟,烤烟产量、均价、产值和中上等烟比率均有所提高,与前人结果一致。感官评吸结果显示,5 月 12 日和 5 月 22 日移栽处理的烤后烟叶得分较高。

4 结 论

推迟移栽可促进烟株生长,显著增大叶片长宽;使各生育期光合特性最有利于产量和品质形成,提高烟叶产量、产值、上中等烟叶比例及烤后烟叶感官评吸质量档次。整体来看,在潍坊烟区,建议生产上推迟移栽时间,以 5 月 12 日前后移栽至 5 月 22 日结束为宜。

参考文献

- [1] 李乃会,柴国栋,邱昆鹏,等. 烤烟移栽期的选择研究[J]. 现代农业科技,2013(4):30-32.
- [2] 陈延贵,吕孟良. 优质烤烟生产技术问答[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1994:55.

- [3] 陆永恒. 生态条件对烟叶品质影响的研究进展[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(3): 43-46.
- [4] 唐远驹. 试论特色烟叶的形成和开发[J]. 中国烟草科学, 2004, 25(1): 10-13.
- [5] 邵丽, 晋艳, 杨宇虹, 等. 生态条件对不同烤烟品种烟叶产质量的影响[J]. 烟草科技, 2002(10): 40-45.
- [6] 彭新辉, 易建华, 周清明. 气候对烤烟内在质量的影响研究进展[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(1): 68-72.
- [7] 吴林. 优质烤烟生产配套技术[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1994: 29-30.
- [8] 冉法芬, 王海涛, 许自成. 不同移栽期和土壤类型对烤烟品种 NC89 品质的影响[J]. 江西农业学报, 2009, 21(11): 24-26.
- [9] 王克占, 孙伟奇, 王玉军. 不同移栽时间对烟草长势和烟叶产量, 质量的影响[J]. 山东农业科学, 2009(2): 48-49, 61.
- [10] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- [11] 王学奎. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 134-136.
- [12] 王阳光. 采后青梅果实叶绿素降解机制及保绿措施的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [13] 何跃兴, 王鹏, 董维光, 等. 不同播栽期对翠碧1号烤烟生长发育和产质量的影响[J]. 江西农业学报, 2013, 25(1): 95-98.
- [14] 徐茜, 周泽启, 巫常标. 烟苗不同移栽期对烤烟生长, 产量和质量的影响[J]. 福建热作科技, 2003, 28(3): 8-10.
- [15] 荐春晖, 袁治理, 刘荣田, 等. 不同移栽期对烤烟产量和质量的影响[J]. 江西农业学报, 2012, 24(10): 83-84.
- [16] 屈生彬, 兰应海, 杨世波, 等. 不同成熟度香料烟叶生理生化特征研究[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(4): 405-408.
- [17] Debra Jacob-Wilk, Doron Holland, Eliezer E, et al. Chlorophyll breakdown by chlorophyllase: isolation and functional expression of Chlase gene from ethylene-treated Citrus fruit and its regulation during development [J]. Plant Journal, 1999, 20(6): 653-661.
- [18] Jose A, Fernandez-Lopez, Luis Almela, et al. Partial purification and properties of chlorophyllase from chlorotic Citrus limon leaves [J]. Photochemistry, 1992, 31(2): 447-449.
- [19] 刘彩云, 刘洪祥, 杜传印. 白肋烟和马里兰烟叶绿素酶活性测定及其基因表达的实时定量 PCR 分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(3): 139-142.
- [20] 龙翔. 烟叶烘烤过程中与叶绿素降解相关酶活性研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- [21] 朱金峰, 郭瑞, 李广良, 等. 烤烟烟叶成熟过程中色素含量变化及其生理机制[J]. 江西农业学报, 2012, 24(3): 138-140.
- [22] 沈成国, 张福锁, 毛达如. 植物叶片衰老过程中叶绿素降解代谢研究进展[J]. 植物学通报, 1998, 15(增刊): 41-46.
- [23] 刘德玉, 李树峰, 罗德华, 等. 移栽期对烤烟产量, 质量和光合特性的影响[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(3): 40-46.
- [24] 何文高, 甄安忠, 潘文杰, 等. 不同栽培模式对云烟 87 生长发育及光合特性的影响[J]. 西南农业学报, 2013, 26(2): 492-498.
- [25] 韩锦峰, 宫长荣, 黄海裳, 等. 烤烟叶片成熟度的研究[J]. 中国烟草, 1990(1): 9-13.
- [26] 李军民, 董世峰, 张永博, 等. 不同移栽期对烟草生长发育及产质效益的影响[J]. 山东农业科学, 2012, 44(10): 63-65.
- [27] 向德恩, 时鹏, 申国明, 等. 不同移栽期对恩施烤烟产量和质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(增刊1): 57-62.