

朴晟源,张思唯,管庆林,等. 移栽期对什邡雪茄烟叶膜脂过氧化及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(2):84-89.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.02.012

# 移栽期对什邡雪茄烟叶膜脂过氧化及品质的影响

朴晟源<sup>1</sup>, 张思唯<sup>1</sup>, 管庆林<sup>1</sup>, 任志超<sup>1</sup>, 钟 秋<sup>2</sup>, 雷云康<sup>2</sup>, 赵铭钦<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450000; 2. 四川省烟草公司德阳市公司, 四川德阳 618400)

**摘要:**为获得四川什邡雪茄烟的最佳移栽时间,提高烟叶品质,通过采用田间对比试验法,设置 T1(4月20日)、T2(4月30日)、T3(5月10日)3个移栽期处理,研究了不同移栽时间对烟株丙二醛(MDA)含量、抗氧化酶(POD、CAT、SOD)活性、多酚(绿原酸、芸香苷)含量、化学成分和感官特性的影响规律。结果表明,T2处理的移栽期对烟叶膜脂过氧化作用较轻,前期抗氧化酶活性较高,最利于烟叶内含物质的转化;如果从T1推迟移栽期,会使烟叶绿原酸与芸香苷含量降低,但T2处理后,绿原酸(3.867 0 mg/g)与芸香苷(4.639 0 mg/g)含量仍然较高;T2处理的烟叶化学成分最协调,具有最高的感官质量总评分(62.41分),显示感官质量最佳。因此,4月30日作为移栽期,对烟叶提质将最为有利。

**关键词:**雪茄烟;移栽期;膜脂过氧化;多酚;烟叶品质

**中图分类号:**S572.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)02-0084-06

作为特殊的卷烟制品,雪茄烟香气浓郁、口感醇厚和劲头足,相较于烤烟,雪茄的抽吸方式对人体危害较小。近几年,雪茄烟的市场发展较快<sup>[1]</sup>,其销售规模正在不断扩大。然而,国内优质雪茄烟的原料质量难以满足市场需要<sup>[2]</sup>。目前,四川省什邡市作为我国雪茄烟的主产地之一,其生态条件和国外雪茄烟优质产区比较接近<sup>[3]</sup>。在研制工艺越来越成熟的条件下,雪茄烟的生长环境气候已经成为烟叶品质的决定性因素。不同气候生产的烟草品质差异较大<sup>[4]</sup>。另外,相同地区移栽期的差异也将导致气候条件不同,如温度、光照、降水等。这些都将对雪茄烟株的生长产生较大影响,并最终形成的烟质也会不同<sup>[5]</sup>。

当烟株进入成熟期后,由于高温、高光等不良因素的影响,中上部叶易发生早衰、假熟等不良现象。同时烟叶中膜脂过氧化程度增加,使得烟叶产生粗筋和厚叶,严重降低了烟叶质量<sup>[6-7]</sup>。研究表明,影响植物体内抗氧化酶活性变化的主要因子是温度、水分、光照度、氮素分布和烟叶本身成熟度。

谷萌萌等研究发现,烟叶生长前期的降水量和生长后期的高温与烟叶发生“高温逼熟”的概率是呈正相关的<sup>[6]</sup>。卢素萍等研究表明,光强对烟叶膜脂过氧化程度有重要的影响<sup>[8-9]</sup>。王志恒等的研究表明,在植株进行膜脂过氧化反应时,高温作用显著<sup>[10]</sup>。

目前,对膜脂过氧化作用的研究多针对于烤烟。而雪茄烟叶片较薄,留叶数较少,生育期较短,所以其膜脂过氧化特性与传统烤烟有所不同。此外,现有研究大多针对雪茄烟叶调制后的常规化学指标进行分析,而针对不同移栽期对烟叶抗氧化酶活性动态变化的影响研究仍然较少。近些年在实际生产中发现,四川雪茄烟过早或过晚移栽都会使烟叶的品质下降。

因此,确定最适宜的移栽期对提高当地雪茄烟的栽培品质具有十分重要的意义。本试验通过研究不同移栽期对雪茄烟生长过程中的抗氧化能力以及晾晒后雪茄烟品质的影响,探明不同移栽期的雪茄烟叶内含物质的动态变化规律,确定什邡雪茄烟的最适宜移栽期。研究结果可为保障雪茄烟叶适时成熟采收和晾晒,提高烟叶产质量,并进一步规范当地雪茄烟栽培技术提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料和环境

本试验选用烟草品种德雪3号作为试验对象。

收稿日期:2023-03-21

基金项目:中国烟草总公司四川省公司资助项目(编号:SCYC201913)。

作者简介:朴晟源(1999—),男,辽宁丹东人,硕士研究生,研究方向为烟草栽培与生理研究。E-mail:psy19990528@qq.com。

通信作者:赵铭钦,博士,教授,博士生导师,主要从事烟草化学与香精香料、烟草质量评价与雪茄烟开发研究。E-mail:zhaomingqin@126.com。

试验时间为 2021 年,试验地点位于四川什邡师古镇大泉坑村烟叶生产基地(104°09'E,31°18'N)。试验田土壤 pH 值为 5.8~7.0 的水稻土,各成分含量如下:速效磷 38.10 mg/kg,有机质 3.01 g/kg,速效钾 89 mg/kg,速效氮 120 mg/kg。

1.2 试验设计

试验方法为田间对比试验法,设置了 T1(4 月 20 日)、T2(4 月 30 日)、T3(5 月 10 日)共 3 个不同移栽时间点。T1、T2、T3 分别设置 3 个面积为 100 m<sup>2</sup> 的重复小区。田块四周设置了保护行,各区之间设置 0.5 m 宽的间隔过道。

移栽时,行株距为 120 cm×40 cm,密度为 21 000 株/hm<sup>2</sup>,施氮量为 180 kg/hm<sup>2</sup>(烟草专用复合肥),施肥比例为 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:0.5:3。各处理从移栽后 30 d 开始,每隔 10 d 取烟叶的中部叶位(自下而上第 10~12 叶位)叶片 20 张。一部分存放于液氮罐,用于测定抗氧化特性关键酶活性;另一部分去主脉,在 105℃ 烘箱杀青 15 min,再 65℃ 烘干,研磨经 60 目筛过滤后,用作烟碱、总氮、蛋白质含量及常规化学成分的测定。另取晾制后的烟叶 5 kg,用于分析测定烟叶感官特性。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 气候数据来源 收集 2000—2020 年四川什邡的气象资料,平均气温、月降水量、月日照时数、≥10℃ 积温、≥15℃ 积温、≥20℃ 积温、≥35℃ 积温等数据资料由德阳市气象局提供。分析不同移栽期条件下大田生长及调制期的气候条件。

1.3.2 丙二醛(MDA)含量 从移栽后 30 d 开始,各区选相同长势的烟株 20 株,并标注记号。每隔 10 d,从下往上选取第 10~12 张烟叶,裁取叶片中部 0.1 g 液氮保存。然后,通过双组分分光光度计法精确测量 MDA 含量<sup>[11]</sup>,每个处理重复 3 次。

1.3.3 抗氧化酶活性 选取测试样品过程与 MDA 含量测定相同。采用愈创木酚法、分光光度计法、氮蓝四唑(NBT)光还原法分别测定过氧化物酶(POD)<sup>[12]</sup>、过氧化氢酶(CAT)<sup>[13]</sup>、超氧化物歧化酶(SOD)<sup>[14]</sup>的活性,每个处理重复 3 次。

1.3.4 烟叶多酚类物质 从移栽后 30 d 开始,间隔 10 d 取各处理中部位叶,经烘干磨碎,再经 60 目筛过滤后,称取 0.1 g 烟样于 50 mL 锥形瓶中,加入 20 mL 50% 甲醇溶液,经 30 min 超声振荡后,吸取 2 mL 左右溶液,用 0.45 μm 水相滤膜过滤至液相色谱瓶中,经高效液相色谱法<sup>[15]</sup>测定烟叶中绿原酸、

芸香苷等多酚类物质含量,每个处理重复 3 次。

1.3.5 烟叶常规化学成分 调制后,每个处理取中部三等烟叶各 1 kg,60℃ 烘干磨碎后,再经过 60 目筛过滤,称 0.25 g 烟样于 50 mL 锥形瓶中,加入 25 mL 5% 乙酸溶液,经 30 min 超声振荡后,用定性滤纸过滤。最后采用流动分析法<sup>[16]</sup>对滤液中的常规化学成分进行测定。

1.3.6 烟叶感官特性 调制后,各处理的烟叶卷制成雪茄试样,卷长 110 mm、卷径 14 mm。参照文献[17]中的方法,邀请专业评审员对试验雪茄样品进行评吸后打分,最终获得各项感官特性指标值。

1.4 数据处理分析方法

试验的数据统计和作图通过 Microsoft Excel 2010 完成,单因素方差与相关性分析通过 SPSS 23.0 完成。

2 结果与分析

2.1 气象数据统计

从表 1 可以看出,平均稳定通过 15℃ 的时间为 3 月中旬,而完全通过 15℃ 的时间为 4 月中旬;平均稳定通过 20℃ 的时间为 4 月下旬;≥20℃ 的日数为 152 d,有效积温为 642.8℃。结合优质雪茄烟叶生长发育所需气候条件<sup>[18]</sup>,调整移栽期至 4 月下旬的气候条件更能满足优质雪茄烟叶生产。

表 1 什邡市 2000—2020 年气象数据

温度范围 (℃)	平均初日	日数 (d)	有效积温 (℃)
≥10	2 月 16 日	273	2 795.8
≥15	3 月 15 日	219	1 566.3
≥20	4 月 15 日	152	642.8
≥35	—	0	—

从图 1 结合什邡地区的实际情况来看,4 月下旬前气温较低,且不稳定,容易受寒潮及“干热风”的影响<sup>[19]</sup>,烟株病害高发,不利于田间生长发育;然而调整移栽期至 4 月下旬,烟株田间旺长期的日照时间长,降水量均匀,气候条件较为适宜,但调制期降水量、昼夜温差较大,容易导致烟叶霉烂或者烟叶失水过快导致调制不充分。

2.2 移栽期对 MDA 含量的影响

图 2 为移栽时间对 MDA 含量的影响结果。随着生育期的推进,同移栽期的雪茄烟 MDA 含量呈逐渐上升趋势。移栽后 30 d,T3 处理的 MDA 含量最高,3 个处理间无显著差异。移栽后 40 d,所有处

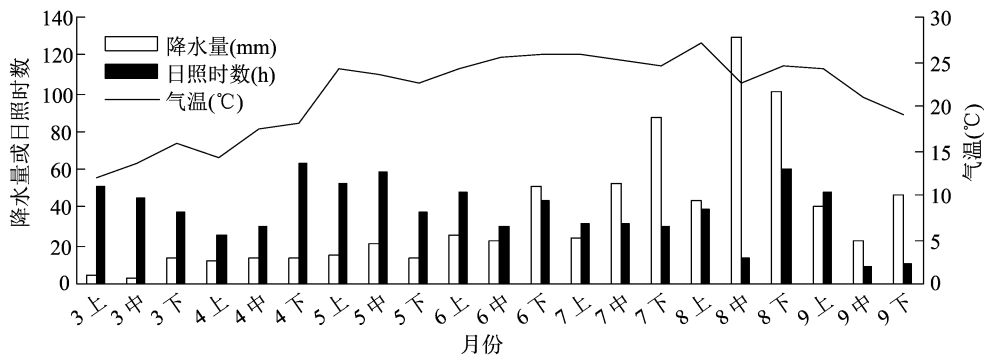
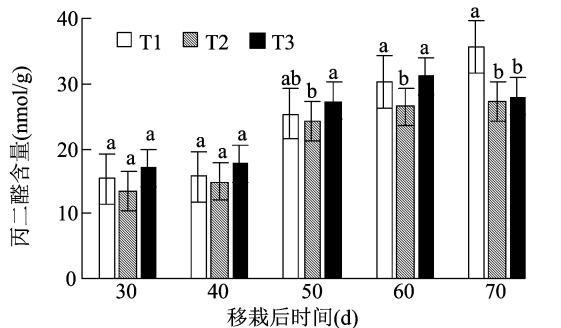


图1 雪茄烟田间生长期及调制期的气象因子

理的 MDA 含量均呈先降后升的趋势。T2 处理 MDA 含量最低,T3 处理最高,但 3 个处理间差异仍然不显著。移栽后 50 d,烟株打顶以后烟株养分由根系传递到中上部叶,所有处理 MDA 含量均显著上升。T1、T2 处理的 MDA 含量水平较低。T3 处理 MDA 含量最高,与 T2 处理相比,存在显著差异。移栽后 60 d,T2 处理的 MDA 含量最低,且与 T1、T3 处理均有显著差异。移栽后 70 d,各处理 MDA 含量均达到最大,T2、T3 显著低于 T1 处理。综上所述,在移栽后的所有成长期内,T2 处理的 MDA 含量始终较低。该结果表明 T2 处理对烟叶内含物质的转化最有益,产生的膜脂过氧化作用相对较轻。



柱上不同小写字母表示同一时间不同处理间差异显著( $P<0.05$ )  
图2 移栽时间对 MDA 含量的影响

2.3 移栽期对抗氧化酶活性的影响

从图 3 - a 可以看出,移栽后,各处理的 POD 活性表现为先上升再降低。移栽后 30 d,3 个处理 POD 活性差异不显著。然而,移栽后 40 d,3 个处理的 POD 活性均明显升高且达到最大。T2 处理增幅最大,为 81.14%,其次为 T3 处理,为 69.72%,T1 处理增幅最小,为 40.69%。移栽后 50 d,3 个处理差异不显著。移栽后 60 d,3 个处理的 POD 活性均明显降低,T3 降幅最大,T2 处理次之,T1 处理降幅最小,各处理酶活性分别下降了 94.98%、92.94%、91.75%。移栽后 70 d,3 个处理 POD 活性均降低到

最低值。T1 处理的 POD 活性最高,T3 处理最低。这表明移栽过晚会导致烟叶抗氧化程度减弱,适当提前有利于提高烟叶的抗氧化特性。

从图 3 - b 可以看出,移栽后随着天数增加,3 个处理的 CAT 活性先升高后降低再升高。移栽后 30 d,T2 处理的 CAT 活性最高,但 3 个处理间差异仍然不大。移栽后 40 d,各处理 CAT 活性大幅增加,T2、T3 酶活性达到最大值,T2 处理酶活性最高,达 854.28 nmol/(min · g)。T2 > T3 > T1,T2 和 T3 处理与 T1 处理差异显著。移栽后 50 d,各处理 CAT 活性下降,T2 处理 CAT 活性高于 T1、T3 处理。移栽后 60 d,3 个处理的 CAT 活性上升,且无显著差异。移栽后 70 d,各处理的 CAT 活性持续升高。T2 处理的 CAT 活性最高,为 795.52 nmol/(min · g),其次是 T3 处理,T1 处理的 CAT 活性最低,为 679.69 nmol/(min · g),各处理间无显著差异。

从图 3 - c 可以看出,移栽后的生长期,3 个处理的 SOD 活性先增强后减弱再增强。移栽 30 d 时 T2 处理 SOD 活性最大,显著大于其余各处理。移栽 40 d 时,所有处理的 SOD 活性都有所增加。SOD 活性在 T2 处理中一直最高,而在 T3 处理中最低。移栽后 50 d,3 个处理的 SOD 活性达到最强,T2 高于 T3、T1 处理,但差异不显著。移栽后 60 d,各处理 SOD 活性开始下降,但 T2 处理 SOD 酶活性仍处于较高水平,T3 处理次之,且与 T1 处理之间出现显著性差异。移栽后 70 d,3 个处理的 SOD 活性略有增强,T2 处理保持最高。

2.4 移栽期对多酚含量的影响

由表 2 可见,移栽后随天数增加,3 个处理的绿原酸含量均持续减小。移栽后的相同生长时间点,移栽时间越延迟,绿原酸含量越低。移栽后 30 d,3 个处理的绿原酸含量均较高,T1 处理最高,为 4.585 5 mg/g,T3 处理最低,3 个处理间差异不显著。

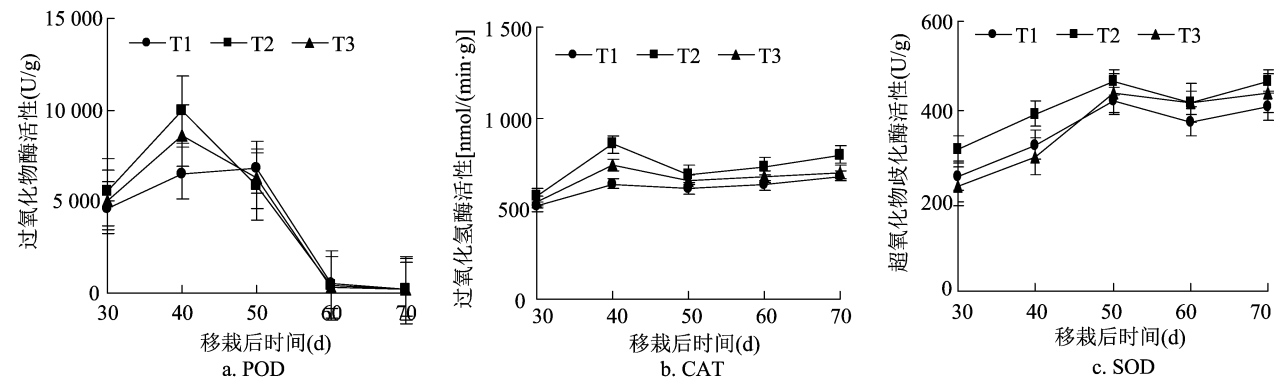


图3 移栽时间对抗氧化酶活性的影响

移栽后 40 d,3 个处理的绿原酸同步出现降低,但 T1 处理绿原酸含量仍然保持最高,显著高于 T3 处理,比 T3 处理的绿原酸含量高 1.67 倍,但与 T2 处理无明显差别。随后,3 个处理的绿原酸含量都出现持续降低。移栽后 70 d,3 个处理的绿原酸降到最低值。T1 处理含量保持最高,为 2.843 2 mg/g,其次为 T2 处理,两者间差异不显著。T3 处理保持最低,与 T1、T2 处理差异不显著。

由表 3 可见,移栽后随着天数增加,芸香苷含量整体呈下降趋势。移栽后 30 ~ 60 d,T1 处理的芸香苷含量一直处于较高水平,且显著高于 T3 处理,与 T2 处理间差异不显著。移栽后 70 d,各处理的芸香苷含量均降到最低。其中 T1 处理芸香苷含量最高,T2 处理次之,T3 处理最低且显著低于其他处理。

表 2 不同移栽时间的绿原酸含量

处理	绿原酸含量(mg/g)				
	移栽 30 d	移栽 40 d	移栽 50 d	移栽 60 d	移栽 70 d
T1	4.585 5a	4.151 9a	3.694 9a	3.570 7a	2.843 2a
T2	3.867 0a	3.603 2ab	2.641 4b	2.452 6b	2.35 17a
T3	3.133 0a	2.486 5b	1.870 2b	1.800 0b	1.732 5b

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平上差异显著,下表同。

表 3 不同移栽时间的芸香苷含量

处理	芸香苷含量(mg/g)				
	移栽 30 d	移栽 40 d	移栽 50 d	移栽 60 d	移栽 70 d
T1	5.398 5a	4.860 7a	4.555 9a	4.080 7a	2.889 4a
T2	4.639 0a	4.765 5a	3.826 4b	3.667 2a	2.611 0a
T3	3.200 7b	3.250 3b	2.291 0c	2.452 7b	2.150 2b

2.5 化学成分的影响

从表 4 中可以看出,移栽时间延迟后,雪茄烟的总糖含量呈先增大后减小趋势。T2 处理的总糖含量显著高于 T1、T3 处理。总氮和蛋白质含量逐渐降低,T1 处理的总氮含量显著高于 T3 处理。但 T1、T2 处理间差异不显著。烟碱含量逐渐增大,T3 处理的烟碱含量最高。氮碱比逐渐减小,氮碱比越接近 1 的烟质越好<sup>[20]</sup>,T3 处理的氮碱比最接近,为 1.01,但与 T2 处理间差异不显著。3 个处理的钾氯比中,T2 处理最高。因此,综合所有常规化学成分

来看,T2 移栽的烟叶化学成分相对更加协调,T3 处理紧随其后。

2.6 感官质量的影响

从表 5 中可知,移栽期延迟后,香气质、香气量、劲头、浓度、余味、甜度和灰色等感官质量指标的分值均先增大再减小。而刺激性和燃烧性等指标的分值逐渐减小。从指标评价总分看,T2 处理的感官质量总分最高,说明相对其他处理,4 月 30 日移栽培养的烟叶感官质量最佳,在香气质、香气量、燃烧性方面具有显著的品质优势。而 T1 处理感官质量最差。

表 4 不同移栽时间的常规化学成分含量

处理	含量(%)								糖碱比	钾氯比	氮碱比
	总糖	还原糖	淀粉	总氮	蛋白质	钾	氯	烟碱			
T1	0.75b	0.24a	1.58a	3.56a	8.31a	2.3b	0.38b	1.51b	0.50a	6.05b	2.36a
T2	0.83a	0.23a	1.58a	3.21ab	7.52b	2.54a	0.36b	1.62b	0.51a	7.06a	1.98ab
T3	0.72b	0.22a	1.05b	2.75b	7.21b	2.54a	0.44a	2.72a	0.26b	5.77b	1.01b

表 5 不同移栽时间雪茄烟叶的感官质量评分

处理	香韵	香气质	香气量	劲头	浓度	刺激性	杂气	余味	甜度	灰色	燃烧性	总分
T1	木香	6.00	5.93	5.93	5.93	5.71	5.75	5.71	5.86	7.86	7.14	61.82
T2	木香	6.21	6.21	6.14	6.14	5.60	5.25	5.86	6.00	7.93	7.07	62.41
T3	木香	6.14	6.14	6.07	6.00	5.50	5.75	5.79	5.92	7.86	6.86	62.03

3 讨论

MDA 是烟叶膜脂过氧化作用的最终产物,它的含量直接反映了膜脂过氧化作用的程度<sup>[21]</sup>。本研究中,3 个处理 MDA 含量随生长期逐渐增大。T1 处理的 MDA 含量始终拥有较高的水平,其次为 T3、T2 处理。这表明移栽时间适当延迟可有效抑制 MDA 含量。然而,如果移栽时间过晚,不但会导致烟叶抗氧化酶活性升高,而且 MDA 的含量也会升高。综合来看,T2(4 月 30 日移栽)的烟叶膜脂过氧化作用较轻,最利于烟叶内含物质的转化,抗氧化酶活性较高。

SOD、CAT、POD 作为抗氧化保护酶存在于植物体内,能够去除活性氧。SOD 能有效降低细胞中超氧阴离子含量,它是一种重要的抗氧化物质,在许多方面起保护作用<sup>[22]</sup>。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 可以被 POD、CAT 歧化成无毒水和氧分子,从而实现了降低植物膜脂过氧化的目的<sup>[17]</sup>。本研究结果表明,随着烟叶的逐渐成熟,SOD、POD 活性均先增强后减弱,CAT 活性为先增强后减弱再增强。前期抗氧化酶活性升高,可能是因为烟叶成熟后,细胞中活性氧分子含量增加,刺激了抗氧化酶相关基因的表达,进而使酶活性上升<sup>[23]</sup>。在成熟后期酶活性的降低可能是由于细胞中活性氧分子过多,超过了细胞的承受范围而破坏了细胞膜的结构,从而影响了烟叶的抗氧化酶活性。对比 3 个处理,T1 处理的 POD、SOD、CAT 活性始终最弱,同时存在较强的膜脂过氧化作用。移栽后,因温度较高,光照强度较大,导致 T3 处理的烟叶光合作用能力更强,植株衰老更快,破坏抗氧

化酶系统。因此,T3 处理的抗氧化酶活性比 T2 处理低。这与卢素萍等的研究结果<sup>[8-9]</sup>相一致。

绿原酸和芸香苷是烟叶中主要多酚类化合物,其氧化程度对烟叶的外观和品味有着直接影响。借助多酚氧化酶,2 种物质可以生成深棕色“烟草黑色素”。烟叶中包含的绿原酸与芸香苷越高,烟叶的品质越好。在本研究中,随移栽期的推迟,绿原酸、芸香苷含量逐渐减少,这与徐艳丽等的研究结果<sup>[24]</sup>相符。徐晓燕等在对烟草多酚类研究中表示,在低温条件下烟叶的绿原酸含量较高<sup>[25]</sup>。本研究中,4 月 20 日移栽的烟叶绿原酸含量高,其原因可能与前期低温有关。

由于移栽时间的差异,会使雪茄生长期内的气候发生较大的变化。这种变化因素对其生长发育及烤后烟质都有较大影响。因此,移栽时间会影响烟叶的内在化学品质。唐莉娜等研究发现,如果移栽时间延迟,烟株中部叶的总氮、蛋白质含量会逐渐降低,总植物碱含量也会递减,总糖含量则会出现先增大后减小<sup>[26]</sup>。本研究结果显示,移栽期推迟,晾后雪茄烟的总氮、蛋白质含量下降,总糖含量表现为先升高后降低的趋势,这与田卫霞的研究结果<sup>[27]</sup>一致。但烟碱含量随移栽期的推迟逐渐上升,可能原因是雪茄烟烟碱含量普遍高于烤烟,且推迟移栽使烟叶氮代谢增强,烟碱合成量增加。4 月 30 日移栽烟株,可使烟叶糖类化合物含量显著增加,但雪茄烟总糖含量偏低,可能是因为晾晒时间过长,而消耗了糖类物质。研究显示,如果钾含量越高,将对烟叶的燃烧性提高越有益,一般钾氯比在 4 以上的烟叶品质较优<sup>[20]</sup>。在本研究中,适当推迟移

栽时间,烟叶能获得更高的钾含量和钾氯比,从而获得更加协调的化学成分、更好的香吃味、更好的燃烧性。

雪茄烟叶经发酵后可直接卷制为成品雪茄,雪茄烟质鉴定的直接方法是感官质量评价。本研究表明,如果移栽时间延迟,雪茄烟叶的香气质、香气量会出现先增后减的变化规律。因此,如果过早移栽,反而会降低烟叶的香气量,使刺激性更加强烈。综合分析,T2 处理雪茄烟叶的感官质量总分最高,整体香气质好,香气量足,燃烧性好,其次是 T3 处理,T1 处理最低。

#### 4 结论

通过试验发现,雪茄烟叶的膜脂过氧化作用、抗氧化酶活性、多酚、化学成分含量及感官质量都表现出受移栽时间的显著影响。T2(4 月 30 日移栽)烟叶前期抗氧化酶活性较高,烟叶的膜脂过氧化程度较轻,利于烟叶内含物质的转化。如果移栽时间再延迟,将会进一步减少烟叶绿原酸与芸香苷的含量。T2 处理的烟叶常规化学成分相比于其他移栽时间,相对较协调,感官质量评分也较高。以上研究结果表明,四川省什邡市的雪茄种植移栽期定在 4 月 30 日前后,最有利于烟叶质量的提升。

#### 参考文献:

- [1] 闫新甫,王以慧,雷金山,等. 国产雪茄分类探讨及其实际应用分析[J]. 中国烟草学报,2021,27(5):100-109.
- [2] 蔡斌,耿召良,高华军,等. 国产雪茄原料生产技术研究现状[J]. 中国烟草学报,2019,25(6):110-119.
- [3] 孙雨琦,赵园园,周迪,等. 国内外不同产区 and 类型雪茄烟烟草特有亚硝胺及生物碱含量分析[J]. 中国烟草学报,2020,26(5):30-38.
- [4] 李秀妮,闫铁军,吴风光,等. 全球主要产地雪茄烟叶的风味特征初探[J]. 中国烟草学报,2019,25(6):126-132.
- [5] 吴晓颖,高华军,王晓琳,等. 光照强度对雪茄烟叶片组织结构及内源激素含量的影响[J]. 中国烟草科学,2021,42(2):37-42.
- [6] 谷萌萌,王子腾,倪新程,等. 湘南烤烟高温逼熟现象发生的生态因素分析[J]. 烟草科技,2020,53(5):26-32.
- [7] 范宁波,周俊学,江凯,等. 不同成熟期烤烟主脉中膜脂过氧化及其与衰老相关基因的关系探究[J]. 中国农业科技导报,2021,23(3):66-72.
- [8] 卢素萍,赵铭钦,刘鹏飞,等. 光质对烤烟叶片衰老过程中内源激素含量和膜脂过氧化的影响[J]. 中国农业科技导报,2016,18(6):44-51.
- [9] 卢素萍,赵铭钦,刘鹏飞,等. 不同光质条件下烤烟叶片衰老的生理效应研究[J]. 西南农业学报,2016,29(7):1595-1599.
- [10] 王志恒,黄思麒,邹芳,等. 温度与 NaCl 处理对甜高粱种子萌发及幼苗抗氧化酶活性的影响[J]. 中国农业科技导报,2020,22(9):42-51.
- [11] 张杰,孙叶烁,薛一花,等. 贮藏温度对白菜叶片 SOD、POD 活性及 MDA 含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(10):113-119.
- [12] 孔小卫,黄训端,张部昌,等. 糖多孢红霉菌保藏过程中生理生化变化的研究[J]. 安徽大学学报(自然科学版),2008,32(6):86-89.
- [13] 裴玲芳,范贵鹏,肖美玲,等. 两种方法测定土壤中过氧化氢酶比较[J]. 科技创新与应用,2019(15):145-146,149.
- [14] 王继庆,任毅,时晓磊,等. 小麦籽粒超氧化物歧化酶(SOD)活性全基因组关联分析[J]. 中国农业科学,2021,54(11):2249-2265.
- [15] 张荣林,林雀跃. 超高效液相色谱法测定清咽糖中 6 种绿原酸类化合物的含量[J]. 食品安全质量检测学报,2019,10(16):5505-5511.
- [16] 王鹏,孙兰茜,彭忠,等. 国内主要烟区烟叶常规化学成分含量的差异[J]. 贵州农业科学,2020,48(5):50-53.
- [17] 国家烟草专卖局. 烟草在制品感官评价方法:YC/T 415—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [18] 张瑞娜,王俊,陈勇,等. 移栽期对德阳新品种雪茄烟叶生长发育及产质量的影响[J]. 安徽农业科学,2017,45(18):27-30,33.
- [19] 藏照阳,王建伟,陈祥,等. 气候变化背景下河南烟区气象资源及气象风险因素时空分布特征[J]. 中国烟草学报,2023,29(2):32-45.
- [20] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:72-74.
- [21] 范宁波,张瑞娜,路晓崇,等. 雪茄烟叶晾制过程中颜色与水分含量和膜脂过氧化的关系[J]. 中国烟草科学,2020,41(6):96-102.
- [22] 陈芊如,丁蓬勃,胡希好,等. 外源壳寡糖对低温胁迫条件下烟草幼苗的保护作用[J]. 江苏农业科学,2022,50(1):80-85.
- [23] 代方秀,杜杏蓉,李运国,等. 烤烟连作下不同植烟土壤化学性状与酶活性变化及其相关性[J]. 江苏农业科学,2021,49(16):233-239.
- [24] 徐艳丽,段焰,刘芮,等. 西南典型烟区水稳性团聚体组成对土壤理化特征的影响[J]. 中国烟草科学,2020,41(6):51-57.
- [25] 徐晓燕,孙五三,王能如. 烟草多酚类化合物的合成与烟叶品质的关系[J]. 中国烟草科学,2003,24(1):3-5.
- [26] 唐莉娜,林祖斌,谢风标,等. 气候条件对福建烤烟生长和烟叶质量风格特征的影响[J]. 中国烟草科学,2013,34(5):13-17.
- [27] 田卫霞. 不同移栽期对烤烟品质的影响[D]. 福州:福建农林大学,2013.