

## 覆盖栽培对烤烟成熟期叶片衰老生理特性的影响

姚远华<sup>1,2,3</sup>, 刘兰<sup>1,2,3</sup>, 张德龙<sup>4</sup>, 王行<sup>1,2,3</sup>, 王军<sup>1,2,3</sup>

(1. 广东省烟草南雄科学研究所, 广东南雄 512400; 2. 广东烟草烟叶生产技术中心, 广东南雄 512400; 3. 广东省烟草育种与综合利用工程技术研究中心, 广东南雄 512400; 4. 北京嘉沃农业科学研究所, 北京 100080)

**摘要** [目的]探讨烤烟成熟期叶片衰老的生理机制,为提升烟叶田间耐熟性提供理论依据。[方法]以粤烟97为材料,采用随机区组设计开展大田试验,研究全生育期覆盖地膜、团棵期揭膜高培土和前膜后草3种覆盖栽培措施下,烤烟成熟期叶片的叶绿素、可溶性蛋白、脯氨酸和MDA含量,以及SOD、POD酶活性的动态变化。[结果]前膜后草的处理其叶片在成熟期各阶段的叶绿素、可溶性蛋白、脯氨酸含量和SOD、POD酶活性均高于其他处理,而丙二醛含量也最低,烟叶衰老速度相对缓慢,且烤后烟叶的经济性状显著高于其他处理,烟叶化学成分协调性好。[结论]生产实践中,前膜后草覆盖结合高培土的栽培方式对延迟烟叶衰老、提高烟叶田间耐熟性、提高烟叶经济性状有重要作用。

**关键词** 烤烟;覆盖栽培;成熟期;衰老特性

中图分类号 S572 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)11-0046-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.11.012



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Effects of Mulching Cultivation on Leaf Senescence Physiological Characteristics of Flue-cured Tobacco at Maturity Stage**YAO Yuan-hua<sup>1,2,3</sup>, LIU Lan<sup>1,2,3</sup>, ZHANG De-long<sup>4</sup> et al (1. Nanxiong Tobacco Scientific Research Institute of Guangdong Province, Nanxiong, Guangdong 512400; 2. Guangdong Tobacco Leaf Production Technology Center, Nanxiong, Guangdong 512400; 3. Guangdong Provincial Engineering & Technology Research Center for Tobacco Breeding and Comprehensive Utilization, Nanxiong, Guangdong 512400; 4. Beijing Jiawo Institute of Agricultural sciences, Beijing 100080)

**Abstract** [Objective] To explore the physiological mechanism of leaf senescence in the mature period of flue-cured tobacco, and provide a theoretical basis for prolonging mature period of tobacco leaves in the field. [Method] Yueyan 97 was used as material to study the dynamic changes of chlorophyll, soluble protein, proline and MDA contents, SOD and POD enzyme activities of flue-cured tobacco leaves in mature stage under three mulching cultivation measures of mulching plastic film in the whole growth period, removing plastic film and cultivating deep soil in the cluster stage and straw mulching after plastic film uncovered. [Result] The contents of chlorophyll, soluble protein, proline and enzyme activities of SOD and POD in the leaves of the treatment with straw mulching after film uncovered were higher than those of other treatments, and the content of malondialdehyde was the lowest. The senescence rate of tobacco leaves was relatively slow, and the economic characters of cured tobacco leaves were significantly higher than those of other treatments, and the chemical composition of the tobacco leaves was well coordinated. [Conclusion] In the production practice, the cultivation method of straw mulching after film uncovered with high soil cultivation plays an important role in delaying tobacco leaf senescence, prolonging mature period of tobacco leaf, and improving economic properties of tobacco leaves.

**Key words** Flue-cured tobacco; Mulching measures; Maturity stage; Senescence characteristic

烟叶的成熟度是决定烤烟品质的重要指标,而成熟采收是优质烟生产的关键。近年来,在粤北烟区普遍存在烟叶田间耐熟性差的现象,导致烟叶成熟度下降,严重影响了烟叶质量的提高和浓香型风格特色的彰显。耐熟性较差的主要障碍因子是生态和栽培,一方面是烤烟大田前期易遭受低温阴雨寡日照,造成前期烟株生长缓慢,还苗期、伸根期偏长;进入团棵期后,随着气温上升,烟株生长发育较快,仅20d左右就进入现蕾期,旺长期偏短,造成烟叶干物质积累不够,内含物不充实;进入成熟期后,气温偏高,光照过强,易出现“高温逼熟”现象,造成烟叶落黄较快,烟叶耐熟性较差,烟叶假熟,成熟采收期偏短等问题。另一方面是当前南方丘陵和山地烟区,受机械化水平低和劳动力不足的限制,揭膜、中耕、培土等传统的大田管理技术措施逐渐被丢弃<sup>[1]</sup>,尤其是大田长期时间覆盖地膜,不揭膜、不培土等粗放栽培管理方式,不利于烟株培育发达根系,导致难以吸收充足的养分,且中后期土壤温度偏高,烟株易早衰,致使烟叶品质降低。而且难

以回收的残膜会对土壤环境、后期作物种植和农村环境造成危害<sup>[2]</sup>。针对粤北烟区后期“高温逼熟”等问题,提出“前膜后草”的技术措施,即烤烟移栽后覆盖地膜,提高地温,促进烟株前期生长;旺长期揭膜高培土后在垄体覆盖稻草,增加垄体土量,缓解高温强光的负效应,促进根系的生长,改善烟株中后期营养状况,延缓叶片衰老,进而提高烟叶的田间耐熟性<sup>[1,3]</sup>。

从营养生长期转入生殖生长期后,烟叶从形态和生理上逐渐成熟衰老,烟叶成熟的过程即是衰老的过程<sup>[4]</sup>。植株叶片衰老过程表现为叶绿素及可溶性蛋白的降解,活性氧、自由基代谢失调的累积过程。随着烟叶的成熟衰老,叶片颜色逐渐褪绿变黄,叶绿素(Chl)含量下降,并且下降速度越快表明叶片衰老越快<sup>[5]</sup>。叶片衰老过程中细胞质内蛋白质水解,可溶性蛋白含量越少则衰老程度越高<sup>[6]</sup>。活性氧伤害是引发植株叶片衰老的重要原因,在植物衰老过程中,细胞的代谢产物活性氧数量增加,而超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)作为活性氧清除系统的重要保护酶,其清除能力也随着植株衰老而降低<sup>[7-8]</sup>。同时,高浓度的活性氧积累能启动膜脂的过氧化作用,导致膜的损失和破坏,引起过氧化产物丙二醛(MDA)含量增加,MDA的累积量即反映叶片

**基金项目** 广东省烟草专卖局(公司)科技项目(201306)。**作者简介** 姚远华(1981—),男,广东韶关人,助理农艺师,本科,从事烟草栽培、烟叶调制及烟草农机研究和应用。**收稿日期** 2020-10-15

的衰老程度<sup>[5]</sup>。脯氨酸(Pro)积累是植物组织衰老和逆境条件下的反应,烟叶游离Pro含量可作为判断烟叶田间成熟度的生化指标<sup>[9]</sup>。该试验研究不同覆盖栽培方式下,烟叶成熟衰老过程中叶绿素、可溶性蛋白、MDA和Pro含量,以及SOD和POD活性的动态变化规律,探讨大田环境下烟叶衰老的生理机制,以期提升烟叶田间耐熟性提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验基本情况** 试验于2016—2017年在广东省烟草南雄科学研究所试验基地进行,供试土壤类型为牛肝土田,前茬作物为水稻。牛肝土田基本理化性状为:pH 7.01,有机质21.60 g/kg、速效氮98.64 mg/kg、速效磷27.21 mg/kg、速效钾156.43 mg/kg。供试烤烟品种为粤烟97,由广东省烟草南雄科学研究所提供。2016年12月1日播种,采用漂浮育苗方式,2017年2月17日移栽,采用膜下移栽方式,行距120 cm,株距60 cm,施纯氮180 kg/hm<sup>2</sup>,N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:0.4:1.4,其他田间管理措施按照当地优质烟叶生产技术规范进行。

**1.2 试验设计** 试验设3个处理:T<sub>1</sub>(对照),移栽时覆盖地膜,团棵后不揭膜,不培土,不盖稻草,即全生育期地膜覆盖;T<sub>2</sub>(揭膜高培土),移栽时覆盖地膜,团棵后揭膜高培土,不盖稻草;T<sub>3</sub>(前膜后草),移栽时覆盖地膜,团棵后揭膜高培土且垄上覆盖稻草,水稻秸秆用量为7500 kg/hm<sup>2</sup>,覆盖厚度为3~5 cm。每处理3次重复,采用随机区组设计。每小区植烟40株,四周设保护行,其中10株用于毁灭性取样,30株单收单烤,用于产量测定和化学成分分析。

**1.3 测定项目及方法** 在现蕾期选择同一天现蕾、生长均匀一致、无病害的烟株进行挂牌标记,并于当天09:00前进行第一次取样,以后每隔10 d于同一时间取样一次,直至下

部叶采收结束。采用现蕾打顶方式,单株烟留叶20片,每处理选取标记代表性烟株下部叶(自下而上4~5叶位)、中部叶(自下而上11~12叶位)和上部叶(自下而上16~17叶位)各3片,将叶片表面擦拭干净,在叶片中间打孔取样并混匀测定其叶绿素、可溶性蛋白、Pro和MDA含量以及SOD和POD活性。

按文献<sup>[10]</sup>的方法测定以下指标:Chl含量采用95%乙醇萃取法测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝G-250染色法测定;Pro含量采用茚基水杨酸提取,茚三酮显色法测定;MDA含量采用硫代巴比妥酸显色法测定;SOD活性采用氮蓝四唑(NBT)光还原法测定,以抑制NBT光化还原的50%所需酶量为一个酶活单位表示;POD活性采用愈创木酚还原法测定,以每分钟内OD<sub>470</sub>变化0.01为1个过氧化物酶活性单位表示。

**1.4 数据分析** 分别采用SPSS 20.0和Sigma Plot 12.0统计软件进行数据分析和绘制图表。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同覆盖方式对烤烟叶片成熟期叶绿素含量的影响

图1显示,不同覆盖栽培方式下,烟叶的叶绿素含量随着生育进程的推移均呈持续下降趋势,成熟前期下降速度较快,后期下降速度减缓,且上部叶>中部叶>下部叶。叶绿素含量在不同覆盖方式、不同成熟时期的降解速度不同,始终以T<sub>3</sub>处理较高,以T<sub>1</sub>处理较低。在成熟前期,上部叶和下部叶的叶绿素含量在T<sub>3</sub>处理和T<sub>2</sub>处理之间差异不显著,但2个处理均显著高于T<sub>1</sub>处理;中部叶的叶绿素含量在3个处理之间差异显著,始终以T<sub>3</sub>>T<sub>2</sub>>T<sub>1</sub>。在成熟后期(现蕾后40 d),始终以T<sub>3</sub>处理的叶绿素含量最高,且与T<sub>2</sub>、T<sub>1</sub>处理间差异显著。说明在烟叶成熟期,T<sub>3</sub>处理始终维持较高的叶绿素含量,延缓衰老,提高烟叶耐熟性。

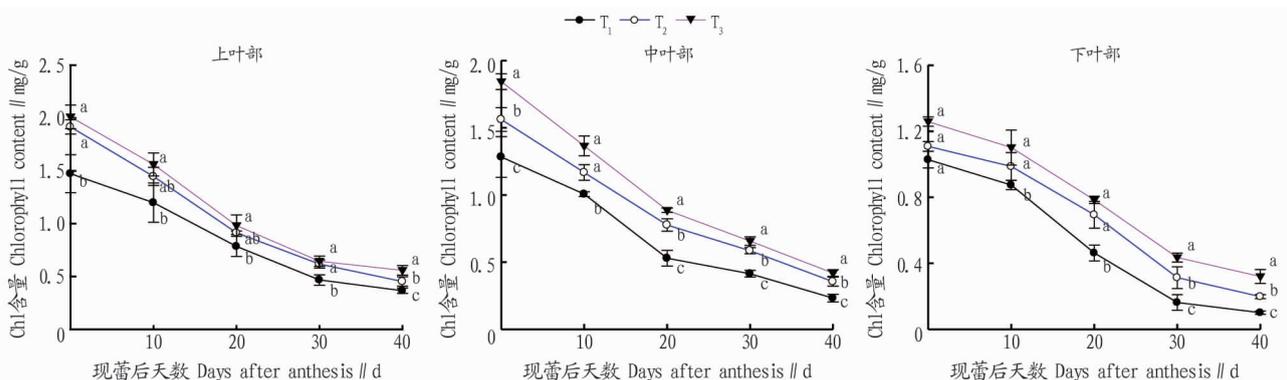


图1 不同覆盖方式下烤烟叶片Chl含量的变化

Fig.1 Changes in chlorophyll content of flue-cured tobacco leaves under different mulching methods

**2.2 不同覆盖方式对烤烟叶片成熟期可溶性蛋白含量的影响** 由图2可看出,随着成熟期的推进,烟叶的可溶性蛋白含量呈下降趋势,同一时期不同叶位可溶性蛋白含量表现为上部叶>中部叶>下部叶。在烟株现蕾后0~20 d内,叶片可溶性蛋白含量急剧下降,到成熟中后期下降速度趋于平缓。在烤烟上部叶中,可溶性蛋白含量表现为T<sub>3</sub>处理与T<sub>2</sub>处理

间差异不显著,而T<sub>3</sub>处理始终显著大于T<sub>1</sub>处理;中部叶成熟前期不同处理间可溶性蛋白含量表现与上部叶变化趋势一致,随着成熟进程的推进,3个处理间差异显著;不同成熟期下部叶3个处理间差异显著。相同叶位可溶性蛋白含量表现为T<sub>3</sub>>T<sub>2</sub>>T<sub>1</sub>。

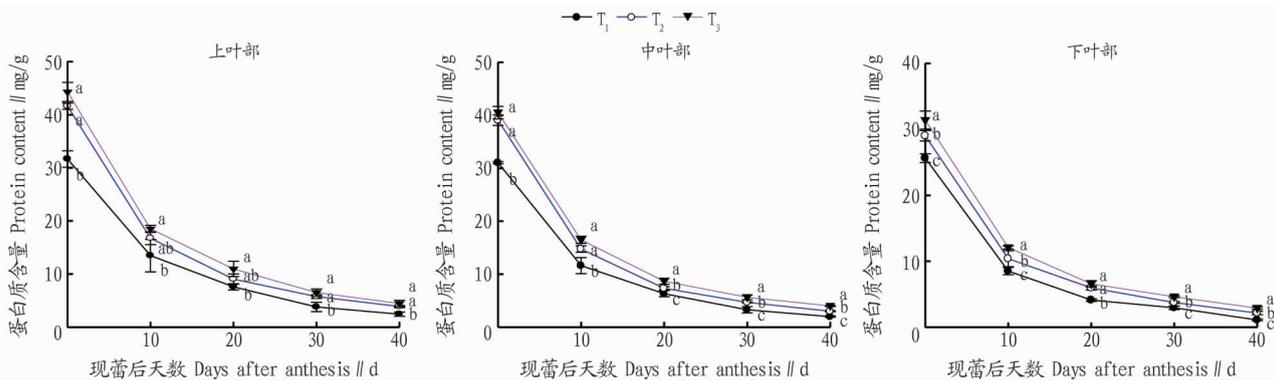


图2 不同覆盖方式下烤烟叶片可溶性蛋白含量的变化

Fig. 2 Changes of soluble protein content in flue-cured tobacco leaves under different mulching methods

**2.3 不同覆盖方式对烤烟叶片成熟期 Pro 含量的影响** 由图3可看出,不同处理和不同部位烟叶 Pro 含量均随成熟进程的推移表现为先迅速下降而后缓慢上升的变化规律,在整个成熟过程中,其 Pro 含量都是上部叶>中部叶>下部叶,且上部叶在各时期的值均远远大于中、下部叶的。在现蕾后0~20 d,不同处理上部叶 Pro 含量急剧下降,在现蕾后20~30 d缓慢上升,随后在现蕾后30~40 d又缓慢下降,T<sub>3</sub>处理

在各成熟时期均显著高于T<sub>1</sub>处理;不同处理中部叶 Pro 含量在成熟前期急剧下降,现蕾后30 d下降至最低点,随后再缓慢上升,3个处理在成熟前期差异显著,在成熟后期则是T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub>处理显著高于T<sub>1</sub>处理;不同处理下部叶 Pro 含量在现蕾后0~20 d下降至最低点,在现蕾后20~40 d上升缓慢,处理间在成熟前期差异显著,在成熟后期则差异不显著。

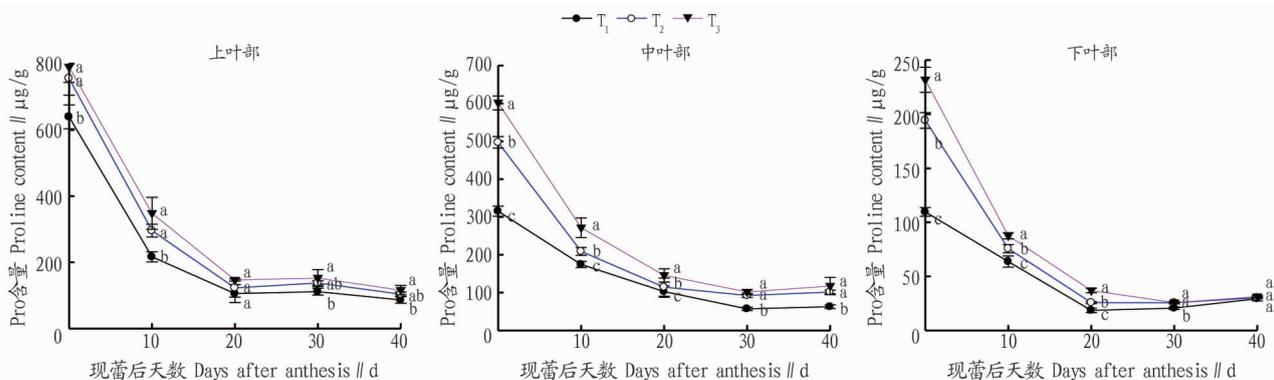


图3 不同覆盖方式下烤烟叶片 Pro 含量的变化

Fig. 3 Changes of proline content in flue-cured tobacco leaves under different mulching methods

**2.4 不同覆盖方式对烤烟叶片成熟期 MDA 含量的影响** 图4表明,烟叶 MDA 积累量随着叶片衰老持续升高,成熟前期增速缓慢,中后期迅速上升,不同部位叶片 MDA 含量表现为下部叶>中部叶>上部叶。总体趋势是T<sub>1</sub>处理各时期的 MDA 含量均最高,其次是T<sub>2</sub>处理,而T<sub>3</sub>处理最低,且显

著低于其他处理。T<sub>1</sub>处理在各时期其 MDA 含量均最高,表明其抗衰老能力弱于其他处理,而T<sub>3</sub>处理最低,说明在揭膜培土后垄上覆盖稻草能有效减弱烟叶的膜脂过氧化作用,相应地提高烟株的抗衰老能力。

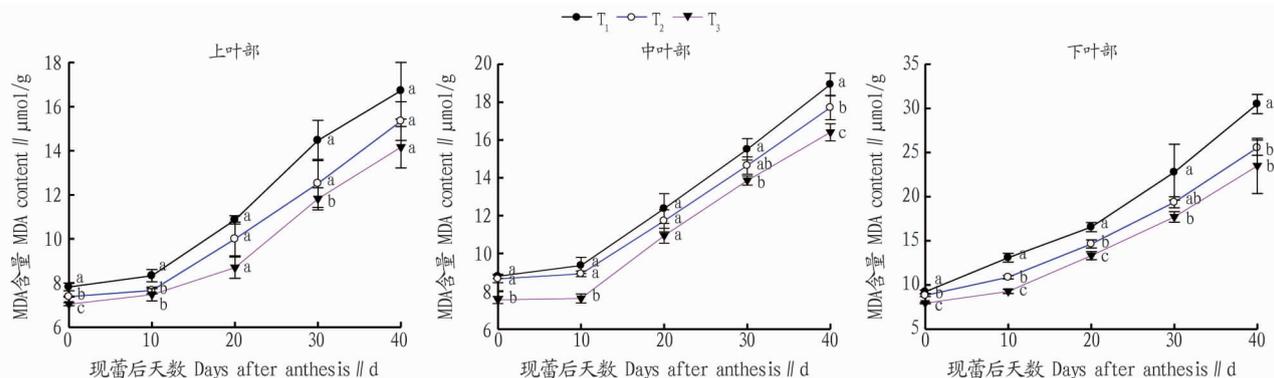


图4 不同覆盖方式下烤烟叶片 MDA 含量的变化

Fig. 4 Changes of malondialdehyde content in flue-cured tobacco leaves under different mulching methods

**2.5 不同覆盖方式对烤烟叶片成熟期 SOD、POD 活性的影响** 由图 5 可看出,烟叶 SOD 活性在成熟前期大幅度增加,中后期逐渐下降。随着叶片的衰老,烟叶中 SOD 活性呈单峰曲线变化,上部叶在现蕾后 30 d 达到最高值,随后急剧下降,而中部叶和下部叶则在现蕾后 20 d 上升至最高值再下降。在成熟前期,3 个部位烟叶 SOD 活性差异不大;随着成熟期的推移,在现蕾 20 d 时,下部烟叶 SOD 活性高于上、中部位;在成熟后期,下部叶 SOD 活性大幅度下降,低于同一时期的上、中部位;且同一部位烟叶 3 个处理间 SOD 活性差

异达显著水平。接近成熟时,SOD 活性最大的是  $T_3$  处理,其次是  $T_2$  处理,最小的是  $T_1$  处理。

由图 6 可知,烟叶 POD 活性也呈先升后降的趋势,上部叶和中部叶 POD 活性在现蕾后 30 d 达到最大值,下部叶则在现蕾后 20 d 达到最大值,之后均随叶片的衰老呈下降趋势;表现为上部叶>中部叶>下部叶。中、下部叶 3 个处理间在各时期差异显著;上部叶在成熟前期 3 个处理间差异显著,到成熟后期则差异不显著;不同叶位各时期  $T_3>T_2>T_1$ 。说明在成熟期, $T_3$  处理消除活性氧、抗衰老或耐熟性更具优势。

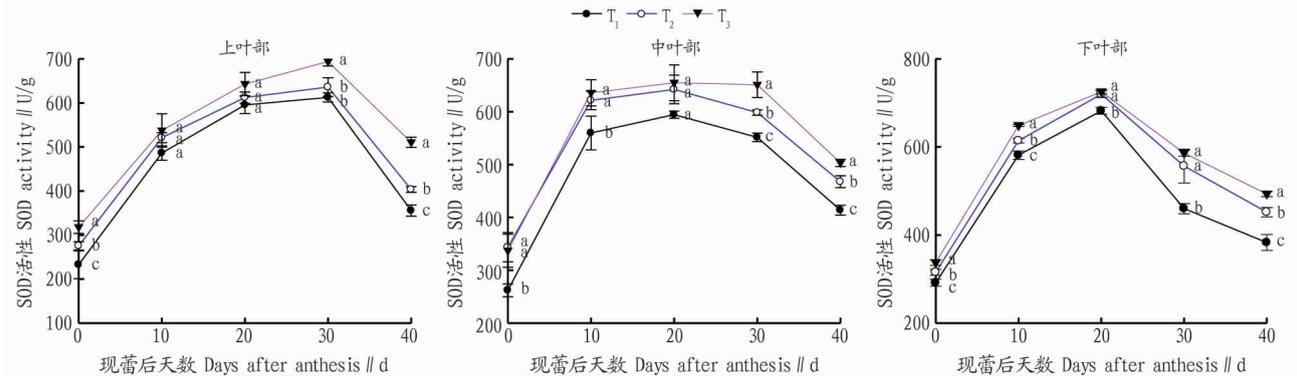


图 5 不同覆盖方式下烤烟叶片 SOD 活性的变化

Fig. 5 Changes of superoxide dismutase activity in flue-cured tobacco leaves under different mulching methods

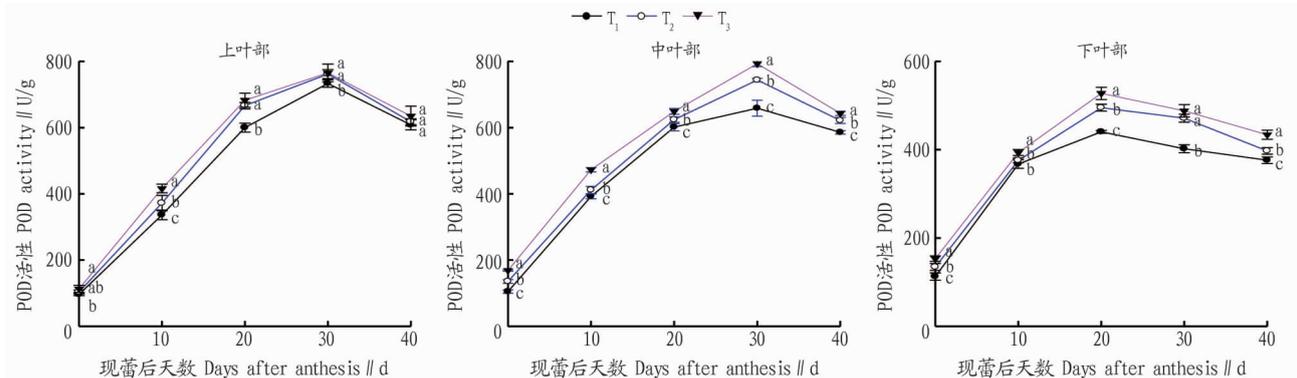


图 6 不同覆盖方式下烤烟叶片 POD 活性的变化

Fig. 6 Changes of peroxidase activity in flue-cured tobacco leaves under different mulching methods

**2.6 不同覆盖方式对烤烟经济性状的影响** 由表 1 可知,  $T_2$ 、 $T_3$  处理均能提高烟叶的经济性状,且  $T_2$ 、 $T_3$  处理各经济性状指标均显著高于  $T_1$  处理, $T_3$  处理则稍高于  $T_2$  处理,两处理间差异不显著,整体上  $T_3>T_2>T_1$ 。与对照  $T_1$  相比, $T_3$

处理的烟叶经济性状显著增加,烟叶的产量、产值、均价和上等烟比例分别增加了 261.07 kg/hm<sup>2</sup>、9 342.86 元/hm<sup>2</sup>、1.29 元/kg 和 5.31 百分点。由此可见,揭膜后高培土措施对提高烤后烟叶经济性状有明显作用。

表 1 不同覆盖方式对烟叶经济性状的影响

Table 1 Effects of different mulching methods on the economic properties of tobacco leaves

处理 Treatment	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	产值 Output value 元/hm <sup>2</sup>	均价 Average price 元/kg	上等烟比例 Proportion of premium smoke//%
$T_1$ (CK)	2 174.08±24.04 b	51 547.24±1 365.85 b	23.71±0.39 b	52.95±1.53 c
$T_2$	2 393.07±23.82 a	58 295.07±886.95 a	24.36±0.49 ab	56.48±0.77 b
$T_3$	2 435.15±16.50 a	60 890.10±1 248.74 a	25.00±0.60 a	58.26±1.76 a

**2.7 不同覆盖方式对烤烟化学成分的影响** 由表 2 可看出,与  $T_1$  处理相比, $T_2$ 、 $T_3$  处理均能不同程度提高中部烟叶的总糖、还原糖、总烟碱含量,降低总氮和氯离子含量;而上

部叶的总糖、还原糖和钾离子也有所增加,总烟碱、总氮和氯离子含量则不同程度降低。 $T_3$  处理与  $T_2$  处理相比,其上、中部位烟叶各化学成分增加和降低的幅度较小,两处理的原烟

化学成分趋于协调。

表2 不同覆盖方式对烟叶化学成分的影响

Table 2 Effects of different mulching methods on the chemical composition of tobacco leaves

等级 Grade	处理 Treatment	总糖 Total sugar %	还原糖 Reducing sugar//%	总烟碱 Total nicotine %	总氮 Total nitrogen %	氯 Chlorine %	钾 Potassium %	糖碱比 Sugar to alkali ratio	氮碱比 Nitrogen to nicotine ratio
C3F	T <sub>1</sub> (CK)	22.51	17.12	2.76	2.14	0.36	2.10	8.14	0.77
	T <sub>2</sub>	25.84	19.77	3.30	1.81	0.34	1.94	7.83	0.49
	T <sub>3</sub>	26.25	19.30	3.60	1.98	0.35	1.96	7.28	0.55
B2F	T <sub>1</sub> (CK)	20.34	17.20	4.67	2.72	0.43	1.88	4.36	0.58
	T <sub>2</sub>	22.47	18.92	3.76	2.12	0.31	1.90	5.98	0.56
	T <sub>3</sub>	23.24	19.31	3.68	2.31	0.31	1.94	6.32	0.63

### 3 讨论

在粤北烟区,地膜覆盖栽培能有效地提高烟田地温和防止水肥流失,促进烟株移栽后早生快发和降低早花率<sup>[11]</sup>;团棵期揭膜后高培土,促进烟株侧根和不定根发生和生长,有利于养分的吸收,为烟株地上部良好生长发育及成熟期物质吸收奠定了基础<sup>[12]</sup>;而同时在垄体覆盖秸秆可有效阻挡强光,降低烟田地温,减少水分蒸发,同时高C/N水稻秸秆的输入可直接增加土壤碳源,增加微生物种群和数量,提高了微生物活性<sup>[13]</sup>,并改善烟田土壤理化性状<sup>[14]</sup>。而整个生育期覆盖地膜,到成熟后期,尤其是在中部叶采收之后或者种植株距较大的烟田,在高温强光下烟株容易发生根际高温危害,从而降低根系的生理活性,造成烟叶早衰。“衰在叶片,源在根系;衰在后期,源在前期。”在烟株生长前期,地膜覆盖增加了烟田土壤表层贮水量<sup>[11]</sup>,使得水溶性、速效养分富集在表层,根系处于“懒”状态,无需向下深扎也能获取充足水肥,导致根系分布浅;不揭膜培土,垄体土量不够,烟株主根浅、侧根短而少,严重影响烟株中后期对土壤养分的吸收,加上地温过高,土壤水分和养分过分消耗,加剧烟株根系老化,从而造成烟株早衰,内含物不充实,也影响烟叶产量和品质的形成。并且烟田残膜难以清理彻底,甚至不清理,会破坏土壤团聚体结构,造成土壤板结,不利于下茬作物根系下扎,影响作物的生长发育<sup>[15]</sup>,从而发生恶性循环。

该试验研究表明:前膜后草的覆盖方式下,烟株成熟后期依然保持较高的叶绿素和可溶性蛋白含量,碳和氮的分解代谢强度相对较弱;且脯氨酸含量较高,SOD、POD活性较强,MDA积累量较低,说明能减弱烟叶的膜脂过氧化作用,增强自由基清除能力,延缓烟叶衰老,达到提升田间耐熟性的目的,同时获得最佳经济性状。而覆盖地膜不揭膜培土的处理,烟叶成熟后期叶绿素和可溶性蛋白含量降解最快,烟叶光合能力下降,活性氧清除能力下降,细胞膜脂过氧化作用加剧,抗逆性或抗衰老能力最弱,加速衰老进程,叶片不耐熟。揭膜高培土但不盖稻草的处理,其衰老特性介于前2种处理之间。这与杨志晓等<sup>[3,16-18]</sup>的研究结果一致。前膜后草措施下烤烟叶片成熟期叶绿素、可溶性蛋白、MDA和脯氨酸

含量及SOD、POD活性的变化态势符合延缓烤烟后期衰老的调控机理。

### 4 结论

在粤北烟叶生产实践中,前膜后草覆盖结合高培土的栽培方式能延迟烟叶衰老,提升烟叶田间耐熟性,提高烟叶经济性状和烟叶质量水平,对彰显烟叶浓香型风格特色具有重要意义。该技术措施简单易操作,效果明显,可在南方烟区推广使用。

### 参考文献

- [1] 王军,金亚波,韦建玉,等.施用有机物料耦合培土覆盖对烤烟大田生育进程及物质积累的影响[J].中国农学通报,2017,33(17):49-57.
- [2] 解红娥,李永山,杨淑巧,等.农田残膜对土壤环境及作物生长发育的影响研究[J].农业环境科学学报,2007,26(S1):153-156.
- [3] 杨志晓,张小全,毕庆文,等.不同覆盖方式对烤烟成熟期根系活力和叶片衰老特性的影响[J].华北农学报,2009,24(2):153-157.
- [4] 凌寿军,凌午舟,傅献忠,等.烤烟田间成熟度与烟叶程序化衰老特征的关系研究[J].广东农业科学,2010,37(6):42-44.
- [5] 张德龙,张士荣,王军,等.不同烤烟品种田间烟叶耐熟性强弱判定方法初探[J].青岛农业大学学报(自然科学版),2017,34(4):256-261.
- [6] 王程栋,王树声,陈爱国,等.烤烟衰老过程中叶片超微结构及生理特性变化研究[J].中国农学通报,2012,28(3):103-109.
- [7] 陈爱国,王树声,梁晓芳,等.烤烟叶片成熟与衰老生理特性研究[J].中国烟草科学,2005,26(4):8-10.
- [8] 赵铭钦,刘云,卢叶,等.不同成熟度对烤烟叶片膜脂过氧化特性的影响[J].江西农业学报,2010,22(4):39-42.
- [9] 张光利,聂荣邦.以烟叶脯氨酸含量判断田间成熟度的研究[J].作物研究,2008,22(1):31-32,35.
- [10] 邹琦.植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [11] 王军,谢玉华,罗慧红,等.“前膜后草”覆盖栽培对烟田土壤环境及烟株生长发育的影响[J].广东农业科学,2007,34(5):29-32.
- [12] 王军,何孝兵,刘兰,等.深栽耦合培土对烤烟根系发育及原烟产质量的影响[J].中国农学通报,2019,35(35):52-58.
- [13] 杨会超,詹良,范才银,等.秸秆还田对土壤理化性状及烟叶品质的影响[J].湖南农业科学,2018(5):45-48.
- [14] 郑梅迎,刘玉堂,张忠锋,等.秸秆还田方式对植烟土壤团聚体特征及烤烟产质量的影响[J].中国烟草科学,2019,40(6):11-18.
- [15] 张勇.有机肥在植烟土壤性状改良中应用的研究进展[J].安徽农业科学,2012,40(14):8126-8129.
- [16] 邹小阳,牛文全,刘晶晶,等.残膜对土壤和作物的潜在风险研究进展[J].灌溉排水学报,2017,36(7):47-54.
- [17] 许自成,张婷,程昌新,等.不同覆盖措施对烤烟生理特性及经济性状的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(2):69-72.
- [18] 杨志晓,杨铁钊,张小全,等.不同覆盖方式对烤烟生理特性及产量、品质的影响[J].土壤通报,2010,41(2):420-424.