



张艺璇,马晓艳,郭阿君.五叶地锦秋季变色期的光合特性变化[J].黑龙江农业科学,2024(6):42-47,48.

# 五叶地锦秋季变色期的光合特性变化

张艺璇<sup>1</sup>,马晓艳<sup>2</sup>,郭阿君<sup>3</sup>

(1. 银川市园林管理局 银川市绿化二处,宁夏 银川 750001; 2. 银川市园林管理局 银川市绿化一处,宁夏 银川 750001; 3. 北华大学 林学院,吉林 吉林 132000)

**摘要:**为了促进五叶地锦变色期的栽培生产及种植养护,进而阐明其生长发育的最适光环境,以五叶地锦变色期4个阶段(CⅠ、CⅡ、CⅢ、CⅣ)的叶色参数(Lab模型)、色素含量以及光合生理参数相关指标,进行单因素方差分析及相关性分析。结果表明,在变色期过程中,叶色参数 $a^*$ 值由-2.95提高到9.75,且差异显著;叶绿素含量下降的同时花色素苷含量上升,叶绿素含量和花色素苷含量在CⅣ阶段分别是CⅠ阶段的3.19%和26.19倍。叶色参数 $a^*$ 值与叶绿素含量呈极显著负相关,与花色素苷呈极显著正相关;五叶地锦在变色期最大净光合速率( $Pn_{max}$ )、气孔导度( $G_s$ )、水分利用率(WUE)、蒸腾速率( $Tr$ )的光响应曲线的数值随着叶片变红持续下降,且均与叶绿素含量呈极显著正相关。光饱和点在CⅣ阶段显著降低为 $92.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ;光补偿点(LCP)在CⅡ阶段下降达到显著,仅为CⅠ阶段的20.14%;表观量子效率(AQY)在CⅢ和CⅣ阶段均显著下降,分别为CⅠ的62.50%和8.33%。暗呼吸速率( $R_d$ )变化不显著。五叶地锦叶绿素下降而花色素苷上升造成叶色转红。叶绿素含量的降低造成五叶地锦光合能力下降,叶片在彻底变红前吸收强光的能力没有显著差异,但利用弱光的效率和对水分的利用能力降低。

**关键词:**五叶地锦;光合特性;光合色素;叶色参数

光合作用是植物生长发育的基础,对植物的生长状态、抗逆性、颜色形态等影响极大<sup>[1]</sup>。相较于绿叶植物,彩叶植物对光照具有更高的敏感性<sup>[2]</sup>。在植物的变色期,外界环境改变会造成色素含量的变化,间接使叶色转变并影响植物的光合作用,被改变的光合特性反过来又决定了植物利用光的生态习性<sup>[3]</sup>,如光合量子效率和光饱和点是决定植物能否适应遮荫环境的因素之一。这一系列过程最终影响植物生长发育以及园林观赏效果。同时,落叶植物季节性的光合作用也是影响叶片衰老的关键因素之一<sup>[4]</sup>。对落叶植物变色期的光合特性进行探讨有助于利用植物的最佳栽培与生长的光照条件。

五叶地锦(*Parthenocissus quinquefolia*)是葡萄科(Vitaceae)地锦属(*Parthenocissu*)落叶藤本,秋季叶片由绿转红观赏价值极高。由于其美观、攀援覆盖能力强、易成活等特点,五叶地锦在我国广泛种植并被大量运用在园林及荒坡绿化中。但目前关于五叶地锦的研究多是逆境生理<sup>[5-6]</sup>和栽培应用<sup>[7-8]</sup>,对于其生态习性方面的研究还处于起步阶段<sup>[9-10]</sup>,有关五叶地锦的变色期光合特性变化的研究更是少有报道。五叶地锦作

为广泛应用的彩叶植物,其变色期光合色素含量与其叶色参数存在什么关系,不同阶段的色素含量对光合特性是否造成了影响,被影响的光合特性是否会影响其生长等问题仍有待研究。本研究对五叶地锦变色期的4个不同颜色阶段进行定义,并对叶片进行色素含量与光合特性的变化测定与分析,为五叶地锦在变色期的栽培生产及种植养护提供基础理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地在北华大学东校区药用植物园南侧绿化带(43°83' N, 126°60' E)。该区域属温带大陆性季风气候,夏季温热多雨,冬季寒冷干燥。年平均气温5.8~5.9℃,≥10℃积温为2 900~3 100℃,极端最高气温36.6℃。全区日照时数2 400~2 600 h。年平均降水580~775 mm,无霜期130~140 d。

### 1.2 材料

随机选取露地栽培,受光情况一致,已定植多年生理状况稳定、长势良好且叶色均匀一致的五叶地锦作为供试材料。

收稿日期:2023-11-30

基金项目:青年科学基金项目(31400608)。

第一作者:张艺璇(1995—),女,硕士,从事植物光合特性及化感作用机理研究。E-mail:916865592@qq.com。

通信作者:郭阿君(1979—),女,博士,副教授,从事植物挥发物与抑菌作用机理研究。E-mail:108352666@qq.com。

1.3 方法

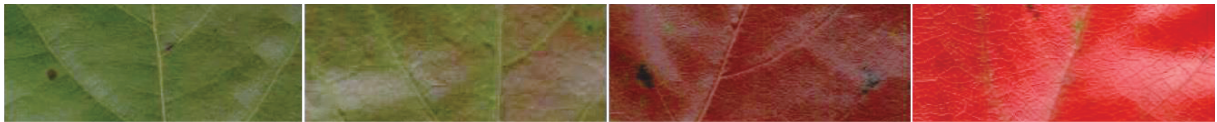
1.3.1 测定项目及方法 于2020年9月至11月根据五叶地锦整体叶色变化情况,将其变色期设定为4个变化阶段并采样:C I(9月24日)、C II(10月16日)、C III(10月26日)、C IV(11月2日),每阶段在20株五叶地锦的成熟枝条中段选取10片健康的叶片用于叶色参数及色素含量测定,光合参数为每阶段随机选取3株苗木,在每株苗木中段各选1片叶片测定。每个阶段选取晴天在上午9:00—11:00点选取植株外围受光情况较好的叶片进行叶色参数、色素含量、光合生理参数等指标的测定。

光合生理参数的测定:采用便携光合测量系统GFS-3000测定五叶地锦的光合生理参数。设定CO<sub>2</sub>

$$P_n = \frac{\Phi PPFD + P_{n_{max}} - \sqrt{(\Phi PPFD + P_{n_{max}})^2 - 4k\Phi PPFD P_{n_{max}}}}{2k} - R_d$$

式中,P<sub>n</sub>为净光合速率;PPFD为光通量密度;k为光响应曲线直角;Φ为表观量子效率。

色素测定:选取相近叶色的叶片10片,洗净并去除叶脉后剪碎充分混匀,取0.2 g为一份,测定色素含量。叶绿素和花色素苷(Ant)分别采用乙醇、盐酸乙醇提取并结合紫外分光光度计UV-2700测定。色彩色差计采用CR-410对五叶地锦颜色参数进行测定,L\*值为明度;a\*正值偏红,负值偏绿;b\*正值偏黄,负值偏蓝。参数绝对值越大,对应颜色越深。



C I C II C III C IV  
图1 五叶地锦变色期4个阶段

由表1可知,C I至C III阶段叶色差异较小,C IV阶段较前3个阶段的叶色参数具有显著性差异,L\*值、a\*值、b\*值达到最大。L\*值代表明度,其变化趋势为先降低后增加;a\*值在C I至C IV阶段期间由-2.95持续上升到9.75,表明叶

浓度为400 μmol·mol<sup>-1</sup>,气流流速为700 mmol·s<sup>-1</sup>。光通量密度(PPFD)范围0~1 800 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,设置其梯度为:1 800,1 600,1 400,1 200,1 000,800,600,400,200,100和50 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。从强光开始测定,每次测定前使仪器数值稳定30 min,每个光强照射下等待3~5 min待数值稳定取10个瞬时值的平均值作为一个数据。得到的净光合速率(P<sub>n</sub>)、气孔导度(G<sub>s</sub>)、蒸腾速率(T<sub>r</sub>)、胞间二氧化碳浓度(C<sub>i</sub>)等光合特性指标绘制光响应曲线,并根据以上数据拟合表观量子效率(AQY),计算水分利用率(WUE)。

WUE= P<sub>n</sub> / T<sub>r</sub>。

使用非直角双曲线模型(NRHM)<sup>[11]</sup>对光补偿点(LCP)和暗呼吸速率(R<sub>d</sub>)进行计算。

1.3.2 数据分析 利用Excel 2016进行数据记录与汇总,用R 4.0.2对各项数量指标进行单因素方差分析、LSD检验及双变量相关性分析,并用Origin 2019b进行绘图。

2 结果与分析

2.1 叶色参数变化规律

五叶地锦在9月至11月处在变色期间,叶色呈现较大差异,大致分为C I(深绿)-C II(红绿)-C III(深红)-C IV(亮红)四个阶段(图1)。

片绿色不断减少的同时红色逐渐加深的过程;b\*值代表颜色的黄蓝程度,呈现先减小后增加的趋势,但极值相差不大。L\*值、a\*值、b\*值的变化趋势说明五叶地锦在C I至C III阶段先偏黄后偏蓝,明度先降低后增高,且持续变红。

表1 五叶地锦叶色参数变化规律

颜色参数	C I	C II	C III	C IV
L*	5.30±0.32 ab	4.30±0.64 b	3.95±0.46 b	6.79±0.37 a
a*	-2.95±0.05 b	-0.08±0.78 b	3.95±0.97 b	9.75±3.20 a
b*	0.11±0.11 ab	-0.63±0.03 b	-0.85±0.04 b	2.00±0.82 a

注:不同小写字母表示不同变色时期在P<0.05水平差异显著。下同。

2.2 叶片光合色素变化

由图2可知,五叶地锦4个阶段的色素含量差异显著,在整个变色过程中,花色素苷的含量不

断上升的同时叶绿素含量持续下降。花色素苷在后两个阶段增加显著,C III阶段和C IV阶段的花色素苷含量分别是C I阶段的9.76倍和26.19倍;

叶绿素在每个阶段都显著减少,在 C II 至 C IV 阶段叶绿素含量分别是 C I 阶段的 63.34%、35.60%和 3.19%。C IV 阶段时花色素苷与叶绿素含量差值最大。

叶绿素 a 与叶绿素 b 含量在变色期均持续下

降,C II 至 C IV 阶段叶绿素 a 含量分别是 C I 阶段的 72.52%、40.08%和 2.61%;叶绿素 b 含量分别是 C I 阶段的 46.36%、27.31%和 4.25%。叶绿素 a/b 先显著增加后显著减小,C II 阶段比值最大,达到 2.91,C IV 阶段比值最小,为 1.14。

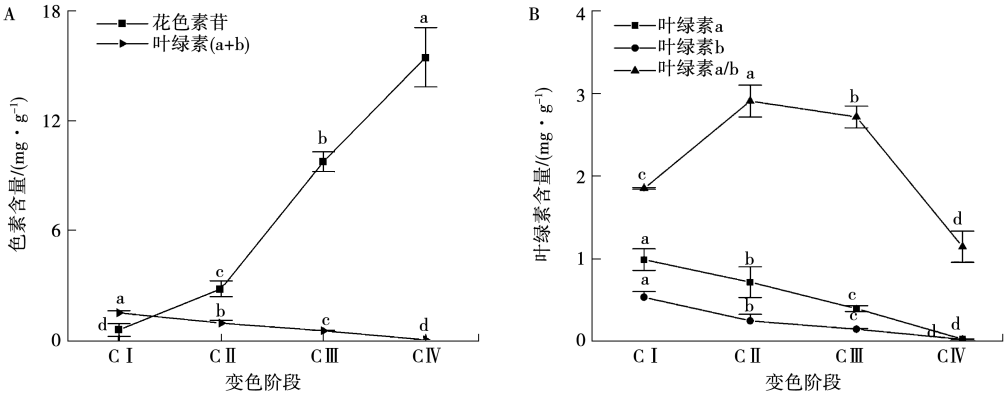


图 2 变色期五叶地锦色素含量变化

注:不同小写字母表示不同变色阶段在  $P<0.05$  水平差异显著。下同。

2.3 叶色参数与色素的相关性分析

由表 2 可知,五叶地锦的  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值均与叶绿素含量呈负相关,与花色素苷呈正相关。其中  $L^*$  值与叶绿素 b 呈显著负相关( $P<0.05$ ), $a^*$  值与叶绿素总含量、叶绿素 a、叶绿素 b 均呈极

显著负相关( $P<0.01$ ),与花色素苷呈极显著正相关; $b^*$  值与叶绿素 b 呈显著负相关,与花色素苷呈显著正相关。其中, $a^*$  值是最能反映五叶地锦叶片色素含量的颜色参数,叶片变红  $a^*$  值增加,叶绿素减少且花色素苷增加。

表 2 五叶地锦叶色参数与色素的相关系数

参数	$L^*$	$a^*$	$b^*$	叶绿素(a+b)	叶绿素 a	叶绿素 b	花色素苷
$L^*$	1						
$a^*$	0.760**	1					
$b^*$	0.939**	0.864**	1				
叶绿素(a+b)	-0.360	-0.824**	-0.493	1			
叶绿素 a	-0.442	-0.855**	-0.569	0.994**	1		
叶绿素 b	-0.665*	-0.737**	-0.706*	0.441	0.463	1	
花色素苷	0.494	0.853**	0.608*	-0.958**	-0.974**	-0.379	1

注: \* 表示在 0.05 水平上显著相关, \*\* 表示在 0.01 水平上显著相关。下同。

2.4 变色期的光响应曲线

2.4.1 净光合速率 对 4 个阶段叶片进行光响应曲线分析(图 3),发现每个阶段净光合速率的光响应曲线均随光强的增高先迅速升高而后逐渐趋于平缓,但从 C I 到 C IV 阶段,五叶地锦的叶片实测最大净光合速率显著变小,C IV 阶段最大净光合速率只有 C I 阶段的 2.83%。

2.4.2 其他光合参数 由图 4 可知,胞间二氧化碳浓度由高至低排序依次是 C I、C IV、C II、C III 阶段;气孔导度与蒸腾速率在 C I 到 C IV 期间每阶段都呈现显著降低;水分利用率整体呈现降低趋势,除了在 C II 至 C III 阶段不显著外,其他阶段均显著降低。

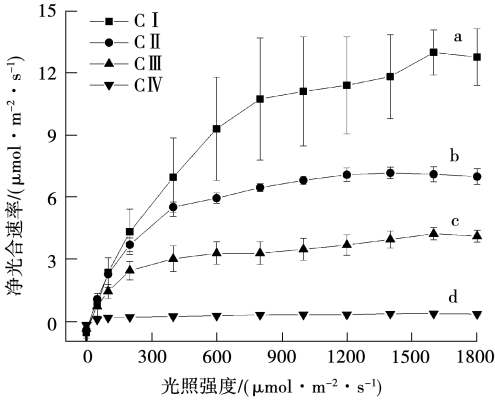


图 3 五叶地锦变色期净光合速率的光响应曲线

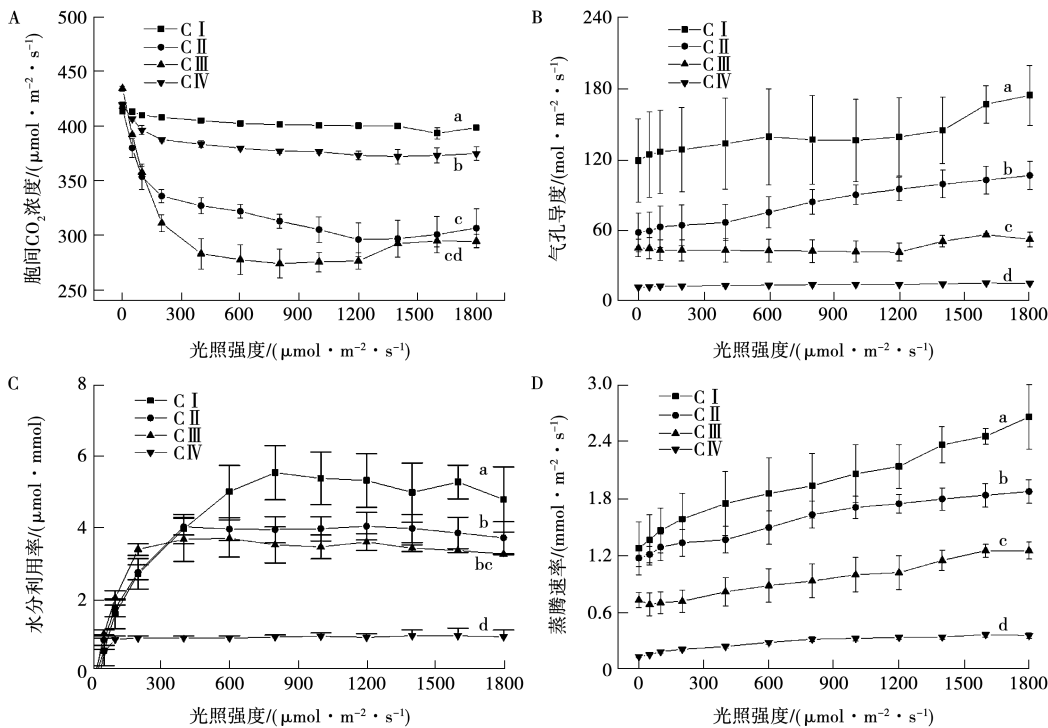


图 4 五叶地锦变色期光合参数对光强的响应

2.5 变色期的光合参数分析

对光响应曲线进行拟合,并利用非直角双曲线模型进行计算。由表 3 可知,光饱和点从 C I 到 C III 阶段没有显著差异,CIV 阶段光饱和点显著降低,仅为  $92.4\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ;光补偿点、量子效率在 C I 至 C IV 阶段持续降低。其中,光补偿点

在 C II 阶段下降显著,仅为 C I 阶段的 20.14%,在 C II 至 C IV 期间变化不显著;表观量子效率在 C III 和 C IV 阶段均显著下降,分别为 C I 的 62.50% 和 8.33%。4 个时期的暗呼吸速率变化均未达到显著水平。

表 3 五叶地锦变色期的光合参数

阶段	光饱和点/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	光补偿点/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	表观量子效率/ ( $\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	暗呼吸速率/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )
C I	$1436.4\pm697.15\ a$	$23.141\pm10.52\ a$	$0.024\pm0.01\ ab$	$0.032\pm0.25\ a$
C II	$926.5\pm57.55\ a$	$4.660\pm2.81\ b$	$0.026\pm0.00\ a$	$0.092\pm0.84\ a$
C III	$1044.0\pm190.87\ a$	$3.000\pm0.29\ b$	$0.015\pm0.00\ b$	$-0.395\pm0.50\ a$
C IV	$92.4\pm8.31\ b$	$1.237\pm0.32\ b$	$0.002\pm0.00\ c$	$-0.046\pm0.07\ a$

2.6 色素含量与光合参数相关性分析

对叶绿素及光合特性指标进行相关性分析和显著性检验,发现叶绿素含量极显著影响了五叶地锦变色期光合特性。4 个阶段叶绿素含量和净

光合速率、叶片气孔导度、蒸腾速率和水分利用率均呈极显著正相关,相关系数分别为 0.970, 0.939, 0.919 和 0.913,与胞间  $\text{CO}_2$  浓度相关性不显著(表 4)。

表 4 五叶地锦叶绿素含量与光合参数的相关性分析

参数	叶绿素(a+b)	净光合速率	气孔导度	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度	蒸腾速率	水分利用率
叶绿素(a+b)	1					
净光合速率	0.970**	1				
气孔导度	0.939**	0.970**	1			
胞间 $\text{CO}_2$ 浓度	0.184	0.243	0.296	1		
蒸腾速率	0.919**	0.918**	0.923**	0.296	1	
水分利用率	0.913**	0.930**	0.882**	-0.095	0.784**	1



### 3 讨论

#### 3.1 不同阶段的叶色参数和叶片色素变化

$L^*$ 、 $a^*$ 和 $b^*$ 值可以作为观赏植物应用选择的指导指标<sup>[12]</sup>,五叶地锦变色期不同阶段的叶色参数不断变化,CIV阶段达到最高,这可能是五叶地锦整个变色过程中温度持续降低造成的,叶绿素易降解使含量下降,而花色素苷的合成可以帮助植物应对寒冷、干旱或强光等胁迫<sup>[13-14]</sup>,最终导致叶绿素含量不断下降花色素苷含量上升,使叶色向红转变。其中,叶绿素a在光合作用进程中起到光能转化的作用,叶绿素b能提高植物对弱光的利用性<sup>[15]</sup>,叶绿素a/b常被用作衡量光合能力的指标<sup>[16]</sup>。在五叶地锦CII至CIV变色过程中,叶绿素a与叶绿素b下降但两者速率不同,这可能是因为植物叶片中花色素苷对LHC-II复合体中的叶绿素b分子有保护作用<sup>[17]</sup>,使叶绿素b相较于叶绿素a分解速度更慢。两者不同的降解速度也造成叶绿素a/b持续下降,使五叶地锦能更有效地吸收可见光谱。

植物叶片色素的种类和比例很大程度上决定了其呈色<sup>[18]</sup>,但是不同植物的规律有所不同<sup>[19]</sup>。对叶色参数和光合色素进行相关分析发现, $a^*$ 值与叶绿素a、叶绿素b呈极显著负相关,与花色素苷呈极显著正相关, $L^*$ 值、 $b^*$ 值均与叶绿素b达到显著负相关。因此,五叶地锦的 $a^*$ 值可以较准确反映色素变化趋势。

#### 3.2 不同阶段的光合特性变化

光响应曲线可以反映光反应过程的效率<sup>[20]</sup>。在五叶地锦变色过程中净光合速率的不断降低证明有机物的积累速率不断降低,其中CIV阶段最大净光合速率只有CI阶段的2.83%。其中,光饱和点是植物在光照条件下净光合速率达到稳定的点,即植物对光强的最适吸收范围的最大值,反映了植物利用强光的能力;表观量子效率(AQY)是衡量植物在弱光下( $PPFD \leq 200 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )对光能利用能力的指标。通过对光饱和点实测数据发现,五叶地锦变色期前3个阶段的叶片光饱和点没有显著差异,仅在CIV阶段显著降低。证明五叶地锦在彻底变红前叶片利用强光的能力没有差异;与此同时,CII和CIV阶段五叶地锦变色期光合量子效率显著下降,在CIV阶段光合量子效率仅为CI的8.33%,即五叶地锦利用弱光的效率下降。在五叶地锦整个变色过程中,光补偿点不断降低,在CII阶段下降显著,仅为CI阶段

的20.14%。光补偿点是光合产物进行正向累积的点,光补偿点越小证明植物越容易在弱光情况下进行正向累积,耐荫性就越强<sup>[21]</sup>;暗呼吸速率是植物在夜间消耗有机物的速率,在五叶地锦的变色期暗呼吸速率变化不显著,反映了其对有机物的需求变化不大。

水是光合作用的原料,蒸腾速率与水分利用率体现了植物体内水分代谢情况,气孔导度则反映了植物与外界气体流通的程度。在CI至CIV阶段,五叶地锦的蒸腾作用不断减弱,这可能是气孔导度下降造成的。蒸腾速率的下降小于净光合速率的降低,造成了水分利用率的下降。除此之外,在受到强光或高温胁迫时,蒸腾速率能降低叶片的温度,使植物在强光下不宜受伤。在CIV阶段五叶地锦的蒸腾速率随光强升高的增幅最小,对叶片的降温效果最差,应避免高温高光强培养,以免叶片灼伤。植物胞间二氧化碳浓度能反映植物对 $\text{CO}_2$ 的利用率。根据光合作用限制判别准则<sup>[22]</sup>,在CIV阶段植物净光合速率、气孔导度下降而胞间 $\text{CO}_2$ 浓度上升,通常认为是非气孔因素造成的。

#### 3.3 色素含量对光合特性的影响

在光合作用中,光通过色素分子进入植物体内<sup>[23]</sup>。叶绿素(a+b)含量可以反映出植物的光合潜力,花色素苷可以增加光抑制的耐受性。本研究发现,叶绿素的降低与花色素苷的升高直接导致了五叶地锦在变红过程中光合能力下降,表现为随着叶绿素下降,净光合速率、气孔导度、水分利用率、蒸腾速率等指标下降。这可能是由于色素代谢调节在叶片衰老过程中以最大限度地减少光损伤<sup>[24]</sup>。大多数木本植物在叶片衰老的过程中会合成花色素苷<sup>[13]</sup>,花色素苷可以增加在高光照和低温下对光抑制的耐受性<sup>[25]</sup>并可以防止敏感组织的光氧化损伤<sup>[14]</sup>。五叶地锦在变色期不断合成花色素苷可能是植物的一种自我保护机制。

### 4 结论

研究表明,五叶地锦在变色期间,叶色参数 $a^*$ 值从-2.95增加到9.75,叶绿素和花色素苷在CIV阶段分别是CI阶段的3.19%、26.19倍。最大净光合速率( $Pn_{\max}$ )、气孔导度( $G_s$ )、水分利用率(WUE)和蒸腾速率( $Tr$ )等光合参数随着叶片变红持续下降,暗呼吸速率( $R_d$ )变化不显著。研究表明叶片在彻底变红前吸收强光的能力没有显著差异,但利用弱光的效率和对水分的利用能

力降低。因此,在五叶地锦变色期前期的栽培管理中需要给予充足的光照条件,以满足较高光补偿点。在变色期后期应该随着五叶地锦向红转变的进程逐步降低培养光照,避免因蒸腾速率和气孔导度降低引起的叶片灼伤。

参考文献:

[1] van de WEG M J, SHAVER G R, SALMON V G. Contrasting effects of long term versus short-term nitrogen addition on photosynthesis and respiration in the Arctic[J]. Plant Ecology, 2013,214(10):1273-1286.

[2] 潘晶晶. 金叶复叶槭叶色呈色机理研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020.

[3] CHEN Y S, CHESSON P, WU H W, et al. Leaf structure affects a plant's appearance: combined multiple-mechanisms intensify remarkable foliar variegation[J]. Journal of Plant Research,2017,130(2):311-325.

[4] ZANI D, CROWTHER T W, MO L D, et al. Increased growing-season productivity drives earlier autumn leaf senescence in temperate trees[J]. Science,2020,370(6520):1066-1071.

[5] 刘会超,孙振元,彭镇华. NaCl 胁迫对五叶地锦生长及某些生理特性的影响[J]. 林业科学,2004,40(6):63-67.

[6] 刘慧民,王崑,李奇石,等. 五叶地锦低温处理条件下与抗寒相关的部分生理生化指标的变化规律[J]. 东北林业大学学报,2003,31(4):74-75.

[7] 刘洋,张明庆. 北京地区五叶地锦的物候观察及其园林应用[J]. 首都师范大学学报(自然科学版),2015,36(3):88-90,96.

[8] 谭雪红. 河北省廊涿高速公路抗旱植物筛选及地表覆盖研究[D]. 北京:北京林业大学,2011.

[9] 刘周莉,赵明珠,秦娇娇,等. 三种木质藤本植物光合特性比较研究[J]. 生态环境学报,2015,24(6):952-956.

[10] 袁雪涛,夏冬,许永利,等. 应用 Logistic 方程测定四种藤本植物的耐热性[J]. 北方园艺,2017(14):99-102.

[11] THORNLEY J H M. Dynamic model of leaf photosynthesis with acclimation to light and nitrogen[J]. Annals of Botany, 1998,81(3):421-430.

[12] BASUNANDA P. Keragaman genetik Dan korelasi parameter warna beras Dan Kandungan antosianin total sebelas kultivar padi beras hitam lokal genetic variability of rice pericarp color parameters and total anthocyanine content of eleven local black rice and their correlation[J]. Ilmu Pertanian,2014,17(1):57-40.

[13] HJELM U, ÖGREN E. Is photosynthetic acclimation to

low temperature controlled by capacities for storage and growth at low temperature? Results from comparative studies of grasses and trees[J]. Physiologia Plantarum, 2003,119(1):113-120.

[14] LEE D W, O'KEEFE J, HOLBROOK N M, et al. Pigment dynamics and autumn leaf senescence in a New England deciduous forest, eastern USA[J]. Ecological Research, 2003,18(6):677-694.

[15] 杨露,于晓跃,刘煜光,等. 遮荫对 2 种彩叶风箱果叶色及光合特性的影响[J]. 河北农业大学学报,2016,39(5):75-81.

[16] SIMY S, YIM S H, CHOO Y S. Photosynthetic and physiological characteristics of the evergreen *Ligustrum japonicum* and the deciduous *Cornus officinalis* [J]. Journal of Plant Biology,2021,64(1):73-85.

[17] GOULD K S, LEE D W, CALLOW J A. Anthocyanins in leaves[M]. Academic Press,2002.

[18] 何奕昆,代庆阳,苏学辉. 雁来红叶色转变与超微结构及色素含量的关系[J]. 四川师范学院学报(自然科学版),1995,16(3):195-198.

[19] SARI I A, SETYAWAN B, ADHIWIBAWA M A S, et al. Chromatographic identification of leaf color characteristics on fine-flavor and bulk cacao as selection indicator[J]. Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal), 2016,32(1):1-9.

[20] SHARP R E, MATTHEWS M A, BOYER J S. Kok effect and the quantum yield of photosynthesis[J]. Plant Physiology, 1984,75(1):95-101.

[21] 周潇,毛凯,干友民. 我国地被植物耐荫性研究[J]. 北方园艺,2007(1):51-53.

[22] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982,33:317-345.

[23] ARP T B, KISTNER-MORRIS J, AJI V, et al. Quieting a noisy antenna reproduces photosynthetic light harvesting spectra[J]. Science,368.

[24] OUGHAM H J, MORRIS P, THOMAS H. The colors of autumn leaves as symptoms of cellular recycling and defenses against environmental stresses[J]. Current Topics in Developmental Biology,2005,66:135-160.

[25] KROL M, GRAY G R, HUNER N P A, et al. Low-temperature stress and photoperiod affect an increased tolerance to photoinhibition in *Pinus banksiana* seedlings[J]. Canadian Journal of Botany,1995,73(8):1119-1127.

# Changes of Leaf Photosynthetic Characteristics During Discoloration Period of *Parthenocissus quinquefolia*

ZHANG Yixuan<sup>1</sup>, MA Xiaoyan<sup>2</sup>, GUO Ajun<sup>3</sup>

(1. Yinchuan No. 2 Greening Division, Yinchuan City Landscape Gardens Bureau, Yinchuan 750001, China;  
2. Yinchuan No. 1 Greening Division, Yinchuan City Landscape Gardens Bureau, Yinchuan 750001, China;  
3. College of Forestry, Beihua University, Jilin 132000, China)



张亚菲,黄俊华,杨志刚,等. 新疆木本植物区系分析[J]. 黑龙江农业科学, 2024(6):48-56.

# 新疆木本植物区系分析

张亚菲<sup>1</sup>,黄俊华<sup>1</sup>,杨志刚<sup>2</sup>,阿尔达克·库万太<sup>1</sup>

(1. 新疆农业大学 林学与风景园林学院,新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆生产建设兵团林业和草原资源监测中心,新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**为了充分掌握新疆木本植物资源,明确木本植物区系成分,通过实地调查,采用样线法对新疆区内木本植物进行全面调查,并对标本进行采集和鉴定,从而对科、属、种的区系进行全面分析。结果表明,新疆共有木本植物 434 种 2 亚种 36 变种 1 变型,隶属于 37 科 115 属,其中裸子植物有 3 科 6 属 18 种,被子植物有 34 科 109 属 416 种。本区木本植物的种类趋向于集中在有限的少数科内,单属科和单种科居多。从生活型来看,乔木 46 种,灌木 260 种最为丰富,半灌木及小半灌木 122 种,木质藤本仅 6 种。新疆木本植物属的地理成分以北温带分布及变型为主(49 属,45.57%),其次是地中海、西亚至中亚分布及变型(19 属,18.45%)、中亚分布及其变型(17 属,15.50%),表明本区木本植物区系具有非常明显的温带性质干旱属性两大基本特点,这也与新疆所处的气候地理环境是高度一致的。

**关键词:**新疆;木本植物;植物区系;分布区类型

植物区系是某一地区,或者某一时期、某一分类群、某类植被等所有植物种类的总和,是植物界在一定自然地理环境,特别是自然历史条件综合作用下长期发展演化的结果<sup>[1]</sup>。植物区系的研究

收稿日期:2023-11-20

基金项目:地区科学基金项目(31660088)。

第一作者:张亚菲(1987—),女,硕士,讲师,从事园林植物资源与应用研究。E-mail:370681290@qq.com。

通信作者:黄俊华(1973—),女,博士,教授,从事野生观赏植物开发与利用研究。E-mail:huangjunhua-7311@163.com。

**Abstract:** In order to investigate the changes of photosynthetic characteristics during the discoloration period of the *P. quinquefolia*, and elucidate the optimal light environment for its growth and development. The leaves of *P. quinquefolia* were taken as the material to determine the four stages of the discoloration period [C I (dark green leaf)-C II (red green leaf)-C III (dark red leaf)-C IV (bright red leaf)] leaf color parameters (Lab model), pigment content and photosynthetic characteristics are related index. Then carry out ANOVA analysis of variance and correlation analysis. The results showed that the leaf color parameter  $a^*$  value was significantly increased from  $-2.95$  to  $9.75$  during the discoloration period. The chlorophyll content decreased while the anthocyanin content increased, and the chlorophyll content and anthocyanin content were 3.19% and 26.19 times that of the CIV. stage, respectively. The leaf color parameter  $a^*$  value was extremely significantly negatively correlated with chlorophyll content, and extremely significantly positively correlated with anthocyanin. The maximum net photosynthetic rate ( $Pn_{max}$ ), stomatal conductance ( $G_s$ ), water use efficiency (WUE), and transpiration rate ( $Tr$ ) of *P. quinquefolia* during the discoloration period changes with the leaves red continued to decline, and both were significantly positively correlated with chlorophyll content. The light saturation point was significantly reduced to  $92.4 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  in the CIV stage. And the light compensation point decreases significantly in the C II stage, which was only 20.14% of the C I stage; The apparent quantum efficiency decreased significantly to 62.50% and 8.33% of C I compare with the C III and CIV stages, respectively. The dark breathing rate does not change significantly. Research shows that the chlorophyll decreases and the anthocyanin increases are the main reasons that cause the leaf color to turn red. The decrease in chlorophyll content caused the decline of photosynthetic capacity of *P. quinquefolia*. There was no significant difference in the ability of leaves to absorb bright light before turning completely red, but the efficiency of using low light and the ability to use water were reduced.

**Keywords:** *Parthenocissus quinquefolia*; photosynthetic characteristics; photosynthetic pigment; leaf color parameters