

# 淹水胁迫对双荚决明生长及生理特性的影响

蔡思琪, 廖飞勇

(中南林业科技大学 风景园林学院, 湖南 长沙 410004)

**摘要:**以一年生双荚决明实生苗为试材,设置了轻度、中度、重度淹水胁迫处理,研究了不同程度的淹水胁迫处理对双荚决明的叶绿素荧光参数、过氧化物酶(POD)活性、丙二醛(MDA)含量、叶绿素含量以及叶片含水量等生长及生理生化指标的影响。结果表明:随着淹水深度的加大,双荚决明植株受到的胁迫伤害逐渐增大。淹水处理6 d后,重度水淹的双荚决明植株已全部死亡。经过1个月的淹水胁迫处理,轻度水淹组和中度水淹组的 $F_0$ 、 $F_v/F_m$ 、 $qN$ 相比对照组均有所下降,而 $ETR$ 、 $F_v'/F_m'$ 呈现先上升后下降的趋势;POD活性随着胁迫时间的延长先上升后下降。叶片含水量和丙二醛含量相比对照组明显上升,叶绿素含量则低于对照。在淹水胁迫处理12个月后,轻度水淹组和中度水淹组双荚决明依然生长良好,长出许多气生根来适应淹水环境。

**关键词:**双荚决明;水淹胁迫;生理特性;气生根

**中图分类号:**S 793.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)03-0071-05

双荚决明(*Cassia bicapsularis*)属苏木科决明属半常绿灌木,因其细长圆柱状荚果由2个1组悬挂枝顶而得名<sup>[1]</sup>,高1.5~3.0 m,偶数羽状复叶互生,小叶3~5对,卵状长椭圆形或倒卵状椭圆形,叶面灰绿色,叶缘有金边环绕<sup>[2]</sup>。花金黄色,双荚决明的繁殖周期在木本植物当中是很短的,4月播种,当年9月即可开花,我国江南地区花期可持续至12月上旬,翌年3月果实成熟<sup>[3]</sup>。喜光,根系发达,萌芽能力强,适应性较广,较耐寒、耐干旱瘠薄的土壤,耐高温强光环境<sup>[4]</sup>。双荚决明的抗旱性较差,水分亏缺对其有严重影响。文瑛<sup>[5]</sup>试验表明,水淹3个月后植物生长正常,且正常开花,表明双荚决明能适应长期的水淹,在生理上进行了调整以适应水淹环境。为了进一步弄清其耐水淹的机理,能更好地应用双荚决明,现对其淹水胁迫下的生理生态习性进行

研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为生长基本一致的一年生双荚决明的实生苗,植物种植于中南林业科技大学校园。在试验之前,选用20株上盆(直径275 mm、高240 mm),每盆加同样多的土壤(腐殖土与黏土比例为1:1),进行2个月正常的肥水管理后,选用长势整齐12株植株入室内,随机分为4组,每组3盆。以自然的温度、湿度处理。人工碘钨灯光源,光强 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

### 1.2 试验方法

试验设置了对照(保证其含水量在30%以上)、轻度水淹组(保证整个植株根部都在水面以下)、中度水淹组(保证水面维持在植株高度的中间位置)、重度水淹组(将水位线加至完全覆盖植株),2015年7月23日开始进行淹水胁迫处理,6 d后,重度水淹组全部死亡,将其撤出试验(没有进行生理指标的测定)。试验结束后将轻度水淹组和中度水淹组植株一直培养,12个月后2组植株生长良好。

### 1.3 项目测定

1.3.1 荧光参数测定 测定时的温度和湿度为自然温度和自然湿度,在暗适应20 min后测定其最小荧光( $F_0$ )、最大荧光( $F_m$ )、可变荧光( $F_v$ )、光化学淬灭系数( $qP$ )、非光化学淬灭系数( $qN$ );在

**第一作者简介:**蔡思琪(1992-),女,硕士研究生,研究方向为风景园林学。E-mail:670713137@qq.com.

**责任作者:**廖飞勇(1973-),男,湖南安化人,博士,教授,硕士生导师,研究方向为园林植物与观赏园艺。E-mail:xylfy@163.com.

**基金项目:**湖南省教育厅重点资助项目(15A195);湖南省研究生科技创新资助项目(CX2016B324);中南林业科技大学研究生科技创新基金资助项目(CX2016810)。

**收稿日期:**2016-09-26

800  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  光强下进行光适应,直到  $\text{dF}/\text{dt}$  (荧光变化率,  $F$  为实时荧光信号值,  $t$  为时间)在  $\pm 5$  以内时测定光下的  $F_0$ 、 $F_m'$ 、 $F_v'$ 、 $\text{ETR}$  (表观光合电子传递速率)<sup>[6]</sup>, 3 次重复,取其平均值。

1.3.2 植物组织含水量的测定 将待测植物材料 (从顶端往下第 5 片叶子) 从植株上取下后,用蒸馏水洗净,用滤纸擦干后用电子天平称量,得到叶片鲜质量 ( $m_1$ , g),再放入 105  $^{\circ}\text{C}$  恒温烘箱中烘干至恒重,再用电子天平称量得到叶片干质量 ( $m_2$ , g)。植物组织含水量  $= (m_1 - m_2) / m_1$ 。

1.3.3 叶绿素含量的测定 叶绿素浓度的测定采用分光光度法<sup>[7]</sup>,在待测植株上各取 0.05 g 叶片剪碎后放入研钵中,加入适量 80% 丙酮和少许  $\text{CaCO}_3$  研磨成匀浆。将匀浆用 80% 丙酮定容至 10 mL,摇匀后马上吸取 2 mL 置于试管中,根据提取液颜色的深浅在加入适量的 80% 丙酮进一步提取,3 000  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 5 min。用 SP-756P 分光光度计,在 440、645、663 nm 处测定样品的吸光值,计算叶绿素 a、b 和类胡萝卜素的含量。 $C_A = 12.7 \times A_{663} - 2.69A_{645}$ ;  $C_B = 22.9A_{645} - 4.68A_{663}$ ;  $C_{A+B} = 20.2A_{645} + 8.02A_{663}$ ;  $C_K = 4.7A_{440} - 0.27C_{A+B}$ 。式中,  $C_A$ 、 $C_B$ 、 $C_{A+B}$ 、 $C_K$  分别表示叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 (a+b) 和类胡萝卜素的浓度。 $A_{663}$ 、 $A_{645}$ 、 $A_{440}$  分别表示色素溶液在 663、645、440 nm 的吸光度值。叶绿素含量 ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) = 样品浓度 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )  $\times$  样品体积 (mL)  $\times 10^{-3}$  叶质量 (g)。

1.3.4 丙二醛含量的测定 取 0.05 g 植物样品,先加 10% TCA (10% 的三氯乙酸) 2 mL 研磨匀浆后再加入 3 mL TCA 进一步研磨,研磨后所得匀浆在 3 000  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  下离心 10 min,上清液为样品提取液。然后,取上述步骤所得的上清液 2.0 mL 于带塞试管中,加入 0.5% TBA (0.5% 的硫代巴比妥酸) 溶液 2.0 mL,混合后于沸水浴上反应 20 min,迅速冷却后离心,上清液分别于 532、600、450 nm 波长下测定 OD 值。对照管以 2 mL 水代替提取液<sup>[8]</sup>。丙二醛浓度  $C (\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) = 6.45 (OD_{532} - OD_{600}) - 0.56OD_{450}$ ,  $\text{MDA} (\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}) = C (\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) \times \text{提取液体积 (L)} / \text{植物组织鲜质量 (g)}$ 。

1.3.5 过氧化物酶 (POD) 活性的测定 酶液的制备:称取 0.05 g 待测叶片,加入 4 mL 的 pH 7.0 PBS (50  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的磷酸缓冲液),冰浴研磨,15 000  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 15 min,取部分上清液用于酶活性测定。POD 活性的测定:在 3 mL 的反应体系中,加入 0.3%  $\text{H}_2\text{O}_2$  (吸 0.5 mL 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  加入 pH

7.0 PBS 至 50 mL) 1 mL、0.2% 愈创木酚 (称 0.2 g 愈创木酚加入 pH 7.0 PBS 配成 100 mL 溶液) 0.95 mL, pH 7.0 PBS 1 mL,最后加入 0.05 mL 酶液启动反应,记录 470 nm 处 OD 增加速度。将 1 min OD 增加 0.01 定义为一个活力单位<sup>[9]</sup>。

1.3.6 气生根的生长情况 用游标卡尺测量气生根的生长长度。

## 1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同程度的淹水胁迫处理对双荚决明叶绿素含量的影响

叶绿素是重要的光合色素,其含量多少可以反映植物光合作用的强弱,从而影响植物的生长。表 1 表明,水淹后叶绿素含量总体呈下降趋势。轻度水淹组和中度水淹组之间无显著性差异,但是明显低于对照组。在处理 31 d 后,轻度水淹组和中度水淹组相比对照组分别下降 26.74%、28.48%,这说明淹水胁迫影响双荚决明体内总叶绿素的含量,从而影响光合作用。

表 1 淹水胁迫对双荚决明叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of waterlogging stress on chlorophyll content of *Cassia bicaupularis*  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

	AT11	AT21	AT31
对照 CK	4.652 $\pm$ 0.207a	4.438 $\pm$ 0.197a	4.589 $\pm$ 0.093a
轻度水淹组 SW	4.063 $\pm$ 0.133b	3.527 $\pm$ 0.223b	3.362 $\pm$ 0.174b
中度水淹组 MW	4.341 $\pm$ 0.074b	3.473 $\pm$ 0.173b	3.282 $\pm$ 0.087b

注:AT11 处理后 11 d;AT21 处理后 21 d;AT31 处理后 31 d。a、b 代表差异的显著性水平, $\alpha=0.05$ 。下同。

Note:AT11, 11 days after treatment;AT21, 21 days after treatment;AT31, 31 days after treatment. a, b represents the significance level of the difference,  $\alpha=0.05$ . The same below.

### 2.2 淹水胁迫对双荚决明荧光参数的影响

2.2.1 淹水胁迫对  $F_0$  的影响  $F_0$  表示充分暗适应条件下的最小荧光。表 2 表明,轻度水淹组和中度水淹组之间的差异较小,且 2 组  $F_0$  都低于对照组,说明经过淹水胁迫处理以后降低了植物对光能的利用。随着胁迫时间的增加,2 个处理组  $F_0$  都呈现升高的趋势,可能是由于受到淹水胁迫时,形成传递电子的能量减少,而以荧光发射的能量增加,所以  $F_0$  升高。

2.2.2 淹水胁迫对  $F_v/F_m$  的影响  $F_v/F_m$  是光化学量子效率,表示光合机构把吸收的光能用于化学反应的最大效率,经常被用来表示环境胁迫程度的敏感指标<sup>[10]</sup>。表 3 表明,在淹水处理 10 d 后,中度水淹组与对照组无显著差异,而轻度水淹组比对照

组下降了 3.8%;随着淹水胁迫时间的增加,淹水处理组的 Fv/Fm 均逐渐下降。在淹水处理 30 d 后,轻度水淹组和中度水淹组与对照达到了差异显著性水平,分别下降了 9.5%、7.2%。

表 2 淹水胁迫对双荚决明 Fo 的影响

Table 2 Effects of waterlogging stress on Fo of

*Cassia bicapsularis*

处理	AT10	AT20	AT30
对照 CK	207.393±1.033a	204.747±1.858a	205.303±2.500a
轻度水淹组 SW	177.882±7.322b	183.237±6.590b	187.052±3.260b
中度水淹组 MW	181.235±4.190b	184.403±6.624b	189.941±5.681b

表 3 淹水胁迫对双荚决明 Fv/Fm 的影响

Table 3 Effects of waterlogging stress on Fv/Fm of

*Cassia bicapsularis*

处理	AT10	AT20	AT30
对照 CK	0.760±0.011a	0.768±0.026a	0.759±0.013b
轻度水淹组 SW	0.731±0.016b	0.697±0.025b	0.687±0.139a
中度水淹组 MW	0.762±0.003a	0.722±0.011a	0.704±0.035a

2.2.3 淹水胁迫对 qN 的影响 qN 是代表非光化学猝灭系数,反映 PSII 色素吸收的光能不能用于光合电子传递而以热的形式耗散的部分。非光化学能耗散增加,有助于过刺激发能的耗散,缓解环境对光合作用的影响<sup>[11]</sup>。表 4 表明,在处理 10 d 后淹水处理组和对照组差异不明显。随着淹水胁迫时间的延长,qN 下降趋势。处理 30 d 后,对照 qN 基本保持不变,轻度水淹组和中度水淹组之间无显著性差异。

表 4 淹水胁迫对双荚决明 qN 的影响

Table 4 Effects of waterlogging stress on qN of

*Cassia bicapsularis*

处理	AT10	AT20	AT30
对照 CK	2.188±0.471	2.254±0.065a	2.220±0.136a
轻度水淹组 SW	2.104±0.239	1.501±0.035b	1.475±0.067b
中度水淹组 MW	2.017±0.579	1.529±0.145b	1.459±0.044b

2.2.4 淹水胁迫对 ETR 值的影响 ETR 表示的是电子传递速率,用于度量光化学反应中碳固定的电子传递情况<sup>[12]</sup>。表 5 表明,处理 10 d 后淹水胁迫处理的 2 组 ETR 值略有增加,这表明短暂时间的水淹,能提高光合能量的传递速率。随着胁迫时间的延长,轻度和中度水淹的 2 组 ETR 值都低于对照

表 7

淹水胁迫对双荚决明 POD 活性的影响

Table 7

Effects of waterlogging stress on POD activity of *Cassia bicapsularis*

处理	AT12	AT22	AT32
对照 CK	1 283.667±239.153a	1 231.000±220.007a	1 285.000±197.689a
轻度水淹组 SW	1 523.667±133.695a	914.667±74.969b	785.667±17.502b
中度水淹组 MW	1 489.667±191.317a	699.333±28.095b	649.000±17.776b

2.4 淹水胁迫对丙二醛(MDA)含量的影响

MDA 含量可以作为评价植物在逆境条件下或

组,而淹水程度越大,ETR 值越低。在处理 30 d 后,中度水淹组的 ETR 值最低,是对照组的 78.5%,轻度水淹组的 ETR 值是对照组的 87.6%,这表明长时间的淹水胁迫处理,会降低表观光合电子传递速率,影响光合能量的传递速率。

表 5 淹水胁迫对双荚决明 ETR 值的影响

Table 5 Effects of waterlogging stress on ETR value of

*Cassia bicapsularis*

处理	AT10	AT20	AT30
对照 CK	65.998±6.881a	68.537±3.009b	67.902±2.711a
轻度水淹组 SW	69.321±3.805a	60.499±1.014a	59.478±3.625b
中度水淹组 MW	67.217±3.341a	55.171±3.686b	53.336±3.181b

2.2.5 淹水胁迫对 Fv'/Fm'的影响 Fv'/Fm'表示 PSII 有效光化学效率,反映光适应下 PSII 的最大光化学效率。表 6 表明,随着淹水胁迫时间的持续,PSII 有效光化学效率呈先上升后下降的趋势,这说明短暂时间的水淹,可以提高双荚决明的 PSII 有效光化学效率。在处理 20 d 后,轻度水淹和中度水淹组之间无显著差异,但低于对照组,与对照组的差异达显著水平。

表 6 淹水胁迫对双荚决明 Fv'/Fm'的影响

Table 6 Effects of waterlogging stress on Fv'/Fm' of

*Cassia bicapsularis*

处理	AT10	AT20	AT30
对照 CK	0.537±0.017a	0.550±0.030a	0.565±0.024a
轻度水淹组 SW	0.568±0.035a	0.485±0.013b	0.442±0.027b
中度水淹组 MW	0.546±0.034 a	0.500±0.018b	0.453±0.011b

2.3 淹水胁迫对过氧化物酶(POD)活性的影响

POD 是广泛存在于植物各个组织器官中的活性氧清除酶,可清除体内的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,在植物抗性中有非常重要的作用。表 7 表明,淹水处理后 POD 活性先缓慢上升,后急剧下降,前期的上升可能是双荚决明对淹水胁迫的一种适应能力,以维持体内各种代谢之间的平衡,但在后期这种调节能力减弱,POD 活性逐渐降低。在淹水胁迫 32 d 以后,轻度水淹组和中度水淹组彼此间差异不显著,却显著低于对照组,分别只有对照的 61.1%、50.5%。

在衰老过程中发生膜脂过氧化作用强弱的指标,组织自动氧化速率可以代表组织中总的清除自由基能

力的大小,自动氧化速率越大,MDA 的积累越多,表明组织的保护能力越弱<sup>[13]</sup>。表 8 表明,水淹处理 11 d 后,轻度水淹组和中度水淹组之间无显著差异,但已明显高于对照组。随着胁迫时间的延长,进行淹水胁迫的 2 组与对照组之间的差异越来越大,轻度水淹组和中度水淹组之间也产生了显著性差异。在处理 31 d 后,轻度水淹组的 MDA 含量为对照组的 2.78 倍,中度水淹组的 MDA 含量为对照组的 3.32 倍。说明不同的淹水程度和胁迫时间对双荚决明 MDA 含量产生了不同影响,表现为细胞的损伤作用,胁迫后期(21~31 d),细胞膜脂过氧化作用强烈,中度淹水胁迫下双荚决明植株受伤严重。

表 8 淹水胁迫对双荚决明 MDA 含量的影响

Table 8 Effects of waterlogging stress on content of MDA of <i>Cassia bicapsularis</i> $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$			
处理	AT11	AT21	AT31
对照 CK	0.038±0.037b	0.041±0.012c	0.041±0.002c
轻度水淹组 SW	0.062±0.016a	0.090±0.033b	0.114±0.005b
中度水淹组 MW	0.068±0.069a	0.115±0.006a	0.136±0.005a

## 2.5 淹水胁迫对叶片含水量的影响

叶片含水量能较好地反映植物水分状况的生理指标,能间接地反映植物的生长代谢状况。由表 9 可知,在淹水胁迫处理前期(0~12 d),双荚决明叶片含水量相比对照组都有提高。在处理 22 d 后,轻度水淹组和中度水淹组的叶片含水量出现轻微下降的趋势,但是比对照组的叶片含水量要高。在处理 32 d 后,经过淹水胁迫处理的 2 组的叶片含水量分别上

升到对照组的 1.04 倍和 1.02 倍,这说明淹水胁迫会加快植株体内的水分代谢,双荚决明植株的生物量下降。

表 9 淹水胁迫对双荚决明叶片含水量的影响

Table 9 Effects of waterlogging stress on the water content of *Cassia bicapsularis*

处理	AT12	AT22	AT32
对照 CK	0.833±0.010b	0.821±0.026	0.827±0.022
轻度水淹组 SW	0.868±0.012a	0.849±0.003	0.856±0.034
中度水淹组 MW	0.831±0.016b	0.830±0.020	0.845±0.025

## 2.6 淹水胁迫处理对植物生长的影响

处理 2 d 后,中度水淹组和重度水淹组植株叶片开始掉落,重度水淹组的 3 个样本的叶片都开始出现腐烂现象。在处理 4 d 后,中度水淹组水面以下的叶子全部掉光,水面以上的叶子也开始出现萎蔫下垂的状态,但是依旧在萌发生长出新的叶片。重度水淹组的叶子已经全部掉光,枝干依旧直立。在处理 6 d 后,重度水淹组植株彻底死亡,开始腐烂。轻度水淹组和中度水淹组都有部分叶片出现下垂的现象。在淹水胁迫处理 10 d 后,轻度水淹和中度水淹组的主根和侧根开始腐烂,淹水的部分茎皮孔膨大,开始产生气生根。图 1 表明,随着淹水胁迫时间的延长,气生根的数量增多,逐渐长长。这些气生根漂浮在水面上,为双荚决明适应淹水环境提供条件。因为它能够代替受淹的初生根,从而维持受淹组织内氧气的吸收与扩散,以保证植株正常生理代谢<sup>[14]</sup>。

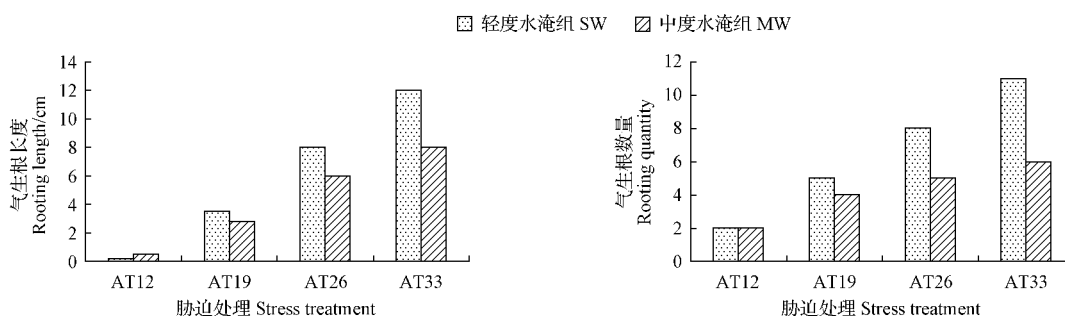


图 1 气生根长度和数量随胁迫时间的变化趋势

Fig. 1 The variation trend of the length and quantity of aerial root with the stress time

## 3 结论与讨论

该研究结果表明,淹水胁迫会致使植物叶片的气孔关闭,影响植物的电子传递水平,抑制植物正常的呼吸作用。植物叶片随着淹水胁迫程度的增加以及处理时间的延长,引起了指挥组体内有毒的活性氧自由基的积聚,叶片细胞膜过氧化反应加剧,作为光合作用最重要物质的叶绿素降解,其含量在一定

程度上降低了植物固化物质的能力,最终导致植株的总生物量减少,生长发育受到影响。双荚决明的植株在适应长期淹水胁迫过程中,为减少有毒的活性自由基造成的伤害,逐渐形成抗水淹适应机制,如气生根的形成;活性氧清除酶(POD)活性在淹水处理初期表现出积极的响应;细胞质膜透性增加,从而导致植株叶片中丙二醛含量增加。

叶绿素荧光可以无损、快速地检测到淹水胁迫下植物光合机构的真实行为,通过分析荧光参数的变化可直观反映出胁迫对植株的影响<sup>[15]</sup>。该研究表明,双荚决明植株荧光参数的各项指标均下降,各项指标之间呈正相关,这说明淹水胁迫会降低双荚决明对光环境的适应能力和对光能的利用能力,PSII光合作用活力受到抑制,光合电子传递受阻,从而使PSII实际的电子传递量子效率降低,导致光合速率的下降。

总之,双荚决明的耐淹能力非常强,它会通过产生气生根来适应淹水环境,但是无法承受水位高于植株的重度水淹。一般来说,淹水深度越大,植株受到的伤害就越大。就该研究结果来看,在中度水淹的处理下,双荚决明受到的胁迫相比轻度水淹有所增强,但是2组之间并未产生显著性差异。在经常发生洪涝灾害的地区,可以根据水位的高低来确定双荚决明的种植高度,从而进行植被恢复,不过要注意淹水深度尽量不要超过双荚决明植株高度的一半。

#### 参考文献

[1] 孙立峰. 双荚槐扦插繁育技术[J]. 江苏林业科技, 2003, 30(5): 37-38.  
[2] 赵桂华, 席刚俊. 双荚槐白粉病病原菌研究[J]. 西部林业科学, 2013, 42(2): 1-7.

[3] 蔡奇英, 刘以珍, 杨赛钢, 等. 蔗糖浓度对双荚决明花粉萌发的影响[J]. 生物学教学, 2015, 40(12): 46-46.  
[4] 廖飞勇. 高温强光对双荚决明的影响及其园林应用[J]. 北方园艺, 2010(7): 96-99.  
[5] 文瑛. 基于节水模式下水分胁迫对四种豆科植物的影响[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012.  
[6] 李红, 冯永忠, 杨改河, 等. 高温胁迫下菟儿菜的叶绿素荧光特性[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(8): 1630-1635.  
[7] 蔡永萍. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2014.  
[8] 全瑞兰, 王永雄. 淹水对紫花苜蓿南北方品种抗氧化酶和无氧呼吸酶的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(5): 84-90.  
[9] 陈建勋. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002.  
[10] 郭欣欣, 朱玉英, 侯瑞贤, 等. 淹水胁迫对不结球白菜幼苗光合特性的影响[J]. 植物科学学报, 2015, 33(2): 210-217.  
[11] 彭建云, 蔡翠华, 陈敏, 等. 盐处理对不同抗盐性小麦幼苗叶绿素荧光参数的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(10): 3970-3972.  
[12] 史彦江, 罗青红, 宋锋惠, 等. 高温胁迫对新疆榛光合参数和叶绿素荧光特性的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(9): 2477-2482.  
[13] 张晓磊. 栎类树种幼苗对淹水胁迫的响应[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.  
[14] 朱玉菲, 孟昱, 马璐萍, 等. 涝渍胁迫对白桦根系生长和生理的影响[J]. 河北农业大学学报, 2016, 39(1): 75-79.  
[15] 李孟洋, 巢建国, 谷巍, 等. 不同产地茅苍术对淹水胁迫的生理生化响应及耐淹性的 TOPSIS 综合评价[J]. 生态学杂志, 2016, 35(2): 407-414.

## Effects of Waterlogging Stress on Growth and Physiological Characteristics of *Cassia bicapsularis*

CAI Siqu, LIAO Feiyong

(College of Landscape Architecture, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004)

**Abstract:** The chlorophyll fluorescence parameters, peroxidase (POD), malondialdehyde (MDA), chlorophyll content, leaf water content and growth of *Cassia bicapsularis* seedlings were determined after treated with waterlogging stress. The results showed that with the increase of water depth, the injury of stress of *Cassia bicapsularis* plants gradually increased. After waterlogging treatment for 6 days, severely flooded plants all died. After a month of waterlogging stress, Fo, Fv/Fm, qN of mild group and moderate waterlogging group plants decreased compared with the control group, while ETR, Fv'/Fm' downward after the first rise trends, POD activity increased first as the stress time, then decreased. Leaf water content and MDA content increased significantly compared with the control group, the chlorophyll content was lower than the control group. After waterlogging treatment for twelve months in, mild waterlogging and moderate waterlogging group plants still grew well and grew many aerial rooting to adapt to waterlogging environment.

**Keywords:** *Cassia bicapsularis*; waterlogging stress; physiological characteristics; aerial roots