

盐胁迫对不同光处理 沟叶结缕草光化学效率的影响

王加真

(遵义师范学院 生物与农业科技学院, 贵州 遵义 563002)

摘要:以台湾沟叶结缕草盆栽草坪为试材,在强光辐射和遮阴2种光处理后,利用叶绿素荧光测定技术,研究了 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐胁迫对沟叶结缕草光化学效率的影响。结果表明:在 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NaCl}$ 条件下,不同光适应的沟叶结缕草叶片PSⅡ最大光化学量子产量(F_v/F_m)、PSⅡ有效光化学量子产量(F_v'/F_m')、PSⅡ实际光化学量子产量($\Phi\text{PSⅡ}$)、光化学淬灭(qP)及电子传递速率(ETR)均逐渐降低,非光化学淬灭(NPQ)逐渐升高,沟叶结缕草叶片发生了光抑制,光化学效率下降,且随着处理时间的延长,光抑制程度逐渐加重。强光适应下的沟叶结缕草对盐胁迫的适应性较弱光适应下的沟叶结缕草强。

关键词:台湾沟叶结缕草;光适应;盐胁迫;荧光参数;光化学效率

中图分类号:S 681.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)24-0104-06

世界范围内盐渍化土地面积的加剧以及淡水资源的严重短缺已影响到草坪业的可持续发展。台湾沟叶结缕草(*Zoysia matrella* L. cv. Taiwan)属于 C_4 植物,具有很高的光合速率,还具有抗旱、耐涝、耐践踏、耐盐碱等优良的特性,可在盐碱地上建植台湾沟叶结缕草并用海水灌溉,这对有效利用盐渍化土地和缓解水资源危机具有重大的意义。光是植物生长的能源,是光合作用必不可少的条件,同时也影响到植物的形态建成,台湾沟叶结缕草在强光辐射下与遮阴环境下相比,有极大的形态差异^[1]。当光合机构吸收的光能超过光合作用所能利用的范围时,过剩光能可能引起光合效率和光合功能的降低^[2-3]。但是,植物可以通过

下调光化学效率,改变光能利用方式,增加热耗散来避免强光对光合机构的伤害^[4]。在低浓度的盐处理下,PSⅡ的潜在热耗散能力较强,可以在较高的光强下,有效地避免或减轻因PSⅡ吸收过多光能而引起的光抑制和光氧化,从而保护PSⅡ反应中心免受损害^[5-7]。另外,盐胁迫可以抑制光合作用从而生长^[7-8]。

在自然界中,由于环境复杂多变,植物经常同时面临多种环境胁迫或经历一种胁迫后又接受另一种胁迫。如台湾沟叶结缕草适应不同光照条件后继续受到盐胁迫,这一过程中叶片叶绿素荧光参数的变化规律尚鲜见报道。该研究探讨在弱光、强光适应下台湾沟叶结缕草受到NaCl胁迫后,其光化学效率、光能分配以及PSⅡ的变化规律,以期揭示不同光适应台湾沟叶结缕草的耐盐能力,为盐水灌溉台湾沟叶结缕草草坪提供必要的数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择健壮的台湾沟叶结缕草(*Zoysia matrel-*

作者简介:王加真(1977-),男,甘肃景泰人,博士,副教授,现主要从事生态学方面的教学与研究等工作。E-mail: 247054993@qq.com.

基金项目:教育部留学回国人员科研启动基金资助项目(2015-1098);贵州省教育厅产学研合作示范基地资助项目(2015-344);遵义师范学院博士启动基金资助项目(2014-11)。

收稿日期:2017-07-24

1a L. cv. Taiwan)茎段为播种材料。

1.2 试验方法

1.2.1 草坪草的培养

用草炭土与细河沙按 2:1(体积比)混配成培养基质,基质装入直径 12 cm、深 10 cm 的塑料花盆,每花盆均匀施入 10 g 复合肥。将茎段均匀放置在花盆内的基质上,然后覆沙,覆沙厚度以刚好埋掉草茎段为宜。1 周内保持足够的环境湿度以利草茎萌发,浇透水,2 个月后盆栽草坪成坪。

1.2.2 试验设计

选择长势一致的盆栽草坪,其中 15 盆草坪草接受强光照处理,15 盆草坪草接受遮阴处理。处理期间自然光照强度平均约为 $2\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,遮阴下光照强度约为 $150\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。保持草坪草水分充足,1 个月后将全光照和遮阴处理的草坪草移到实验室。将强光处理、弱光处理的台湾沟叶结缕草浸在盛自来水、 $0.5\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 溶液的塑料方盆(25 cm×15 cm×10 cm)内,并置于光照培养箱。培养箱光照强度 $1\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,每日光照时间 14 h,昼夜温差 $34\ ^\circ\text{C}/26\ ^\circ\text{C}$,相对湿度 60%。共设 4 个处理:处理 1(遮阴处理的材料浸在自来水中,简称阴生 CK);处理 2(强光照处理的材料浸在自来水中,简称阳生 CK);处理 3(遮阴处理的材料浸在 $0.5\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 溶液中,简称阴生 S);处理 4(强光照处理的材料浸在 $0.5\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 溶液中,简称阳生 S)。每处理重复 4 次,为避免材料受到涝害,用空气压缩机每天通气 10 h。分别于处理 0、8、16、24 d 测定叶片叶绿素荧光参数。

1.3 项目测定

利用 Licor-6400 便携式光合作用测定系统的全自动荧光叶室的自动可调光源,光强度为 $1\,500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;利用光合仪内置二氧化碳钢瓶提供稳定的 CO_2 气源, CO_2 浓度为 $350\ \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$,稳定 3 min 后开始采集数据,数据采集自动进行,每 60 s 记录 1 次数据。取完全展开的叶片测定暗适应最大荧光和 F_m 及初适荧光时,叶片需暗适应 15~30 min,测 3~5 片叶取平均值。

$F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$, $\Phi\text{PS II} = (F_m' - F_s)/F_m'$, $qP = (F_m' - F_s)/(F_m' - F_o')$ 。叶绿素荧光诱导的测定所有叶片在测定前先在暗中适

应 2 h 以上,非光化学淬灭系数(NPQ)按照 SCHREIBER 等^[9]的方法计算, $\text{NPQ} = (F_m^\circ - F_m')/F_m^\circ$,其中 F_m° 为暗适应 2 h 以上的最大荧光, F_m' 为光适应下最大荧光。光化学反应速率、实际光化学速率以及能量耗散等对光强响应的测定,利用荧光仪中设定的光强响应曲线的程序进行测定。光化学反应速率(P_{rate})=光适应下实际光化学效率($\Phi\text{PS II}$)×光强(PFD),非光化学淬灭系数(NPQ)= $(F_m - F_m')/F_m$,PSII 还原程度以 $1 - qP$ 表示^[10]。

1.4 数据分析

利用 SPSS 12.0 软件对试验数据进行统计分析,进行变异数分析和一般线性模型分析($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对沟叶结缕草叶绿素荧光参数的影响

由表 1 可以看出,PS II 最大光化学量子产量(F_v/F_m)、PS II 有效光化学量子产量(F_v'/F_m')、PS II 实际光化学量子产量($\Phi\text{PS II}$)、光化学淬灭(qP)、非光化学淬灭(NPQ)、电子传递速率(ETR)而言,不同光适应型的台湾沟叶结缕草(处理材料)、处理方式、处理天数、处理材料与处理方式交互、处理天数与处理方式交互都存在显著性差异。

2.2 不同处理对沟叶结缕草 PS II 最大光化学量子产量(F_v/F_m)的影响

F_v/F_m 是 PS II 最大光化学量子产量,反映 PS II 反应中心内禀光能转换效率,又称最大 PS II 的光能转换效率。非胁迫条件下该参数的变化极小,不受物种和生长条件的影响,胁迫条件下该参数明显下降。由图 1A 可知,阴生 CK、阳生 CK 变化不大,无显著性差异。说明其生长在较为适宜的环境里,二者水平趋向于一致。阴生 S、阳生 S 在 8、16、24 d 呈下降趋势,阴生 S 降幅为 17.17%、20.27%、23.14%;阳生 S 降幅为 9.22%、6.39%、13.64%。就降幅而言,阴生 S 表现得更为急剧。阴生 S、阳生 S 受到同等条件的盐胁迫,但阴生 S 下降的更为明显,这可能与阴生 S 处理前长期生长在极度遮阴环境下,长势较弱有关。

表1 处理材料(M)、处理天数(D)与处理方式(W)及其交互作用对 F_v/F_m , F_v'/F_m' , $\Phi PS II$, qP , NPQ , ETR 的变异数分析和一般线性模型分析结果

Table 1 Results of analysis of variance (ANOVA) and general linear model (GLM) for repeated measures of day (D), treatment ways (W), experiment materials (M) and their interactions for F_v/F_m , F_v'/F_m' , $\Phi PS II$, qP , NPQ and ETR

| 因变量 Dependent variables | 自变量 Independent variable | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| | 处理材料 M | 处理方式 W | 处理天数 D | 处理天数与处 理方式交互 D×W | 处理天数与处 理材料交互 D×M | 处理材料与处 理方式交互 M×W | 处理材料、处理天数与 处理方式交互 D×W×M |
| F_v/F_m | 1.415 * | 5.429 * | 1.088 * | 9.930 * | 1.532 * | 4.416 * | 3.356 * |
| F_v'/F_m' | 26.281 * | 5.278 * | 1.465 * | 25.127 * | 1.548 * | 8.458 * | 7.926 * |
| $\Phi PS II$ | 153.152 * | 6.117 * | 1.206 * | 59.269 * | 0.414 | 0.561 | 0.316 |
| qP | 67.939 * | 5.487 * | 1.224 * | 4.088 * | 0.589 | 2.677 * | 1.810 * |
| NPQ | 593.166 * | 5.440 * | 1.051 * | 97.943 * | 1.574 * | 8.374 * | 0.275 |
| ETR | 133.617 * | 5.843 * | 1.176 * | 104.337 * | 0.855 * | 4.001 * | 0.214 |

注: * 表示 $P < 0.05$ 差异显著。

Note: * mean significant difference at $P < 0.05$.

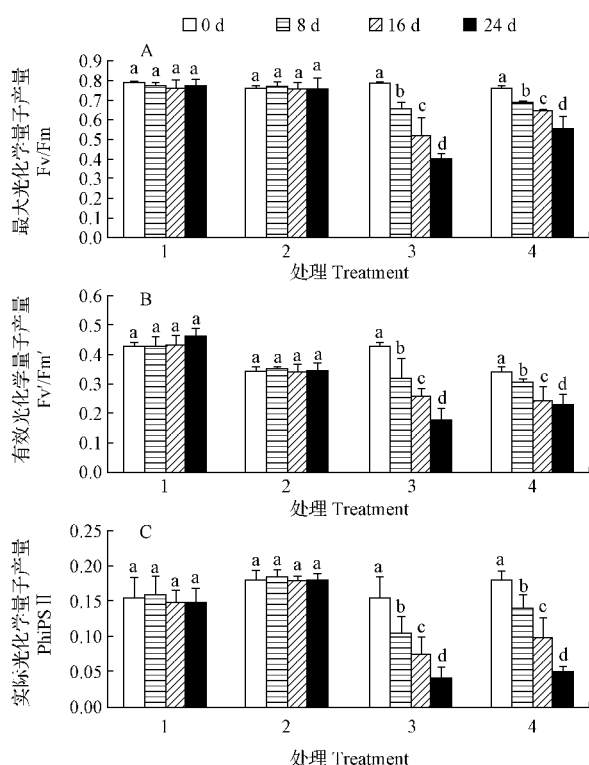


图1 盐胁迫对阴生型、阳生型沟叶结缕草 F_v/F_m , F_v'/F_m' , $\Phi PS II$ 的影响

Fig. 1 Changes in F_v/F_m , F_v'/F_m' and $\Phi PS II$ in sun-type and shade-type leaves of zoysiagrass

2.3 不同处理对沟叶结缕草 PS II 有效光化学量子产量(F_v'/F_m')的影响

F_v'/F_m' 是 PS II 有效光化学量子产量,它反映开放的 PS II 反应中心原初光能捕获效率。由

图 1B 可知,阴生 CK、阳生 CK 在 8、16、24 d 呈上升趋势,其中阴生 CK 升幅为 2.65%、0.00%、7.30%;阳生 CK 为 0.23%、0.93%、2.18%;阴生 S、阳生 S 在 8、16、24 d 呈下降趋势,其中阴生 S 降幅为 25.53%、18.24%、31.15%;阳生 S 为 10.00%、92.48%、5.76%。阴生 CK 的原生境为极度遮阴,阳生 CK 为强光照条件,当置于新的试验生境中时,需要一段恢复生理机能的时间,这可能是前 16 d 内 F_v'/F_m' 无大变化的原因。相对阳生 CK 而言,阴生 CK 在更为适宜的环境中生长,在 16~24 d 内 PS II 有效光化学量子产量有了更为明显的上升,但无显著性差异。阴生 S 的 F_v'/F_m' 较阳生 S 下降明显可能也与阴生 S 处理前长期生长在极度遮阴环境下,长势较弱有关。

2.4 不同处理对沟叶结缕草 PS II 实际光化学量子产量($\Phi PS II$)的影响

$\Phi PS II$ 是 PS II 实际光化学量子产量,它反映 PS II 反应中心在环境胁迫时存在部分关闭情况下的实际原初光能捕获效率,能更准确地反映实际的 PS II 中心进行光化学反应的效率情况。由图 1C 可知,为不同处理下不同时间内沟叶结缕草叶片 $\Phi PS II$ 变化规律。阴生 CK、阳生 CK 在 8、16、24 d 变化幅度不大。阴生 S、阳生 S 在 8、16、24 d 呈急剧下降趋势,其中阴生 S 降幅为 31.82%、28.57%、45.33%;阳生 S 为 21.79%、30.00%、47.96%。阴生 CK、阳生 CK 变幅不大,但阳生 CK 的实际光化学量子产量始终高于阴生的。受到盐胁迫后,阴生 S、阳生 S 降幅相当,但

阳生 S 在 24 d PSⅡ 实际光化学量子产量仍高于阴生 S。

2.5 不同处理对沟叶结缕草光化学淬灭(qP)的影响

光化学淬灭反映的是 PSⅡ 天线色素吸收的光能用于光化学电子传递的份额,要保持高的光化学淬灭就要使 PSⅡ 反应中心处于“开放”状态,所以光化学淬灭又在一定程度上反映了 PSⅡ 反应中心的开放程度。由图 2A 可知,为不同处理下 qP 变化规律,阴生 CK、阳生 CK 在 8、16、24 d 变化幅度不大。阴生 S、阳生 S 在 8、16、24 d 呈急剧下降趋势,阴生 S 下降 17.96%、7.4%、17.82%;阳生 S 为 18.22%、12.06%、39.84%。

2.6 不同处理对沟叶结缕草非光化学淬灭(NPQ)的影响

非光化学淬灭反映的是 PSⅡ 天线色素吸收的光能否用于光合电子传递而以热的形式耗散掉的光能部分。由图 2B 可知,为不同处理下 NPQ 变化规律,阴生 CK、阳生 CK 在 8、16、24 d 变化幅度不大。阴生 S、阳生 S 在 8、16、24 d 呈急剧上升趋势,阴生 S 升幅为 33.27%、28.25%、19.82%;阳生 S 为 55.75%、41.56%、37.29%。

2.7 不同处理对沟叶结缕草电子传递速率(ETR)的影响

由图 2C 可知,阴生 CK、阳生 CK 在 8、16、24 d 变化幅度不大。阴生 S、阳生 S 在 8、16、24 d 呈急剧下降趋势,其中阴生 S 降幅为 24.95%、27.43%、49.87%;阳生 S 为 31.88%、25.73%、50.12%。

3 讨论

植物叶绿素荧光信号能快速灵敏地反映植物生理状态与环境之间的关系,是一种理想的光系统探针,所以通过测定胁迫下植物的叶绿素荧光参数直接了解胁迫对植物细胞的伤害情况或间接了解光合作用过程—主要是 PSⅡ 光化学反应。

盐胁迫对光合系统和代谢过程造成的损伤表现在很多方面,对盐胁迫敏感的植物在盐渍条件下往往光合色素含量下降,光系统Ⅱ 捕光天线色素蛋白复合体(LHCⅡ)降解,LHCⅡ 的损伤不仅影响光能的吸收和传递,还会影响类囊体的垛叠,

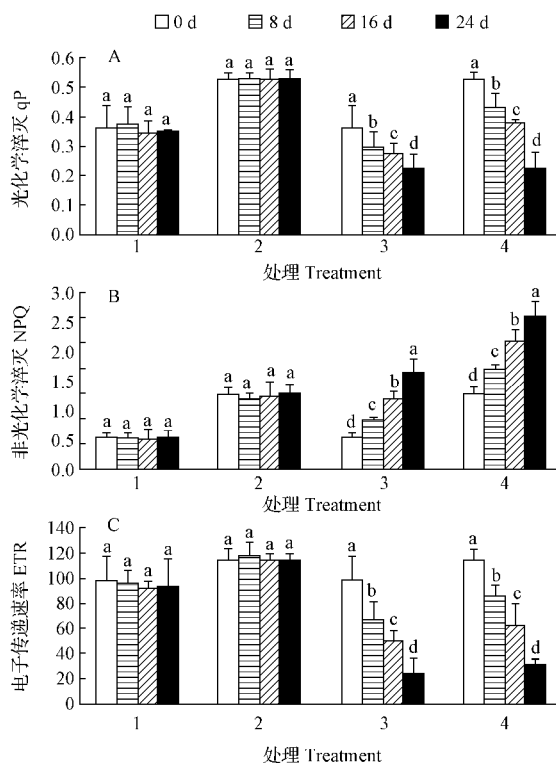


图 2 盐胁迫对阴生型、阳生型沟叶结缕草 qP、NPQ、ETR 的影响

Fig. 2 Changes in qP, NPQ and ETR in sun-type and shade-type leaves of zoysiagrass

进而影响光合作用的光反应。台湾沟叶结缕草有较强的耐盐性,在 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理下光合色素含量上升,但光合能力下降^[1]。PSⅡ 对环境胁迫的响应被认为是光合作用适应逆境过程中最重要的一个环节^[11],所以有大量工作研究了盐胁迫对 PSⅡ 光化学反应的影响,但结果很不一致,有些结果显示盐处理显著抑制了 PSⅡ 光化学活性^[12-14],也有一些研究认为盐胁迫对 PSⅡ 光化学活性没有影响^[15-18]。究其原因,可能是不同研究者所研究的植物种类、盐处理时间以及盐处理浓度等各不相同造成的。在 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 盐浓度下,适阴型和适阳型的 PSⅡ 活性和原初光能转化效率都随胁迫时间的延长而大幅度降低,反映 PSⅡ 反应中心开放部分比例的荧光光化学淬灭系数,以及光合电子传递速率明显下降,而不能用于光合作用的非光辐射的热耗散增强,表明台湾沟叶结缕草不能把反捕获的光能有效地用于进行光合作用。这可能与盐胁迫降低 $\text{Cyt}b_6/f$ 的

合成速率和 PS II 反应中心 D₁ 蛋白光破坏后的修复速率有关,这 2 种指标速率的降低均不利于植物对光能的利用。

随着盐胁迫时间的延长,适阴型和适阳型的叶绿素荧光参数均呈下降趋势,这表明盐胁迫对 PS II 产生伤害,从而使 PS II 的光化学活性及能量转化率下降,且随着盐胁迫时间的延长这种伤害也更加严重。这可能是由于盐胁迫阻断 Q_A到 Q_B的电子传递,从而形成较多 Q_B非还原性 PS II 反应中心,导致 PS II 反应中心放氧活性降低^[19]。NPQ 代表荧光的非光化学猝灭效率,反映 PS II 天线色素吸收的光能用于光合电子传递而以热的形式耗散的部分。随着盐胁迫时间的延长,2 种生态型沟叶结缕草的 NPQ 呈上升趋势,说明 NaCl 处理使非辐射耗散能力增强。

参考文献

- [1] 夏更寿,王加真,李建龙. 光盐交互胁迫下台湾沟叶结缕草叶绿体色素、抗氧化酶动态变化[J]. 安徽农业大学学报,2008,35(4):601-606.
- [2] 张金玲,程达,李玉灵,等. 光和水胁迫对臭柏实生幼苗光化学效率及色素组成的影响[J]. 植物学报,2017,52(3):278-289.
- [3] DEMMIG A, ADAMS W W. Photoprotection and other responses of plants to high light stress[J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol,1992,43:599-626.
- [4] MULLER P, LI X P, NIYOGI K. Non-photochemical quenching: A response to excess light energy[J]. Plant Physiol,2001,125:1558-1566.
- [5] 朱新广,张其德,匡延云. 盐胁迫对 PS II 光能利用和耗散的影响[J]. 生物物理学报,1999,15(4):787-790.
- [6] 芦丽娜,谢佳佳,王庆文,等. NaCl 胁迫下交替呼吸途径对叶绿素含量及其荧光特性的影响[J]. 西北植物学报,2017,37(6):1175-1181.
- [7] 董轲,许亚萍,崔冰,等. 盐胁迫下不同钾素水平对海滨锦葵生长和光合作用的影响[J]. 植物生理学报,2015,51(10):1649-1657.
- [8] BETHKE P C, DREW M C. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity[J]. Plant Physiol,1992,99:219-226.
- [9] SCHREIBER U, BILGER W, NEUBAUER C. Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of *in vivo* photosynthesis[M]//SCHULZE E D, CALDWELL M M. Ecophysiology of photosynthesis. Berlin Heidelberg, New York: Springer,1994:49-70.
- [10] CUI L, LI J, FAN Y, et al. High temperature effects on photosynthesis, PS II functionality and antioxidant activity of two *Festuca arundinacea* cultivars with different heat susceptibility[J]. Bot Studies,2006,47:61-69.
- [11] BAKER N R. A possible role for photosystem II in environmental perturbation of photosynthesis[J]. Physiologia Plantarum,1991,81:563-570.
- [12] BELKHODJA R, MORALES F, ABADIA A, et al. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley(*Hordeum vulgare* L.)[J]. Plant Physiology,1994,104:667-673.
- [13] BONGI G, LORETO F. Gas-exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europaea* L.) leaves[J]. Plant Physiology,1989,90:1048-1416.
- [14] EVERARD J D, GUCCI R, KANN S C, et al. Gas exchange and carbon partitioning in the leaves of celery(*Apium graveolens* L.) at various levels of roots zone salinity[J]. Plant Physiology,1994,106:281-292.
- [15] 关义新. 水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制[J]. 植物生理学通讯,1995,31(4):293-297.
- [16] ROBINSON S P, DOWNTON W J S, MILLHOUSE J. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplast of salt-stressed spinach[J]. Plant Physiology,1983,73:363-376.
- [17] MORALES F, ABADIA A, GOMEZ-APARIS J, et al. Effects of combined NaCl and CaCl₂ salinity on photosynthetic parameters of barley grown in nutrient solution[J]. Physiologia Plantarum,1992,86:419-426.
- [18] ABADIA A, BELKHODJA R, MORALES F, et al. Effects of salinity on the photosynthetic pigment composition of barley (*Hordeum vulgare* L.) growth under a triple-line-source sprinkler system in the field[J]. Journal of Plant Physiology,1999,154:392-400.
- [19] WILLEKENS H, VANCAMP W, LNZE D, et al. Ozone, sulfurdioxide, and ozone ultraviolet-B have similar effect on mRNA accumulation of antioxidant genes in *Nicotiana plum bagini* folia L. [J]. Plant Physiol,1994,106:1007-1014.

Effects of Salt on Photochemical Efficiency of *Zoysia matrella* Pre-treatment Under Different Light Adaptation

WANG Jiazhen

(Department of Biological and Agricultural Technology, Zunyi Normal College, Zunyi, Guizhou 563002)

doi:10.11937/bfy.20171745

马蔺 *DFR* 基因的克隆及生物信息学特征分析

虎娟^{1,2}, 安韶雅^{1,2}, 林哲^{1,2}, 张虹^{1,2}, 包晗^{1,2}, 陈任^{1,2}

(1. 宁夏大学 西部特色生物资源保护与利用教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏大学 生命科学院, 宁夏 银川 750021)

摘要:以马蔺花瓣为试材,通过转录组测序,应用PCR技术克隆马蔺花青素生物合成关键酶二羟黄酮醇-4-还原酶(dihydroflavonol-4-reductase, DFR)基因并获得其生物信息学特征。结果表明:马蔺 *DFR* 基因全长 1 427 bp,共编码 357 个氨基酸(该基因命名为 *IIDFR*, GenBank 登录号为 KY907171)。该基因在氨基酸水平上与多种植物的 *DFR* 具有较高的同源性,在系统进化上与同属的荷兰鸢尾(*Iris hollandica*)的 *DFR* 亲缘关系较近;预测其蛋白质相对分子质量为 39.99 kDa,等电点为 5.89,主要由 α -螺旋和 β -折叠构成,定位于细胞质,属于酸性亲水不含信号肽的不稳定类蛋白质。马蔺 *IIDFR* 有一段氨基酸序列‘VTGASGYVGSWLVMKLLRDGY’与大部分物种的 *DFR* 特有相对保守的 NADPH 结合域非常相似,只有 4 个氨基酸残基有所差异。

关键词:马蔺;转录组测序;花青素;二羟黄酮醇-4-还原酶;生物信息学分析

中图分类号:S 682.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)24-0109-07

马蔺(*Iris lactea* Pall. var. *chinensis* (Fisch.) Koidz, 以下简称 *I. lactea* var. *chinensis*) 属鸢尾

第一作者简介:虎娟(1991-),女,硕士研究生,研究方向为植物分子生理与生物技术。E-mail:380128339@qq.com.

责任作者:陈任(1963-),男,博士,教授,现主要从事植物分子生物学与基因工程等研究工作。E-mail:chenren511@163.com.

基金项目:2013 年度宁夏回族自治区科技支撑计划资助项目。

收稿日期:2017-07-13

科鸢尾属多年生草本宿根植物,是白色马蔺的变种又名马兰花、马莲花等,广泛分布于我国东北、华北、西北等地^[1]。由于马蔺具有独特的生态生物学特性和利用价值,近年来逐渐被用作水土保持、园林地被、山体护坡等用途的优良材料^[2]。其花为浅蓝色、蓝色或蓝紫色,花青素是构成其花瓣颜色的主要色素之一,在植物的生理进程中扮演重要的作用^[3]。目前有关马蔺的植物学特性、生物学特性、形态特征、栽培及应用研究较多^[4],而关于马蔺花青素生物合成途径的研究文献较少,

Abstract: Two different light adaptation of Taiwan *Zoysia matrella* with pre-treatment under strong radiation and extreme shade were employed to study the effects of 0.5 mol · L⁻¹ NaCl for 24 days on photochemical efficiency by using chlorophyll fluorescence technology. The results showed that the Fv/Fm, PhiPS II, Fv'/Fm', qP and ETR in leaves of two light adaptation types gradually reduced under 0.5 mol · L⁻¹ NaCl, NPQ gradually increased, photochemical efficiency gradually reduced and photoinhibition appeared, and photoinhibition increased with the extension of time. Adaptability of the sun-type to salt stress was stronger than the shade-type.

Keywords: Taiwan *Zoysia matrella*; light-adaptation; salt stress; fluorescence parameters; photochemical efficiency