

孙云飞,张文明,巢建国,等. 盐胁迫对茅苍术叶绿素含量及叶绿素荧光参数的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(4):146-149.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.04.026

盐胁迫对茅苍术叶绿素含量及叶绿素荧光参数的影响

孙云飞¹, 张文明², 巢建国³, 谷 巍³, 陆奇杰³

(1. 江苏省中医院, 江苏南京 210029; 2. 无锡市中医院, 江苏无锡 214071; 3. 南京中医药大学药学院, 江苏南京 210023)

摘要:以茅苍术为材料,采用盆栽试验方法,研究不同盐浓度(0.0%、0.2%、0.4%、0.8%、1.6%)胁迫后茅苍术叶片叶绿素含量和叶绿素荧光参数的变化规律。结果表明,低浓度盐胁迫(NaCl 浓度 $\leq 0.2\%$)对茅苍术叶绿素含量和叶绿素荧光参数影响不明显,但随着盐浓度增加,茅苍术叶绿素含量、光下最大荧光(F_m')、PS II 有效光化学量子产量(F_v'/F_m')、PS II 最大光化学量子产量(F_v/F_m)、PS II 潜在光化学活性(F_v/F_0)、光化学猝灭系数(q_p)和表观电子传递速率(ETR)逐渐下降,初始荧光(F_0)和非光化学猝灭系数(NPQ)逐渐升高;尤其在 0.8% 和 1.6% 处理组茅苍术叶绿素含量、叶绿素荧光参数均有显著变化。综上可知,在低浓度盐胁迫(NaCl 浓度 $\leq 0.2\%$)土壤中茅苍术的生长发育基本正常,但在高浓度盐胁迫(NaCl 浓度 $>0.4\%$)土壤中其生长发育受到明显抑制。

关键词:茅苍术;盐胁迫;叶绿素荧光;叶绿素含量

中图分类号: S567.21⁺1.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)04-0146-04

茅苍术为菊科植物茅苍术 [*Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.] 的干燥根茎,具有燥湿健脾、祛风散寒、明目之功效^[1]。茅苍术道地产区为江苏茅山,近些年来,由于经济的快速发展、使用土地不当等因素,造成此地区盐渍化土壤面积日益扩大,这严重制约了植物正常的生长发育。盐胁迫对植物的伤害是多方面的,例如植物生物量的减少、细胞膜的氧化损伤、光合作用的下降等^[2]。有学者研究发现,盐胁迫下黄连幼苗的光合生理受到明显抑制,其中 F_0 和 NPQ 值持续上升, F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 q_p 等值持续下降^[3]。秦红艳等对山葡萄进行不同浓度的盐胁迫,结果表明,盐浓度超过 0.3% 处理组山葡萄叶 F_0 值显著升高, F_v/F_m 、 F_v/F_0 、 q_p 和 ETR 等值显著下降,且浓度越大下降速率越快^[4]。目前,盐胁迫下茅苍术叶片叶绿素荧光特性的变化研究尚未见报道。因此,本试验以茅苍术为试验材料,研究不同浓度盐水溶液对茅苍术叶片叶绿素含量和

叶绿素荧光参数的影响,以期阐明盐胁迫对茅苍术的伤害机制,为其耐盐能力评价及实际生产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为江苏省镇江茅山地区的茅苍术,种植于南京中医药大学药用植物园内。经南京中医药大学中药资源与鉴定系巢建国教授鉴定为菊科植物茅苍术 [*Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.]。

1.2 试验设计

采用盆栽试验方法,土样取自南京中医药大学药苑。选取长势基本一致的茅苍术植株种植于塑料花盆内,盆直径 23.5 cm,高 17.0 cm,带托盘。每个花盆装土 5 kg,种植 5 株茅苍术,适量浇水,防止盐胁迫后土壤盐分的淋溶。试验采用随机区组方法,参照土壤盐渍化分级标准确定 NaCl 浓度。以不添加 NaCl 的蒸馏水为对照组,分别加入质量为 0、0.01、0.02、0.04、0.08 kg 的 NaCl 配制成不同盐浓度(%,干土质量)的 5 个处理组分别为 CK(0,对照)、A(0.2%)、B(0.4%)、C(0.8%)、D(1.6%),每盆浇灌不同盐浓度溶液 500 mL,将托盘中渗出的水分重新倒入花盆中以防 NaCl 的缺失,每个处理进行 3 次重复。之后正常管理,以蒸馏水补充每天损失的水分。于 2016 年 5 月初在南京中医药大学药用植物园中开始试验,分别在处理 0、3、6、9、12、15 d

收稿日期:2018-08-06

基金项目:国家自然科学基金(编号:81573520);2017 年中医药公共卫生服务补助专项“全国中药资源普查项目”[编号:财社(2017)66 号];江苏省基础研究计划(自然科学基金)面上项目(编号: BK20171312)。

作者简介:孙云飞(1982—),男,江苏南京人,硕士,副主任中药师,主要从事生药学研究。E-mail:630344554@qq.com。

通信作者,巢建国,硕士,教授,主要从事中药资源与开发研究。E-mail:jgchao1016@163.com。

后,随机在每盆每株上随机选取 2~3 张生长旺盛的功能叶,做标记后进行茅苍术叶片叶绿素含量和叶绿素荧光参数的测定,每次测定重复 3 次。

1.3 测定指标与方法

采用 CCM-200 PLUS 叶绿素测定仪(美国 OP-TI-sciences 公司)进行茅苍术叶绿素含量的测定。使用 LI-6400 型便携式荧光-光合作用系统(美国基因公司)测定茅苍术叶片的光下最大荧光(F_m')、PS II 有效光化学量子产量(F_v'/F_m')、初始荧光(F_0)、PS II 最大光化学量子产量(F_v/F_m)、PS II 潜在光化学活性(F_v/F_0)、光化学猝灭系数(q_p)、非光化学猝灭系数(NPQ)、表观电子传递速率(ETR),以开放式气路系统测量^[5]。

1.4 统计分析

数据处理及图表绘制采用 Microsoft Excel 2013 完成,数据之间的多重比较采用 SPSS 22.0。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对茅苍术叶绿素含量的影响

叶绿素含量可以直接反映植物的光合能力强弱^[6]。由图 1 可知,盐胁迫后 CK 组茅苍术叶片叶绿素含量呈持续升高趋势,A 处理组呈先上升后下降趋势,B~D 处理组则是持续下降。盐胁迫后的第 6 天,和 CK 组相比,A 处理组茅苍术叶片叶绿素含量升高了 4.20%,B~D 处理组叶绿素含量分别降低了 17.25%、15.39%、27.16%;盐胁迫后 15 d 时,和 CK 组相比,A~D 处理组叶绿素含量分别降低了 4.50%、24.49%、27.55%、37.08%。

2.2 盐胁迫对茅苍术叶片荧光参数 F_m' 、 F_v'/F_m' 的影响

F_m' 为光下最大荧光,可反映出植物叶片吸收和传递光能的能力^[7]。由图 2-A 可见,A 处理组茅苍术叶片 F_m' 值先上升后下降,而 B~D 处理组 F_m'

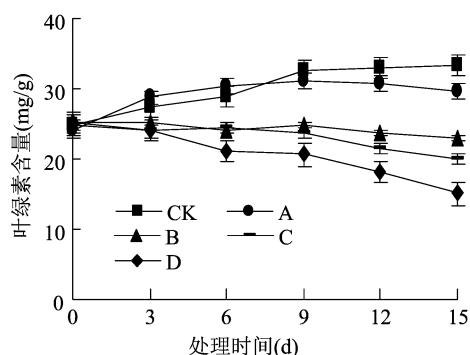


图1 盐胁迫对茅苍术叶绿素含量的影响

值均呈持续下降趋势。在胁迫后 15 d 时测定发现,A~D 处理组茅苍术叶片 F_m' 值分别比 CK 组降低了 36.05%、55.79%、65.27%、75.07%,均和 CK 组达到了显著性差异。

F_v'/F_m' 为 PS II 有效光化学量子产量,可反映开放的 PS II 反应中心原初光能捕获效率^[8]。由图 2-B 可见,A 处理组茅苍术叶片 F_v'/F_m' 值在盐胁迫后 3 d 时比 CK 组略高,此后开始下降。B~D 处理组茅苍术叶片 F_v'/F_m' 值随胁迫时间的延长均呈持续下降趋势,且盐浓度越大,下降速率越快。在胁迫后 15 d 时测定发现,A~D 处理组茅苍术叶片 F_v'/F_m' 值分别比 CK 组降低了 17.42%、39.35%、59.23%、77.55%。

2.3 盐胁迫对茅苍术叶片荧光参数 F_v/F_m 、 F_v/F_0 的影响

F_v/F_m 为 PS II 最大光化学量子产量,反映植物叶片 PS II 反应中心原初光能转换效率^[9]。由图 3-A 可知,盐胁迫下不同处理组茅苍术叶片 F_v/F_m 值变化趋势各不相同,CK 和 A 处理组的 F_v/F_m 值在整个胁迫期间变化幅度不大,胁迫后 15 d 时分别是胁迫前(0 d)的 1.00、0.94 倍,而 B~D 处理组的 F_v/F_m 值呈持续下降趋势,分别是胁迫前(0 d)的 0.85、0.78、0.75 倍。

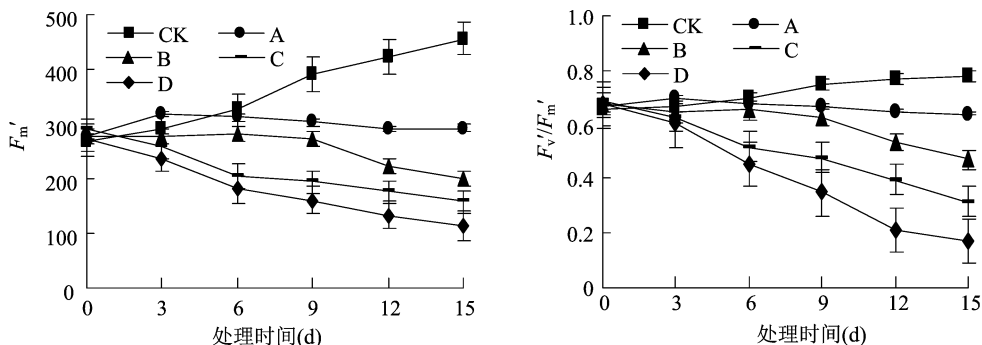


图2 盐胁迫对茅苍术叶绿素荧光参数 F_m' 、 F_v'/F_m' 的影响

F_v/F_o 为 PS II 潜在光化学活性,其变化趋势和 F_v/F_m 较为相似,但变化幅度要大于 F_v/F_m 。由图 3-B 可知,CK 组茅苍术叶片 F_v/F_o 值总体呈持续

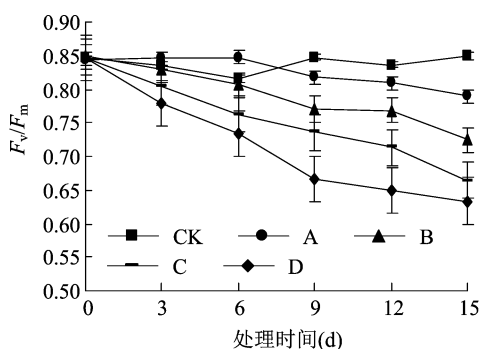
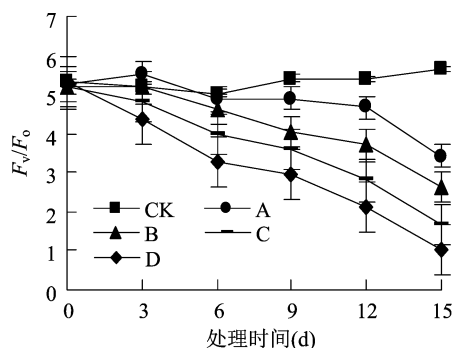


图3 盐胁迫对茅苍术叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v/F_o 的影响

上升趋势,而 B ~ D 处理组 F_v/F_o 值呈持续下降趋势,胁迫后 15 d 时其 F_v/F_o 值分别是胁迫前(0 d)的 0.64、0.50、0.33、0.19 倍。



2.4 盐胁迫对茅苍术叶片荧光参数 F_o 、 ETR 的影响

F_o 为初始荧光,反映出植物叶片色素吸收的能量中以热和荧光形式散失部分^[10]。由图 4-A 可知,除 CK 组外,其余各处理组茅苍术叶片 F_o 值在整个测定期均有不同程度的上升,且随着盐浓度的增大,上升趋势越明显。在胁迫后 15 d 时 A ~ D 处理组 F_o 值分别比 CK 组增加了 12.36%、29.88%、

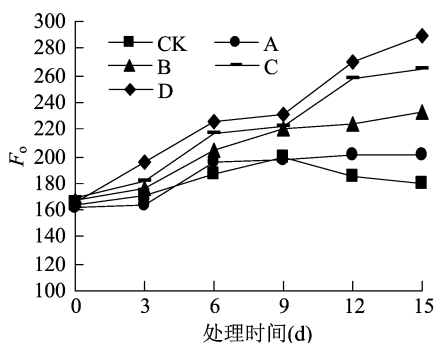
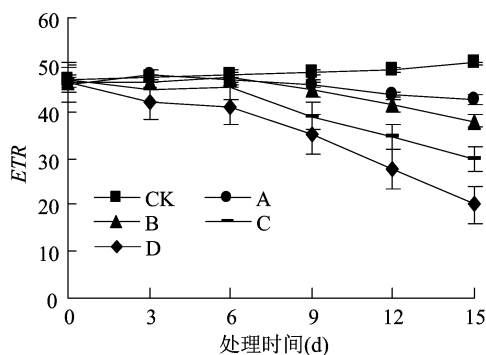


图4 盐胁迫对茅苍术叶绿素荧光参数 F_o 、 ETR 的影响

47.78%、60.86%。

ETR 为表观电子传递速率,可反映出光化学反应中用于碳固定的电子传递情况^[11]。由图 4-B 可知,在整个测定期内,CK 组茅苍术叶片 ETR 值呈逐渐上升趋势,A ~ D 处理组 ETR 值呈持续下降趋势,且在胁迫后 6 d 时下降速率显著加快。在胁迫后 15 d 时 A ~ D 处理组 ETR 值分别比 CK 组降低了 15.31%、24.47%、40.99%、60.26%。



2.5 盐胁迫对茅苍术叶片荧光参数 q_p 、 NPQ 的影响

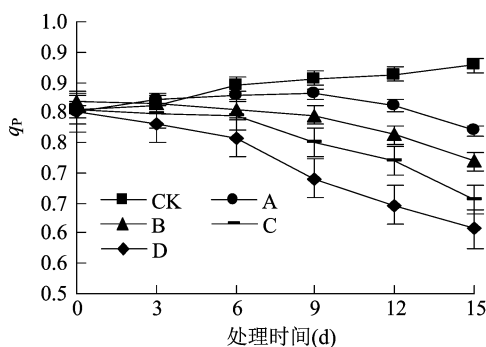
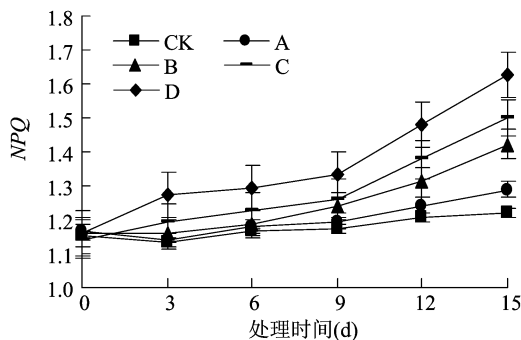
q_p 为光化学猝灭系数,反映了 PS II 原初电子受体质体醌 A(QA)的还原状态,其值越大,说明 PS II 的电子传递活性越高^[12]。由图 5-A 显示的结果可知,各处理组茅苍术叶片 q_p 值变化趋势存在一定差异。A 处理组 q_p 值先上升后下降,B ~ D 处理组整体呈持续下降趋势。在胁迫后的 0 ~ 15 d 内,A ~ D 处理组 q_p 值分别比胁迫前(0 d)降低了 3.87%、12.10%、18.41%、24.13%。

NPQ 为非光化学猝灭系数,即热能途径中耗散的光能,其值升高对光合机构有一定的保护作用^[13]。由图 5-B 可知,在胁迫后的 0 ~ 15 d 内,CK

组茅苍术叶片 NPQ 值变化不大,A ~ D 处理组 NPQ 值有不同程度的增加,分别比胁迫前(0 d)增加了 10.54%、22.36%、31.15%、40.29%。

3 讨论与结论

叶绿素含量多少可以直接反映植物光合能力强弱,是衡量植物抗逆能力的重要指标之一^[14-15]。研究发现,盐胁迫后植物叶片叶绿素含量降低可能是由于其叶绿体色素合成酶活性降低、叶绿素分解加速、叶绿体功能紊乱或结构受损等原因造成的^[16]。本研究结果表明,盐浓度为 0.2% 处理组茅苍术叶绿素含量呈先上升后下降趋势,而盐浓度高

图5 盐胁迫对茅苍术叶绿素荧光参数 q_P 、 NPQ 的影响

于 0.2% 处理组叶绿素含量均随着时间的延长持续降低,且盐浓度越高下降幅度越大,这说明高盐胁迫下,茅苍术叶片叶绿素含量会显著下降,叶绿体结构明显受损。

植物叶绿素吸收的光能主要用于光合电子传递、叶绿素荧光和热耗散这 3 种途径,这三者间有着此消彼长的关系^[17]。叶绿素含量的降低必然会影响到光能的吸收、传递和转化,而叶绿素荧光参数的变化可以更好地反映出逆境下植物内在光能利用和热耗散情况。本研究中,CK 组的 F_m' 、 F_v'/F_m' 、 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、 F_o 、 ETR 、 q_P 、 NPQ 值在盐胁迫后一段时间内变化不大。A 处理组的荧光参数大多呈先上升后下降趋势,B ~ D 处理组 F_m' 、 F_v'/F_m' 、 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、 ETR 、 q_P 值均呈持续下降趋势, F_o 和 NPQ 呈与之相反的变化趋势,各荧光参数变化幅度均随盐浓度的增加而加大。此结果表明,盐浓度超过 0.2% 处理组会使茅苍术叶片吸收和传递光能的能力减弱、PS II 反应中心活性降低、光化学反应效率和电子传递速率降低,从而导致茅苍术类囊体上 ATP 合成受阻,暗反应阶段 CO_2 固定量降低,光合作用进程受阻。而 F_o 的持续升高,说明茅苍术叶片 PS II 反应中心遭到破坏或可逆性失活, NPQ 的增加说明在盐胁迫下茅苍术会以增加吸收光能中热耗散比例方式来减轻盐胁迫对其光合机构的伤害。当盐浓度超过 0.4% 时,随着时间的延长,茅苍术叶片叶绿素荧光各项指标与胁迫前差异均较为显著,这说明茅苍术叶片 PS II 反应中心遭到严重破坏,光合作用受到显著抑制。

综上所述,低浓度盐胁迫 (NaCl 浓度 $\leq 0.2\%$) 下茅苍术的生长发育基本正常,其叶片叶绿素含量和叶绿素荧光参数与对照相比无显著性差异,高浓度盐胁迫 (NaCl 浓度 $> 0.4\%$) 下其叶绿素含量和叶绿素荧光参数均发生显著变化,生长受到抑制,亦

说明茅苍术具有一定的耐盐能力。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015.
- [2] 周毅,崔丰磊,杨萍,等. 盐胁迫对不同品种水稻幼苗生理生化特性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):90-93.
- [3] 张春平,周慧,何平,等. 外源 5-氨基乙酰丙酮对盐胁迫下黄连幼苗光合参数及其叶绿素荧光特性的影响[J]. 西北植物学报,2014,34(12):2515-2524.
- [4] 秦红艳,艾军,许培磊,等. 盐胁迫对山葡萄叶绿素荧光参数及超微结构的影响[J]. 西北植物学报,2013,33(6):1159-1164.
- [5] 李孟洋,巢建国,谷巍,等. 高温胁迫对不同产地茅苍术开花前叶片叶绿素荧光特征的影响[J]. 植物生理学报,2015(11):1861-1866.
- [6] 陆奇杰,巢建国,谷巍,等. 不同氮素水平对茅苍术光合特性及生理指标的影响[J]. 植物生理学报,2017(9):1673-1679.
- [7] 尤鑫,龚吉蕊,安然,等. 4 种杂交杨荧光光响应曲线[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2011,47(1):85-90.
- [8] 孙璐,周宇飞,李丰先,等. 盐胁迫对高粱幼苗光合作用和荧光特性的影响[J]. 中国农业科学,2012,45(16):3265-3272.
- [9] 王加真. 盐胁迫对不同光处理沟叶结缕草光化学效率的影响[J]. 北方园艺,2017(24):104-109.
- [10] 余汉基,李鹏飞,薛立,等. 3 种园林植物响应盐胁迫的荧光特性[J]. 中南林业科技大学学报,2017,37(8):54-59.
- [11] 陈梅,唐运来. 高温胁迫下莴菜的叶绿素荧光特性[J]. 生态学杂志,2013,32(7):1813-1818.
- [12] 李军营,徐超华,崔明昆,等. 不同光质对烟草叶片生长及叶绿素荧光参数的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):140-145.
- [13] 赵霞,杨华伟,刘然方,等. 水稻热耗散对逆境的响应[J]. 中国水稻科学,2016,30(4):431-440.
- [14] 张璐颖,文笑,林勇明,等. 盐胁迫对台湾桉木幼苗光合作用和荧光特性的影响[J]. 福建林学院学报,2013,33(3):193-199.
- [15] 张文明,巢建国,谷巍,等. 酸雨胁迫下茅苍术的光合及生理响应[J]. 南方农业学报,2017,48(7):1167-1172.
- [16] 李学孚,倪智敏,吴月燕,等. 盐胁迫对‘鄞红’葡萄光合特性及叶片细胞结构的影响[J]. 生态学报,2015,35(13):4436-4444.
- [17] 徐焕文,刘宇,姜静,等. 盐胁迫对白桦光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 西南林业大学学报,2015(4):21-26.