

尹秀,王俊,张二豪,等. PEG-6000 浸种处理对甘青青兰种子萌发及幼苗抗旱性的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(13):168-172.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.13.033

PEG-6000 浸种处理对甘青青兰种子萌发及幼苗抗旱性的影响

尹秀¹, 王 俊¹, 张二豪¹, 禄亚洲^{1,2}

(1. 西藏农牧学院食品科学学院, 西藏林芝 860000; 2. 西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏林芝 860000)

摘要:采用不同浓度聚乙二醇(PEG-6000)对藏药甘青青兰进行浸种处理,研究不同浓度 PEG-6000 对种子萌发的影响,待幼苗长至 2 叶期,转至 30% PEG-6000 溶液中模拟干旱胁迫,探索幼苗的抗旱情况。结果表明:不同浓度的 PEG-6000 浸种对种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数均呈下降趋势,且发芽指数和活力指数与 CK 差异显著,不同浓度的 PEG-6000 浸种对幼苗生长有促进作用。不同浓度的 PEG-6000 浸种后待幼苗长至 2 叶期时置于 30% PEG-6000 溶液持续水分胁迫 2 d 后(PT+30%)与 2 叶期幼苗蒸馏水持续处理 2 d 后(PT)相比,丙二醛含量呈下降趋势,可溶性蛋白和游离脯氨酸含量呈上升趋势,叶绿素 a 含量有所增加而叶绿素 b 含量下降,叶绿素 a/b 的值增大,说明 PEG-6000 浸种可以提升甘青青兰幼苗的抗旱能力。

关键词:PEG-6000;甘青青兰;种子萌发特性;生长指标;丙二醛;游离脯氨酸;叶绿素;水分胁迫;抗旱性

中图分类号:S567.23+9.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)13-0168-04

唇形科青兰属甘青青兰(*Dracocephalum tanguticum* Maxim.)为多年生草本^[1],又称唐古特青兰,藏药名“知羊格”^[2],常在高山灌丛林地、松林边缘、砾石草坡、干燥河谷两岸生长^[3-4],其味甘、苦、性寒,具有清肝热、止血、愈疮、干黄水等作用,用于治疗肝胃热、黄水类病、血症、疮口不愈等疾病^[5-6],是青藏高原特有植物和藏医常用药材。有关甘青青兰报道较多的是对其化学成分如黄酮类^[7-8]、多糖^[9]、萜类^[10]、挥发油^[11-12]、甾类^[13]等进行分析;此外,相继出现甘青青兰的形态组织^[14]及显微特征^[15]方面的研究;关于甘青青兰种子萌发方面的研究主要采用不同浓度的盐、聚乙二醇(PEG)、赤霉素对其种子进行处理,结果发现,不同物质对种子萌发有一定的影响作用^[16-17]。

干旱是西藏西部干旱区面临的最主要的气象灾害,也是雅鲁藏布江河谷地带常见的主要气象灾害之一^[18-19]。种子萌发是植物能够成苗的前提,萌

发期是植物整个生活史中最重要、最脆弱的阶段,也是进行抗逆性研究的重要时期^[20]。张艳福等认为,种子萌发和幼苗初期生长比其他生长阶段更容易遭受水分和光照等环境因子及其相互作用的影响,所以常以种子萌发和幼苗初期生长阶段的生长情况评价植物的抗逆性^[21]。目前,PEG 被较多地应用于植物种子萌发及幼苗生长对干旱胁迫的响应、植物耐旱性评价及耐旱品种的筛选培育等相关研究^[22-23],有研究表明,聚乙二醇处理对促进种子萌发和幼苗生长、提高种子活力和抗逆性有一定的作用^[24]。

本试验研究不同浓度 PEG-6000 浸种对甘青青兰种子萌发和幼苗抗旱性的影响,探索干旱胁迫条件下幼苗的耐受性,为今后甘青青兰人工种植提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2018 年 10 月于西藏农牧学院藏药材驯化基地(94°20'20" E,29°40'4" N)采集甘青青兰种子,晾干后挑选饱满一致的种子,2019 年 3 月于西藏农牧学院植物生理生化实验室进行试验。

1.2 试验方法

1.2.1 PEG-6000 预处理 取出上述已挑选的种子,置于超净工作台中加入 10% NaClO 溶液中消毒

收稿日期:2019-07-19

基金项目:西藏自治区科技计划重大专项(编号:XZ201901-GA-04);西藏自治区科学技术研究一般项目(编号:XZ2017ZRG-22);西藏特色农牧资源研发协同创新项目(藏药材方向)。

作者简介:尹秀(1986—),女,河南驻马店人,硕士,讲师,研究方向为药用植物分子生物学。E-mail:yinxu111@163.com。

通信作者:禄亚洲,博士研究生,讲师,研究方向为药用植物分子生物学。E-mail:luyazhou001@126.com。

5 min, 无菌水多次冲洗, 无菌滤纸吸干多余的水分, 将处理后的种子分成 6 份, 每份 50 粒, 分别用 0、5%、10%、15%、20% PEG-6000 溶液进行预处理, 放入 4 ℃ 冰箱中浸种 24 h, 其中隔 3 h 摇动试管, 以利于通气, 每个处理 3 个重复。

1.2.2 种子萌发试验 将预处理后的种子取出, 用蒸馏水冲洗干净, 将每个处理的 50 粒种子播种于铺有蒸馏水浸润滤纸的培养皿内, 放入光照培养箱中培养, 温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, 光照度为 1 000 lx, 14 h 光照、10 h 黑暗。隔天加入数滴水以便浸透滤纸, 尽量避免干旱。

1.2.3 2 叶期幼苗水分胁迫试验 分别用不同浓度 0、5%、10%、15% 和 20% PEG-6000 溶液浸种 24 h, 待种子萌发周期结束, 幼苗长至 2 叶期时用 30% PEG-6000 溶液持续处理 2 d (PT+30%), 对照为 2 叶期幼苗蒸馏水持续处理 2 d (PT), 2 d 后取样测定抗旱相关生理指标, 每个处理 3 个重复。

1.3 相关指标的测定

1.3.1 种子萌发特性的指标 从种子置床之日起观察, 初始发芽之日作为该处理发芽的开始期, 连续 3 d 不再萌发时作为发芽结束期, 记录萌发情况及生长情况, 统计种子的发芽率、发芽指数及活力指数等数据。

发芽率 = 发芽种子数量 / 处理种子数量 \times 100% ;

发芽势 = 8 d 正常发芽种子数 / 处理种子数 \times 100% ;

发芽指数 (G_i) = $\sum (G_i / D_i)$ (G_i 为 t d 的发芽数量, 个; D_i 为相应的发芽时间, d) ;

活力指数 (V_i) = $G_i \times S_s$ (S_s 为平均胚根长)。

观察后 16 d, 取出幼苗, 用直尺测量幼苗的苗高及根长, mm。

1.3.2 生理生化指标 分别用不同浓度 0、5%、10%、15%、20% PEG-6000 溶液浸种 24 h, 待种子

萌发周期结束, 幼苗长至 2 叶期时, 每个处理设置 3 个重复, 均放入 30% PEG-6000 浸透滤纸的培养皿中 (PT+30%), 对照组用等量的蒸馏水代替 (PT), 之后每天加约 3 mL 相应的处理液保持滤纸的湿润, 2 d 后取样, 测定抗旱相关生理指标, 3 次重复。

采用硫代巴比妥酸显色法测定丙二醛含量^[23]; 采用磺基水杨酸法测定游离脯氨酸含量^[24]; 采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定可溶性蛋白含量^[25]; 采用乙醇提取比色法测定叶绿素含量^[26]。

1.4 数据分析

数据统计后采用 Microsoft Excel 2003 和 Origin 8.6 绘图, 用 SPSS 17.0 统计软件对平均数进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 PEG-6000 预处理对甘青青兰种子萌发的影响

将甘青青兰种子分别用 0 (CK)、5%、10%、15%、20% PEG-6000 溶液处理 24 h 后进行培养, 3 d 后开始萌发并对其进行数据统计。结果 (表 1) 显示, CK 组的萌发情况较好, 随着 PEG-6000 浓度增大, 种子发芽率、发芽势、发芽指数等呈下降趋势, 其中 10% 和 15% 处理下差别不大, 20% 处理下对种子萌发影响较大, 表明 PEG-6000 预处理对甘青青兰种子萌发没有促进作用, 对种子萌发有轻微的抑制作用, 这种现象可能是甘青青兰种子对 PEG-6000 较为敏感, 较高浓度的 PEG 处理会使植物膜脂过氧化, 导致细胞膜渗漏, 因而对植物的萌发、生长产生抑制作用。

2.2 不同浓度 PEG-6000 预处理对甘青青兰幼苗生长的影响

将甘青青兰种子用不同浓度 PEG-6000 溶液处理后再进行培养, 由表 2 可见, 经 PEG-6000 处理后会促进幼苗生长, 有利于地上部分生长, 而对

表 1 不同浓度 PEG-6000 预处理对种子萌发特性的影响

PEG-6000 浓度 (%)	发芽率 (%)	发芽势 (%)	发芽指数	活力指数
0 (CK)	64.33 \pm 1.86a	52.00 \pm 1.15a	4.17 \pm 0.21a	9.55 \pm 0.53a
5	61.33 \pm 5.33ab	49.33 \pm 1.62a	3.08 \pm 0.23b	6.07 \pm 0.35b
10	56.00 \pm 5.20c	47.33 \pm 4.34ab	2.95 \pm 0.19b	6.37 \pm 0.31b
15	56.67 \pm 1.76bc	48.00 \pm 4.16ab	3.00 \pm 0.26b	5.40 \pm 0.27b
20	51.33 \pm 4.81c	40.00 \pm 2.00b	2.50 \pm 0.16b	5.18 \pm 0.25b

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平有显著差异。表 2 同。

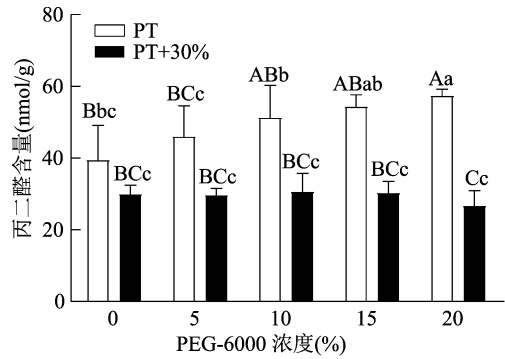
表 2 不同浓度 PEG-6000 预处理对幼苗生长情况的影响

PEG-6000 浓度 (%)	苗高 (mm)	根长 (mm)
0 (CK)	11.48 ± 1.58c	2.29 ± 0.03d
5	15.58 ± 0.87b	1.97 ± 0.16d
10	15.53 ± 1.08b	2.16 ± 0.15d
15	12.40 ± 0.67bc	1.88 ± 0.14d
20	19.80 ± 0.43a	2.07 ± 0.12d

根部影响不大,5%、10% PEG-6000 处理下苗高均比 CK 组高 4 mm 左右,20% 处理下幼苗比 CK 组高 8.32 mm。

2.3 PEG-6000 处理对甘青青兰幼苗生理生化特性的影响

2.3.1 PEG-6000 处理对甘青青兰幼苗丙二醛含量的影响 由图 1 可见,CK 组 (PT) 和试验组 (PT + 30%) 丙二醛含量相比呈下降趋势,其中 10%、15%、20% 浸种后丙二醛含量分别降低 20.71、24.04、30.75 nmol/g,分别较 CK 组降低 2.25、2.5、3.21 倍。可见,用 15%、20% PEG-6000 浸种后丙二醛含量降幅较大,表明 15%、20% PEG-6000 浸种减缓了水分胁迫条件下质膜的损伤和氧化,增强了幼苗的抗旱能力。



柱形上方不同小写、大写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)、极显著 ($P < 0.01$)。下同

图 1 不同浓度 PEG-6000 处理对丙二醛含量的影响

2.3.2 PEG-6000 处理对甘青青兰幼苗可溶性蛋白含量的影响 由图 2 可见,与对照组 (PT) 相比,试验组 (PT + 30%) 可溶性蛋白含量均呈上升趋势,15% PEG-6000 浸种组可溶性蛋白含量增加 0.33 $\mu\text{g/g}$,为所有浸种处理组中可溶性蛋白增幅最大的一组。由此说明,可以通过适量浓度的 PEG 预处理来增加幼苗的可溶性蛋白含量,从而提高幼苗的抗渗透胁迫能力。

2.3.3 PEG-6000 浸种对甘青青兰幼苗游离脯氨酸

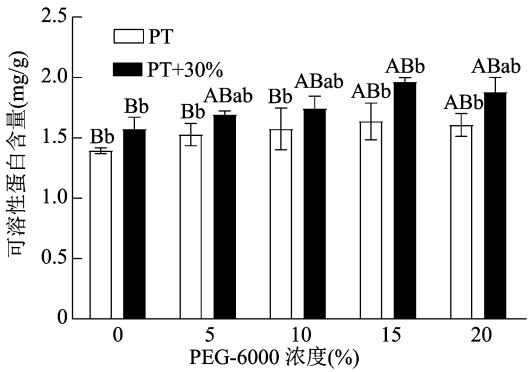


图 2 不同浓度 PEG-6000 处理对可溶性蛋白含量的影响

酸含量的影响 图 3 表明,与对照组 (PT) 相比,试验组 (PT + 30%) 幼苗叶片中游离脯氨酸的含量呈升高趋势,其中 15%、20% 浸种处理组游离脯氨酸含量变化较大且呈极显著差异,分别增加 93.54、113.07 $\mu\text{g/g}$,表明适宜浓度的 PEG-6000 浸种可以提升甘青青兰幼苗在水分胁迫下的游离脯氨酸含量,从而利于幼苗在干旱环境下吸收水分抵御逆境。

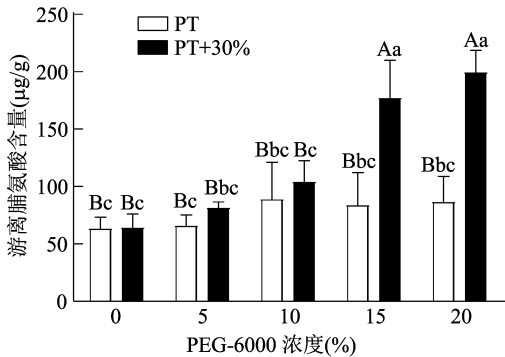


图 3 不同浓度 PEG-6000 处理对叶片游离脯氨酸含量的影响

2.3.4 PEG-6000 浸种对甘青青兰幼苗叶绿素含量的影响 图 4 显示,与对照组 (PT) 相比,试验组 (PT + 30%) 叶绿素 a 含量明显增加,而叶绿素 b 含量下降,且试验组 (PT + 30%) 叶绿素 a/b 的值明显增大,且试验组叶绿素 a/b 的值要明显高于对照组。叶绿素 a/b 的值明显增大是植物对逆境环境的一种防御性适应,捕光色素叶绿素 b 含量的降低使得植物的光捕获减弱,活性氧产生量减少,酶的抑制和蛋白质的降解减少,使植物更加耐旱,说明 PEG-6000 浸种可以提升甘青青兰幼苗的耐旱能力。

3 结论与讨论

PEG 胁迫能够影响种子活力,使种子萌发受到抑制或发芽延迟^[27-29]。本试验结果表明,PEG-6000 对甘青青兰种子的萌发具有明显的延缓和抑

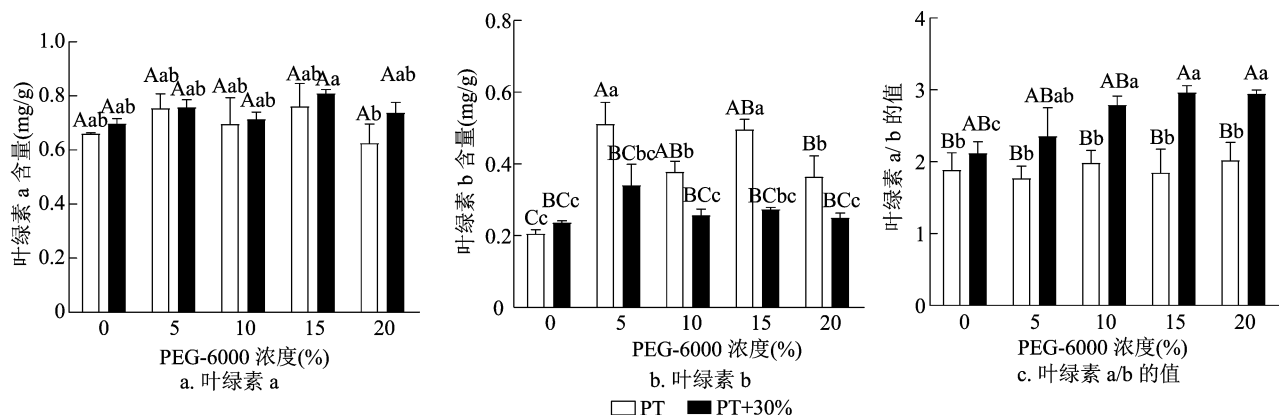


图4 不同浓度 PEG-6000 处理对叶绿素含量的影响

制作用,表现为随胁迫程度的增加,种子的萌发率、发芽势、发芽指数均下降,但对幼苗生长有一定的促进作用,这可能与物种本身的特性及其环境的异质性有关。

在一定胁迫条件下,植物体内生理生化特性会发生变化,如丙二醛、游离脯氨酸、可溶性蛋白含量会提高,这是植物对逆境胁迫的一种适应性的表现,可以作为植物抗性的指标^[30]。本试验通过不同浓度 PEG-6000 处理种子,待长出幼苗后置于 30% PEG-6000 溶液模拟的干旱胁迫环境下,检测后发现甘青青兰与未经其干旱胁迫处理的相比,丙二醛、脯氨酸、可溶性蛋白含量均发生了不同程度的变化,30% PEG-6000 溶液处理幼苗后,其丙二醛含量呈下降趋势,可溶性蛋白和游离脯氨酸含量呈上升趋势,叶绿素 a 含量有所增加而叶绿素 b 含量下降,叶绿素 a/b 的值增大,说明 PEG-6000 浸种可以提升甘青青兰幼苗的抗旱能力;但较高浓度 PEG-6000 胁迫会导致幼苗生长状况变差甚至死亡,说明甘青青兰的抗旱性不强。

参考文献:

- [1] 李文娟,焦立响,白红丽,等. 藏药甘青青兰中 6 种微量元素的初级形态分析[J]. 江苏农业科学,2013,41(1):288-290.
- [2] 中国科学院云南植物研究所. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1977:353.
- [3] 薛世萍,姜 华,杨丽霞,等. 藏药甘青青兰的药学研究进展[J]. 中国中医药信息杂志,2010,17(9):111-112.
- [4] 青海省生物研究所. 青藏高原植物图鉴[M]. 西宁:青海人民出版社,1972:140.
- [5] 周雪杉,武尉杰,和静萍,等. 藏药甘青青兰石油醚部位化学成分研究[J]. 现代中药研究与实践,2014,28(3):27-29.
- [6] 泽仁旺姆,于顺利,尼 珍. 藏药材唐古特青兰在西藏自治区的含布和资源量调查[J]. 西藏科技,2011(11):29-30.

- [7] 谢建锋,朱林燕,孔子铭,等. 唐古特青兰总黄酮的提取及其体外抗氧化活性的研究[J]. 华西药理学杂志,2015,30(4):422-424.
- [8] 王 敏,叶 菊,马 才,等. 响应面法优化回流提取藏药甘青青兰总黄酮工艺[J]. 中国民族医药杂志,2018,24(11):36-40.
- [9] 庆易微,热增才旦. 不同提取方法研究甘青青兰中多糖含量[J]. 安徽农业科学,2009,37(26):12552-12562.
- [10] 李霁昕,贾忠建. 甘青青兰化学成分的研究[J]. 西北植物学报,2006,26(1):188-192.
- [11] 黄小平,陈仕江,张 毅,等. 甘青青兰挥发油化学成分研究[J]. 成都中医药大学学报,2007,30(2):60-61.
- [12] 肖远灿,谢顺燕,董 琦,等. 青海产唐古特青兰鲜花和新鲜枝叶的精油成分分析[J]. 植物资源与环境学报,2015,24(3):112-114.
- [13] 沈 杰,叶蕴华,周亚伟. 藏药甘青青兰的生物活性成分研究[J]. 中国药理学杂志,2009,44(3):170-175.
- [14] 宗 露,卢晓琳,马逾英,等. 甘青青兰的形态组织学研究[J]. 华西药理学杂志,2012,27(3):337-338.
- [15] 李 莉,马媛媛,马志刚. 藏药唐古特青兰的显微特征研究[J]. 甘肃中医学院学报,2013,30(1):45-47.
- [16] 尹 秀,邓云天,罗新勇,等. 盐胁迫和干旱胁迫对藏药甘青青兰种子萌发的影响[J]. 种子,2017,36(4):17-20.
- [17] 郭尚磊,泽仁旺姆,尼 珍. 不同浓度赤霉素处理对甘青青兰种子发芽的影响[J]. 四川农业科技,2016(11):26-27.
- [18] 杜 军,杨志刚. 西藏自治区县级气候区划[M]. 北京:气象出版社,2011:2-5.
- [19] 杨春艳,沈渭寿,林乃峰. 西藏高原气候变化及其差异性[J]. 干旱区地理,2014,37(2):290-298.
- [20] 李志萍,张文辉,崔豫川. NaCl 和 Na₂CO₃ 胁迫对栓皮栎种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 生态学报,2015,35(3):742-751.
- [21] 张艳福,姚卫杰,郭其强,等. 干旱胁迫对砂生槐种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(10):45-56.
- [22] 马彦军,马 瑞,曹致中,等. PEG 胁迫对胡枝子幼苗叶片生理特性的影响[J]. 中国沙漠,2012,32(6):1662-1668.
- [23] 齐淑艳,段继鹏,郭婷婷,等. 入侵植物牛膝菊种子萌发对 PEG 模拟干旱胁迫的响应[J]. 生态学杂志,2014,33(5):1190-1194.

石欣隆, 杨月琴, 侯小改, 等. 外源壳寡糖对唐古特白刺抗旱性的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(13): 172–177.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.13.034

外源壳寡糖对唐古特白刺抗旱性的影响

石欣隆^{1,2}, 杨月琴¹, 侯小改^{1,2}, 薛 娟^{1,2}, 李明聪¹, 段明铅^{1,2}, 霍建华^{1,2}, 曾繁梓^{1,2}

(1. 河南科技大学牡丹学院, 河南洛阳 471023; 2. 河南省油用牡丹工程技术研究中心, 河南洛阳 471023)

摘要:为明确壳寡糖(chitooligosaccharide, COS)对干旱下唐古特白刺(*Nitraria tangutorum*)相关生理特性的影响, 以两年生唐古特白刺为研究对象, 设置对照组(蒸馏水)和 COS 处理组(40 mg/L), 对唐古特白刺叶片进行整株喷施, 测定不同干旱条件下(即断水后第 11、13、15、17、19 d)植株的相关生理指标。结果表明, 与对照组相比, 断水第 13 d 及以后, COS 处理组叶片的相对含水量提高 12.76%~17.38%, 叶绿素含量提高 21.76%~45.46%, 电解质外渗率降低 14.20%~28.36%, 丙二醛含量降低 19.13%~25.30%, 可溶性糖含量提高 20.44%~36.85%, 可溶性蛋白含量提高 8.19%~23.19%, 脯氨酸含量提高 10.55%~32.34%; 断水第 15 d 以后, COS 处理组叶片超氧化物歧化酶活性提高 22.85%~41.87%, 过氧化物酶活性提高 13.51%~25.80%, 过氧化氢酶活性提高 19.11%~28.50%。在不同断水时期, 外源 COS 可显著提高唐古特白刺植株的相对含水量、叶绿素含量、渗透调节物质含量和抗氧化酶活性, 同时明显降低了叶片电解质外渗率和丙二醛含量。

关键词:壳寡糖; 唐古特白刺; 干旱胁迫; 叶绿素; 抗氧化酶; 渗透调节物质

中图分类号: S718.43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)13-0172-06

干旱影响植物生长发育。研究发现, 某些植物生长调节物可以增强植物对干旱、冷害、高盐等非生物胁迫的耐受性^[1-4], 使植物在同等逆境胁迫下生命力更旺盛, 更有竞争力。壳寡糖(chitooligosaccharide, COS)是由壳聚糖通过降解得到的一种低聚糖, 因具有高效、环保、来源广的特性被大量用于农业生产^[5-6]。研究表明, 干旱下, 外源

COS 能提高植物叶片相对含水量, 降低电解质外渗率, 减少过氧化有害产物积累量, 从而减小干旱对植物细胞膜系统及大分子生命物质的损伤^[7]; 也能诱导光系统 II 最大化光化学效率(F_v/F_m), 明显提高光化学荧光猝灭系数(q_p)和光系统 II 电子传递量子产量(Φ_{PSII})^[8], 增加可溶性糖(soluble sugar, SS)、可溶性蛋白(soluble protein, SP)、脯氨酸(proline, Pro)等渗透调节相关代谢产物含量, 从而改变细胞质膜的相对渗透率^[9], 增强植物耐旱性; 还能提高植物体内超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化物酶(peroxidase, POD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)等保护酶活性^[10], 从而提高植物对干旱的抵抗能力。

唐古特白刺(*Nitraria tangutorum*)为蒺藜科(Zygophyllaceae)白刺属(*Nitraria* L.)的一种多年生小灌木, 抗逆性强, 经济价值高, 是我国西北部和北

收稿日期: 2019-11-21

基金项目: 国家自然科学基金(编号: U1804233); 河南省自然科学基金(编号: 162300410105); 河南科技大学学科提升振兴 A 计划(编号: 13660001); 河南科技大学 2017-2018 学年实验技术开发基金(编号: SY1718052)。

作者简介: 石欣隆(1994—), 男, 河南林州人, 硕士研究生, 主要从事植物生理生态学研究。E-mail: 975184724@qq.com。

通信作者: 杨月琴, 博士, 副教授, 主要从事生态学和药材资源开发利用研究。E-mail: yyqyx@126.com。

[24] 于 军, 焦培培. 聚乙二醇(PEG6000)模拟干旱胁迫抑制矮沙冬青种子的萌发[J]. 基因组学与应用生物学, 2010, 29(2): 355-360.

[25] 李振基, 宋爱琴. 聚乙二醇(PEG)模拟水分胁迫对木荷种子萌发的影响[J]. 福建林业科技, 2007, 34(4): 1-3.

[26] Atree S M, Fowke L C. Embryogeny of gymnosperms: advances in synthetic seed technology of conifers[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1993, 35(1): 1-35.

[27] 鱼小军, 师尚礼, 龙瑞军, 等. 生态条件对种子萌发影响研究进展[J]. 草业科学, 2006, 23(10): 44-49.

[28] 边才苗. 木荷种子萌发及对干旱胁迫的响应[J]. 福建林业科技, 2005, 32(3): 112-115.

[29] 张立军, 樊金娟, 阮燕燕, 等. 聚乙二醇在植物渗透胁迫生理研究中的应用[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(3): 361-364.

[30] 颜 华, 贾良辉, 王根轩. 植物水分胁迫诱导蛋白的研究进展[J]. 生命的化学, 2002, 22(2): 165-168.