

内蒙古地区沙生野生蔬菜沙葱耐旱生理特性研究

王国泽, 高 宁, 崔秀琦, 程 成, 李博华, 贾 晋

(内蒙古科技大学 数理与生物工程学院, 内蒙古 包头 014010)

摘 要:全球土壤沙漠化严重,沙漠化土壤治理对于全球经济的可持续性发展具有重要的战略意义。沙葱是一种重要的沙生野生蔬菜,其耐旱研究对阐明植物耐旱机制具有重要意义。该试验以沙葱为材料,采用不同土壤含水量和不同浓度 PEG-6000 对沙葱进行干旱胁迫处理。研究了相对含水量、细胞膜透性、丙二醛、游离脯氨酸含量及过氧化物酶活性的变化规律。结果表明:土壤干旱和 PEG 胁迫下,丙二醛和游离脯氨酸含量变化趋势存在差异;随土壤含水量缓慢下降,细胞膜透性增加,丙二醛和游离脯氨酸含量呈上升趋势;PEG 胁迫下,丙二醛含量则呈现“先升后降”的变化趋势,游离脯氨酸呈现“升→降→升→降”的变化趋势。过氧化物酶活性呈“先升后降再升”的趋势。该研究结果将为沙葱耐旱能力的阐明提供依据。

关键词:干旱胁迫;生理特性;沙生野生蔬菜;沙葱

中图分类号:S 647 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)03-0016-04

目前,干旱土地约占全球土地总面积的 40%,致使全世界约 10 亿人口赖以生存的土地资源受到了严重影响。全球范围的干旱已经成为许多国家面临的战略问题。据统计,全世界 30%灌溉农田、47%的雨养农田和 73%的牧场发生沙漠化^[1]。我国沙漠化土壤面积约 130 多万 km²,占全国土地总面积的 13.5%。土壤沙漠化严重破坏了生态平衡,影响农牧业生产发展,给人们的生产和生活带来不便^[2]。干旱已成为限制植物生长的主要非生物胁迫因子之一。

沙葱(*Allium mongolicum* Regel)属百合科葱属的多年生鳞茎丛生草本植物,又名野葱、蒙古韭、蒙古葱、胡穆利(蒙语)等,常生于海拔较高的沙漠中,因其形似葱,故称沙葱^[3]。沙葱适应性强,具有抗旱、抗寒、抗病和易于栽培等特性^[4],对防风固沙、维持和改善区域生态环境具有重要的作用。内蒙古自治区的鄂尔多斯市、巴彦淖尔市、乌兰察布市、阿拉善市、锡林郭勒市、呼伦贝尔

市等地为我国野生沙葱的主要分布区^[5]。沙葱长期适应沙漠特有的干旱环境,进化形成重要的抗旱机制,研究沙葱的耐旱机制对于阐明植物抗旱机理具有重要的意义。该研究以内蒙古地区沙葱为试验材料,测定了沙葱耐旱生理指标,以期为沙葱抗旱机制的阐明提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为采自内蒙古鄂尔多斯市的沙葱种子栽培于土壤、羊粪与蛭石(4:2:1)混合后的营养土,实验室条件下生长(白天温度 25℃,夜间温度 15℃,光周期为 14 h/10 h;光照强度 5 000 lx),沙葱生长 4 个月后,选长势一致的沙葱植株待处理。

1.2 试验方法

供试材料进行以下处理:1)浇水至土壤饱和后,之后停止浇水,每隔 2 d 测 1 次生理指标;2)采用水培法,以浓度分别为 0%、5%、10%、15%、20%、25%、30%的 PEG-6000 溶液(采用 Hoagland 营养液配制)处理,分别于处理第 1 天、第 2 天和第 3 天测生理指标。每处理 3 次重复。

1.3 项目测定

生理指标的测定参照张立军等^[6]的方法。植物组织相对含水量采用饱和含水量法测定;细胞膜透性采用电导仪法测定;丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法测定;游离脯氨酸含量采用水合茚三酮法测定;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定。

第一作者简介:王国泽(1975-),女,内蒙古赤峰人,博士,教授,现主要从事农产品加工与贮藏等研究工作。E-mail:lycwgz@126.com

责任作者:贾晋(1975-),女,内蒙古人,博士,教授,硕士生导师,现主要从事植物逆境生理与分子生物学等研究工作。E-mail:jiajin0201@163.com

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31260406);内蒙古自然科学基金资助项目(2012MS0502);包头市科技普及资助项目(2012S2008-6)。

收稿日期:2014-09-11

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 软件对试验数据进行处理,采用 SPSS 16.0 对数据进行单因素显著性检验。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对沙葱叶相对含水量的影响

相对含水量是指植物叶组织的实际含水量占饱和含水量的百分率,相对含水量愈高表明植株组织内水分充足,反之则出现水分亏缺^[7]。表 1 显示,土壤含水量由 33%降至 22%,沙葱叶相对含水量下降较明显,差异达显著水平,当土壤含水量由 22%降至 8%,沙葱叶相对含水量缓慢下降。表明在干旱胁迫下,沙葱具有减缓叶失水的能力,推测这可能是沙葱具有较强耐旱性的表现。

表 2 显示,随着 PEG-6000 浓度升高,沙葱叶相对含水量逐渐下降。土壤含水量由 33%降至 10%时,沙葱叶相对含水量急剧下降,差异达显著水平,其变化趋势虽然与土壤含水量胁迫相似,但叶相对含水量下降幅度大。

2.2 干旱胁迫对沙葱细胞膜透性的影响

植物细胞是由质膜包围着细胞质,各种不良环境因

素首先作用于由类脂和蛋白质构成的质膜。由表 1 可以看出,随着土壤含水量的下降,沙葱叶细胞膜透性呈现先缓慢增加,后急剧上升的变化趋势。土壤含水量由 33%下降至 22%,沙葱叶细胞膜透性急剧下降,差异显著;土壤含水量由 22%降至 10%时,沙葱叶细胞膜透性上升缓慢,差异不显著;土壤含水量为 8%,沙葱叶细胞膜透性急剧上升,差异显著。该研究发现,随着土壤含水量的下降,沙葱细胞质膜透性初期(土壤含水量 33%~22%)虽上升幅度较大,但随后上升幅度减缓,表明沙葱对膜透性的增加具有一定的调节能力,这可能是其耐旱能力的体现。

如表 2 所示,PEG-6000 处理时的细胞膜透性普遍高于土壤含水量下降时的值,随着 PEG-6000 浓度增加,沙葱细胞膜透性逐渐增加;且不同处理间的差异均达到了差异显著水平。原因可能是 PEG-6000 处理除引发干旱胁迫外,还会引发根系无氧呼吸,对植物的毒害作用更大,因此,土壤含水量下降引发的干旱胁迫更能反映自然界的真实情况及沙葱的耐旱能力。

表 1 不同土壤含水量沙葱叶生理指标变化

Table 1 Changes of physiological indexes under different soil water in *A. mongolicum* leaves

土壤含水量 Soil water content/%	33	22	14	10	8
相对含水量 Relative water content/%	90.67±1.53 a	79.00±1.73 b	76.00±2.65 bc	72.33±2.31 cd	60.33±1.16 d
细胞膜透性 Cell membrane permeability/%	21.48±0.13 d	26.77±1.25 c	29.17±0.08 bc	30.45±1.81 b	38.63±3.61 a
丙二醛含量 MDA content/(μmol·g ⁻¹ FW)	11.59±0.32 c	11.98±0.34 b	13.06±0.20 ab	14.51±0.97 a	19.51±1.48 a
游离脯氨酸含量 Free proline content/(μg·g ⁻¹ FW)	1.38±0.41 b	1.63±0.11 b	1.63±0.11 b	9.28±0.58 a	9.43±0.63 a
过氧化物酶活性 POD activity/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	79.56±1.07 c	93.12±0.18 bc	331.11±3.85 a	129.22±2.27 b	301.67±2.89 a

注:不同小写字母表示数值差异显著($P<0.05$),以下同。

Note: Different lowercase letters show significant difference at $P<0.05$, the same below.

表 2 不同浓度 PEG-6000 处理沙葱叶生理指标变化

Table 2 Changes of physiological indexes under PEG-6000 in *A. mongolicum* leaves

PEG-6000 浓度 PEG-6000 concentration/%		0	5	10	15	20
相对含水量 Relative water content/%	第 1 天	83.60±3.51 a	78.28±1.28 b	71.07±0.03 c	65.00±1.00 d	63.33±2.08 d
	第 2 天	88.00±2.92 a	80.25±1.78 b	72.09±0.59 c	69.69±2.88 b	66.00±3.00 d
	第 3 天	92.15±2.78 a	83.00±0.58 b	74.09±0.58 c	72.41±2.31 d	70.00±1.53 d
细胞膜透性 Cell membrane permeability/%	第 1 天	31.82±0.09 e	51.91±0.06 c	59.76±0.04 b	46.14±0.03 d	64.33±0.03 a
	第 2 天	37.89±3.49 d	57.09±3.55 b	68.00±5.35 a	33.72±7.15 e	50.30±8.11 c
	第 3 天	41.52±3.45 e	61.77±3.16 b	73.16±5.09 a	51.19±7.16 d	55.21±8.05 c
丙二醛含量 MDA content/(μmol·g ⁻¹ FW)	第 1 天	18.21±1.77 ab	18.95±2.16 ab	23.45±1.53 a	18.56±1.23 ab	12.73±1.79 b
	第 2 天	18.35±1.18 c	20.14±0.89 ab	27.76±3.29 a	23.04±2.48 b	19.59±3.51 d
	第 3 天	19.38±1.46 c	22.30±1.22 c	32.09±2.71 a	28.83±2.18 ab	23.69±2.98 b
游离脯氨酸含量 Free proline content/(μg·g ⁻¹ FW)	第 1 天	2.17±0.19 b	5.94±1.43 a	5.02±0.04 a	6.75±0.72 a	4.79±0.98 a
	第 2 天	2.32±0.19 d	6.58±1.31 b	7.31±1.25 b	8.61±0.61 a	5.43±0.81 c
	第 3 天	2.48±0.21 d	8.09±0.57 b	8.63±1.39 ab	9.48±1.13 a	6.71±0.51 c
过氧化物酶活性 POD activity (U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	第 1 天	26.67±11.55 d	41.11±11.71 d	151.11±8.39 a	60.00±6.67 c	104.67±4.81 b
	第 2 天	40.00±10.58 d	114.44±35.28 c	186.67±7.15 b	120.00±32.89 c	216.67±8.140 a
	第 3 天	84.44±10.58 b	186.67±39.49 a	282.22±22.19 a	60.00±32.89 c	165.56±68.89 a

2.3 干旱胁迫对丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)是植物膜质过氧化作用的最终产物,常作为衡量逆境对植物伤害强弱的指标^[8],丙二醛含量越高植物受害程度越重。随着土壤含水量下降,沙葱叶

丙二醛含量呈上升趋势。土壤含水量由 33%降至 10%时,增加缓慢,土壤含水量低于 10%,丙二醛含量急剧上升。不同浓度 PEG-6000 胁迫时,沙葱叶丙二醛含量逐渐增加,当 PEG-6000 浓度为 10%时,丙二醛含量达到最

高值,随后逐渐下降。

2.4 干旱胁迫对游离脯氨酸含量的影响

表1显示,随土壤含水量的下降,沙葱叶游离脯氨酸呈上升趋势,呈S型变化曲线。土壤含水量由33%降至14%时,游离脯氨酸含量缓慢上升;土壤含水量降至10%时,脯氨酸含量急剧上升,差异显著;土壤含水量由10%降至8%时,游离脯氨酸含量变化趋于平稳。表2显示,随PEG-6000浓度升高,沙葱叶游离脯氨酸含量呈上升趋势,当PEG-6000浓度由0%升高至5%时,游离脯氨酸含量急剧上升,差异显著;PEG-6000浓度大于15%时,游离脯氨酸含量有所下降。

2.5 干旱胁迫对沙葱 POD 活性的影响

过氧化物酶(Peroxidase, POD)是以过氧化氢为电子受体催化底物氧化的酶。主要存在于细胞过氧化物酶体中,具有消除过氧化氢和酚类毒性的作用。

由表1可知,随着土壤含水量的下降,沙葱叶POD活性呈现“先升后降再升”的变化趋势,土壤含水量由33%降至22%时,沙葱叶POD活性缓慢上升,差异不显著;土壤含水量由22%降至14%时,沙葱叶POD活性急剧上升,差异显著;土壤含水量由14%降至10%时,沙葱叶POD活性急剧下降,差异显著;土壤含水量由10%降至8%时,沙葱叶POD活性又急剧上升,差异显著。表2所示,当PEG-6000浓度在0~10%时,沙葱POD活性上升,但当PEG-6000浓度为15%时,POD活性急剧下降,之后上升,其变化趋势与不同土壤含水量处理相似。

比较表1和表2发现,PEG-6000处理的沙葱各项生理指标的变化趋势虽然与土壤含水量胁迫相似,但各生理指标的含量均高于不同土壤含水量处理,可能原因是沙葱虽然耐旱,但不耐涝,PEG-6000处理的水培法使沙葱不仅需要忍受PEG-6000带来的干旱胁迫,还得忍受水涝带来的缺氧胁迫,因此,沙葱的各项生理指标值高于自然条件下的土壤含水量下降时的数值。

3 讨论与结论

在生长发育过程中,水分对植物的影响较大,尤其对耐旱植物来说,水分变化引起植物细胞的生理生化改变。在系统发育中,某些植物由于长期生长在干旱环境形成了对低水分的高度适应能力,能在含水量很低的土壤中生长发育,完成其生活史。耐旱性是植物对干旱胁迫的一种适应能力,它是指植物通过生长发育、形态结构和生理生化的适应性变化,以减少干旱对植物所产生的危害^[9]的特性。

已有研究表明^[10],相对含水量反映了树木叶的保水能力,干旱胁迫下,抗旱性强的树种叶含水量下降速度往往比抗旱性弱的树种要迟缓。严子柱^[11]指出,沙葱为肉质草本植物,其叶具有发达的贮水组织,具有很高的组织含水率,嫩叶组织含水率高达93.54%,相对含水率

也达到97.35%,该研究发现,在干旱胁迫下沙葱叶的相对含水量下降较慢,这可能与发达的贮水组织有关,沙葱肉质化叶及其发达的贮水结构是其重要的耐旱特性。PEG胁迫下叶相对含水量变化趋势虽与土壤干旱胁迫相似,但下降幅度大。可能原因是沙葱虽耐旱,但其不耐涝,水培法使沙葱不仅需要忍受PEG-6000带来的干旱胁迫,还得忍受水涝带来的缺氧胁迫。

有研究表明,逆境下植物体内积累的氧自由基引发膜质过氧化作用,导致膜选择透性丧失,质膜透性增大^[12],膜透性愈大,受害愈重,抗逆性愈弱,反之则抗逆性愈强。通常情况下,植物细胞内氧自由基的产生与清除处于一种动态平衡,一旦这种平衡遭到破坏,氧自由基便会大量积累,膜质双分子层中含有的不饱和脂肪酸就易于氧化分解而造成膜的破坏^[13]。MDA是膜质过氧化作用的产物之一,这种动态平衡被打破的直接结果就是MDA含量的增加^[14]。MDA含量多少代表膜质过氧化程度,即MDA含量越高,膜质过氧化越严重,膜透性越大^[13]。该试验发现,在干旱程度较低时,沙葱MDA缓慢上升,表明干旱胁迫对沙葱的膜质过氧化作用造成了一定的影响,其体内是否存在较强的膜质过氧化产物-丙二醛的清除机制,尚需进一步的研究阐明。

游离脯氨酸(Pro)具有分子量低、高度水溶性的特点,是一种理想的植物渗透调节物质^[15-17]。已有研究结果发现,当遭受到水分胁迫时,植物组织内便会累积渗透调节物质以应对胁迫带来的伤害。干旱胁迫下植物体内会迅速积累脯氨酸,进行渗透调节,以维持细胞一定的含水量和膨压势,增强植物的抗旱能力和抗逆性^[17]。干旱胁迫时,沙葱叶渗透调节物质-脯氨酸含量逐渐增加,表明沙葱可能通过脯氨酸积累以缓解干旱胁迫带来的伤害作用。

POD可清除细胞内的自由基,缓解细胞膜脂质过氧化作用。研究发现,POD活性的上升提高了植物清除H₂O₂的能力^[18]。孔照胜等^[19]研究大豆保护酶系与抗旱性关系时发现,大豆抗旱品种的POD活性较高,并且干旱胁迫后该酶活性显著增高,而不抗旱品种该酶活性变化不大甚至减弱。该研究发现一定范围的干旱胁迫使沙葱POD活性显著增高,可能是沙葱具有一定抗旱能力的表现。该研究发现沙葱POD活性随PEG-6000浓度上升呈现先上升后下降的变化趋势,这与张弢^[20]的研究结果一致。此外,该研究发现当PEG浓度为15%时,沙葱各项生理指标出现转折性变化,相关原因尚需通过进一步研究阐明。

干旱是影响植物生长和发育的主要因子之一,在植物生长过程中,干旱影响着植物的生理生化指标。余莉琳等^[21]研究八宝景天、沙打旺、紫花苜蓿和早熟禾等沙生植物的耐旱性时指出,干旱胁迫致使4种植物的相对

含水量显著下降,相对电导率、MDA 含量明显升高;白志英等^[22]研究小麦干旱胁迫下脯氨酸含量的变化时指出,随干旱的加剧脯氨酸积累;夏红明等^[23]研究发现,甘蔗遭受干旱时 POD 活性呈现先上升后下降的变化趋势,该研究获得了与前人相似的研究结果。试验对沙葱耐旱相关生理指标进行了研究,指出了沙葱受到干旱胁迫时内部发生的生理变化,阐明了沙葱的耐旱生理机制,研究结果可为其它耐旱植物相关研究提供参考。

参考文献

- [1] 吴世民. 沙漠化在全球[J]. 域外见闻, 2010(4): 50-51.
- [2] 丁玉波. 浅谈环境的沙漠化问题[J]. 黑龙江科技信息, 2007(19): 150.
- [3] 刘嫖心. 中国沙漠植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 215.
- [4] 马毓泉, 富象乾, 陈山. 内蒙古植物志[M]. 2 版. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1994: 489-491.
- [5] 汪发瓚, 唐进. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [6] 张立军, 梁宗锁. 植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [7] 白雪峰, 韩辉, 周凤艳, 等. 沙地樟子松针叶保水力及相对含水量动态变化分析[J]. 防护林科技, 2008(3): 51-53, 75.
- [8] 朱利君, 苏智先, 胡进耀, 等. 珍稀濒危植物珙桐过氧化物酶活性和丙二醛含量[J]. 生态学杂志, 2009, 28(3): 451-455.
- [9] 马全林, 刘世增, 严子柱, 等. 沙葱的抗旱性特征[J]. 草业科学, 2008, 25(6): 56-61.
- [10] 陈少瑜, 郎南军, 李吉跃, 等. 干旱胁迫下 3 树种苗木叶片相对含水量、质膜相对透性和脯氨酸含量的变化[J]. 西部林业科学, 2004(3): 30-33, 41.
- [11] 严子柱. 沙葱生态生理特性及驯化栽培技术研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.
- [12] 周瑞莲, 王海鸥. 在干旱、高温胁迫中沙生植物抗脱水性与膜脂过氧化关系的研究[J]. 中国沙漠, 1999(S1): 60-65.
- [13] 梁新华, 史大刚. 干旱胁迫对光果甘草幼苗根系 MDA 含量及保护酶 POD、CAT 活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006(3): 108-110.
- [14] 胡学俭, 孙明高, 夏阳, 等. 胁迫对无花果与海棠膜脂过氧化作用及保护酶活性的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(5): 937-943.
- [15] Tang Z C. The accumulation of free proline and its roles in water-stressed sorghum seedlings [J]. Acta Phytophysiological Sinica, 1989, 15(1): 105-110.
- [16] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义[J]. 植物生理学通讯, 1984(1): 15-21.
- [17] 燕平梅, 章良山. 水分胁迫下脯氨酸的累积及其可能的意义[J]. 太原师范专科学校学报, 2000(4): 27-28.
- [18] 郭金耀, 杨晓玲. 盐藻过氧化物酶的盐适应性及其与物质积累的关系[J]. 海洋湖沼通报, 2009(1): 103-107.
- [19] 孔照胜, 武云帅, 岳爱琴, 等. 不同大豆品种抗旱性生理指标综合分析[J]. 华北农学报, 2001(3): 40-45.
- [20] 张弢. 干旱胁迫对黄瓜幼苗生理指标的影响[J]. 南方农业学报, 2011(12): 1466-1468.
- [21] 余莉琳, 裴宗平, 常晓华, 等. 干旱胁迫及复水对 4 种矿区生态修复草本植物生理特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 362-364.
- [22] 白志英, 李存东, 刘渊. 干旱胁迫下小麦叶片脯氨酸和蛋白质含量变化与染色体的关系[J]. 植物遗传资源学报, 2007(3): 325-330.
- [23] 夏红明, 赵培方, 刘家勇, 等. 干旱胁迫对甘蔗保护酶活性等生理指标的影响[J]. 西南农业学报, 2013(5): 1824-1828.

Study on Physiological Characteristics of Drought Tolerance in Sandy Wild Vegetable *Allium mongolicum* from Inner Mongolia

WANG Guo-ze, GAO Ning, CUI Xiu-qi, CHENG Cheng, LI Bo-hua, JIA Jin

(School of Mathematics, Physics and Biological Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou, Inner Mongolia 014010)

Abstract: Desertification in the world is very serious. Governing soil desertification has important strategic significance for the sustainable development of the global economy. *Allium mongolicum* Regel is an important sandy wild vegetable, and studying its drought tolerance mechanism is of great significance in elucidating plant drought tolerance mechanism. Under drought stress, the osmotic balance of plant cells is destroyed and related physiological indexes change. Using different soil water content and different PEG-6000 concentrations to simulated drought, *A. mongolicum* was selected as the material, physiological indexes related to drought tolerance were measured, and the physiological mechanisms of drought tolerance were studied. The free proline content, malondialdehyde content, relative water content, plant cell membrane permeability as well as POD activity of *A. mongolicum* under drought stress were measured. The results showed that with droughts increasing, free proline and MDA contents increased overall, while with PEG increasing, MDA contents increased initially and then decreased, free proline increased firstly, then decreased, increased again, decreased lastly. Relative water content decline gradually, membrane permeability increased, while the POD activity increased initially and then decreased. The results will lay the foundation for clarifying the physiological mechanism of drought tolerance in *A. mongolicum* under drought stress.

Keywords: drought stress; physiological characteristics; sandy wild vegetable; *A. mongolicum*