

5种沙棘无性系基于干旱胁迫响应的抗旱性能对比

胡建忠^{1*}, 刘丽颖²

¹水利部沙棘开发管理中心, 北京

²沈阳农业大学林学院, 辽宁 沈阳

Email: bfuswc@163.com

收稿日期: 2021年5月18日; 录用日期: 2021年6月14日; 发布日期: 2021年6月22日

摘要

利用盆栽试验手段, 研究了5种沙棘无性系的抗旱性, 结果表明, 对于不同水分条件的干旱胁迫, 不同沙棘无性系可通过树高、地径、生物量的变化, 能够及时做出响应。用重度干旱胁迫下3个指标的测定数值, 占正常水分条件下同一指标数值的比例, 来衡量各参试沙棘无性系的抗旱性, 发现参试5种沙棘无性系, 以“杂雌优12号”、“杂雌优54号”的抗旱性相对较强, “杂雌优10号”、“杂雌优1号”居中, 而“杂雌优2号”相对较弱, 不过参试5种沙棘的抗旱性都属于较强的水平。

关键词

沙棘, 干旱胁迫, 树高, 地径, 生物量, 抗旱性

Analysis of Drought Resistances of 5 Seabuckthorn Clones Based on Drought Stress Responses

Jianzhong Hu^{1*}, Liying Liu²

¹China National Administration Center for Seabuckthorn Development, Beijing

²Forestry College, Shenyang Agricultural University, Shenyang Liaoning

Email: bfuswc@163.com

Received: May 18th, 2021; accepted: Jun. 14th, 2021; published: Jun. 22nd, 2021

*第一作者。

Abstract

Pot experiments were conducted to estimate the drought resistances of 5 seabuckthorn clones. The height, diameter and biomass of seabuckthorn clones could react quickly to different soil water conditions. The ratios of height, diameter and biomass in severe drought stress conditions to normal conditions were used to calculate the drought resistances of 5 seabuckthorn clones, which indicated that the drought resistances of “Zaciyou 12” “Zaciyou 54” were strong, “Zaciyou 10” “Zaciyou 1” middle, and “Zaciyou 2” weak in the 5 clones, but they were all in the strong level of drought resistance.

Keywords

Seabuckthorn, Drought Stress, Heights, Basal Diameter, Biomass, Drought Resistance

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在我国水土流失地区, 干旱与土壤水分损失往往同步存在, 对植物生长产生了叠加的不利影响。因此, 探索植物在自然干旱期间, 如何维持自身生存机制, 并据以设计出提高植物生存适应性的方案已是当务之急。干旱会严重限制植物的正常生长发育, 而植物体自身也已经进化出在干旱条件下防止水分损失、平衡对重要器官的最佳供水、维持细胞水分含量以及在干旱期间保持生存的策略[1], 植物的这种能力被称为抗旱性。沙棘是我国“三北”地区广为栽培的一种生态经济型树种, 逆境可以诱导沙棘属(*Hippophae*)植物的光合作用、物质代谢、生长发育等途径发生变化, 并诱导形态结构发生变化; 沙棘属植物可以通过渗透调节和代谢调节的方式响应逆境胁迫[2]。本文即是对在实施干旱胁迫前提下, 对沙棘开展的有关抗旱性[3] [4]研究, 以为我国干旱半干旱水土流失地区沙棘林的合理配置和经营管理提供有关科学依据。

2. 材料与方法

试验地选在沈阳农业大学校内试验场, 试验所用5种沙棘无性系为“杂雌优1号”、“杂雌优2号”、“杂雌优10号”、“杂雌优12号”和“杂雌优54号”, 系用不同蒙古沙棘(*Hippophae rhamnoides* ssp. *mongolica*)亚种做母本、中国沙棘(*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*)做父本杂交选育而成。

采用盆栽试验的方法。即于2017年3月下旬, 将当年早春采集的沙棘硬枝插条经过生根粉浸泡4 h之后, 插在深33 cm、容积约8 L的花盆中, 每个无性系30盆, 共150盆, 每盆扦插2株。种植所用土壤为培养土与石英砂1:1(体积比)的混合物, 培养土为采集自东北针叶林林下的自然土壤。扦插后将花盆随机摆放到温室大棚中培养。

经过4个多月的生长之后, 从8月16日起, 对5种沙棘进行干旱胁迫处理。试验设计有3个水分处理, 分别为正常水分(对照)、中度干旱、重度干旱, 其对应的土壤含水量分别为田间持水量的80%、50%和30%。试验期间采用称重法进行每个梯度的控水处理, 即每隔一天称量一次土壤水分自然消耗量, 然后灌水补充至设定标准, 将土壤含水量控制在设定范围内, 同时准确记录加水量。该部分实验于9月底结束。

树高、地径分别采用钢卷尺、游标卡尺, 在生长季 5 月至 9 月, 每月(或半月)测量 1 次; 生物量采用“收获法”在 9 月底 1 次测定。

3. 结果与分析

干旱胁迫对所有 5 种沙棘无性系生长的影响, 通过在整个生长季内, 实施干旱胁迫后不同水分条件下(正常水分、中度干旱、重度干旱)、不同参试沙棘的高、径、生物量等来做出响应。

3.1. 沙棘树高地径生长对干旱胁迫的响应

5 种沙棘无性系盆栽干旱胁迫试验, 测定的生长指标首先是树高, 其次是地径。不同月份参试 5 种沙棘无性系在 3 种土壤水分条件下的高生长响应, 详见表 1。

Table 1. Monthly height of seabuckthorn in different water conditions

表 1. 不同水分条件下参试沙棘无性系逐月树高生长对比

沙棘无性系	处理	树高(cm)						占比
		5月26日	6月28日	7月25日	8月23日*	9月12日	9月28日	
杂雌优 1 号	正常水分	5.1	28.6	30.3	40.0	48.0	50.0	1.00
	中度干旱	5.1	28.6	30.3	33.5	43.0	42.0	0.84
	重度干旱	5.1	28.6	30.3	40.7	36.7	36.0	0.72
杂雌优 2 号	正常水分	10.2	23.4	39.5	53.3	57.3	67.0	1.00
	中度干旱	10.2	23.4	39.5	38.7	41.0	44.7	0.67
	重度干旱	10.2	23.4	39.5	41.7	41.7	42.7	0.64
杂雌优 10 号	正常水分	8.8	23.7	41.7	61.0	63.0	70.0	1.00
	中度干旱	8.8	23.7	41.7	52.8	52.8	57.0	0.81
	重度干旱	8.8	23.7	41.7	45.8	45.3	49.0	0.70
杂雌优 12 号	正常水分	4.8	16.8	28.5	43.0	44.0	48.0	1.00
	中度干旱	4.8	16.8	28.5	40.0	46.5	46.0	0.96
	重度干旱	4.8	16.8	28.5	42.3	43.7	43.0	0.90
杂雌优 54 号	正常水分	5.2	13.3	25.8	35.5	41.0	49.0	1.00
	中度干旱	5.2	13.3	25.8	28.5	34.0	41.0	0.84
	重度干旱	5.2	13.3	25.8	32.5	34.0	38.0	0.78

注: 8 月 23 日为干旱胁迫处理后的第 7 天。

表 1 中 5 月 26 日、6 月 28 日、7 月 25 日的数据, 对于 3 种处理(正常水分、中度干旱、重度干旱)来说是属于一个总体, 尚未分开, 所以数据一样。8 月 16 日对土壤水分按正常水分、中度干旱、重度干旱进行处理, 7 天后的 8 月 23 日首次测定 3 种处理的树高数据, 从此开始, 生长数据因处理不同而发生了变化。从表中能看见随着时间推移, 有些参试沙棘无性系在重度干旱条件下, 竟然有树高变小的情况, 这是缘于树梢失水萎蔫所致, 并非记载错误, 特此说明。

总体趋势是, 5 种沙棘无性系, 正常水分条件下逐月树高值, 均高于中度和重度干旱条件下的两个树高值; 中度干旱较重度干旱条件下的树高值为高。两种处理占正常水分条件下年生长树高值的比例,

即“占比”列在表中最后一列。可以看出,对于5种沙棘无性系来说,树高年生长值在中度干旱条件下,能达到正常水分条件下的82%(64%~96%);在重度干旱条件下,仅能达到正常水分条件下的75%(64%~90%)。即使按这一比例的最低值64%来看,在重度干旱条件下,即当田间持水量为正常情况下30%时,树高年生长也能达到正常生长值的64%,足见参试沙棘对于干旱胁迫的适应性很强,抗旱能力比较突出。

用年生长高度在重度干旱条件下占正常水分条件下的比例,来衡量各参试沙棘无性系的抗旱性,则从高到低依次排列为:“杂雌优12号”(0.90)、“杂雌优54号”(0.78)、“杂雌优1号”(0.72)、“杂雌优10号”(0.70)、“杂雌优2号”(0.64)。

参试5种沙棘无性系的地径值,只在9月28日观测时做了测定,此时盆栽沙棘基本上停止了生长,应能代表地径年生长值,列于表2。

Table 2. Monthly diameter at basal of seabuckthorn in different water conditions

表 2. 不同干旱胁迫条件下参试沙棘无性系地径年生长值对比

沙棘无性系	处理	地径 mm	各处理占正常水分条件下的地径比例
杂雌优 1 号	正常水分	11.8	1.00
	中度干旱	10.0	0.84
	重度干旱	7.2	0.61
杂雌优 2 号	正常水分	12.8	1.00
	中度干旱	10.5	0.82
	重度干旱	7.2	0.57
杂雌优 10 号	正常水分	12.2	1.00
	中度干旱	10.6	0.87
	重度干旱	8.5	0.70
杂雌优 12 号	正常水分	10.3	1.00
	中度干旱	9.4	0.91
	重度干旱	8.2	0.80
杂雌优 54 号	正常水分	12.5	1.00
	中度干旱	12.1	0.97
	重度干旱	10.5	0.84

注:测定日期为9月28日。

地径年生长值随不同处理的变化,几乎与树高年生长值的变化趋势完全相同。从表中可以看出,地径年生长值在中度干旱条件下,能达到正常水分条件下的88%(82%~97%);在重度干旱条件下,能达到正常水分条件下的70%(57%~84%),同样反映了参试沙棘无性系对于干旱胁迫的适应性较强。

与树高一样,用地径年生长值在重度干旱条件下占正常水分条件下的比例,来衡量各参试沙棘无性系的抗旱性,则从高到低依次排列为:“杂雌优54号”(0.84)、“杂雌优12号”(0.80)、“杂雌优10号”(0.70)、“杂雌优1号”(0.61)、“杂雌优2号”(0.57)。前4位排列次序与树高不太一致,第5位一样。

从树高、地径这两个指标来看,用于反映各参试沙棘无性系抗旱性的数据,以“杂雌优2号”最小,

抗旱性排在末位, 而其他 4 种沙棘无性系排名按树高、地径的计算结果有所不同。

3.2. 沙棘生物量对干旱胁迫的响应

盆栽试验在参试 5 种沙棘无性系接受干旱胁迫处理 40 天后的 9 月 28 日, 对单株年生物量(干重), 从干、枝、叶、根 4 方面, 做了全面的测定, 详见表 3。

Table 3. Dry biomass of seabuckthorn in different water conditions
表 3. 不同干旱胁迫条件下参试沙棘无性系单株年生物量(干重)对比

沙棘 无性系	处理	干生物量		枝生物量		叶生物量		根生物量		总生物量 g/株	占比
		g/株	比例	g/株	比例	g/株	比例	g/株	比例		
杂雌优 1 号	正常水分	12.4	49.4%	6.9	27.5%	3.1	12.3%	2.7	10.8%	25.2	1.00
	中度干旱	9.3	50.6%	5.1	27.7%	2.1	11.4%	1.9	10.3%	18.4	0.73
	重度干旱	7.3	54.2%	3.2	24.0%	1.8	13.7%	1.1	8.1%	13.4	0.53
杂雌优 2 号	正常水分	15.8	48.7%	8.9	27.4%	4.5	14.0%	3.2	9.9%	32.5	1.00
	中度干旱	9.8	43.7%	7.1	31.7%	3.1	13.7%	2.5	11.0%	22.5	0.69
	重度干旱	8.2	45.8%	6.1	33.9%	2.3	12.8%	1.4	7.5%	18.0	0.55
杂雌优 10 号	正常水分	14.6	49.3%	7.6	25.7%	4.5	15.2%	2.9	9.8%	29.6	1.00
	中度干旱	10.4	51.4%	5.3	26.2%	2.4	11.9%	2.1	10.4%	20.2	0.68
	重度干旱	8.1	52.1%	4.1	26.4%	2.0	12.9%	1.3	8.6%	15.5	0.52
杂雌优 12 号	正常水分	10.3	42.3%	7.1	29.3%	4.0	16.5%	2.9	11.9%	24.3	1.00
	中度干旱	8.7	46.9%	5.3	28.6%	2.2	12.1%	2.3	12.4%	18.5	0.76
	重度干旱	7.2	53.3%	3.3	24.5%	2.0	14.6%	1.0	7.5%	13.5	0.56
杂雌优 54 号	正常水分	12.5	45.8%	7.9	28.9%	3.8	14.0%	3.1	11.3%	27.4	1.00
	中度干旱	8.2	46.7%	5.1	29.0%	2.2	12.5%	2.1	11.8%	17.6	0.64
	重度干旱	7.3	47.7%	4.4	29.0%	2.0	13.2%	1.5	10.1%	15.2	0.55
平均		10.0	48.5%	5.8	28.0%	2.8	13.4%	2.1	10.1%	20.8	0.77

参试沙棘各无性系的年生物量(干重)组成, 平均来看, 以干所占比例最高, 达 48.5%, 近一半; 枝第二, 占 28%; 叶第三, 占 13.4%; 根位居最末, 仅占 10.1%, 与盆栽试验的土壤空间较小不无关系。

表 3 最后一列显示出, 年生物量(干重)在中度干旱条件下, 能达至正常水分条件下的 70% (64%~76%); 在重度干旱条件下, 能达至正常水分条件下的 54% (52%~56%), 也同样说明了 5 种沙棘无性系对干旱胁迫的适应性较强。在土壤水分仅占正常田间持水量 30% 的情况下, 年生物量(干重)竟然也能占到正常田间持水量条件下的一半以上, 实属难能可贵。

同样, 用年生物量(干重)在重度干旱条件下占正常水分条件下的比例, 来衡量各参试沙棘无性系的抗旱性, 则从高到低依次排列为: “杂雌优 12 号” (0.56)、“杂雌优 54 号” (0.55)、“杂雌优 2 号” (0.55)、“杂雌优 1 号” (0.53)、“杂雌优 10 号” (0.52)。可见, 从年生物量(干重)来看, 干旱胁迫后各参试沙棘无性系反应, 虽然能排出次序, 但较为接近, 占比范围从 0.52 至 0.56。

将 5 种沙棘无性系按树高、地径、年生物量(干重)的 3 个抗旱性数据, 等权平均运算, 则可综合得到每种沙棘无性系 1 个综合反映抗旱性的数据:

“杂雌优 12 号”: $(0.90 + 0.80 + 0.56)/3 = 0.753$;

“杂雌优 54 号”: $(0.78 + 0.84 + 0.55)/3 = 0.723$;

“杂雌优 10 号”: $(0.70 + 0.70 + 0.52)/3 = 0.640$;

“杂雌优 1 号”: $(0.72 + 0.61 + 0.53)/3 = 0.620$;

“杂雌优 2 号”: $(0.64 + 0.57 + 0.55)/3 = 0.587$ 。

上面所示, 即为参试 5 个沙棘无性系抗旱性从强到弱的排名。

4. 结论与讨论

对于不同水分条件(正常水分、中度干旱、重度干旱)的干旱胁迫, 不同沙棘无性系可通过树高、地径、生物量等的变化, 能够及时做出响应。

重度干旱胁迫下不同生长指标测定数值, 即为不同沙棘无性系对重度干旱胁迫所做出的响应, 其占正常水分条件下同一指标的比例, 能用来衡量各参试沙棘无性系的抗旱性。据此计算得到了 3 个数列:

树高响应数列: “杂雌优 12 号”(0.90)、“杂雌优 54 号”(0.78)、“杂雌优 1 号”(0.72)、“杂雌优 10 号”(0.70)、“杂雌优 2 号”(0.64)。

地径响应数列: “杂雌优 54 号”(0.84)、“杂雌优 12 号”(0.80)、“杂雌优 10 号”(0.70)、“杂雌优 1 号”(0.61)、“杂雌优 2 号”(0.57)。

生物量响应数列: “杂雌优 12 号”(0.56)、“杂雌优 54 号”(0.55)、“杂雌优 2 号”(0.55)、“杂雌优 1 号”(0.53)、“杂雌优 10 号”(0.52)。

将 3 个数列平权综合后, 得到的数列为: “杂雌优 12 号”(0.753)、“杂雌优 54 号”(0.723)、“杂雌优 10 号”(0.640)、“杂雌优 1 号”(0.620)、“杂雌优 2 号”(0.587)。用数值大小简单归类, 可将 5 种沙棘无性系归为抗旱性强、中、弱 3 类: “杂雌优 12 号”、“杂雌优 54 号”的抗旱性相对较强, “杂雌优 10 号”、“杂雌优 1 号”居中, “杂雌优 2 号”相对较弱。

基于干旱胁迫响应, 用 3 个指标的生长数据计算沙棘无性系的抗旱性能, 只是一种实验性探索。盆栽、少指标、苗期等条件的制约, 相信会随着大田内多指标、多年份不断观测来加以订正, 以确定出更加可靠的沙棘无性系抗旱性排序, 并挑选出抗旱性强的沙棘无性系, 更好地服务于“三北”地区沙棘种植的生产实践。

基金项目

水土保持业务(126216223000200001)。

参考文献

- [1] Gupta, A., Rico-Medina, A. and Cano-Delgado, A.I. (2020) The Physiology of Plant Responses to Drought. *Science*, **368**, 266-269. <https://doi.org/10.1126/science.aaz7614>
- [2] 王汉, 乔枫. 沙棘属逆境生理研究进展[J]. 北方园艺, 2021(9): 138-142.
- [3] 张景宽, 张文辉, 张洁明, 等. 种子萌发期 4 种植物对干旱胁迫的响应及其抗旱性评价研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(9): 1811-1818.
- [4] 陈文荣, 曾玮玮, 李云霞, 等. 高丛蓝莓对干旱胁迫的生理响应及其抗旱性综合评价[J]. 园艺学报, 2012, 39(4): 637-646.