

杨柴对高 CO₂浓度和土壤干旱胁迫的响应

郭建平¹, 高素华¹, 王连敏², 王春艳², 李忠杰², 刘 功²

(1. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 2. 黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要: 毛乌素优势植物杨柴(*Hedysarum mongolicum* Turcz.)对高 CO₂浓度和土壤干旱胁迫响应的研究表明:干旱胁迫可使杨柴根系伸长,根生物量、地径、主茎高和茎生物量下降;高 CO₂浓度使杨柴根和茎生物量明显增加,CO₂的“施肥效应”显著,干旱使 CO₂的“施肥效应”减弱。同时,土壤干旱胁迫使杨柴的根/冠比增加,说明在土壤干旱胁迫情况下根的生长比地上部分(茎)的生长更活跃,有利于提高杨柴在干旱沙漠地区的固沙作用;CO₂浓度升高和土壤干旱胁迫均使杨柴叶片的水势下降,叶片水势的下降使叶片细胞对水分的束缚力增强,从而减少植物蒸腾耗水,有利于提高水资源的利用效率。

关键词: CO₂浓度;土壤干旱胁迫;杨柴

中图分类号: S541.9; Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2002)01-0014-03

Response of *Hedysarum mongolicum* Turcz. to high CO₂ concentration and soil drought stress GUO Jian-ping¹, GAO Su-hua¹, WANG Lian-min², WANG Chun-yan², LI Zhong-jie², LIU Gong² (1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China; 2. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2002, 11(1): 14-16

Abstract: The response of *Hedysarum mongolicum* Turcz., a dominant plant species in Maowusu sandland, to high CO₂ concentration and soil drought stress was studied. The results showed that the soil drought stress lengthened root length, decreased the dry biomass of root and stalk and the growth value of basal diameter and stalk height. The high CO₂ concentration increased the dry biomass of root and stalk. The “fertilizer effect” of CO₂ was significant. But soil drought weakened the “fertilizer effect” of CO₂. Meanwhile, the soil drought stress increased root/canopy ratio, it meant that the root growth is more activity than that of stalk growth in the soil drought stress case, and advantages to the fixing-sand effect of *H. mongolicum* in drought desert regions. CO₂ concentration increment and soil drought stress was decreased leaf water potential of *H. mongolicum*, it enhanced the tie power of leaf cell to water. So, it can decrease plant transpiration and advance water use efficiency.

Key words: CO₂ concentration; soil drought stress; *Hedysarum mongolicum* Turcz.

杨柴(*Hedysarum mongolicum* Turcz.)是豆科岩黄茛属落叶半灌木,主要分布于中国荒漠草原、草原地带的内蒙古、陕西、宁夏和甘肃等省区,前苏联和蒙古也有分布。杨柴是一种优良的饲牧植物,同时也是毛乌素沙地的优势植物。对杨柴的生物学特性、光合水分生理及生长环境与群落特征等有较多研究^[1-5]。但在高 CO₂浓度和干旱胁迫的复合影响方面未见报道,而在干旱半干旱地区,这是一个急需解决的问题。因此,开展这项工作可为进一步研究全球变化对草原生态系统的影响以及对西部地区生态环境建设和水土保持等提供科学依据和参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试杨柴种子采自中国科学院鄂尔多斯草原站。日本 Fushi 公司生产的 ZSD CO₂分析仪(自动控制误差约 20 μmol/mol 范围内),美国产 HI-33T 露点水势仪。

收稿日期: 2001-11-22

基金项目: 国家重点基础发展规划项目“我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究”(G1999043407)资助

作者简介: 郭建平(1963-),男,江苏昆山人,硕士,副研究员,主要从事农业气候资源、农业气象灾害、气候变化对农业生态系统的影响等研究。

1.2 方法

1.2.1 试验设置 杨柴种子于2001年5月9日播种于瓦盆中,每盆定植10株,在自然状态下生长,6月9日移入人工气候室,进行土壤水分处理。

人工模拟试验在黑龙江农科院寒地生态实验室进行。人工气候室系自然玻璃室,每间面积18 m²,空气温、湿度自动调控,采用生理日光灯自动补光。

高 CO₂ 浓度为 650 ~ 700 μmol/mol,以室外大气 CO₂ 浓度约 350 μmol/mol 作对照,钢瓶液态 CO₂ 为气源。6月12日至9月10日连续通气,每天24 h。

土壤湿度分别为占田间持水量 30% ~ 45% (严重干旱)和 45% ~ 60% (轻度干旱),以 60% ~ 80% (适宜)为对照。用灌溉量控制土壤湿度。

1.2.2 测试方法 7月10日、8月10日和9月10日3次取样,测定根、茎和叶鲜重与干重,测量叶面积、主茎高、地径和根冠比等,以上项目每次测8~10株。叶水势的测定共18次重复。

由于一年生杨柴的个体很小,叶片的数量、面积和生物量都很小且不同处理间的差异不大,因此在以下的分析中不包括对叶片的影响,地上部分的生物量主要为茎的生物量。

2 结果与分析

CO₂ 浓度升高和土壤干旱胁迫对杨柴生长量和生物量的影响见表1。

表1 高 CO₂ 浓度和土壤干旱胁迫对杨柴生长量和生物量的影响

Table 1 Impacts of high CO₂ concentration and soil drought stress on growth and biomass of *Hedysarum mongolicum* Turcz.

CO ₂ 浓度 CO ₂ concentration (μmol/mol)	土壤水分 Soil moisture (%)	根长 Root length (cm)	根干重 Root biomass (g)	地径 Basal diameter (mm)	主茎高 Stalk height (cm)	茎干重 Stalk biomass (g)
350	30~45	19.3±3.73	0.0131±0.0075	1.00±0.123	6.0±1.612	0.0123±0.0041
	45~60	13.5±4.74	0.0141±0.0062	1.25±0.354	7.2±1.569	0.0201±0.0087
	60~80	11.6±2.81	0.0158±0.0046	1.28±0.256	8.6±1.843	0.0269±0.0074
700	30~45	12.4±6.86	0.0158±0.0093	1.09±0.280	6.3±3.042	0.0178±0.0103
	45~60	11.4±3.42	0.0270±0.0146	1.43±0.219	9.2±3.665	0.0338±0.0190
	60~80	10.3±2.27	0.0293±0.0136	1.59±0.257	11.8±2.993	0.0587±0.0159

2.1 土壤干旱胁迫对杨柴的影响

由表1可见,在正常 CO₂ 浓度下,当土壤出现轻度干旱时,根的长度增加 16.38%,根生物量、地径、主茎高和茎生物量分别下降 10.76%、2.40%、16.28%和 25.28%,根/冠比提高 18.98%;当土壤出现重度干旱时,根的长度进一步增加(66.38%),根生物量、地径、主茎高和茎生物量则进一步下降,降幅分别为 17.09%、21.88%、30.23%和 54.28%,地径的下降尤为明显,根/冠比提高 80.65%。当大气中 CO₂ 浓度升高,土壤干旱胁迫对杨柴的影响表现为相同的趋势,根的长度增加,根生物量、地径、主茎高和茎生物量均下降。当土壤出现轻度干旱时,根的长度增加 10.68%,根生物量、地径、主茎高和茎生物量分别下降 7.85%、10.06%、22.03%和 42.42%,根/冠比提高 60.5%;当土壤出现重度干旱时,根的长度增加 20.39%,根生物量、地径、主茎高和茎生物量分别下降 46.08%、31.45%、46.61%和 69.68%,根/冠比提高 77.84%。可见,土壤干旱胁迫对杨柴的影响主

要表现为根系的生长以及根和茎生物量的减少。且干旱越严重影响越明显。

2.2 CO₂ 浓度升高对杨柴的影响

从表1可以看出,在土壤水分适宜的情况下,大气中 CO₂ 浓度升高(650 ~ 750 μmol/mol)使根的长度缩短 11.21%,根的生物量、地径、主茎高和茎生物量分别增加 85.44%、22.24%、37.21 和 118.66%,根/冠比下降 15.35%;在土壤发生轻度干旱时,高 CO₂ 浓度与正常 CO₂ 浓度相比,杨柴根长度减少 15.56%,根的生物量、地径、主茎高和茎生物量分别增加 91.49%、14.40%、27.78% 和 6.16%,根/冠比增加 13.87%;在土壤发生重度干旱时,CO₂ 浓度升高使根长度的生长量较正常 CO₂ 浓度下减少 35.75%,根的生物量、地径、主茎高和茎生物量分别增加 20.16%、9.00%、5.00%和 44.72%,根/冠比减小 16.66%。可见,在高 CO₂ 浓度下,杨柴根长度随土壤干旱加剧而减少的幅度逐步增加,而根的生物量、地径、主茎高

和茎生物量等均较正常 CO_2 浓度下高,其中,水分正常供应条件下,根生物量和茎生物量的增幅较大,轻度干旱时根生物量的增幅较大,重度干旱时茎生物量的增幅较大。

2.3 高 CO_2 浓度和干旱胁迫对杨柴的复合影响

由表 1 还可看出,在土壤轻度干旱,大气中 CO_2 浓度升高条件下,根的长度较水分充足和正常 CO_2 浓度下缩短 1.72%,根的生物量、地径、主茎高和茎生物量分别增加 70.89%、11.72%、6.98% 和 25.65%,根/冠比提高 35.48%;在土壤重度干旱,大气中 CO_2 浓度升高条件下,根的长度增加 6.90%,根的生物量基本没有变化,地径、主茎高和茎生物量分别减少 14.84%、26.74% 和 33.83%,根/冠比提高 50.54%。可见,与水分充足和正常 CO_2 浓度相比,轻度干旱和 CO_2 浓度升高处理后,除根的长度略有缩短外,根生物量、地径、主茎高和茎生物量等均有不同程度的增加,根生物量的增幅最大;而重度干旱并伴随 CO_2 浓度升高处理后,除根的长度略有增加,根的生物量基本不变外,地径、主茎高和茎生物量均有所降低,其中茎生物量降幅较大。

2.4 高 CO_2 浓度和干旱胁迫对杨柴叶水势的影响

大气中 CO_2 浓度升高和土壤干旱胁迫对杨柴叶水势有显著的影响(图 1)。由图 1 可以看出,在正常 CO_2 浓度下,轻度干旱使杨柴叶水势下降 5.26%,重度干旱使叶水势下降 6.27%;在高 CO_2 浓度下,干旱导致叶水势下降的幅度较小,轻度干旱使杨柴叶水势仅下降 0.57%,重度干旱下降 1.02%。在土壤水分适宜情况下, CO_2 浓度升高导致杨柴叶水势下降的幅度较大达 10.27%,在土壤轻度干旱下, CO_2 浓度升高叶水势下降 5.36%,在土壤重度干旱下, CO_2 浓度

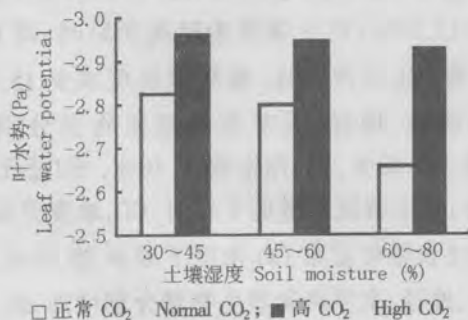


图 1 CO_2 浓度升高和土壤干旱胁迫对杨柴叶水势的影响

Fig. 1 Impacts of CO_2 concentration increment and soil drought stress on leaf water potential of *Hedysarum mongolicum* Turcz.

升高叶水势下降 4.83%。当 CO_2 浓度升高并发生轻度干旱胁迫时,杨柴叶水势下降 10.90%,重度干旱胁迫下叶水势下降 11.40%。可见,高 CO_2 浓度并伴有干旱发生时,杨柴叶水势的下降较为明显。

3 结论和讨论

(1) 无论是在高 CO_2 浓度还是正常 CO_2 浓度下,土壤干旱胁迫对杨柴的生物量和地上部分生长量均产生负作用,且在高 CO_2 浓度下的影响更大。同时土壤干旱胁迫使杨柴根的长度增加,根/冠比提高,有利于根向深层土壤延伸,对利用深层土壤水分十分有利。

(2) 大气中 CO_2 浓度升高有利于杨柴的生长发育,使根和茎的生物量明显提高, CO_2 “施肥效应”比较明显。但土壤干旱胁迫使 CO_2 “施肥效应”减弱,土壤干旱胁迫越严重, CO_2 的“施肥效应”越差。

(3) CO_2 浓度增加的正效应大于土壤轻度干旱的负效应,而小于重度干旱的负效应,同时看出,土壤干旱胁迫使杨柴的根/冠比增加,说明在土壤干旱胁迫情况下根的生长比地上部分(茎)的生长更活跃,有利于提高杨柴在干旱沙漠地区的固沙作用。

(4) CO_2 浓度升高和土壤干旱胁迫均使得杨柴叶片的水势下降,叶片水势的下降使叶片细胞对水分的束缚力增加,从而减少植物的蒸腾耗水,有利于提高水资源的利用效率。

参考文献:

- [1] 古松. 花棒、杨柴、毛条苗期生长特性与气候因子的关系[J]. 干旱区研究, 1994, 11(2): 60-63.
- [2] 董学军. 九种沙生灌木水分关系参数的实验测定及生态意义[J]. 植物学报, 1998, 40(7): 657-664.
- [3] 蒋高明. 毛乌素沙地若干植物光合作用、蒸腾作用和水分利用效率种间及生境间差异[J]. 植物学报, 1999, 41(10): 1114-1124.
- [4] 董学军, 张新时, 杨宝珍. 依据野外实测的蒸腾速率对几种沙地灌木水分平衡的初步研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21(3): 208-225.
- [5] 李新荣, 赵雨兴, 杨志忠, 等. 毛乌素沙地飞播植被与生境演变的研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(2): 116-124.

(责任编辑:宗世贤)