

施用保水剂对干旱胁迫下大麦幼苗生长及光合特性的影响

赵 锋, 包奇军, 张华瑜, 柳小宁, 牛小霞, 潘永东
(甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为了探讨施用保水剂对干旱胁迫下大麦幼苗生长及光合特性的影响, 给保水剂在大麦抗旱栽培中的应用提供理论依据。采用盆栽法通过测定在不同干旱胁迫下大麦幼苗根长、茎长、叶片相对含水量、叶片光合参数、叶绿素含量等指标, 结果表明, 在同等水分条件下, 施用保水剂可增加大麦幼苗根长、茎长及叶片相对含水量, 显著增加大麦幼苗叶片的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率, 说明保水剂可以通过保持大麦叶片较高的光合特性来增强其碳同化能力, 进而促进大麦幼苗的生长。且施用保水剂后大麦幼苗叶绿素含量得到显著提高, 从而减小了干旱胁迫对植株带来的损害, 延缓植株衰老。施用保水剂可以较好地促进干旱胁迫下大麦幼苗的生长发育。

关键词: 大麦; 保水剂; 干旱胁迫; 幼苗生长

中图分类号: S512.3

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2022)03-0227-04

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2022.03.008

Effects of Water-retaining Agent on the Growth and Photosynthesis Characteristics of Barley Seedlings under Drought Stress

ZHAO Feng, BAO Qijun, ZHANG Huayu, LIU Xiaoning, NIU Xiaoxia, PAN Yongdong
(Institute of Economic Crop and Beer Materials, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In this study, the physiological basis for the application of water-retaining agent to improve the drought resistance of barley seedlings under different drought stresses was investigated by measuring root length, stem length, leaves relative water content, leaf photosynthetic parameters and chlorophyll content using the pot method. The results showed that water-retaining agent could effectively enhance root length, stem length and relative leaf water content of barley seedlings under drought stress. Application of water-retaining agent could increase the carbon assimilation capacity of barley seedlings by enhancing net photosynthetic rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration and transpiration rate, and maintaining high photosynthetic characteristics of leaves, thus promoting the growth of forage barley seedlings. Application of water-retaining agent could significantly increase the chlorophyll content of barley seedlings, reduce the damage caused by drought stress and delay plant senescence. Thus, Application of water-retaining agent could better promote the growth and development of barley seedlings under drought conditions.

Key words: Barley; Water-retaining agent; Drought stress; Seedling growth

干旱一直是制约我国农业发展的重要因素, 近年来, 由于全球气候变暖, 干旱情况也随之加剧, 水资源已经成为影响植物生长的主要胁迫因素^[1]。幼苗期是植物对外界环境非常敏感的时期, 容易受到外界环境的影响^[2]。大麦 (*Hordeum vulgare* L.) 属于禾本科大麦属植物, 是世界上最古老的农作物之一, 作为仅次于小麦、水稻和玉米的

第四大禾谷类作物, 主要被应用于饲料饲草、啤酒酿造、食用及药品制造^[3-4], 与其他谷类作物相比, 能更好地适应干旱、寒冷、盐胁迫等恶劣环境^[5]。倪秀珍等^[6] 研究发现, 缺水条件下, 大麦种子的萌发与幼苗生长会受到严重抑制。

土壤保水剂是一种吸水性很强的新型高分子聚合物, 能迅速吸收并保持自身质量数百倍乃至

收稿日期: 2022-10-13; 修订日期: 2022-11-03

基金项目: 国家自然科学基金(31760358、32260535); 国家大麦青稞产业体系(CARS-05-01A-08); 甘肃省农业科学院中青年基金项目(2021GAAS38)。

作者简介: 赵 锋(1990—), 男, 甘肃宁县人, 助理研究员, 硕士, 主要从事大麦青稞遗传育种及栽培技术研究工作。Email: gsagrzhao@163.com。

通信作者: 潘永东(1962—), 男, 甘肃武威人, 研究员, 主要从事大麦青稞遗传育种及栽培技术研究工作。Email: panyongdong1010@163.com。

数千倍的水分, 在干旱情况下又可将水分缓慢释放供作物利用, 能提高干旱胁迫下植物的渗透调节能力, 诱导叶片叶绿素合成, 提高光合作用^[7-8]。目前, 关于保水剂的研究大都在保水剂类型及改善土壤方面。李阳明等^[9]研究发现, 随着保水剂施用量增加, 土壤中的饱和含水量会明显增大, 施用保水剂后土壤重力水明显增加, 同时土壤的入渗性能受到抑制, 从而减缓了土壤水分蒸发速率。胡杨等^[10]通过研究保水剂用量对土壤持水性的影响发现, 保水剂对渣土的持水性在低吸力段依靠其毛管孔隙状况, 且随用量的增加渣土毛管孔隙持水能力随之增加。郭东权等^[11]通过研究发现, 保水剂在保水固沙有着一定的作用。在对作物施用保水剂后的研究方面也仅限于对树苗的研究, 如庞海颖^[12]通过研究发现, 施用保水剂可缓解仁用杏幼苗的水分胁迫, 提高植物的抗旱性。目前关于保水剂对大麦幼苗干旱胁迫下生长发育的研究相对较少。我们采用盆栽法, 通过测定在不同干旱胁迫下大麦幼苗根长、茎长、叶片相对含水量、叶片光合参数、叶绿素含量等指标, 探讨施用保水剂对于干旱胁迫下大麦幼苗生长及光合特性的影响, 为保水剂在大麦抗旱栽培中的应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

指示大麦品种为甘啤 8 号, 由甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所提供。试验选用保水剂为海瑞达保水剂, 由甘肃海瑞达公司提供。保水剂吸水倍率为 300 倍, 推荐(规定)用量为 0.14 g/kg 土。营养土和蛭石均由甘肃中瑞化工有限公司提供, 其中营养土含全氮 130 mg/kg、全磷 160 mg/kg、全钾 135 mg/kg、有机质 385 g/kg, pH 7.25。

1.2 试验方法

试验于 2022 年 3 月 20 日至 4 月 15 日在位于武威市黄羊镇的甘肃省农业科学院黄羊麦类作物试验站进行。试验采用盆栽法, 将甘啤 8 号大麦种子播种于规格为 28 cm(盆高)×32 cm(外径)的塑料盆中, 盆中装有营养土和蛭石按质量比为 1:1 的比例混合均匀的试验用土壤(田间持水量为 35%)3 kg, 按照试验设计将保水剂与试验用土壤

均匀混合装入盆中, 放置在露天透光遮雨棚下。

试验共设 6 个处理: ①CK, 充足水分条件下(土壤相对含水量为 75%)不施保水剂; ②CK-S, 充足水分条件下(土壤相对含水量为 75%)施用保水剂 0.42 g; ③W1, 轻度干旱条件下(土壤相对含水量为 55%)不施保水剂; ④W1-S, 轻度干旱条件下(土壤相对含水量为 55%)施用保水剂 0.42 g; ⑤W2, 重度干旱条件下土壤相对含水量为 35%)不施保水剂; ⑥W2-S, 重度干旱条件下(土壤相对含水量为 35%)施用保水剂 0.42 g。每处理均种植 6 盆大麦, 每盆种植 8 株, 共计 36 盆, 播种深度 2 cm。播种后按照充足水分条件(土壤相对含水量 75%)每 2 d 通过容重法和水分测定仪对所有处理均补充 1 次水分, 以确保大麦发芽。大麦发芽后按照试验处理每 2 d 补充 1 次水分, 每次补水至土壤相对含水量分别达到试验设计要求, 大麦 3 叶期测定各处理相关指标。试验设计方案见表 1。

表 1 试验设计方案

处理	土壤相对含水量	保水剂施用量
	/%	/(g/盆)
CK	75	0
CK-S	75	0.42
W1	55	0
W1-S	55	0.42
W2	35	0
W2-S	35	0.42

1.3 测定项目及方法

1.3.1 幼苗根长和茎长 每处理随机取 3 叶期大麦 5 株, 将大麦幼苗冲洗干净, 用直尺测量其幼苗根长, 每株主茎的高度即为大麦茎长, 取平均值。

1.3.2 叶片相对含水量 随机取 5 株 3 叶期大麦幼苗的完全展开叶, 测定每株大麦叶片鲜重(FW), 再将叶片置于 4℃完全黑暗的环境中吸水 8 h 测定其叶片饱和重(TW), 然后将其叶片置于 80℃烘箱 24 h 后测定其干重(DW), 计算叶片相对含水量(RWC), 最终结果取 5 株的平均值。

叶片相对含水量(RWC) = $[(FW-DW)/(TW-DW)] \times 100\%$

1.3.3 叶绿素含量 取 3 叶期大麦新鲜叶片, 经丙酮研磨, 用分光光度计测定叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素总量的含量^[13]。

1.3.4 光合参数测定 使用美国 LI-COR 公司 LI-6400 便携式光合仪, 于晴朗天气 8:00—10:00

时测定大麦幼苗 3 叶期光合作用净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度及蒸腾速率。每处理随机选 5 株 3 叶期大麦, 每株选 1 个大麦叶片, 重复 3 次, 取平均值。

1.4 数据处理及分析方法

试验所有数据均采用软件 Excel 2016 和软件 SPSS22.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对大麦幼苗生长的影响

从表 2 可以看出, 随着干旱程度的增加, 大麦幼苗的根长、茎长以及叶片相对含水量均呈现显著降低的趋势。与未施用保水剂同等水分条件的处理相比, 施用保水剂后, 大麦幼苗的根长和茎长均显著增加。在轻度干旱和重度干旱胁迫条件下, 施用保水剂后各处理大麦幼苗叶片相对含水量均显著增加, 在正常浇水条件下施用保水剂后叶片相对含水量较未施用保水剂叶片相对含水量增长不明显。由此表明, 在正常浇水和干旱胁迫下, 施用保水剂对大麦幼苗的生长均有一定的促进作用。

表 2 不同处理下大麦幼苗生长情况

处理	根长 /cm	茎长 /cm	叶片相对含水量 /%
CK	46.4 b	27.5 b	91.52 a
CK-S	50.2 a	29.5 a	93.11 a
W1	41.59 c	23.1 c	60.34 b
W1-S	48.8 ab	26.5 b	90.24 a
W2	38.1 d	20.5 d	44.21 c
W2-S	42.6 c	23.6 c	66.51 b

2.2 不同处理对大麦幼苗叶片光合特性的影响

从表 3 可以看出, 随着干旱程度的增加, 大麦幼苗的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率均呈降低的趋势。与未施用保水剂同等水分条件的处理相比, 施用保水剂后, 在不同干旱胁迫条件下大麦幼苗的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率均有不同程度的增加。

表 3 不同处理下大麦幼苗叶片光合特性

处理	净光合速率 /[$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	气孔导度 /[$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	胞间 CO ₂ 浓度 /($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	蒸腾速率 /[$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
CK	24.10 b	0.58 b	291 b	9.8 b
CK-S	28.20 a	0.66 a	318 a	10.9 a
W1	20.20 c	0.42 c	221 c	7.4 c
W1-S	26.50 a	0.63 a	302 ab	10.2 ab
W2	11.60 e	0.19 e	162 e	2.7 e
W2-S	16.80 d	0.29 d	192 d	4.1 d

在施用保水剂情况下, 正常浇水与轻度干旱胁迫下大麦幼苗的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率差异不显著, 但两者均与重度干旱下差异显著。说明施用保水剂后, 可以保持叶片较高的光合性能, 进而促进大麦幼苗的生长。

2.3 不同处理对大麦幼苗叶片叶绿素含量的影响

从表 4 可以看出, 在轻度干旱情况下, 大麦幼苗叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 含量会适量提高, 但在重度干旱条件下会出现下降的趋势。同一干旱条件下, 与未施用保水剂同等水分条件的处理相比, 施用保水剂后, 大麦幼苗叶片叶绿素 a、叶绿素 b 含量均明显提高, 与未施用保水剂的处理差异显著。说明施用保水剂后可以在一定程度上增加大麦幼苗叶片的叶绿素含量, 有利大麦的光合作用。

表 4 不同处理下大麦幼苗叶片叶绿素含量 mg/g FW

处理	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总量
CK	1.131 d	0.711 c	1.842 c
CK-S	1.322 c	0.846 b	2.168 b
W1	1.436 b	0.851 b	2.287 b
W1-S	1.663 a	0.936 a	2.599 a
W2	0.821 e	0.463 d	1.284 e
W2-S	1.025 d	0.682 c	1.707 d

3 讨论与结论

叶片相对含水量可以反映植物在受到干旱胁迫后的水分亏缺情况^[14]。本研究中, 随着干旱程度的增加, 大麦幼苗叶片含水量呈现显著降低的趋势。在轻度干旱和重度干旱条件下, 施用保水剂后可以明显提高大麦幼苗叶片相对含水量, 从而降低干旱胁迫对大麦幼苗的影响。与未施用保水剂同等水分条件的处理相比, 施用保水剂后, 大麦幼苗的根长和茎长均显著增加, 促进幼苗的生长。这与刘礼等^[15] 人的研究相同, 即施用一定量的保水剂会在一定程度上促进农作物根系的生长, 同时也会提高叶片相对含水量, 从而促进作物生长。

光合作用对植物的生长发育中起着至关重要

的作用, 干旱胁迫通过降低植物幼苗叶片的光合作用, 抑制其生长^[16-17]。在本研究中, 与未施用保水剂同等水分条件的处理相比, 施用保水剂后, 大麦幼苗在不同干旱胁迫条件下的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率均有不同程度的增加。韩玉玲等^[18] 在研究分析干旱胁迫下施用保水剂对辣椒叶片的影响时也发现, 施用保水剂可显著增强辣椒的净光合速率、胞间 CO₂ 浓度、气孔导度和蒸腾速率等光合参数。

植物叶绿素含量的高低也在一定程度上说明了植物生长的状况的好坏^[19-21]。在本研究中, 同一干旱条件下, 施用保水剂后, 大麦幼苗叶片叶绿素 a、叶绿素 b 含量较未施用保水剂同等水分条件的处理均明显提高。施用保水剂可增加大麦幼苗的叶绿素含量, 提高其光合作用能力, 从而增强大麦抗旱能力。王启剑等^[22] 在研究不同根部处理剂对植物根苗移栽成活率和生理特性的过程中也发现, 施用保水剂可以显著提高植物叶片的叶绿素含量。

综上所述, 施用保水剂可增加干旱胁迫下大麦幼苗根长、茎长、叶片相对含水量, 可通过增强大麦幼苗叶片的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率, 保持叶片较高的光合性能, 增强其碳同化能力, 进而促进大麦幼苗的生长。同时, 施用保水剂可增加大麦幼苗的叶绿素含量, 减小干旱胁迫对植株带来的损害, 延缓植株衰老, 从而增强大麦幼苗抗旱能力。

参考文献:

- [1] 周曙东, 周文魁, 林光华, 等. 未来气候变化对我国粮食安全的影响[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2013, 13(1): 56-65.
- [2] 包奇军, 潘永东, 张华瑜, 等. 旱胁迫对啤酒大麦产量及酿造品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(5): 27-34.
- [3] 刘 慧, 薛凤蕊. 中国大麦贸易现状及发展趋势[J]. 农业展望, 2015, 11(8): 66-69.
- [4] 包奇军, 潘永东, 张华瑜, 等. 甘肃啤酒大麦栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2018(11): 105-107.
- [5] 王 仙, 聂石辉, 向 莉, 等. 干旱胁迫对中亚大麦农艺性状、产量和品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2022, 59(1): 86-94.
- [6] 倪秀珍, 林爱国, 张丽辉. 光照、干旱交互作用对野大麦种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 分子植物育种, 2017, 15(12): 5235-5240.
- [7] 董成武, 张叶子, 石 岩. 新型复合保水剂对于旱胁迫下小麦幼苗生长和生理特性的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021(6): 255-261.
- [8] 刘辰宇, 马 蕊, 罗文静, 等. 保水剂用量对胡杨幼苗生长、光合特性和抗逆生理的影响[J]. 北京林业大学学报, 2022, 44(3): 36-44.
- [9] 李阳明, 涂安国, 谢颂华, 等. 保水剂对红砂岩土壤持水特性的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2022, 40(7): 714-720.
- [10] 胡 杨, 张俊娇, 史常青, 等. 保水剂用量对排土场土壤持水性的影响[J]. 中国水土保持科学, 2022, 20(2): 115-123.
- [11] 郭东权, 饶良懿. 淀粉基保水剂的选择设计及其保水固沙性能[J]. 应用基础与工程科学学报, 2022, 30(5): 1098-1108.
- [12] 庞海颖. 施用保水剂对仁用杏苗木根系生理特性的影响[J]. 辽宁林业科技, 2022(4): 33-37.
- [13] 肖家欣, 刘志文, 罗 充, 等. 植物生理学实验[M]. 合肥: 安徽人民出版社, 2010.
- [14] 冉生斌, 蔡立群. 干旱胁迫对不同基因型啤酒大麦品种(系)生长发育的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(5): 28-33.
- [15] 刘 礼, 孙东宝, 王庆锁. 不同保水剂对旱地春玉米生长发育和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2020, 38(3): 262-268.
- [16] 杜守良. 不同有机肥对小麦叶片光合作用及产量的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2020, 51(3): 403-407.
- [17] 黄 洁, 孙其松, 吴晓静, 等. 花后不同时期模拟酸雨对小麦叶片光合作用和抗氧化系统的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(9): 1782-1790.
- [18] 韩玉玲, 徐 刚, 高文瑞, 等. 保水剂对水分胁迫下辣椒生长及光合作用的影响[J]. 西北植物学报, 2012, 32(6): 1191-1197.
- [19] 张雪洁, 单长卷, 赵新亮. 干旱胁迫对小麦品种百农 207 叶片生理特性的影响[J]. 农业科技通讯, 2022(1): 73-76.
- [20] 印玉明, 王永清, 马春晨, 等. 利用日光诱导叶绿素荧光监测水稻叶片叶绿素含量[J]. 农业工程学报, 2021, 37(12): 169-180.
- [21] 贾小霞, 齐恩芳, 刘 石, 等. 干旱胁迫下陇薯系列马铃薯幼苗叶片抗逆生理指标比较及抗旱性评价[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(4): 73-77.
- [22] 王启剑, 朱司甲, 胡胜科, 等. 不同根部处理剂对2种楠属植物裸根苗移栽成活率和生理特性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2021, 43(4): 817-824.