

干旱胁迫对 2 种无芒雀麦光合作用的影响

黄丽丽, 汪季*, 胡生荣 (内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 研究了干旱胁迫对美国无芒雀麦和本地无芒雀麦光合作用的影响。结果表明: 美国无芒雀麦的光合速率基本上随着干旱梯度的增加而逐渐下降, 在不同胁迫天数间也逐渐下降, 但下降幅度较小; 本地无芒雀麦各干旱处理光合速率在胁迫前中期随胁迫梯度的增加下降不明显, 到胁迫后期才表现出较为明显的下降趋势, 但在各胁迫天数间差别不大, 仅在胁迫第 20 d 各处理光合速率较之前有较为明显的降低。可见干旱胁迫对同化作用有很强的抑制作用, 从而影响了植物的生长发育。

关键词: 无芒雀麦; 干旱胁迫; 光合作用; 叶绿素

中图分类号: S543+.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-1631 (2009) 02-0001-03

Effects of Drought Stress on the Photosynthesis of *Bromus stamineus* and *B. inermis*

HUANG Li-li, WANG Ji*, HU Sheng-rong

(College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)

Abstract: The effects of drought stress on the photosynthesis of *B. stamineus* and *B. inermis* were studied. The results showed that the photosynthetic rate of *B. stamineus* decreased with the increasing of the drought gradient, but the decrease amplitude was less. The photosynthetic rate of *B. inermis* decreased indistinctively with the increasing of the drought gradient in the prometaphase, decreased distinctively in the later stage. The drought stress inhibited the assimilation strongly, which affected the plant growth and development.

Key words: *Bromus inermis*; Drought stress; Photosynthetic; Chlorophyll

在一定的环境条件下, 当植物蒸腾消耗的水分大于吸收的水分时, 植物体内就会出现水分亏缺, 即发生干旱胁迫。目前, 由于水资源分布不均匀和利用不合理, 导致我国受旱面积日益增大, 干旱、水资源匮乏已成为制约我国西部乃至全国生态环境建设的主要因素。由于干旱胁迫造成植物体内水分失衡并严重影响苗木的成活率和成活后植物的生长发育, 因此, 对植物抗旱性的研究一直是人们的关注焦点和研究热点^[1]。在我国西北广大的干旱和半干旱地区, 水分不足是限制牧草推广和生产的重要因素。引进、筛选或培育抗旱性强而又高产的牧草品种实为当务之急。

本地无芒雀麦 (*Bromus inermis* cv. Xilinguole) 是禾本科雀麦属多年生牧草, 根茎分蘖强、抗杂草、抗寒、抗旱、耐涝, 是适合我国北方广大地区退耕还草、牧草产业化以及公路和铁路护坡的较佳牧草之一^[2]。从美国引进的无芒雀麦 (*B. stamineus*) 抗热性较强^[3], 抗旱性比多年生黑麦草强, 此外, 在干旱季节重度放牧下的生存能力也比较强^[4,5]。

干旱对植物的影响严重而广泛, 它可同时影响植物

的光合生产能力、呼吸代谢、水分状况和各种酶的变化等生理生化代谢过程。作物干重的 90% 以上来自光合作用, 光合作用的强度直接影响到作物的生长发育及最终产量。作物生长过程对缺水最敏感, 由于水分供应不足, 导致作物生长受抑, 产量降低。因此, 作者利用梯度干旱胁迫和持续干旱胁迫 2 种方式, 研究了无芒雀麦光合特性的变化。

1 材料与方法

1.1 试验材料

无芒雀麦分引进种和本地种 2 种。其中, 引进种于 2004 年从美国引进, 种子千粒重 9.831 g, 种子净度 97.61%; 本地种从内蒙古草原站购得, 2004 年秋采自内蒙古多伦县, 种子千粒重 1.998 g, 种子净度 99.53%。试验材料均为 2 a 生实生苗。用蛭石作为培养基, 定期浇营养液, 在呼和浩特市内蒙古农业大学人工智能化温室内进行培育。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 干旱胁迫试验分梯度干旱胁迫和持续干旱胁迫 2 种方式进行。

1.2.1.1 梯度干旱处理。称盆内蛭石重量, 设干旱水平为蛭石含水量保持在田间最大持水量 (55%) 的 80% (对照)、60%、45%、30% 和 20% 共 5 个梯度, 分别用 CK、G₁、G₂、G₃ 和 G₄ 表示。每 10 d 测定 1 次光合指标, 共测定 3 次, 每个水平 5 次重复。

收稿日期: 2008-12-02

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目 (2006CB24320403); 内蒙古自然科学基金 (200711020601, 200607010607)

作者简介: 黄丽丽 (1981-), 女, 内蒙古开鲁人, 蒙古族, 硕士在读, 研究方向为荒漠化。

通讯作者: 汪季。

1.2.1.2 持续干旱处理。牧草充足灌水 3 d, 以后不再供应水分, 使其自然干燥。分别在试验第 0 d、5 d、10 d、15 d、20 d、25 d 和 30 d, 测定植物的光合指标, 5次重复。持续干旱胁迫用 GG 表示。

1.2.2 测定项目与方法

1.2.2.1 叶绿素含量。参照上海植物生理研究所编写的现代植物生理学实验指南, 采用分光光度法。称取 0.5 g 叶片于研钵中, 加少许 80% 丙酮, 研磨成匀浆, 过滤清液于容量瓶中, 并用 80% 丙酮洗涤至残渣无绿色, 定容至 100 mL。分别在 $\lambda = 663 \text{ nm}$ 和 $\lambda = 645 \text{ nm}$ 处测定 OD 值, 分别为 OD_{663} 和 OD_{645} 。

叶绿素 a 和叶绿素 b 总含量的计算公式^[6]为:

$$\text{Chl} = 8.02 \times OD_{663} + 20.20 \times OD_{645}$$

1.2.2.2 光合参数。用 TSP-2 光合作用测定系统 (英国 PP Systems 公司生产) 测定各光合参数。选择生长良好的功能叶片在胁迫开始后于 9:00 开始测定。参数包括光合呼吸速率 (A) (正值为光合速率, 负值为呼吸速率)、蒸腾速率 (E)、气孔导度 (G) 和胞间 CO_2 浓度 (Ci) 等。当 A 变化较稳定时开始记录, 每项测定均 5 次重复。由于测定天数不一致, 为便于不同胁迫时期光合参数的比较, 抵消不同测定时间光照强度和温度等因素差异的影响, 所有测定值均取相对值, 即 $P_{ri} = P_i / P_{ick}$ 。

式中, P_{ri} 为第 i 个光合特性指标的相对值, P_i 为干旱胁迫条件下第 i 个光合特性指标的实测值, P_{ick} 为对照条件下第 i 个光合特性指标的实测值, i 代表光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度^[7]。

3 结果与分析

3.1 干旱胁迫对无芒雀麦光合参数的影响

表 1 和表 2 显示了干旱胁迫下 2 种无芒雀麦光合参数的变化情况, 最后 1 列数据采用相对值。

引进种的光合速率 (A) 基本上随干旱梯度的增加而逐渐下降, 各干旱梯度的光合速率随胁迫时间的延长而逐渐下降, 但下降幅度较小 (表 1); 与之相比, 本地种的光合速率在各处理的表现: 胁迫前期随胁迫梯度的增加下降不明显, 到胁迫后期才表现出较为明显的因胁迫梯度增加而下降的趋势, 但在各胁迫天数间差别不大, 仅在胁迫第 20 d 各处理光合速率较之前有了较为明显的降低 (表 1), 可见干旱胁迫对同化作用有很强的抑制作用, 从而影响了植物的生长发育。

持续干旱胁迫初期, 2 种无芒雀麦的蒸腾速率 (E) 均略大于对照, 随着胁迫时间的延长, 各处理蒸腾速率均小于对照, 而且随胁迫时间的延长, 蒸腾速率下降的幅度也逐渐增大; 持续干旱处理条件下, 2 种无芒雀麦在不同胁迫时期差别不明显 (表 2)。由此可见, 持续干旱胁迫明显降低了 2 种无芒雀麦的蒸腾速率, 表明植物受到了较为明显的水分胁迫。

2 种无芒雀麦气孔导度 (G) 和胞间 CO_2 浓度 (Ci) 的变化规律基本相似, 即在胁迫初期较对照有所上升, 但随后, 特别是在持续干旱处理下气孔导度均明显下降; 2 种无芒雀麦在整个胁迫过程中气孔导度和胞间 CO_2 浓度基本上均在 20 d 后小于对照水平。

表 1 梯度干旱胁迫对 2 种无芒雀麦光合参数的影响
Table 1 Effects of gradient of drought stress on the photosynthetic parameters of *B. stamineus* and *B. inermis*

植物种	处理	指标	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
引进种	G ₁	E	0.77	1.41	1.08	0.75	3.47	1.01
		G	0.78	2.22	0.79	0.39	10.86	0.81
		T	1.04	1.07	1.13	1.08	0.87	0.99
		A	0.85	0.83	0.79	0.78	0.87	0.63
	G ₂	CI	3.79	1.27	2.08	0.48	3.04	1.30
		E	0.78	0.47	0.44	0.45	2.20	0.93
		G	0.68	0.29	0.21	0.19	6.12	0.61
		T	1.06	1.18	1.23	1.12	1.01	1.03
	G ₃	A	0.82	0.73	0.76	0.63	0.64	0.61
		CI	1.45	0.51	0.50	0.00	3.86	1.23
		E	0.86	0.87	0.65	1.16	0.73	0.56
		G	1.10	0.84	0.36	0.70	0.43	0.27
G ₄	T	1.03	1.11	1.18	1.08	1.14	1.12	
	A	0.80	0.69	0.76	0.72	0.74	0.59	
	CI	1.58	1.32	2.78	1.44	1.96	0.75	
	E	1.00	2.10	0.90	0.30	0.55	0.16	
本地种	G	2.07	6.68	0.87	0.12	0.30	0.07	
	T	0.99	1.04	1.11	1.16	1.17	1.12	
	A	0.88	0.77	0.55	0.68	0.74	0.75	
	CI	1.58	1.86	5.03	0.00	1.50	0.00	
G ₁	E	1.33	1.51	0.83	1.10	1.24	1.42	
	G	2.12	1.92	0.63	0.73	1.31	1.80	
	T	0.98	1.04	1.11	1.05	1.04	0.91	
	A	0.76	0.88	1.00	0.81	0.80	0.71	
G ₂	CI	2.35	1.81	0.80	0.92	0.90	2.27	
	E	0.83	1.56	1.15	1.07	2.58	1.05	
	G	0.72	2.38	0.91	0.66	4.51	0.86	
	T	1.07	1.05	1.12	1.05	0.99	1.00	
G ₃	A	0.88	0.78	0.86	0.74	0.78	0.81	
	CI	1.04	2.58	3.32	1.21	5.08	1.62	
	E	0.63	0.99	0.71	0.47	1.26	0.41	
	G	0.61	1.06	0.41	0.24	1.11	0.24	
G ₄	T	1.05	1.09	1.21	1.13	1.08	1.08	
	A	0.86	0.84	0.78	0.75	0.73	0.71	
	CI	0.54	1.19	2.22	0.00	3.70	0.03	
	E	1.50	1.35	1.10	0.69	0.39	0.35	
G ₄	G	3.71	1.91	1.11	0.37	0.23	0.20	
	T	0.97	1.06	1.10	1.11	1.17	1.09	
	A	0.85	0.82	0.70	0.85	0.82	0.73	
	CI	2.55	1.59	6.72	0.43	0.13	0.00	

3.2 干旱胁迫对无芒雀麦叶绿素含量的影响

从图 1~3 可以看出, 在梯度干旱和持续干旱胁迫下, 2 种无芒雀麦各处理叶绿素总含量 (Chla + Chlb) 较对照均有不同程度的下降。可见干旱胁迫导致 2 种无芒雀麦叶绿素含量下降, 导致光捕获减少, 进而在一定

表 2 持续干旱胁迫对 2 种无芒雀麦光合参数的影响
Table 1 Effects of sustainable drought stress on the photosynthetic parameters of *B. stamineus* and *B. inermis*

植物种	指标	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
引进种	E	1.03	1.50	1.00	0.31	0.31	0.27
	G	2.10	2.43	0.85	0.10	0.13	0.16
	T	0.97	1.05	1.11	1.24	1.20	1.07
	A	0.78	0.74	0.45	0.73	0.47	0.71
	Ci	1.79	1.69	1.05	0.00	0.10	0.42
本地种	E	1.27	1.02	0.78	0.52	0.28	0.30
	G	3.11	1.24	0.61	0.22	0.15	0.40
	T	0.95	1.10	1.14	1.22	1.20	1.04
	A	0.80	0.73	0.52	0.61	0.61	0.68
	Ci	1.48	0.97	1.52	0.00	0.17	0.55

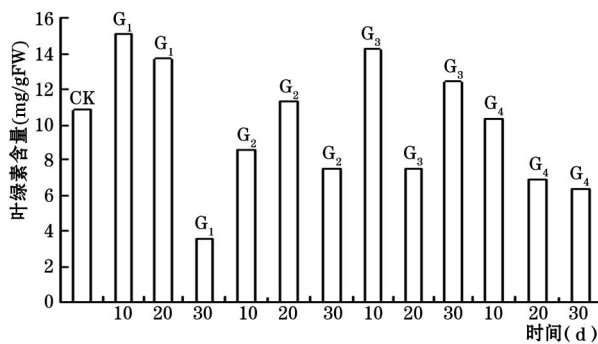


图 1 梯度干旱胁迫对引进种叶绿素含量的影响
Fig. 1 Effect of gradient of drought stress on the chlorophyll content of *B. stamineus*

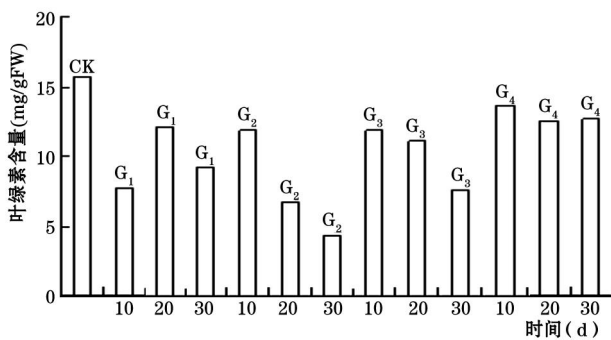


图 2 梯度干旱胁迫对本地种叶绿素含量的影响
Fig. 2 Effect of gradient of drought stress on the chlorophyll content of *B. inermis*

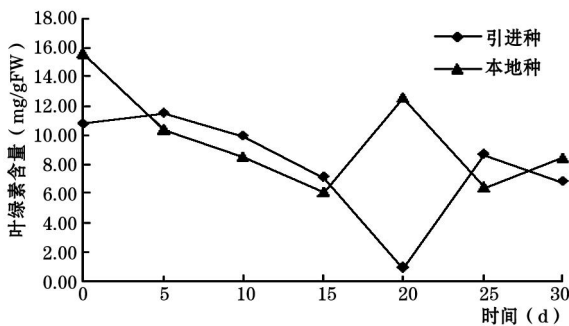


图 3 持续干旱胁迫对无芒雀麦叶绿素含量的影响
Fig. 3 Effect of sustainable drought stress on the chlorophyll content of *B. inermis* and *B. stamineus*

程度上降低了光合速率，影响了植物的生长。与引进种相比，本地种各处理随着胁迫时间的延长变化相对较小，并且随着干旱胁迫天数的增加叶绿素含量越来越小。

2 种无芒雀麦在持续干旱胁迫下叶绿素含量表现出类似的趋势，即在胁迫 15 d 与对照相差较多，胁迫第 20 d 时基本上大于其对照水平，而随着胁迫时间的进一步延长，至胁迫第 30 d，各交叉处理叶绿素又有所下降，并基本上小于对照水平；引进种在胁迫 20 d 时与对照相差最大，至胁迫第 30 d 达到与对照相当的水平。并且引进种叶绿素含量的最大值比本地无芒雀麦叶绿素含量的最大值偏大。

4 结论与讨论

试验采用无芒雀麦引进种和本地种进行不同干旱梯度的胁迫处理，结果表明，2 种无芒雀麦在持续干旱胁迫受害情况与在单一干旱胁迫各指标的变化趋势基本相同，即随着胁迫时间的延长，2 种无芒雀麦叶片中总叶绿素含量的持续降低，都表明 2 种无芒雀麦受到不同干旱胁迫伤害的程度也越来越大；干旱胁迫明显降低了 2 种无芒雀麦的光合速率，进而抑制了它们的生长和发育。2 种无芒雀麦在梯度干旱胁迫和计干旱胁迫下，其叶绿素和含量以及光合参数都有不同程度的下降，说明干旱胁迫对植物的结构造成了一定的破坏。

对试验结果进行分析可以看出，2 种无芒雀麦在不同干旱梯度胁迫下，各处理间的差异较小，这可能是由于这些梯度引起的胁迫强度之间本身差异较小所致。

参考文献：

- [1] 曹帮华. 刺槐抗旱抗盐特性研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2005. 1 - 2, 33 - 56.
- [2] 王佳珍, 韩建国, 周 禾, 等. 无芒雀麦种子产量因子与产量的相关和通径分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5 (4): 324 - 327.
- [3] Laude HM, Chaugule BA. Effect of seedling development upon heat tolerance in brome grasses [J]. Journal of Range Management, 1953, (6): 320 - 324.
- [4] Stewart AV. Potential value of some *Bromus* species of the section *Ceratochloa* [J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 1996, 39: 611 - 618.
- [5] Wheeler DM. Relative aluminium tolerance of 10 species of Graminaea [J]. Journal of Plant Nutrition, 1995, (18): 2305 - 2312.
- [6] 中国科学院上海植物生理研究所上海植物生理学会. 现代植物生理学实验指南 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [7] 郁万文. 刺槐无性系耐盐差异性研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2005.