

渗透胁迫对玉米幼苗水分状况及生长的影响

赵丽英, 邓西平, 山 仑

(西北农林科技大学, 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

摘要:在人工生长培养箱中,研究了 PEG 模拟干旱对秦单 4 号和陕单 911 两个玉米品种水分状况及生长的影响。结果表明,随着渗透胁迫的加强,叶片的 RWC、水势、叶面积、根系长度以及干物质积累都降低,且抗旱性较强的秦单 4 号降低幅度低于抗旱性较弱的陕单 911,但根冠比增加。秦单 4 号的叶片生长速率低于陕单 911 的叶片生长速率,但根系生长速率却高于陕单 911,而且在渗透胁迫下秦单 4 号可以很快做出适应性反应,陕单 911 反应迟钝。

关键词:玉米; 渗透胁迫; 水分状况; 生长

中图分类号: S513.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)02-0033-03

Effects of Osmotic Stress on Water Status and Growth of Maize Seedlings

ZHAO Li ying, DENG Xi ping, SHAN Lun

(Northwest Sci Tech University of Agriculture and Forestry, State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The effects of osmotic stress with PEG-6000 on water status and growth of maize seedlings, Qindan No. 4 and Shandan 911, were studied by water culture in artificial growth shelter. It is indicated that RWC, water potential, leaf area, root system length and dry matter accumulation would be reduced with the increase of osmotic stress in experiment period. And the range of reduction of Qindan No. 4 (a drought resistant variety) is less than Shandan 911 (a drought sensitive one). But R/S of them are all increased. The leaf expansion rate of Qindan No. 4 was lower than that of Shandan 911, but the root growth rate is greater. Moreover, Qindan No. 4 would make quick adaptation response under osmotic stress, but Shandan 911 was slower.

Key words: Maize; Osmotic stress; Water status; Growth

水分亏缺是限制作物生长的最主要的因素之一,同时又影响到气孔关闭、光合作用及渗透调节物质的积累等生理生化过程。作物对不同水分胁迫程度及不同胁迫时间下的反应及适应机制是不一样的^[1,2]。水分亏缺对作物影响的研究很多,但大多是某一特定干旱程度对作物生理生化过程及产量等的影响。田间作物很少出现骤然干旱现象,往往处于一种缓慢的干旱过程,因此研究缓慢的持续的干旱对作物水分状况及生长的研究显得十分必要,从而可望了解作物在水分亏缺下的适应性反应以及作

物产生适应、伤害、修复、补偿的条件、强度等,将为旱地农业作物高效水分利用提供科学的理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料处理及其培养

选用耐旱性较强的秦单 4 号和耐旱性较弱的陕单 911 作为试验材料。精选子粒,经 0.5% HgCl₂ 消毒; 25 °C 下吸水 16 h 后,放温箱中催芽 2 d,当玉米的胚根长到 20 mm 时转移到铺满细砂的白瓷盘中在自然光下进行砂培,待长到三叶一心时转移并

收稿日期: 2002-08-22

基金项目: 国家重点基础研究发展规划专项经费资助(G1999011708)

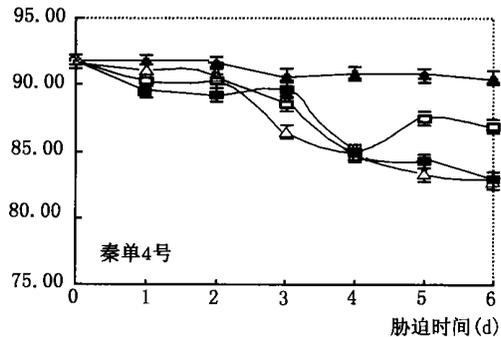
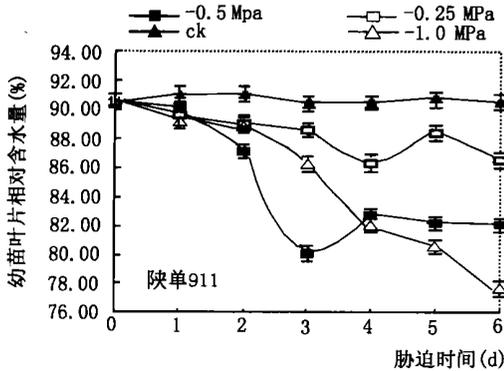
作者简介: 赵丽英(1972-),女,山东寿光人,助理研究员,在职博士,主要从事旱地农业生理生态研究工作。

固定到硬塑料盒(40 cm×40 cm×8 cm)的泡沫板上,用 Hoagland 完全营养液人工培养箱中进行培养,每隔4 d 换营养液,7 d 后进行干旱处理,参照的标准,用渗透势为-0.25 MPa、-0.5 MPa、-1.0 MPa 的聚乙二醇(PEG-6000)的营养液模拟水分胁迫进行培养,取不同胁迫时间幼苗叶片为材料进行指标测定。-0.25 MPa、-0.5 MPa 处理分别在第0,1,2,3,4,5,6 d 采样,-1.0 MPa 处理在胁迫后

0,6,12,18,24,30,36 h 采样。

1.2 测定方法

水势用 3005 型压力室测定;植物组织相对含水量用烘干法测定;将植株根茎叶洗净,105 ℃杀青 30 min,80 ℃烘 24 h,称得每株根、茎叶干重,两干重之比则为根冠比;根系冲洗干净后用 0.5% 的次甲基蓝进行染色后在 CIA-400 型根系图像分析系统上测定单株根系总长度,叶面积直接扫描并计算。



- 1.0 MPa 的胁迫时间分别是 0, 6, 12, 18, 24, 36 h, 下图同

图 1 渗透胁迫下玉米幼苗叶片相对含水量的变化

2 结果与分析

2.1 不同浓度 PEG-6000 模拟干旱对叶片相对含水量的影响

从图 1 可以看出,玉米幼苗在渗透胁迫下,叶片相对含水量(RWC)与正常水分条件相比明显下降,而且两个品种相比,陕单 911 抗旱性差,下降幅度也比秦单 4 号大,渗透胁迫愈强,水分含量下降愈多。而且不同渗透胁迫程度,作物所产生伤害、适应以及修复的时间也不一样。在-0.25 MPa PEG-6000 渗透胁迫下,两个品种 RWC 都呈缓慢下降趋势,胁迫处理 4 d 后,RWC 有所回升,而后下降;-0.5 MPa 胁迫时,陕单 911 RWC 降低较多,第 3 d 后含量又增加,而秦单 4 号则在胁迫处理 1 d 后含量开始增加,第 3 d 后含水量又下降;在-1.0 MPa 渗透胁迫

36 h 内,RWC 均呈降低趋势,秦单 4 号 RWC 降低 9.92 个百分点,陕单 911 降低 12.91 个百分点。由此可以看出,秦单 4 号抗旱性较强,而抗旱性较弱的陕单 911 则反应迟钝。

2.2 不同浓度 PEG-6000 模拟干旱对叶片水势的影响

水势是衡量植物水分状况和受胁迫程度的主要指标,植物组织的水势体现了植物体内水分的能量状态,有许多研究已经证明作物抗旱性的强弱与水势的高低呈正相关。从图 2 也可以看出,水势的变化与 RWC 的变化趋势是大致相同的,随着胁迫的加剧,两个品种水势都呈降低趋势,在-1.0 MPa 下,水势降低最多。当然,无论在那一种渗透胁迫下,与抗旱性较弱的陕单 911 相比,秦单 4 号总保持较高的水势。

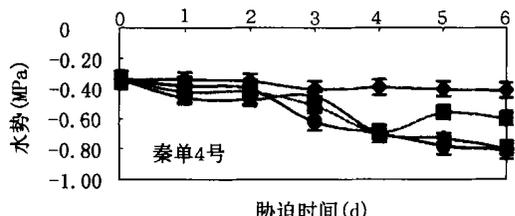
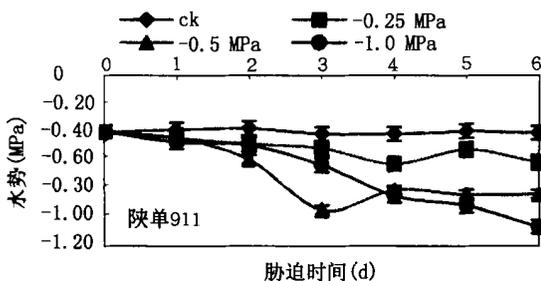


图 2 渗透胁迫对玉米幼苗叶片水势的影响

表 1 不同浓度 PEG 6000 模拟干旱对玉米幼苗根冠生长的影响

品种	项目	ck				- 0.25 MPa				- 0.5 MPa				- 1.0 MPa			
		24 h	72 h	108 h	144 h	24 h	72 h	108 h	144 h	24 h	72 h	108 h	144 h	6 h	12 h	24 h	36 h
秦单 4 号	叶面积 (cm ²)	202.97	252.26	283.64	304.05	183.25	231.13	247.23	255.62	166.33	176.25	184.53	189.05	165.35	167.60	168.75	169.91
	根系总长度 (cm)	1715.2	2093.9	2367.9	2566.2	1781.2	2181.0	2471.2	2650.1	1863.9	2276.5	2505.6	2711.7	1588.7	1648.6	1730.2	1757.3
	干物质 (g/株)	0.787	1.228	1.305	1.429	0.640	1.015	1.128	1.208	0.635	0.774	0.783	0.805	0.501	0.512	0.521	0.529
	根冠比 (R/S)	0.202	0.204	0.175	0.163	0.238	0.214	0.225	0.230	0.262	0.271	0.286	0.301	0.285	0.318	0.345	0.396
陕单 911	叶面积 (cm ²)	196.17	248.29	272.55	291.41	183.22	212.83	232.18	243.88	178.37	189.43	195.69	201.46	164.34	165.77	166.28	166.33
	根系总长度 (cm)	1690.6	2041.7	2295.3	2487.6	1738.9	2054.8	2345.1	2506.8	1784.3	2167.6	2298.7	2405.2	1575.2	1623.1	1698.2	1717.7
	干物质 (g/株)	0.628	1.221	1.301	1.368	0.549	1.069	1.117	1.172	0.528	0.840	0.966	1.057	0.516	0.520	0.523	0.525
	根冠比 (R/S)	0.221	0.177	0.162	0.153	0.221	0.227	0.230	0.242	0.251	0.263	0.271	0.293	0.250	0.276	0.301	0.345

注: 在 - 1.0 MPa 和 - 0.5 MPa PEG 渗透胁迫下, 玉米幼苗分别在 36 h 和 144 h 萎蔫死亡 (下同)

表 2 不同浓度 PEG 6000 模拟干旱对玉米幼苗叶片伸展速率和根系生长速率的影响

品种	生长速率	ck				- 0.25 MPa				- 0.5 MPa				- 1.0 MPa			
		0-24h	24-72h	72-108h	108-144h	0-24h	24-72h	72-108h	108-144h	0-24h	24-72h	72-108h	108-144h	0-6h	6-12h	12-24h	24-36h
秦单	叶片 (cm ² /h)	1.875	1.027	0.872	0.567	1.053	0.998	0.447	0.233	0.348	0.207	0.230	0.126	1.897	0.542	0.013	0.013
4 号	根系 (cm/h)	8.121	7.890	7.611	5.508	10.871	8.329	8.056	4.975	14.317	8.596	6.364	5.725	34.350	9.983	6.800	2.258
陕单	叶片 (cm ² /h)	1.400	1.086	0.674	0.524	0.860	0.617	0.538	0.325	0.658	0.230	0.174	0.160	0.962	0.238	0.042	0.004
911	根系 (cm/h)	7.554	7.315	7.044	5.342	9.567	8.775	8.064	4.492	11.458	7.895	3.642	2.968	10.983	7.983	6.258	1.625

2.3 不同浓度 PEG 6000 模拟干旱对玉米幼苗生长的影响

从表 1, 2 可以看出, 随着渗透胁迫的加强, 叶面积、根系长度、干物质重、叶片生长速率都降低, 但根系生长速率却增加, 而且根冠比也随着胁迫的加强而增加。两个品种相比, 秦单 4 号的叶片生长速率在 - 0.25 MPa 胁迫第 3 d, 以及 - 0.5 MPa 和 - 1.0 MPa 胁迫下均低于陕单 911 的叶片生长速率, 但根系生长速率却高于陕单 911, 从而影响到根冠比的差异。根冠比是受水分影响较大的作物参数之一, 不同胁迫程度下, 玉米的根冠比明显不同, 渗透胁迫明显增加了玉米的根冠比, 但两个品种的表现是不同的, 秦单 4 号的根冠比大于同等处理下的陕单 911, 而且陕单 911 冠部的增长速率明显高于秦单 4 号, 这说明在胁迫条件下, 秦单 4 号运输到根部的光合产物相对要大于陕单 911, 而且表现出较强的抗旱性。

3 讨论

根、冠生长动态是由作物本身遗传特性决定的, 水分多少不能改变其整体的生长轨迹, 但可以改变干物质在根、冠间的分配, 当作物遭受水分胁迫时, 根系吸水功能受阻, 根系吸水与冠部蒸腾之间的平衡被打破, 作物借本身的自我调节功能, 向根部提供

更多的光合产物, 促进根系生长, 弥补其受阻的吸水功能, 使根冠比增大^[2, 3]。Hsiao^[1]指出当水分胁迫发生时, 根系可以迅速发生渗透调节作用, 恢复部分膨压而维持根系继续生长, 叶片由于渗透调节作用缓慢, 生长受到明显抑制, 这是植物对干旱的一种适应方式。从本试验也证实了无论是抗旱品种还是不抗旱品种, 为了适应干旱环境, 根冠比都增加, 只是根据抗旱性强弱, 根冠比增加的程度是不一样的。

作物在受到水分胁迫时, 在形态结构和生理生化上会发生一系列适应性的改变, 产生一个适应、伤害、修复的过程^[2], 同一种作物或者不同作物对不同的胁迫程度及胁迫时间的反应都是不一样的。当然, 作物对缓慢水分胁迫的响应是非常复杂的, 这里只是初步研究, 对于作物产生适应、伤害以及修复的机理机制还要进行深入研究。

参考文献:

- [1] Hsiao T C, Xu L K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport [J]. J Exp Bot, 2000, 51 (350): 1595 - 1616
- [2] 山 仑, 陈培元. 旱地农业生理生态基础 [M]. 北京: 科学出版社, 1998. 1 - 18.
- [3] 陈晓远, 罗远培. 开花期复水对受旱冬小麦的补偿效应研究 [J]. 作物学报, 2001, 27(4): 512 - 516.