

文章编号 :1000-4025(2003)05-0811-04

土壤水分胁迫对不同耐旱性春小麦品种 叶片色素含量的影响*

井春喜, 张怀刚*, 师生波, 张梅妞, 李毅

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要 研究选用耐旱性强的“定西 24”和“高原 671”与耐旱性弱的“高原 448”和“青春 533”春小麦品种, 在盆栽条件下比较了不同耐旱性品种在拔节后经不同程度水分胁迫后叶片的多种生理参数: 叶片相对含水量、净光合速率、叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量。结果表明: 在土壤相对含水量 75%、55%、40% 和 30% 这 4 个等级上, 这些生理指标均随土壤相对含水量的降低而下降, 耐旱性强的品种降低慢, 且降低幅度小。在水分胁迫下, 4 个品种叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量下降, 证明此时光合器官的生理功能遭到破坏。在轻度水分胁迫下, 耐旱性强的品种定西 24 和高原 671 叶片的类胡萝卜素含量上升。在严重水分胁迫下, 4 个品种的叶片类胡萝卜素含量明显下降, 可能此时自由基积累超过了抗氧化剂的清除能力, 从而使细胞受到损伤。根据本研究结果, 可以将轻度水分胁迫下叶片类胡萝卜素含量升高作为春小麦品种耐旱性的选择指标之一。

关键词 春小麦 水分胁迫 类胡萝卜素含量 叶绿素含量

中图分类号 Q945.18 S512.1 文献标识码 A

Effects of soil water stress on pigment contents in leaves of different drought-tolerant spring wheat cultivars

JING Chun-xi, ZHANG Huai-gang*, SHI Sheng-bo, ZHANG Mei-niu, LI Yi

(Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xi'ning 810001, China)

Abstract Four spring wheat cultivars which had different drought-tolerance were planted in flower pots with an inside diameter of 28 cm and a height of 30 cm. Just after the cultivars reached elongation stage, soil relative water contents in the pots were controlled to 75%, 55%, 40% and 30% levels. The effects of water stress on relative water content, net photosynthetic rate and pigment contents in the second leaves of the cultivars were studied. The relative water content in leaves and net photosynthetic rate decreased as compared with those in control with the decline of soil relative water content, but drought-resistant cultivars Dingxi 24 and Plateau 671 decreased to a less extent. Under water stress, Chlorophyll a, Chlorophyll b, and total chlorophyll content also decreased. But compared with drought-sensitive cultivars Plateau 448 and Qingchun 533, drought-resistant cultivars Dingxi 24 and Plateau 671 decreased to a less extent. Carotenoid contents in leaves of drought-resistant cultivars Dingxi 24 and Plateau 671 under less water stress increased. However, carotenoid contents in leaves of the four cultivars decreased significantly under severe water stress. The increase of carotenoid content in leaves under less water stress could be used as a

* 收稿日期 2002-09-25 修改稿收到日期 2003-01-10

基金项目 中国科学院知识创新工程方向项目的“优质耐旱小麦选育与推广 KSCX2-1-01-1-03”资助

作者简介 井春喜(1975-), 女(汉), 硕士研究生。

* 通讯联系人. Correspondence to: Prof. ZHANG Huai-gang

selected marker for drought tolerance

Key words : spring wheat ; water stress ; carotinoide content ; chlorophyll content

水分胁迫引起的植物光合速率下降是干旱条件下植物减产的一个主要原因。一些学者认为光合速率的下降是由于气孔导度的下降或叶肉光合活性的降低所致。其中气孔因素方面,已有许多报道^[1,2],对叶绿素、可溶性蛋白含量、叶片光合放氧能力、叶绿体 Hill 反应、PS II 活力、叶绿素荧光强度及量子产额、电子传递、光合磷酸化、PEP 羧化酶、RUBP 羧化酶及丙酮酸激酶等光合酶研究也较为详尽^[3-7]。但对抗氧化剂类胡萝卜素含量的研究则较少。

本研究以耐旱性不同的 4 个春小麦品种为材料,在盆栽条件下严格控制土壤水分含量,探讨土壤水分胁迫对叶片色素含量的影响。

1 材料与方法

选用耐旱性强的春小麦品种定西 24 (cv. Dingxi 24)和高原 671 (cv. Plateau 671)、耐旱性弱的高原 448 (cv. Plateau 448)和青春 533 (cv. Qingchun 533)为实验材料,温室盆栽,盆径 28 cm,高 30 cm,装风干土 12.5 kg,每盆播种子 30 粒,三叶期定苗到 16 株,常规管理。在小麦拔节后进行干旱处理。土壤相对含水量以每日 4% 左右的速率下降并缓慢干旱,每天称重补给水分到规定水平,分别经 5 d、9 d、11 d 降至 55%、40%、30%,每个含水量等级取倒二叶进行生理指标测定,以 75% 为对照。

叶片相对含水量按《植物生理学实验指导》介绍的方法测定^[8],早晨 8:30~9:00 取样,测 3 个重复,每个重复取样 5 次,求其平均值。光合速率用 CI-301PS 光合仪在 10:30~11:40 测定,测 3 个重复,每个重复测 6 个叶片,读 15 组数据。叶绿素含量用 751-GW 型分光光度计测定并按 Arnon 公式计算^[9],类胡萝卜素含量用 751-GW 型分光光度计测定并按 Lichtenthaler 公式 $Cx, c = (100A_{470} - 3.27Ca - 104Cb) / 229$ 计算^[10]。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对小麦叶片相对含水量的影响

在土壤相对含水量 (SRWC) 为 75% 时,耐旱性不同的 4 个品种的叶片相对含水量 (RWC) 无显著差异。在水分胁迫下, RWC 随胁迫强度的增加而下降 (图 1)。SRWC 为 55% 时,耐旱性强的品种定西 24 和高原 671 的 RWC 均较对照略有降低,但差异不显著,而耐旱性弱的 2 个品种较对照差异显著。当

SRWC 降至 40% 以下时,4 个品种均较对照差异显著,但耐旱性强的品种定西 24 和高原 671 较耐旱性弱的品种高原 448 和青春 533 下降慢,幅度小。经统计学分析,品种间差异达显著水平。

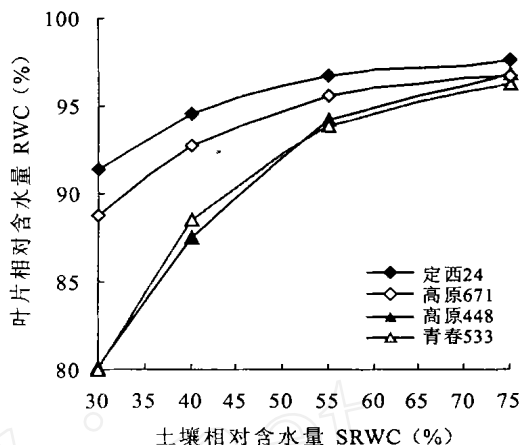


图 1 水分胁迫对叶片相对含水量的影响
Fig. 1 Effects of water stress on relative water content in wheat leaves

2.2 水分胁迫对小麦叶片光合速率的影响

在 SRWC 为 75% 时,耐旱性强的品种定西 24 和高原 671 的净光合速率低于耐旱性弱的品种高原 448 和青春 533 (图 2)。在水分胁迫下,小麦叶片的净光合速率随胁迫强度的增加而下降。在 SRWC 为 55% 时,耐旱性强的品种定西 24 和高原 671 的净光合速率均较对照略有降低,但不显著,而耐旱性弱的品种高原 448 和青春 533 净光合速率迅速下降,较对照差异显著。当 SRWC 降至 40% 以下时,耐旱性强的品种定西 24 和高原 671 较耐旱性弱的品种高原 448 和青春 533 下降慢,幅度小。经统计学分析表明,耐旱性强的品种与耐旱性弱的品种间,其净光合速率无明显差异。

2.3 水分胁迫对小麦叶片叶绿素含量的影响

在水分胁迫下,小麦叶片叶绿素 a (Ca) 和叶绿素总量 (C_T) 呈下降趋势 (表 1)。在 SRWC 55% 时,只有青春 533 的叶绿素 a (Ca) 和叶绿素总量 (C_T) 较对照差异显著。在 SRWC 40% 以下时,4 个品种的叶绿素 a (Ca) 和叶绿素总量 (C_T) 都较对照差异显著,这与薛崧等的结果一致^[5]。除耐旱性强的品种定西 24 和耐旱性弱的品种高原 448 在 SRWC 40% 时,其叶绿素 b (Cb) 较在 SRWC 55% 时稍微有所增加外,总的趋势仍然是随着土壤水分胁迫的加重,叶绿素 b (Cb) 降低。经统计分析,耐旱性强的品种与耐旱性弱的品种之间叶绿素含量无明显差异。

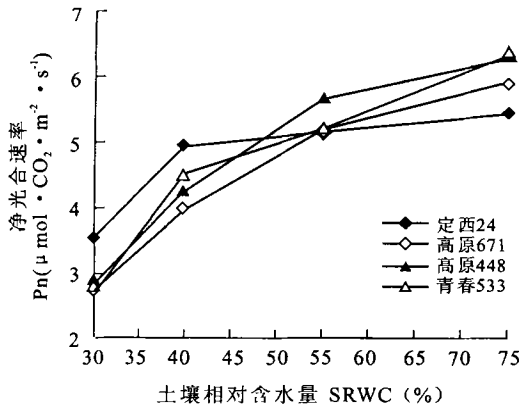


图2 水分胁迫对小麦叶片净光合速率的影响

Fig. 2 Effects of water stress on net photosynthetic rates(Pn) of the wheat leaves

表1 水分胁迫对叶片叶绿素含量(mg/g FW)影响

Table 1 Effects of water stress on chlorophyll contents in wheat leaves

SRWC (%)	定西24 Dingxi 24			高原671 Plateau 671		
	Ca	Cb	C _T	Ca	Cb	C _T
75	1.64	0.38	2.02	1.93	0.36	2.29
55	1.60	0.33*	1.93	1.83	0.33	2.16
40	1.47*	0.36	1.83*	1.71*	0.28*	1.99*
30	1.32*	0.27**	1.59*	1.68**	0.26**	1.94**
SRWC (%)	高原448 Plateau 448			青春533 Qingchun 533		
	Ca	Cb	C _T	Ca	Cb	C _T
75	1.60	0.28	1.88	2.11	0.41	2.52
55	1.53	0.19*	1.72	1.97*	0.35*	2.32*
40	1.48*	0.20*	1.68*	1.86*	0.30*	2.16*
30	1.19***	0.14**	1.33**	1.73***	0.23**	1.96**

Notes : * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

2.4 水分胁迫对小麦叶片类胡萝卜素含量的影响

随着水分胁迫的加重,青春533的类胡萝卜素含量下降.这与许长成等在大豆和玉米中的实验结果一致^[11].而定西24、高原671和高原448小麦叶片的类胡萝卜素含量只有在严重水分胁迫下才有所降低,与对照相比差异显著.在轻度水分胁迫下,它们的类胡萝卜素的含量呈上升趋势(图3).经统计学分析,耐旱性强的品种和耐旱性弱的品种差异达显著水平(表2).

表2 水分胁迫对小麦叶片类胡萝卜素含量(mg/g FW)的影响

Table 2 Effects of water stress on carotenoid content in wheat leaves

SRWC (%)	75	55	40	30
定西24 Dingxi 24	0.3694	0.3950*	0.3205**	0.3030***
高原671 Plateau 671	0.4156	0.4757*	0.4507**	0.3847***
高原448 Plateau 448	0.4270	0.4400*	0.4292*	0.4008***
青春533 Qingchun 533	0.4816	0.4459**	0.4008***	0.3777***

Notes : * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

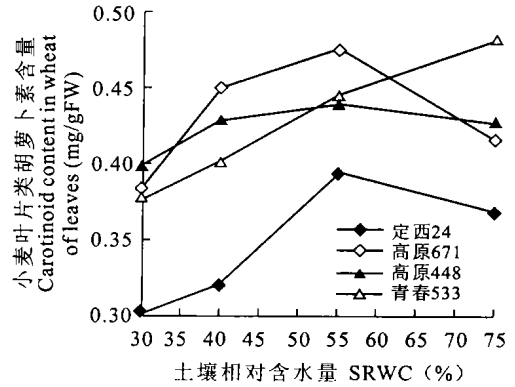


图3 水分胁迫对小麦叶片类胡萝卜素含量的影响

Fig. 3 Effects of water stress on carotenoid content in wheat leaves

3 讨论

干旱造成植物生产力下降的原因通常认为与光合面积的减少和净光合速率的下降有关.薛崧等的研究发现,在轻度水分胁迫下,净光合速率的降低主要是由于气孔关闭,CO₂的供应阻力增大所致.在中度水分胁迫下,净光合速率的下降是叶肉光合活性的降低的缘故^[5,6].姚雅琴等研究了在水分胁迫下小麦叶肉细胞超微结构的变化,发现在严重水分胁迫下,抗旱品种细胞严重质壁分离,液泡变小,叶绿体、线粒体膜模糊,细胞中有少量小空泡形成,类囊体肿胀至溶解,散布在基质中.敏感品种的液泡消失,叶绿体被膜破裂,多数叶绿体溶解散乱在介质中,部分线粒体脊消失,出现空腔,部分膜已破裂解体,细胞强烈小泡化^[12,13].我们的研究表明,耐旱性强和耐旱性弱的小麦品种在水分胁迫下,其叶片的叶绿素a、叶绿素b和叶绿素总量下降,证明此时光合器官的生理功能遭到破坏.

类胡萝卜素除吸收传递光能外,还可起保护作用.当叶绿素分子接收光能变为激发态时,如果能量不能传递出去或用于光化学反应,则激发态的叶绿素分子便会与分子氧反应,形成非常活泼的激发态氧—单线态氧.单线态氧会与许多种细胞组分,特别是膜脂起反应破坏光合膜.而类胡萝卜素分子则会接受过剩的激发态叶绿素分子的能量,从而避免形成单线态氧,起到一种光保护作用^[14,15].我们的研究表明,在轻度水分胁迫下,耐旱性强的品种定西24和高原671叶片的类胡萝卜素含量上升,这是对轻度水分胁迫的一种适应,目的是起到光保护作用.耐旱性弱的品种高原448叶片的类胡萝卜素含量也略呈现上升趋势,青春533则呈下降趋势,这与

生产上观察到的高原 448 的耐旱性略强于青春 533 的现象是一致的。在严重水分胁迫下,4 个品种的叶片类胡萝卜素含量明显下降,可能此时自由基积累超过了抗氧化剂的清除能力,从而使细胞受到损伤。自由基积累增加,活性氧自由基代谢失调,而导致的光合器官结构与功能的破坏及细胞内物质和能量代谢的失调。许多研究认为这是导致光合速率下降的非气孔限制的主要原因。从本研究结果看,在轻度水分胁迫下,叶片的类胡萝卜素含量上升可以作为耐

旱性的选择指标之一。

在本研究的 4 个品种中,耐旱性强的品种和耐旱性弱的品种在土壤含水量为 75% 时,叶片相对含水量相近;当土壤含水量降到 55% 时,叶片相对含水量都降低,但耐旱性弱的品种降低更明显,当土壤含水量进一步降低,这种差异更加明显。因此,在土壤水分胁迫下,叶片的相对含水量及降低百分率可以作为品种耐旱性的选择指标。

参考文献:

- [1] BARLOW E W K, In DALE J E, M L THORPE F L. The growth and functioning of Leaves[M]. Cambridge London: Cambridge University Press, 1983: 315- 345.
- [2] BAKER D N, MU S GRAVE K B. The effects of two level moisture stresses on the rate of apparent photosynthesis in corn[J]. *Crop Sci*, 1964, 4: 249- 253.
- [3] SHANGGUAN Z P (上官周平), CHEN P Y (陈陪元). Relation between photosynthesis and osmotic adjustment of water leaves[J]. *Acta Phytophysiol Sin* (植物生理学报), 1990, 16(4): 347- 354 (in Chinese).
- [4] GUAN Y X (关义新), DA I J Y (戴俊英), L N Y (林艳). The photosynthetic stomatal and nonstomatal limitation of plant leaves under water stress[J]. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 1995, 31(4): 293- 297 (in Chinese).
- [5] XUE S (薛崧), WANG P H (汪沛洪). Effects of water stress on CO₂ assimilation of two winter wheat cultivars with different drought resistance[J]. *Acta Phytophysiol Sin* (植物生理学报), 1992, 18(1): 1- 7 (in Chinese).
- [6] 山 仑, 陈培元. 旱地农业生理生态基础[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 68- 77.
- [7] SHANGGUAN Z P (上官周平), CHEN P Y (陈陪元). Effects of water stress on photosynthesis of wheat leaves and their relation to drought resistance[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报), 1990, 10(1): 1- 7 (in Chinese).
- [8] 华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 人民教育出版社, 1980: 2- 3.
- [9] ARNON D I (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*[J]. *Plant physiol*, 24: 1- 15.
- [10] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 134- 138.
- [11] XU C C (许长成), ZHAO S J (赵世杰), FAN J L (樊继莲), MENG Q W (孟庆伟), ZOU Q (邹琦). Protection against photodamage in soybean and maize leaves subjected to soil drought stress[J]. *Acta Phytophysiol Sin* (植物生理学报), 1998, 24(1): 17- 23 (in Chinese).
- [12] YAO Y Q (姚雅琴), WANG P H (汪沛洪), HU D W (胡东维), WANG Z Y (王振镒), JIANG X L (蒋选利). Relationship between ultrastructure of wheat mesophyll cell under water stress and drought-resistance[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报), 1993, 13(1): 16- 20 (in Chinese).
- [13] WU Y Y (武玉叶), LI D Q (李德全). Effects of soil water stress on osmotic adjustment and chloroplast ultrastructure of winter wheat leaves[J]. *Acta Agricultural Boreali-Sin* (华北农学报), 2001, 16(2): 87- 93 (in Chinese).
- [14] 孙存普, 张建中, 段绍瑾. 自由基生物学导论[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1999: 48- 50.
- [15] 曹仪植, 宋占午. 植物生理学[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1998: 101- 154.