

簇毛麦染色体对小麦生理指标的影响

陈全战,张边江,周 峰,华 春

(南京晓庄学院 生物化工与环境工程学院,江苏 南京 211171)

摘要:研究了扬麦 158、硬簇麦以及小麦-簇毛麦异染色体系 DA1V、DS2V、DA3V、DA4V、DS4V、DA5V、DS6V、DA6V、DA7V 等 11 个材料的苗期耐盐性和扬花期的光合生理特性,为进一步挖掘簇毛麦优质资源,服务小麦育种提供理论依据。11 个材料在四叶期分别用浓度为 100,150,200,250 mmol/L 的 NaCl 溶液处理,进行了相对电导率的测试。在扬花期进行了气孔导度、胞间 CO₂ 浓度和净光合速率的测定。结果表明:高浓度盐胁迫(250 mmol/L NaCl)下,簇毛麦 2V、3V 和 7V 染色体能有效缓解盐胁迫对小麦的危害;簇毛麦 3V 染色体对不同浓度盐胁迫均表现耐盐性,3V 染色体上可能携有耐盐基因;簇毛麦 2V、5V、7V 染色体上可能携有高光效基因,DS2V、DA5V 和 DA7V 可作为培育高光效小麦的育种材料。

关键词:簇毛麦;小麦;电导率;气孔导度;光合速率

中图分类号:S512.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2010)05-0137-04

Effect of *Haynaldia villosa* Chromosome on Physiological Index of Wheat

CHEN Quan-zhan, ZHANG Bian-jiang, ZHOU Feng, HUA Chun

(College of Biochemical and Environmental Engineering, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China)

Abstract: In order to develop the good genetic resources of *Haynaldia villosa* and provide the theory basis for wheat breeding, salt-tolerance of the seedlings and photosynthetic characteristics at the stage of flowering were studied. Using Yangmai 158, *Triticum durum*-*Haynaldia villosa* amphidiploid and wheat -*Haynaldia villosa* heterochromosome lines such as DA1V, DS2V, DA3V, DA4V, DS4V, DA5V, DS6V, DA6V, DA7V as materials. At the stage of four-leaves, the relative conductivity of 11 materials were tested under NaCl solution stress with concentrations of 100, 150, 200, and 250 mmol/L, respectively. The stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration and net photosynthetic rate of the 11 materials were determined at the stage of flowering. The results showed that under the salt stress of high concentrations(250 mmol/L NaCl), *Haynaldia villosa* 2V, 3V and 7V chromosomes could effectively mitigate the hazards of salt stress on wheat. Chromosome 3V showed salt-tolerance under different NaCl concentrations, indicating chromosome 3V could carry one gene of salt-tolerance. *Haynaldia villosa* chromosome 2V, 5V and 7V could carry a gene of high photosynthetic efficiency. Therefore, DS2V, DA5V and DA7V would be used as high photosynthetic efficiency materials for wheat breeding.

Key words: *Haynaldia villosa*; Wheat; Conductivity; Stomatal conductance; Photosynthetic rate

小麦是我国仅次于水稻的第二大粮食作物^[1]。近年来,随着种植业结构的调整,小麦种植面积呈现一定幅度的下降^[2]。小麦是盐碱地主要栽培作物之一,不同品种的小麦对盐胁迫的抗性差异很大,培育抗盐小麦品种,提高盐渍化土壤的单位耕地面积的产量是很重要的办法。但是仅在小麦品种内部筛选耐盐种质具有一定的局限性。

簇毛麦(*Haynaldia villosa*, 2n=14, VV)属于禾本科(*Gramineae*),小麦族(*Triticeae*)小麦亚族(*Triticum*),簇毛麦属(*Haynaldia* Shar.),具有抗白粉病、抗叶锈病和秆锈病、抗梭条花叶病、抗全蚀病、分蘖力强、小穗数多、耐旱以及籽粒蛋白质含量高优良性状^[3,4],为小麦品种改良的优良基因源。前人已成功地将簇毛麦染色体通过异附加系、异代换系等

收稿日期:2010-07-27

基金项目:江苏省教育厅自然科学基金(07KJD180125);南京晓庄学院人才科研启动基金项目(2008NXY04)

作者简介:陈全战(1965-),男,江苏东海人,副教授,博士,主要从事植物生理生态和植物遗传学研究。

通讯作者:华 春(1963-),女,江苏江阴人,教授,博士,主要从事植物和生理学的教学和研究。

方式导入到普通小麦栽培品种中^[5,6]。

植物地上部干物质 90% 来自于光合作用,小麦产量的 90% ~ 95% 来自光合作用过程中形成的光合产物^[7],而禾谷类作物产量的 60% ~ 100% 来自抽穗期及其以后的光合作用^[8],而普通小麦野生近缘物种基因组中是否含有其遗传效应强于普通小麦的与光合作用相关的基因,是遗传育种工作者所关注的,因为这关系到是否有可能利用外源基因改良普通小麦的光合特性^[9]。

簇毛麦是小麦的近缘物种,利用其优良基因改良小麦品种正得到育种家的重视^[10,11]。但是人们对已经获得的小麦-簇毛麦异染色体系的光合生理指标和耐盐性研究较少。本研究报道盐胁迫条件下小麦-簇毛麦异染色体系幼苗的电导率,并对田间植株气孔导度、胞间 CO₂ 浓度和净光合速率的测定结果进行分析,为进一步挖掘簇毛麦优质资源,服务小麦育种提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

扬麦 158、硬簇麦 (ABV)、小麦-簇毛麦 1V 染色体异附加系 (DA1V)、小麦-簇毛麦 2V 染色体异代换系 (DS2V)、小麦-簇毛麦 3V 染色体异附加系 (DA3V)、小麦-簇毛麦 4V 染色体异附加系 (DA4V)、小麦-簇毛麦 4V 染色体异代换系 (DS4V)、小麦-簇毛麦 5V 染色体异附加系 (DA5V)、小麦-簇毛麦 6V 染色体异代换系 (DS6V)、小麦-簇毛麦 6V 染色体异附加系 (DA6V)、小麦-簇毛麦 7V 染色体异附加系 (DA7V)。以上涉及簇毛麦异染色体系材料由南京大学陈佩德教授馈赠。

1.2 方法

1.2.1 相对电导率测定 挑选大小相等、饱满的上述 11 种材料种子若干,先用浓度为 0.2% NaClO 溶液消毒 10 min,清洗数次,再将种子置于垫有湿滤纸的培养皿中发芽,发芽均在 25℃ 条件下进行。当幼苗胚芽鞘长达 2 ~ 3 cm 时,将材料移至花盆里,用 1/5 Hoagland 营养液沙培。Hoagland 培养液培养至两叶一心期,用 100 mmol/L NaCl 处理 1 d 后,转入不同浓度 NaCl (100, 150, 200, 250 mmol/L) 处理 18 d。取样测定相对电导率^[12],用 DDS-II A 型电导率仪来测定溶液电导率 E1。测过电导率 E1 之后,再放入 100℃ 沸水浴中 15 min,取出冷却 10 min,在 20 ~ 25℃ 恒温下测其煮沸后的电导率 E2,去离子水电导率为 E0。相对电导率 (P) = $[(E1 - E0) / (E2 - E0)] \times 100\%$ 。

1.2.2 光合生理指标测定 在田间选择扬花期测定不同种质材料的净光合速率。选择晴好天气的 9:00 - 11:00,光强为 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,温度为 25℃,湿度与大气湿度一致,CO₂ 浓度控制在 350 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 左右,每个处理测试 3 ~ 5 张旗叶叶片。测定指标为净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Cond)、胞间 CO₂ 浓度 (Ci),采用 CIRAS-2 便携式全自动光合作用测定系统测定。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的盐胁迫对小麦-簇毛麦异染色体系相对电导率的影响

由表 1 可知,在 100 mmol/L NaCl 的胁迫下,DS4V、DA5V、DS6V 3 个材料的相对电导率均显著高于对照;ABV、DA1V、DA3V 3 个材料的相对电导率均低于对照,其余材料相对电导率均高于对照。表明在 100 mmol/L NaCl 的胁迫下,簇毛麦 1V 和 3V 染色体能有效缓解盐胁迫对小麦的危害。在 150 mmol/L NaCl 的胁迫下,只有 DA3V 的相对电导率显著均低于对照,其余材料相对电导率均高于对照。表明在 150 mmol/L NaCl 的胁迫下,簇毛麦 3V 染色体能有效缓解盐胁迫对小麦的危害。在 200 mmol/L NaCl 的胁迫下,只有 DA5V 和 DS4V 的相对电导率显著高于对照,DA4V 相对电导率与对照相同,其余材料相对电导率均低于对照。表明在 200 mmol/L NaCl 的胁迫下,簇毛麦除 5V 和 4V 染色体外,其余 5 条染色体能有效缓解盐胁迫对小麦的危害。在 250 mmol/L NaCl 的胁迫下,DA1V、DS4V、DA5V 和 DS6V 4 个材料的相对电导率均显著高于对照;其余材料相对电导率均低于对照。表明在 250 mmol/L NaCl 的胁迫下,簇毛麦 1V、4V、5V、和 6V 染色体对缓解盐胁迫无效,其余 3 条染色体能有效缓解盐胁迫对小麦的危害。

值得注意的是 DA3V 的相对电导率随 NaCl 胁迫浓度的升高一直呈上升趋势。但是,在相同盐胁迫下,DA 3V 电导率均低于对照扬麦 158,这说明簇毛麦 3V 染色体上可能携有耐盐基因,DA3V 是培育抗盐小麦的良好种质。

2.2 簇毛麦不同染色体对小麦气孔导度的影响

植株花粉活力、光合作用和呼吸作用对小麦扬花期非常重要,而环境因子如太阳辐射、温度和 CO₂ 浓度等对于气孔导度的影响,将直接影响植株花粉活力、净光合速率和光呼吸强度。为了评价不同材料的上述三个方面的生理指标,在扬花期对 10 个小麦-簇毛麦异染色体系进行了气孔导度的测试。从

图 1 可以看出硬簇麦、DA7V、DS4V 和 DA5V 这 4 个材料与栽培小麦扬麦 158 相比,气孔导度显著增加。DA1V、DA3V、DA4V、DS2V、DA6V 和 DS6V 4 个材料的气孔导度明显低于栽培小麦扬麦 158。结果表明簇毛麦 7V 和 5V 染色体对增加扬花期气孔导度

有显著贡献;簇毛麦 4V 的添加和代换对气孔导度影响较大,这可能是小麦背景的影响。簇毛麦 4V 染色体添加到中国春背景引起气孔导度降低,主要是中国春本身的原因。

表 1 不同种质材料在 NaCl 胁迫下的相对电导率

种质 Germplasm	不同 NaCl(mmol/L) 处理的相对电导率 The relative conductivity under different NaCl(mmol/L) treatment					%
	0	100	150	200	250	
扬麦 158	0	2.00	4.00	34.00	60.00	
ABV	0	1.85	7.00	10.00	44.00	
DA 1V	0	1.67	5.00	18.33	96.67	
DS 2V	0	7.00	20.00	29.00	39.00	
DA 3V	0	1.75	1.75	7.00	12.00	
DS 4V	0	28.00	39.00	60.00	82.40	
DA 4V	0	4.00	23.00	34.00	47.00	
DA 5V	0	15.79	28.07	47.37	89.47	
DA 6V	0	5.00	12.00	16.00	55.00	
DS6V	0	9.00	13.00	22.00	93.00	
DA7V	0	3.45	5.17	6.90	36.00	

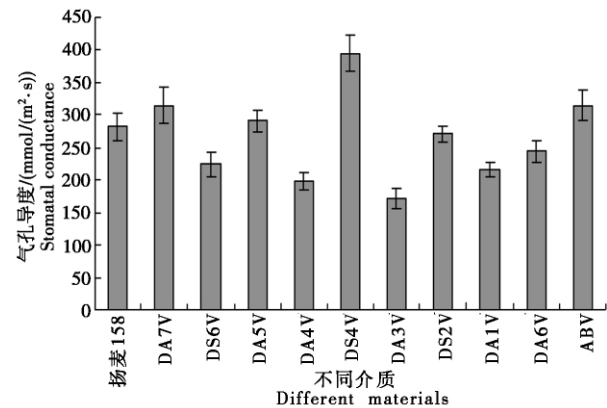


图 1 不同种质材料的气孔导度

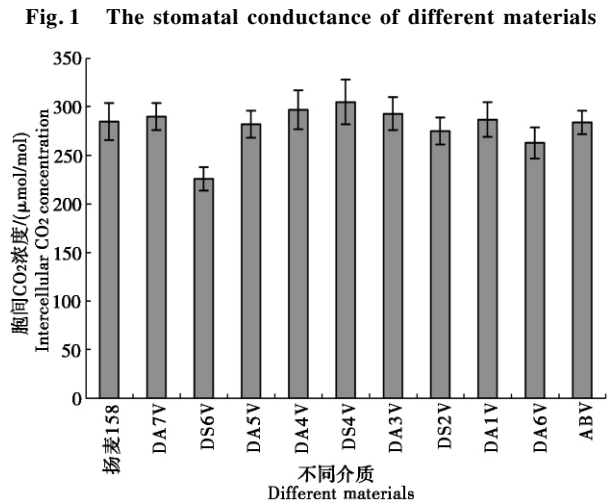


图 2 不同种质材料的胞间 CO₂ 浓度

Fig. 2 The intercellular CO₂ concentration of different materials

2.3 簇毛麦不同染色体对小麦胞间 CO₂ 浓度的影响

高 CO₂ 浓度可以增加叶绿体体内的 CO₂ 和 O₂ 浓度的比率,加速卡尔文循环的运转,提高光合速

率,降低气孔导度。因此评价簇毛麦不同染色体对胞间 CO₂ 浓度的影响对小麦-簇毛麦异染色体系的高光合作用和低呼吸作用这两个核心指标的筛选尤为重要。在扬花期对 10 个小麦-簇毛麦异染色体系进行了胞间 CO₂ 浓度的测试。从图 2 可以看出硬簇麦、DA3V、DS4V 和 DA4V 等这 8 个材料与栽培小麦扬麦 158 相比,胞间 CO₂ 浓度显著增加。DA6V 和 DS6V 两个材料的胞间 CO₂ 浓度明显低于栽培小麦扬麦 158。

2.4 簇毛麦不同染色体对小麦光合速率的影响

在普通小麦背景中,由于受不同簇毛麦染色体的影响,幼苗在拔节期生长发育不一致。选择在拔节期之后进行测试,从 3 次测试结果的均值(图 3)可以看出,不同材料叶片的净光合速率明显不同。其中涉及簇毛麦 2V、5V、7V 染色体的两个材料净光合速率与对照扬麦 158 明显偏高;涉及簇毛麦 1V、

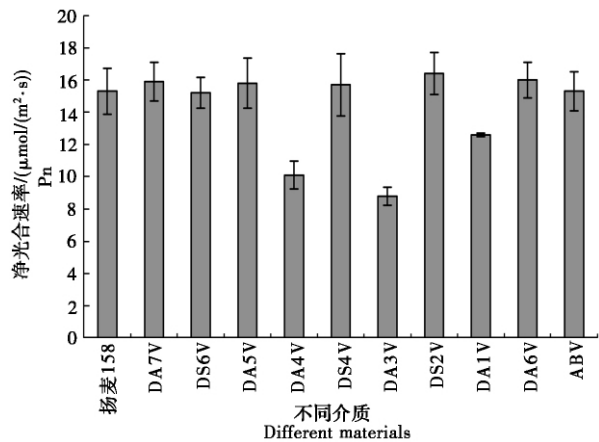


图 3 不同种质材料的净光合速率

Fig. 3 The net photosynthetic rate of different materials

3V 染色体的两个材料净光合速率与对照扬麦 158 明显偏低; 涉及簇毛麦 4V 和 6V 染色体的两个材料由于普通小麦背景的差异其净光合速率也不同, 其中中国春背景比扬麦背景的材料净光合速率显著下降。从上面分析可以推测簇毛麦 2V、5V、7V 染色体上可能携有高光效基因, 小麦-簇毛麦 2V 染色体异代换系、小麦-簇毛麦 5V 染色体异附加系和小麦-簇毛麦 7V 染色体异附加系可作为培育高光效小麦的育种材料。簇毛麦 6V 染色体不会影响涉及簇毛麦 6V 染色体的小麦品种的光合速率。

3 讨论

簇毛麦基因作为小麦育种的三级基因库, 在近半个世纪的研究中, 人们已经培育出硬簇麦双倍体、涉及簇毛麦 7 条染色体的代换系和添加系, 以及涉及簇毛麦 2V、4V 和 6V 染色体等各种易位系^[13,14]。虽然 6VS/6AL 易位系已经被成功运用于小麦新品种选育^[10], 但是人们多是将簇毛麦作为小麦抗病育种的种质。目前, 还未发现有关簇毛麦染色体上是否携有能提高小麦光合效率和耐盐性的研究。从我们近几年的研究可知, 簇毛麦并不是真正的盐生植物, 但是 DA3V 与目前江苏里下河地区主栽品种扬麦 158 相比, 在耐盐指标(如盐害指数、干物质积累等)方面表现突出, 本研究的相对电导率分析也表明簇毛麦 3V 染色体上可能携有耐盐基因的主效基因, 小麦育种家在培育抗盐小麦时, DA3V 是值得关注的种质。

小麦作为主要的粮食作物, 在生长发育的各个时期, 育种家们不仅关心其分蘖数、株高、抗病性、成熟期和熟像等农艺性状, 而且也关心其影响产量的光合速率和呼吸作用等生理指标^[15,16]。本研究中对小麦-簇毛麦异染色体系在影响小麦叶片的气孔导度、胞间 CO₂ 浓度和净光合速率等指标的分析, 揭示出簇毛麦 7 条染色体与上述 3 个生理指标的关系。虽然评价的材料中没有 6VS/6AL 易位系, 但可以推测簇毛麦 6V 染色体并没有影响利用这一易位系选育出的小麦品种的光合速率, 培育高光效小麦还有待于进一步挖掘簇毛麦 2V、5V、7V 染色体上的高光效基因, 因此利用涉及簇毛麦 2V 染色体易位系改良普通小麦的光合特性是培育高光效小麦, 提高小麦产量的可行途径。

参考文献:

[1] 吴兆苏. 小麦育种学[M]. 北京: 农业出版社, 1990: 1

- 15.

- [2] 于振文, 田奇卓, 潘庆民, 等. 黄淮麦区冬小麦超高产栽培的理论与实践[J]. 作物学报, 2002, 28(5): 577 - 585.
- [3] Sears E R. Addition of the genome of *Haynaldia villosa* to *Triticum aestivum* [J]. Amer J Botany, 1953, 40: 174 - 182.
- [4] 裴广铮, 陈佩度, 刘大钧. 小麦与簇毛麦杂种后代抗白粉病株系的细胞遗传学分析[J]. 南京农业大学学报, 1986, 9(1): 1 - 9.
- [5] Chen P D, Qi L L, Zhou B, et al. Development and molecular cytogenetic analysis of wheat-*Haynaldia villosa* 6VS/6AL translocation lines specifying resistance to powdery mildew [J]. Theor Appl Genet, 1995, 91: 1125 - 1128.
- [6] Chen P D, Liu D J, Gill B S. Studies on chromosome C-banding and aneuploid technique used in wheat cytogenetic [J]. Journal of Nanjing Agricultural College, 1986, 9(4): 1 - 8.
- [7] Zelitch I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield [J]. Bioscience, 1982, 32: 796 - 802.
- [8] Khan M N A, Murayama S, Ishimine Tsuzuki E, et al. Physio-morphotoloical studies of F₁ hybrids in rice(*Oryza sativa* L.) photosynthetic ability and yield [J]. Plant Production Science, 1998, 4: 233 - 239.
- [9] 彭远英, 彭正松, 宋会兴. 小麦中国春背景下长穗偃麦草光合作用相关基因的染色体定位[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2182 - 218.
- [10] 陈佩度, 张守忠, 王秀娥, 等. 抗白粉病高产小麦新品种南农 9918 [J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(4): 105 - 106.
- [11] 任明见, 徐如宏. 贵农 19 号小麦新品种分子标记辅助选育及鉴定研究[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(9): 10 - 13.
- [12] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 第 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 274 - 277.
- [13] 陈全战, 亓增军, 冯祎高, 等. 利用杀配子染色体诱导簇毛麦 4V 染色体结构变异[J]. 遗传学报, 2002, 29(4): 355 - 358.
- [14] 陈全战, 曹爱忠, 亓增军, 等. 利用离果山羊草 3C 染色体诱导簇毛麦 2V 染色体结构变异[J]. 中国农业科学, 2008, 41(2): 362 - 369.
- [15] 蔡瑞国, 张敏, 尹燕桦, 等. 小麦灌浆过程中旗叶光合及抗氧化代谢与氮素营养关系研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(1): 53 - 62.
- [16] 杨文平, 郭天财, 刘胜波, 等. 两种穗型冬小麦品种旗叶光合特性和水分利用对光强的响应[J]. 华北农学报, 2008, 23(2): 9 - 11.