

小麦 B 染色体组双端体旗叶光合能量转换参数的研究

李小娟¹, 蓝 岚², 李雁鸣³, 肖 凯³

(1 河北农业大学 生命科学学院, 河北 保定 070001; 2 保定师范专科学校 生物系, 河北 保定 071000;

3 河北农业大学 农学院, 河北 保定 070001)

摘要:在旗叶一生中, 各供试双端体材料叶绿素含量均于叶片全展前后达到最大值, 以后呈逐渐降低的趋势。研究表明, 染色体臂 1BL, 2BL, 6BL, 7BL, 2BS 和 7BS 对叶绿素含量有正效应; 1BS, 3BS, 4BS 和 5BS 对其有负效应。光合能量转换参数 Hill 反应和光合磷酸化活力也随叶片衰老进程逐渐降低, 总的来看, 染色体臂 1BL, 7BL, 1BS, 4BS, 5BS 和 6BS 对上述参数有负效应; 2BL, 6BL, 2BS 和 3BS 对其有正效应。各供试材料光合能量转换参数对光合作用的影响主要表现在叶片老化后期。

关键词:小麦; B 染色体组; 双端体; 旗叶; 光合能量转换参数

中图分类号: S512.1 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2006) 05- 0009- 04

Studies on the Parameters of Energy Exchange of Photosynthesis for Different Ditelosomic Lines of B Genome in Wheat Flag Leaves

LI Xiaojuan¹, LAN Lan², LI Yanming³, XIAO Kai³

(1. Department of Life Sciences, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China;

2. Biology Department of Baoding Teachers College, Baoding 071000, China;

3. Department of Agronomy, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China)

Abstract: During flag leaf life span of different ditelosomic lines, chlorophyll content reached the highest value at about leaf full expansion, and then decreased gradually. Chromosomal arm 1BL, 2BL, 6BL, 7BL, 2BS and 7BS had positive effect on chlorophyll content, while 1BS, 3BS, 4BS and 5BS had negative effect on it. The activity of parameters about energy exchange of photosynthesis, such as Hill reaction and photosynthetic phosphorylation decreased gradually during the leaf aging. In a word, chromosomal arm 1BL, 7BL, 1BS, 4BS, 5BS and 6BS had positive effect on those parameters, while 2BL, 6BL, 2BS and 3BS had negative effect on them. The parameters of energy exchange influence photosynthesis especially in late phase during leaf aging for the tested materials.

Key words: Wheat; B genome; Ditelosomic lines; Flag leaf; Parameters of energy exchange of photosynthesis

光合作用的表现受到遗传因子的调控, 有关核质基因组与光合作用关系的研究已有较多报道^[1, 2]。光合机构的代谢活动需要不断得到能量以维持其运转, 植物叶片在照光下, 由叶绿体类囊体膜上的 ATP 合成酶催化, 通过光合磷酸化合成同化力 ATP, 参与 CO₂ 的氧化与还原, 该反应所需要的能量来源于光照引起的电子传递及相应的质子转运所产生的质子动力势^[3]。已有研究指出, 不同基因型对

光合电子传递活性及衰老过程中的变化存在着不同影响^[4]。目前, 关于不同遗传背景对光合磷酸化等光合能量转换参数功能和调节的影响已有一些报道^[5, 6], 但关于小麦核基因对光反应机构的调控尚无系统报道。本研究以小麦 B 染色体组的一整套双端体为材料, 旨在初步探讨 B 染色体组分别缺失长短臂对光合能量转换参数的影响, 为结合遗传和生理生化手段挖掘小麦光合作用高光效基因和高光

收稿日期: 2006- 03- 20

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目(397106)

作者简介: 李小娟(1973-), 女, 河北任丘人, 讲师, 博士, 主要从事植物生理生化研究工作; 肖凯为通讯作者。

效遗传改良奠定基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试整套“中国春”B组双端体材料由匈牙利国家科学院提供,以相同核质背景染色体臂不缺失者为对照(ck)。1BL, 2BL, ...7BL 和 1BS, 2BS, ...7BS 与对照相比分别仅缺失 1B, 2B, ...7B 的长臂和短臂。

试验于 1997-1999 年在河北农业大学标本园进行,随机区组设计,微区行长 1 m,区内种植 4 行,米行长等距留苗 33 株,重复 3 次。试验地地力和管理条件小区间保持一致。

1.2 测定项目

从旗叶伸出至枯黄期间,选择代表性植株测定下述性状。叶绿素含量采用张宪政的丙酮无水乙醇混合液法,751 分光光度计比色^[7]。

Hill 反应活力:叶绿体的提取:取新鲜的小麦叶片去除中脉,擦净后置于研钵中,每 3 g 鲜重加入 6

mL 冷却至 0~2℃的STN提取液(内含 0.4 mol/L 蔗糖, 0.05 mol/L Tris_HCl (pH = 7.8), 0.01 mol/L NaCl),快速研磨,经 4 层纱布过滤,去除残渣,挤出滤液,置于离心管中,先以 200 × g 离心 1 min,去除残渣,将上层液移至另一离心管,再以 1 500 × g 离心 5 min,弃去上层液,沉淀为叶绿体,随即将沉淀悬浮于 4 mL STN 提取液中,放入冰箱备用。

活力的测定参照叶济宇,钱月琴的分光光度法测定^[8];光合磷酸化活力用 Hill 反应提取的新鲜叶绿体,基本采用王维光的方法测定^[9]。

2 结果与分析

2.1 各双端体材料旗叶一生中叶绿素含量的动态变化

由图 1 可见,供试各材料旗叶叶绿素含量于全展前后达到最大值,以后逐渐降低,与对照相比,1BL, 2BL, 6BL, 7BL, 2BS 和 7BS 的叶绿素含量较对照低;1BS, 3BS, 4BS 和 5BS 较对照高。因此,染色体

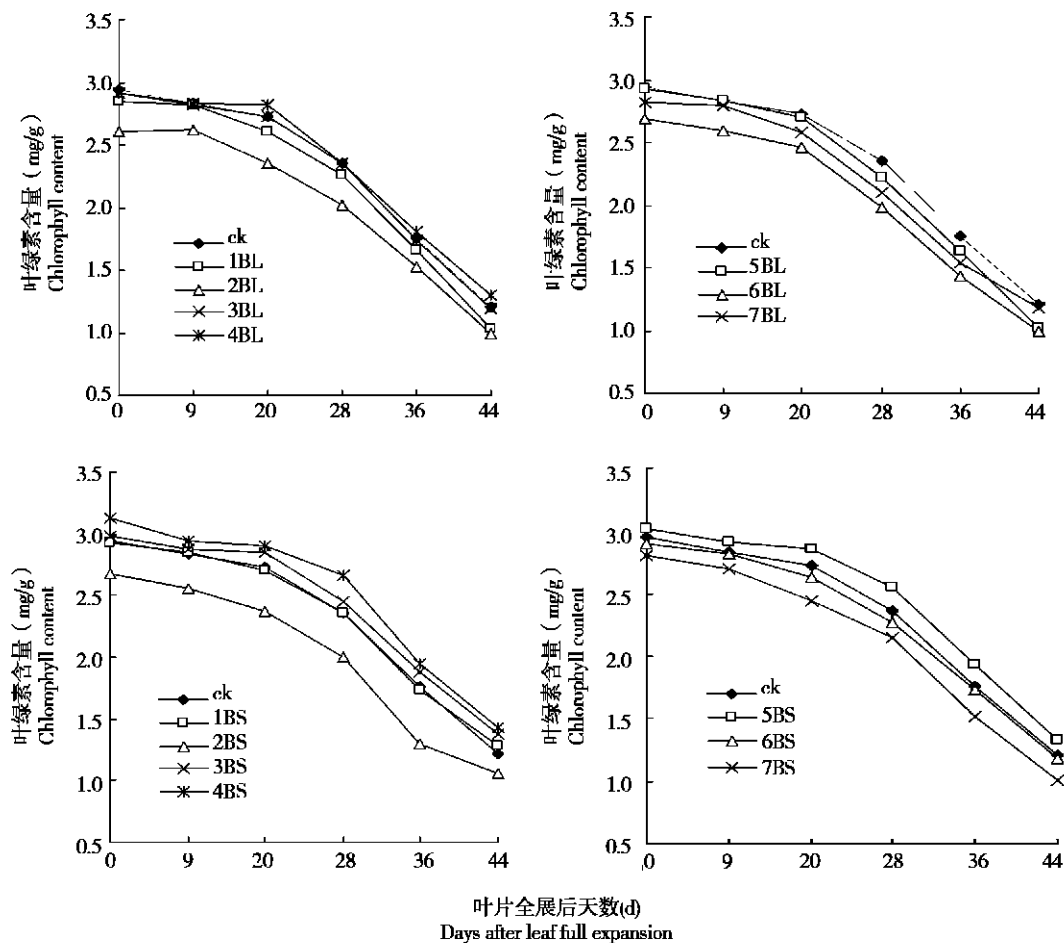


图 1 不同双端体材料旗叶一生中叶绿素含量的动态变化

Fig. 1 Changes of chlorophyll content during flag leaf life span in different ditelosomic lines

臂 1BL, 2BL, 6BL, 7BL, 2BS 和 7BS 对叶绿素含量有正效应; 1BS, 3BS, 4BS 和 5BS 对叶绿素含量有负效应; 其他染色体臂无明显效应。

2.2 各双端体材料旗叶 Hill 反应活力与对照的比较分析

由表 1 可见, 随叶片老化进程, Hill 反应活力呈下降的趋势, 染色体臂缺失后对供试材料 Hill 反应活力的影响不同。长臂缺失组中, 1BL, 7BL 活力高于对照, 于全展时分别高出对照 6. 15% 和 7. 14%, 且后期仍较对照高, 2BL, 6BL 各时期则均低于对照, 其中全展时分别比对照降低 11. 12% 和 22. 62%; 短臂缺失组中, 1BS, 4BS, 5BS, 6BS 和 7BS 高于对照, 较对照增加 2. 24% ~ 19. 80%, 2BS, 3BS 较对照各时期均维持较低值, 其中全展时分别低于对照 19. 98% 和 12. 76%。其他各材料与对照无明显差异。

表 1 各双端体材料 Hill 反应活力及与对照的比较分析

Tab. 1 The activity of Hill reaction of different ditelosomic lines and comparison with ck									
材料名称 Tested material	Hill 反应活力 The activity of Hill reaction ($\mu\text{mol O}_2/(\text{mg chl}\cdot\text{h})$)			与 ck 相比 Compared with ck (%)			叶片全展后天数 Days after leaf full expansion		
	叶片全展后天数 Days after leaf full expansion			叶片全展后天数 Days after leaf full expansion			叶片全展后天数 Days after leaf full expansion		
	0	24	37	0	24	37	0	24	37
	0	24	37	0	24	37	0	24	37
ck	132 510	108 132	60 867	-	-	-	-	-	-
1BL	140 654	109 821	61 898	6 146	1 560	1 694	-	-	-
2BL	117 780	100 002	38 987	- 11 116	- 7 515	- 35 947	-	-	-
3BL	144 435	116 120	52 201	8 999	7 387	- 14 238	-	-	-
4BL	146 589	110 193	41 398	10 625	1 909	- 31 986	-	-	-
5BL	134 214	111 450	42 658	1 286	3 066	- 29 916	-	-	-
6BL	102 537	86 701	50 149	- 22 619	- 19 819	- 17 609	-	-	-
7BL	141 968	118 862	64 591	7 138	9 925	6 118	-	-	-
1BS	136 214	102 401	64 235	2 795	- 5 297	5 533	-	-	-
2BS	106 030	89 468	48 256	- 19 983	- 17 259	- 20 720	-	-	-
3BS	115 597	95 923	54 125	- 12 764	- 11 290	- 11 077	-	-	-
4BS	143 215	110 551	65 425	8 079	2 242	7 488	-	-	-
5BS	144 453	113 752	69 102	9 013	5 197	13 529	-	-	-
6BS	151 986	129 544	65 916	14 698	19 797	8 295	-	-	-
7BS	140 012	115 636	64 579	5 662	6 938	6 099	-	-	-

2.3 各双端体材料旗叶光合磷酸化活力与对照的比较分析

光合磷酸化与希尔反应相偶联, 由表 2 可见, 随叶片老化进程, 光合磷酸化活力也呈下降的趋势。与对照相比, 长臂组中的 1BL, 7BL 和短臂组中的 1BS, 4BS, 5BS, 6BS 光合磷酸化力高于对照, 增加 3. 46% ~ 20. 23%。长臂组中的 2BL, 6BL 和短臂组中的 2BS, 3BS 低于对照, 降低幅度 3. 49~ 19. 88%; 其他各材料与对照无显著差异。各双端体材料与对

照相比的表现趋势在不同老化时期基本相似。

表 2 各双端体材料光合磷酸化活力及与对照的比较分析

Tab. 2 The activity of photosynthetic phosphorylation of different ditelosomic lines and comparison with ck									
材料名称 Tested material	光合磷酸化活力 The activity of photosynthetic phosphorylation ($\mu\text{mol ATP}/(\text{mg chl}\cdot\text{h})$)			与 ck 相比 Compared with ck (%)			叶片全展后天数 Days after leaf full expansion		
	叶片全展后天数 Days after leaf full expansion			叶片全展后天数 Days after leaf full expansion			叶片全展后天数 Days after leaf full expansion		
	0	24	37	0	24	37	0	24	37
	0	24	37	0	24	37	0	24	37
ck	114 891	89. 998	48 471	-	-	-	-	-	-
1BL	131. 085	93. 020	50 371	14. 096	3. 358	3. 919	-	-	-
2BL	107. 909	86. 858	40 578	- 6. 076	- 3. 488	- 16. 283	-	-	-
3BL	118 480	81. 564	46 185	3. 125	- 9. 372	- 4. 716	-	-	-
4BL	109 987	92. 567	39 405	- 4. 267	2. 854	- 18. 703	-	-	-
5BL	124 705	87. 552	43 268	8. 543	- 2. 718	- 10. 733	-	-	-
6BL	108 429	84. 367	38 837	- 5. 624	- 6. 257	- 19. 876	-	-	-
7BL	121. 698	104. 866	53 546	5. 926	16. 521	10. 470	-	-	-
1BS	124 820	100. 321	52 429	8. 643	11. 471	8. 165	-	-	-
2BS	108 950	83. 567	42 723	- 5. 170	- 7. 146	- 11. 859	-	-	-
3BS	105 980	83. 525	46 542	- 7. 755	- 7. 193	- 3. 980	-	-	-
4BS	125 980	95. 896	53 572	9. 653	6. 554	10. 525	-	-	-
5BS	127. 568	108. 207	54 798	11. 035	20. 233	13. 054	-	-	-
6BS	129 145	100. 008	50 147	12. 408	11. 122	3. 458	-	-	-
7BS	118 201	92. 575	51 732	2. 882	2. 863	6. 728	-	-	-

2.4 Hill 反应和光合磷酸化活力与光合速率的相关分析

相关分析表明, 不同材料叶片全展时和老化前期即叶绿素缓慢下降阶段(全展 28 d 前), Hill 反应、光合磷酸化活力与光合速率(P_n) (光合速率部分见参考文献[10]) 的相关程度均未达到显著水平, 但在老化后期即叶绿素快速下降阶段, 二者与 P_n 均达显著水平, 表明在叶绿素缓慢下降阶段叶绿体光合电

表 3 叶片不同生长时期 Hill 反应和光合磷酸化活力与 P_n 之间的相关系数

Tab. 3 The correlations between the activity of Hill reaction, photosynthetic phosphorylation and P_n in different phases of leaf growth span			
项目 Item	叶片生长时期 Phase of leaf growth span		
	全展 Leaf full expansion	叶片老化前期 The early phase of leaf aging	叶片老化后期 The late phase of leaf aging
	全展 Leaf full expansion	叶片老化前期 The early phase of leaf aging	叶片老化后期 The late phase of leaf aging
Hill 反应活力 The activity of Hill reaction	0. 109 7	0. 252 5	0. 496 6*
光合磷酸化活力 The activity of photosynthetic phosphorylation	0. 087 3	0. 487 7	0. 512 3*

注: * 在 $P < 0. 05$ 水平上显著

Note: * Means significantly different at $P < 0. 05$

子传递特性不是影响光合碳同化的主要因素,但在快速下降阶段却在一定程度上影响了光合碳同化(表3)。由此说明,尽管B组染色体臂缺失导致的光合机构的变化影响了光合电子传递能力,但在叶片老化前期,这种改变的传递能力对叶片光合速率的影响较小,该期叶片的光合作用表现可能主要受到其他相关生理过程的制约。叶片老化后期,不同供试材料的光合电子传递能力在一定程度上成为光合速率的限制因素。

3 讨论

光合电子传递链是光合机构的重要组成部分,不仅能为光合碳同化提供还原力,并能对叶绿体的内部环境发生影响。研究表明,光合电子传递参数ATP合成酶的9种亚基中有6种由叶绿体基因编码^[11],在光合电子传递过程和还原力形成过程中,类囊体光合膜内参与光反应过程的PSII放氧复合体、PSI若干亚基及铁氧还蛋白等均由核基因编码^[12]。此外,在有叶绿体基因参与编码的各类蛋白复合体中,至少有一个组分由核基因编码,这可能是核调节的特点^[13]。关于小麦核基因组与光合电子传递特性的关系,Bobo等研究认为,3D影响光系统II的量子效率^[14,15]。Planchon等在D染色体组的研究中测定表明,B染色体组较A、D染色体组CO₂同化率和叶绿素含量增加^[2]。Watanabe等研究认为,1B、3B染色体对光合速率和叶绿素含量可能有负效应,2B染色体对上述性状可能有正效应^[16]。本试验研究认为染色体臂1BL、2BL、6BL、7BL、2BS和7BS对叶绿素含量有正效应;1BS、3BS、4BS和5BS对叶绿素含量有负效应,在染色体亚水平上与Watanabe的结果有相似之处。造成本研究中B染色体组染色体臂对光合能量转换参数不同效应的原因可能是由于,B染色体组作为核基因组在一定程度上参与了光反应机构成分的编码,缺失某染色体臂后,造成了遗传信息的改变,最终导致核调节的不同遗传效应。本研究同时表明,进一步深化对各光合能量转换参数有正效应的染色体臂2BL、6BL、2BS和3BS的研究以及B染色体组对其他光合生理过程效应的研究,对于将来结合遗传手段挖掘和转导高光效基因及高光效育种工作具有重要意义。

参考文献:

[1] 张荣铎,程在全,马万山,等.不同染色体组小麦种叶

片全展后光合速率及叶绿素含量的变化[J].江苏农业学报,1990,6(1):1-9.

- [2] Planchon C, Fesquet J. Effect of the D genome and of selection on photosynthesis in wheat [J]. Theor Appl Genet, 1982 (61): 359-365.
- [3] Mitchell P. Chemiosmotic coupling in oxidative and photosynthetic phosphorylation [J]. Biol Rev Cambridge Phil Soc, 1966, 41(445): 25-28.
- [4] 张荣铎,高忠.小麦种和品种间叶片展开后光合特性的差异及其机理[A].见:邹琦,王学臣.作物高产光效生理学研究进展[M].北京:科学出版社,1994:35-44.
- [5] Bookema E J, Bottcher B. The structure of ATP synthase from chloroplasts conformational changes of CF₁ studied by electron microscopy [J]. Biochim Biophys Acta, 1992, (1098): 131.
- [6] Hammes G G. Mechanism of ATP synthesis and coupled proton transport: studies with purified chloroplast coupling factor [J]. Trends Biochem Sci, 1983, (8): 131.
- [7] 张宪政.植物组织中叶绿素含量的测定[J].辽宁农业科技,1986,(3):19-21.
- [8] 叶济宇,钱月琴.希尔反应的分光光度法测定[J].见:薛应龙.植物生理学实验手册[M].上海:上海科学技术出版社,1985:104-107.
- [9] 王维光.生物发光法测定三磷酸腺苷(ATP)[A].见:薛应龙.植物生理学实验手册[M].上海:上海科学技术出版社,1985:115-117.
- [10] 李小娟,赵玉新,肖凯,等.小麦B染色体组双端体旗叶CO₂导度的研究[J].河北农业大学学报,2000,23(4):15-19.
- [11] 任汇森,魏家锦.叶绿体ATP合成酶的结构、功能及调节的研究进展[J].植物生理学通讯,1994,30(3):161-169.
- [12] 朱雨生.叶绿体基因的结构、功能与表达[A].见:张德颐,朱治平.植物分子生物学与生物工程[M].北京:科学出版社,1991:23-27.
- [13] 周睿,赵敏.叶绿体基因与光合作用[J].山东农业大学学报,1991,22(2):193-196.
- [14] Bobo M S, Planchon C, Morris R. Role of chromosome 3A in stomatal resistance of winter wheat [J]. Euphytica, 1992a (62): 59-62.
- [15] Bobo M S, Planchon C, Morris R. Chromosome 3D influences photosystem II quantum efficiency in winter wheat [J]. Crop Sci, 1992b, (32): 958-961.
- [16] Watanabe N, Ogawa A, Kitaya T, et al. Effects of substituted D genome chromosomes on photosynthetic rate of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) [J]. Euphytica, 1994, 72 (1/2): 127-131.