

黄淮冬麦区不同时期主推品种淀粉合成酶 基因分子标记鉴定

张瑞奇¹, 胡琳², 王秀娥¹, 张守忠¹, 马燕欣¹, 陈佩度¹

(¹南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室/细胞遗传所, 南京 210095;

²河南省农科院小麦研究中心, 郑州 450002)

摘要:利用普通小麦直链淀粉合成酶 *GBSS* 基因及支链淀粉关键合成酶 *SS II* 基因的特异分子标记鉴定了黄淮冬麦区自 20 世纪 50 年代以来 253 份主推品种, 发现 8 份品种缺失 *Wx-B1* 基因, 其中 5 份材料(小偃 168、秦麦 1 号、83S502、山东 935031、山东 928802)是新发现的缺失 *Wx-B1* 基因的小麦品种, 未发现 *Wx-A1*、*Wx-D1* 基因缺失类型品种; 所鉴定 253 份品种的 *SS II* 基因均为野生型, 未发现缺失突变类型。通过对 8 份缺失 *Wx-B1* 基因品种直链淀粉含量分析, 发现这些品种的直链淀粉含量差异较大, 变异范围为 19.9% ~ 33.0%, 其中豫麦 47、83S502 和中育 5 号 3 个品种的直链淀粉含量较低, 分别为 19.9%、21.3% 和 26.4%, 可以用于优质面条小麦品质改良。

关键词:淀粉合成酶基因; 分子标记; 直链淀粉含量

Analysis of Starch Synthesis Genes in Major Wheat Cultivars Grown in Huanghuai Wheat Production Area at Different Periods Using Molecular Markers

ZHANG Rui-qi¹, HU Lin², WANG Xiu-e¹, ZHANG Shou-zhong¹, MA Yan-xin¹, CHEN Pei-du¹

(¹National Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement/Cytogenetics Institute,

Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095; ²Wheat Research Center, Henan Academy of

Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002)

Abstract: A total of 253 major wheat cultivars grown in Huanghuai wheat production area at different periods were screened for the starch synthesis genes by molecular markers. The results indicated that 8 of these cultivars were null at *Wx-B1*, and they were used to identify the amylose content. The results showed that significant variation was observed. The range of amylose content was 19.9% - 33.3%, only Yumai 47, 83S502 and Zhongyu 5 with null *Wx-B1* was below 27%. The 253 wheat cultivars were also screened for the *SS II* gene mutations with three STS specific markers published in previous researches. The results indicated that 253 wheat cultivars were all wild type.

Key words: Starch synthesis genes; Molecular markers; Amylose content

淀粉是小麦胚乳最主要的成分, 占子粒干重的 60% ~ 70%, 由直链淀粉和支链淀粉组成。直链淀粉由 α -1,4-糖苷键连接而成, 为线性多聚糖; 支链淀粉由 α -1,4-糖苷键和 α -1,6-糖苷键连接而成, 是具有分支的多聚糖。小麦胚乳淀粉合成酶主要有:

GBSS I (granule-bound starch synthesis I)、*SS I* (starch synthesis I)、*SS II* (starch synthesis II)、*SS III* (starch synthesis III) 和 *SS IV* (starch synthesis IV)^[1]。*GBSS I* 是淀粉颗粒结合蛋白(亦称 *Waxy* 蛋白), 主要负责合成直链淀粉, 同时也对支链淀粉

收稿日期: 2009-03-02

修回日期: 2009-05-06

基金项目: 国家高新技术研究发展计划(863 计划)(2006AA10Z1F6)

作者简介: 张瑞奇, 在读博士, 主要从事小麦分子细胞遗传育种研究。E-mail: 2007201004@njau.edu.cn

通讯作者: 陈佩度, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: pdchen@njau.edu.cn

链的延长起一定的作用;普通小麦胚乳中有 3 个 Waxy 蛋白亚基 (Wx-A1、Wx-B1 和 Wx-D1), 分子量约 60kD, 分别由位于 7AS、4AL 和 7DS 染色体上的 3 个基因编码^[2]。SS II 是合成支链淀粉的关键酶, SS II α 基因编码 SGP-1 蛋白 (starch granule bound protein-1), SGP-1 蛋白在普通小麦中包含 3 种蛋白亚基 (SGP-A1、SGP-B1 和 SGP-D1), 分子量大约 100 ~ 105kD, 分别由位于普通小麦第 7 部分同源群染色体上的基因编码^[3、4]。

研究表明,小麦总淀粉含量、直/支链淀粉比和淀粉颗粒性状对面粉加工品质有重要影响^[5],如直链淀粉含量与面条品质显著相关,直链淀粉含量较低的小麦品种,膨胀势和峰值粘度值较高,面条的软度、粘性、光滑性、口感和综合评分等表现较好,优质面条小麦面粉的最适直链淀粉含量为 22% 左右^[6]。目前,人们已经发现了普通小麦中分别缺失不同 Waxy 蛋白亚基及不同 SGP-1 蛋白亚基的材料^[2、7]。一些育种单位也正利用这些突变材料,改良品种的淀粉特性,以符合食品加工的要求,如国际玉米小麦改良中心 (CIM-MYT) 已将 Wx-B1b 基因型纳入品质育种程序^[8]。

鉴定淀粉合成酶基因型的方法主要是 SGP-1 蛋白和 Waxy 蛋白的 SDS-PAGE 电泳技术与 SS II 基因和 Wx 基因特异分子标记技术,而分子标记是鉴定小麦淀粉合成酶基因型最常用的方法。鉴定 Wx-A1、Wx-B1 和 Wx-D1 基因型的分子标记较多,主要是根据淀粉合成酶基因序列开发的功能性标记,有些标记经过验证具有较好的稳定性和可靠性^[9-11];我国一些研究者已经利用分子标记对国内资源材料的淀粉合成酶基因型进行了鉴定,如王小兰等^[12]、姚大年等^[13]、王子宁等^[14]、杜小燕等^[15] 利用分子标记分析了我国部分地方品种材料的 Wx 基因组成,发现了一些缺失 Wx-A1、Wx-B1 和 Wx-D1 基因的材料,其中以缺失 Wx-B1 基因的材料最多,其次是缺失 Wx-A1 基因类型,缺失 Wx-D1 基因的材料极少。徐兆华等^[16] 分析了我国 260 份不同麦区冬小麦品种的 Wx 基因组成,发现 37 份缺失 Wx-B1 基因的材料,其他缺失类型未发现。这些结果表明,中国小麦品种中缺失 Wx 基因的比例不高,并以缺失 Wx-B1 基因为主,其他缺失类型极少。

支链淀粉关键合成酶基因 SS II 的缺失突变材料,最先由日本学者 Yamamori 等^[4] 报道;日本学者 Shimbata 等^[7] 设计了一套用于检测不同 wSS II 基因突变体的分子标记;澳大利亚学者 Konik - Rose 等^[17] 利用 Yamamori 提供的完全缺失 SGP-1 蛋白材

料与本国品种杂交,构建一套包含缺失不同 SGP-1 蛋白亚基的 DH 群体,研究了缺失不同 SGP-1 蛋白亚基对普通小麦农艺性状和淀粉特性的影响。结果表明,缺失不同 SGP-1 蛋白亚基均对小麦淀粉产生不同程度的影响,与 Wx 基因不同的是,它主要影响支链淀粉含量及支链淀粉的链长。因此,可以利用 wSS II 基因的缺失突变材料通过育种途径来改良普通小麦的淀粉特性,但我国还没有 wSS II 基因缺失突变材料的报道。

黄淮冬麦区是我国最主要的小麦生产区,该区的主推品种具有良好的农艺性状和适应性。本研究利用淀粉合成酶基因特异分子标记,分析了 253 份自 20 世纪 50 年代以来黄淮麦区主推品种的淀粉合成酶基因型,目的是了解该麦区主推品种淀粉合成酶基因型的组成状况,发现一些新的淀粉合成酶基因突变材料,为小麦品质改良提供亲本资源。

1 材料与方 法

1.1 材 料

253 份黄淮冬麦区自 1950 年以来的主推品种,由河南农业科学院小麦研究中心品种资源室保存并提供,品种名称及编号详见表 1;品种育成年份、组合及选育方式、育成单位及品种特性详见《河南省及黄淮麦区小麦种质资源目录》。中国春第 7 部分同源群染色体缺体-四体材料 (N7AT7D、N7BT7D、N7DT7B) 由南京农业大学细胞遗传所提供。试验材料于 2007 - 2008 年度种植在河南郑州和江苏南京,按常规田间管理。

1.2 基因组 DNA 的提取及 PCR 检测

利用小麦幼苗叶片,采用 SDS 法提取基因组 DNA,参照 Sharp 等^[18] 的方法。PCR 反应体积为 10 μ l,包含约 10 ~ 20ng 模板 DNA、1 \times buffer, 1.5mmol/L MgCl₂、200mmol/L dNTP、左右引物终浓度各为 0.2 μ mol/L、0.5 U Taq DNA 聚合酶。

Wx-A1 基因引物 PCR 反应条件为:95 $^{\circ}$ C 预变性 5min,94 $^{\circ}$ C 变性 30s,55 $^{\circ}$ C 退火 45s,72 $^{\circ}$ C 延伸 80s,33 个循环;最后 72 $^{\circ}$ C 延伸 10min,4 $^{\circ}$ C 保存。Wx-B1 基因引物 PCR 反应条件为:95 $^{\circ}$ C 预变性 5min,94 $^{\circ}$ C 变性 30s,65 $^{\circ}$ C 退火 45s,72 $^{\circ}$ C 延伸 2min,33 个循环;最后 72 $^{\circ}$ C 延伸 10min,4 $^{\circ}$ C 保存。Wx-D1 基因引物 PCR 反应条件为:95 $^{\circ}$ C 预变性 5min;94 $^{\circ}$ C 变性 30s,65 $^{\circ}$ C 退火 1min,65 $^{\circ}$ C 至 57 $^{\circ}$ C 每循环降低 1 $^{\circ}$ C,8 个循环;然后,94 $^{\circ}$ C 变性 1min,56 $^{\circ}$ C 退火 1min,72 $^{\circ}$ C 延伸 1min,25 个循环;最后 72 $^{\circ}$ C 延伸 10min,4 $^{\circ}$ C 保存。

表 1 本研究所鉴定的 253 份品种编号及名称

Table 1 253 major wheat cultivars grown in Huanghuai wheat production area at different periods

编号 Code	品种名称 Variety	编号 Code	品种名称 Variety	编号 Code	品种名称 Variety	编号 Code	品种名称 Variety
H001	蚂蚱麦	H065	济南 5 号	H129	信阳 751	H193	83S502
H002	涇阳 60	H066	秦农 153	H130	豫麦 8 号	H194	阿奥
H003	西北 612	H067	山农 3 号	H131	西安 8 号	H195	陕 757
H004	陕西 54	H068	蚰包麦	H132	陕 7859	H196	西农 65
H005	三月黄	H069	济南矮 6 号	H133	陕农 7852	H197	西农 85
H006	兰花麦	H070	鲁腾 1 号	H134	咸农 151	H198	西农 84G6
H007	碧玉麦	H071	济南 8 号	H135	渭麦 5 号	H199	陕优 225
H008	中农 28	H072	济南 9 号	H136	西育 7 号	H200	渭麦 8 号
H009	碧蚂一号	H073	济南 10 号	H137	小偃 107	H201	84 加(79)
H010	碧蚂四号	H074	济南 12 号	H138	长武 131	H202	分 33
H011	碧蚂六号	H075	烟农 78	H139	小偃 168	H203	鲁麦 12 号
H012	西农 6028	H076	济宁 3 号	H140	宝鸡 44314	H204	鲁麦 14
H013	辉县红	H077	跃进 8 号	H141	秦麦 1 号	H205	鲁麦 15
H014	蚰子麦	H078	矮丰 3 号	H142	秦麦 3 号	H206	鲁麦 17
H015	葫芦头	H079	博爱 7023	H143	秦麦 4 号	H207	鲁麦 19
H016	洛阳大口麦	H80	泰山 1 号	H144	山农辐 63	H208	鲁麦 21
H017	府麦	H81	郑引 1 号	H145	鲁麦 1 号	H209	鲁麦 22
H018	红和尚头	H82	郑州 683	H146	鲁麦 2 号	H210	鲁麦 23
H019	白火麦	H83	郑州 761	H147	鲁麦 3 号	H211	鲁 215953
H020	望水白	H84	博农 74-22	H148	鲁麦 4 号	H212	济南 16
H021	红芒白	H85	安选 2 号	H149	鲁麦 5 号	H213	济南 17
H022	徐州 438	H86	陕农 17	H150	鲁麦 6 号	H214	PH85-16
H023	开封 124	H87	郑州 742	H151	鲁麦 7 号	H215	济宁 13
H024	白玉皮	H88	安选 5 号	H152	鲁麦 8 号	H216	PH82-2
H025	南大 2419	H89	灰毛阿夫	H153	鲁麦 9 号	H217	莱州 953
H026	矮粒多	H90	濮阳 5 号	H154	鲁麦 10 号	H218	周麦 13
H027	石家庄	H91	百泉 41	H155	鲁麦 11 号	H219	新麦 9 号
H028	扁穗麦	H92	陕农 6521	H156	鲁麦 13 号	H220	兰考 906
H029	黄县大粒半芒	H93	郑 6 辐	H157	原丰 1 号	H221	郑麦 9023
H030	大芒麦	H94	北京 8 号	H158	科红 1 号	H222	中育 5 号
H031	齐大 195	H95	石家庄 54	H159	豫麦 10 号	H223	济麦 1 号
H032	半截芒	H96	许丰 1 号	H160	豫麦 11 号	H224	淮阴 9628
H033	早洋麦	H97	驻麦 1 号	H161	豫麦 13 号	H225	小偃 54
H034	莱阳白秃头	H98	内乡薄地翠	H162	豫麦 15 号	H226	偃展 1 号
H035	跃进 5 号	H99	内乡 173	H163	豫麦 16 号	H227	陕农 65
H036	丰产三号	H100	信阳 12	H164	徐州 21	H228	远丰 898
H037	阿夫	H101	陕早 1 号	H165	豫麦 18 号	H229	陕 89150
H038	阿勃	H102	咸农 68	H166	豫麦 21 号	H230	西农 2208
H039	内乡 5 号	H103	小偃 5 号	H167	豫麦 25 号	H231	97148
H040	济南 2 号	H104	渭麦 4 号	H168	豫麦 29 号	H232	莱州 137
H041	大荔 52	H105	武农 99	H169	豫麦 34 号	H233	烟优 361

续表

编号 Code	品种名称 Variety	编号 Code	品种名称 Variety	编号 Code	品种名称 Variety	编号 Code	品种名称 Variety
H042	金光麦	H106	武农 132	H170	豫麦 35 号	H234	山东 935031
H043	泾惠 26	H107	乾农 4 号	H171	临汾 7023	H235	莱州 95021
H044	青春 2 号	H108	长武 702	H172	豫麦 41 号	H236	龙口 8017
H045	陕农 1 号	H109	官村 1 号	H173	豫麦 47 号	H237	济麦 20
H046	陕农 9 号	H110	复壮 30	H174	豫麦 49 号	H238	951741
H047	小偃 4 号	H111	宝鸡 42	H175	豫麦 50 号	H239	烟辐 188
H048	咸农 39	H112	双丰收	H176	豫麦 51 号	H240	山东 928802
H049	泾阳 302	H113	泰山 4 号	H177	豫麦 54 号	H241	95(6)161
H050	内乡 36	H114	泰山 5 号	H178	豫麦 55 号	H242	豫麦 17
H051	孟县 4 号	H115	淄选 2 号	H179	豫麦 58 号	H243	鲁麦 18
H052	九兰 39	H116	高 38	H180	豫麦 61 号	H244	淄麦 14 号
H053	郑州 3 号	H117	烟农 15	H181	豫麦 57 号	H245	淄麦 16 号
H054	郑州 6 号	H118	昌乐 5 号	H182	豫麦 62 号	H246	淄麦 17 号
H055	郑州 24	H119	德选 1 号	H183	鄂恩 1 号	H247	淄麦 19 号
H056	郑州 17	H120	烟农 685	H184	陕西 213	H248	周 1177(周 16)
H057	许跃 6 号	H121	百农 3217	H185	陕 229	H249	陕 182
H058	许昌铁杆糙	H122	宛 7107	H186	陕 160	H250	98 中 33
H059	内乡 19	H123	济南 13	H187	陕 354	H251	00 中 13
H060	泌阳 19	H124	小偃 6 号	H188	西农 881	H252	徐州 22 号
H061	农大 183	H125	偃师 4 号	H189	西农 1376	H253	新乡 3380
H062	平原 50	H126	豫麦 2 号	H190	小偃 22		
H063	信阳 1 号	H127	豫麦 7 号	H191	西农 88		
H064	济南 4 号	H128	南阳 756	H192	高优 503		

检测 *wSS II* 基因位点引物的 PCR 反应条件为: 95℃ 预变性 5min; 94℃ 变性 30s, 60℃ 退火 45s, 72℃ 延伸 1min, 33 个循环; 最后 72℃ 延伸 10min, 4℃ 保存。

PCR 产物采用浓度为 10% 的非变性连续聚丙烯酰胺凝胶 (Acr: Bis = 39:1) 电泳分离, 恒压 150V 电泳 2h 左右, 缓冲体系为 1 × TBE, 银染。

表 2 检测淀粉合成酶基因位点的引物

Table 2 Primers for the detection of mutations occurring in each starch synthesis gene

基因 Gene	引物 Primer	序列 Sequence	野生型 Wild type	突变型 Mutation	参考文献 Reference
<i>Wx-A1</i>	MAG264F	5'-CCAAAGCAAAGCAGGAAACC-3'	336bp	317bp	刘迎春等 ^[11]
	MAG264R	5'-TACCTCGGAGATGACGCTGG-3'			
<i>Wx-B1</i>	Wx-B1R	5'-CTGGCCTGCTACCTCAAGAGCAACT-3'	425bp	缺失	Nakamura 等 ^[19]
	Wx-B1F	5'-CTGACGTCCTGCGTTGACGA-3'			
<i>Wx-D1</i>	Wx-D1R	5'-ACAGGATCTCTCCTGGAAG-3'	867bp	279bp	Shariflou 等 ^[9]
	Wx-D1F	5'-GCAAGGAAAATAGTGAAGC-3'			
<i>wSS II-A</i>	SS II AF1	5'-GCGTTTACCCACAGAGC-3'	454bp	173bp	Shimbata 等 ^[7]
	SS II AR1	5'-ACGGCCATACAGCAAGTCA-3'			
<i>wSS II-B</i>	SS II BF1	5'-ATTCTTCGGTACACCATTGGCTA-3'	671bp	846bp	
	SS II BR1	5'-TGCCGCAGCATGCC-3'			
<i>wSS II-D</i>	SS II DF1	5'-GGGAGCTGAAATTTTATGCTTATTG-3'	558bp	495bp	
	SS II DR1	5'-TCGCGCTGAAGAGAATATGG-3'			

1.4 总淀粉含量和直链淀粉含量测定

总淀粉含量采用旋光法测定, 旋光值利用 WZZ-

2B 自动旋光仪测定。直链淀粉含量采用碘-碘化钾显色法, 吸光值利用酶标仪测定, 主要参考 GB/T

15683-1995的方法测定。

2 结果与分析

2.1 *Wx* 基因分子标记检测

利用 *Wx-A1* 基因的特异分子标记对糯麦 1 号、中国春和 253 份品种进行检测,除糯麦 1 号扩增出 317bp 的突变型带型,其余材料均扩增出 336bp 的野生型带型,表明在 *Wx-A1* 基因位点上,253 份品种均为野生型。利用 *Wx-B1* 的特异 STS 标记对糯麦 1 号、中国春和 253 份品种进行扩增,发现小偃 168、秦麦 1 号、豫麦 47 号、陕 160、83S502、中育 5 号、山东 935031、山东 928802 等 8 个品种未能扩增出 425bp 的片段,为 *Wx-B1* 基因缺失突变型,其余材料均能扩增出该片段为野生型(图 1)。利用 *Wx-D1* 的特异分子标记对糯麦 1 号、中国春和 253 份品种进行检测,除糯麦 1 号扩增出 279 bp 的片段外(突变型带型),其余材料均扩增出 867 bp 片段的带型(野生型带型),表明在 *Wx-D1* 基因位点上,这 253 份品种均为野生型。

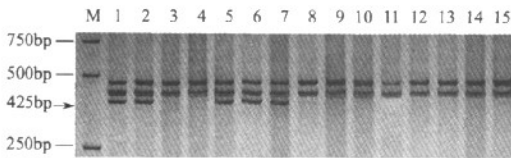


图 1 8 份 *Wx-B1* 基因缺失品种分子标记鉴定结果

Fig. 1 PAGE pattern of PCR product amplified with *Wx-B1* specific marker for 8 cultivars

M: Marker DL2000; 1, 2: 中国春(野生型对照)CS; 3, 4: 糯麦 1 号(突变型对照)Waxy wheat; 5: 小偃 6 号 Xiaoyan 6; 6: 秦山 1 号 Taishan 1; 7: 豫麦 2 号 Yumai 2; 8: 小偃 168 Xiaoyan 168; 9: 秦麦 1 号 Qinmai 1; 10: 豫麦 47 号 Yumai 47; 11: 陕 160 Shaan 160; 12: 83S502; 13: 中育 5 号 Zhongyu 5; 14: 山东 935031 Shandong 935031; 15: 山东 928802 Shandong 928802

2.2 *Wx-B1* 基因缺失品种直链淀粉含量分析

为了验证缺失 *Wx-B1* 基因是否具有较低的直链淀粉含量,本研究对所检测的 8 份缺失 *Wx-B1* 基因品种的总淀粉含量和直链淀粉含量进行了分析(表 3)。从直链淀粉含量来看,虽然 8 份品种均缺失 *Wx-B1* 基因,但其直链淀粉含量差异较大,郑州和南京两点平均值变异范围为 19.9%~33.0%,豫麦 47 和 83S502 具有较低的直链淀粉含量(20%左右),比较适合制作优质面条,中育 5 号也具有较低的直链淀粉含量。另外 5 份品种的直链淀粉含量在 30%左右,与未缺失 *Wx* 基因的品种郑麦 9405 相似。8 份品种的总淀粉含量并未随着直链淀粉含量

的降低而降低,表明直链淀粉的含量多少并不会影响到总淀粉含量。

表 3 8 份缺失 *Wx-B1* 基因品种的总淀粉含量和直链淀粉含量分析(2007-2008 年度)

Table 3 Total starch and amylose content of 8 varieties lacking *Wx-B1* gene at Zhengzhou and Nanjing locations in 2007-2008

材料 Variety	总淀粉含量(%) Total starch		直链淀粉含量(%) Amylose content	
	南京 Nanjing	郑州 Zhengzhou	南京 Nanjing	郑州 Zhengzhou
	豫麦 47 号	65.3	62.9	20.1
83S502	66.6	65.6	21.5	21.0
中育 5 号	65.6	67.1	26.6	26.1
陕 160	66.9	71.9	28.1	30.0
秦麦 1 号	67.5	61.9	29.7	31.1
山东 935031	66.7	65.0	30.5	32.5
小偃 168	68.1	66.8	30.5	32.8
山东 928802	66.9	69.9	32.5	33.5

2.3 *wSSII* 基因分子标记检测

本研究未征集到 *wSSII* 基因突变体材料,仅以中国春第 7 部分同源群染色体单体-四体(N7AT7B、N7BT7A、N7DT7B)为对照。利用 *wSSII-A* 基因引物对 253 份品种及对照材料的基因组 DNA 进行 PCR 扩增,电泳结果显示,除缺失 7A 染色体的材料没有任何扩增带外,其余材料均仅有 1 条 454bp 的野生型,未出现 173bp 的突变型带。*wSSII-B* 基因引物扩增的结果显示,除缺失 7B 染色体的材料没有任何带型外,其余材料均仅有 1 条 671bp 的野生型带,未出现 846bp 的突变型带。*wSSII-D* 基因引物扩增的结果同样除了缺失 7D 染色体的材料没有任何带型外,其余材料均仅有 1 条 558bp 的野生型带,也未出现 495bp 的突变型带。这些结果表明,253 份品种的 *wSSII* 位点基因型全为野生型,与编码直链淀粉合成酶的 *Wx* 基因相比,*wSSII* 基因的缺失突变频率可能要低得多。

3 讨论

不同 *Wx* 基因组成的小麦品种间淀粉特性差异明显,缺失不同的 *Wx* 基因,直链淀粉含量降低程度不同,在相同遗传背景中以缺失 *Wx-B1* 基因直链淀粉含量最低^[20-21]。*Wx* 基因的组成类型和突变频率在不同国家小麦品种间差异较大,朝鲜、日本和土耳其小麦品种中 *Wx-A1* 基因缺失频率较高,澳大利

亚、意大利和印度小麦品种缺失 *Wx-B1* 基因的频率较高,几乎所有澳大利亚的优质面条小麦都缺失 *Wx-B1* 基因^[22]。中国小麦品种中缺失 *Wx* 基因的比例不高,并以缺失 *Wx-B1* 基因为主,其他缺失类型极少。本研究从 253 份黄淮冬麦区不同时期主推品种中筛选出 8 份缺失 *Wx-B1* 基因的材料,占 3.1%,没有检测到缺失 *Wx-A1* 基因和缺失 *Wx-D1* 基因类型,与前人研究结果基本一致。这 8 份材料中豫麦 47 号、中育 5 号和陕 160 曾被文献报道过^[16],其余 5 份材料是本研究新发现的缺失 *Wx-B1* 基因类型品种。虽有研究报道白火麦缺失 *Wx-D1* 基因^[13],但本研究所鉴定的 H019(白火麦,河南内乡农家种)和 H050(内乡 36,从当地白火麦变异穗中选育)在 *Wx-D1* 位点均为野生型,可能不同地理来源的农家品种白火麦 *Wx* 基因组成有一定的差异。

徐兆华等^[22]分析了 260 份我国不同生态区品种的 *Wx* 基因组成及直链淀粉含量,其中 37 个品种(系)缺失 *Wx-B1* 基因。直链淀粉含量分析结果表明,37 份缺失 *Wx-B1* 基因品种(系)的直链淀粉含量平均值为 26.9%,223 份未缺失 *Wx* 基因品种(系)的直链淀粉含量平均值为 27.7%,二者差异达 5% 显著水平。然而这 37 份缺失 *Wx-B1* 基因品种(系)的直链淀粉含量却存在较大变异,变异范围为 23.6% ~ 31.2%,含量最低的品种是中育 5 号(23.6%),最高的品种是原冬 971(31.2%),含量小于 26.0% 的品种(系)有 23 份。总体上,缺失体淀粉特性的平均表现优于非缺失体,缺失 *Wx-B1* 基因有助于改良淀粉特性。本研究直链淀粉含量的分析结果表明,虽然 8 份缺失 *Wx-B1* 基因品种具有相同的淀粉合成酶基因型(*wSS II* 位点、*Wx-A1* 位点及 *Wx-D1* 位点均为野生型),但其直链淀粉含量仍具有较大差异,郑州点变异范围为 20.1% ~ 32.5%,南京点变异范围为 19.7% ~ 33.5%。8 个品种的直链淀粉含量在两个地点具有相同的变异趋势,品种豫麦 47 在郑州点和南京点均最低分别为 20.1% 和 19.7%,山东 928802 两点均最高分别为 32.5% 和 33.5%。可见,缺失 *Wx-B1* 基因虽然一定程度上降低了品种的直链淀粉含量,但在不同的品种中(除缺失 *Wx-B1* 基因外,其余淀粉合成酶基因型相同),直链淀粉含量仍具有较大的差异。因此,在面条品质改良育种中,除利用分子标记辅助选育缺失 *Wx-B1* 基因类型的材料外,还要进一步分析其直链淀粉含量。

致谢:感谢中国农业科学院作物科学研究所何

中虎研究员、张艳博士在淀粉含量测试方面所给予的指导和帮助。

参考文献

- [1] Li Z, Chu X, Mouille G, et al. The localization and expression of the class II starch synthases of wheat [J]. *Plant Physiology*, 1999, 120: 1147-1155
- [2] Yamamori M, Quynh N T. Differential effects of *Wx-A1*, *-B1* and *-D1* protein deficiencies on apparent amylose content and starch pasting properties in common wheat [J]. *Theor Appl Genet*, 2000, 100: 32-38
- [3] Yamamori M, Endo T R. Variation of starch granule proteins and chromosome mapping of their coding genes in common wheat [J]. *Theor Appl Genet*, 1996, 93: 275-281
- [4] Yamamori M, Fujita S, Hayakawa K, et al. Genetic elimination of a starch granule protein, SGP-1, of wheat generates an altered starch with apparent high amylase [J]. *Theor Appl Genet*, 2000, 101: 21-29
- [5] 杨金, 张艳, 何中虎, 等. 小麦品质性状与面包和面条品质关系分析 [J]. *作物学报*, 2004, 30(8): 739-744
- [6] 王晓曦, 徐荣敏. 小麦胚乳中直链淀粉含量分布及其对面条品质的影响 [J]. *中国粮油学报*, 2007, 22(4): 33-37
- [7] Shimbata T, Nakamura T, Vrinten P, et al. Mutations in wheat starch synthase II genes and PCR-based selection of a SGP-1 null line [J]. *Theor Appl Genet*, 2005, 111: 1072-1079
- [8] 何中虎, 夏先春, 罗晶, 等. 国际小麦育种研究趋势分析 [J]. *麦类作物学报*, 2006, 26(2): 154-156
- [9] Shariflou M R, Hassani M M, Sharp P J. A PCR-based DNA marker for detection of mutant and normal alleles of the *Wx-D1* gene of wheat [J]. *Plant Breeding*, 2001, 120: 121-124
- [10] 舒守贵, 王涛. 利用回交法与 *Wx* 基因分子标记辅助选择培育糯性小麦 [J]. *遗传*, 2006, 28(5): 563-570
- [11] 刘迎春, 朱惠兰, 程顺和, 等. 小麦 *Wx-A1* 和 *Wx-D1* 位点的 PCR 分子标记 [J]. *麦类作物学报*, 2005, 25(1): 1-5
- [12] 王小兰, 沈银柱, 黄占景, 等. 缺失蜡质蛋白类型小麦在我国北方冬麦区的分布 [J]. *作物学报*, 2001, 27(1): 127-129
- [13] 姚大年, 王新望, 刘志勇, 等. 小麦品种 Waxy 蛋白的鉴定和筛选 [J]. *农业生物技术学报*, 1999, 7(1): 1-9
- [14] 王子宁, 郭北海, 张艳敏, 等. 小麦地方品种 *Wx* 基因构成分析 [J]. *华北农学报*, 1999, 14(3): 5-9
- [15] 杜小燕, 郝晨阳, 张学勇, 等. 我国部分小麦地方品种 Waxy 基因多样性研究 [J]. *作物学报*, 2007, 33(3): 503-506
- [16] 徐兆华, 夏兰芹, 陈新民, 等. 中国冬小麦品种 Waxy 蛋白分析及分子标记研究 [J]. *中国农业科学*, 2005, 38(8): 1514-1521
- [17] Konik - Rose C, Thistleton J, Chanvriat H, et al. Effects of starch synthase IIa gene dosage on grain, protein and starch in endosperm of wheat [J]. *Theor Appl Genet*, 2007, 115: 1053-1065
- [18] Sharp P J, Kreis M, Shewry P. Location of β -amylase sequences in wheat and its relatives [J]. *Theor Appl Genet*, 1988, 75: 286-290
- [19] Nakamura T, Vrinten P, Saito M, et al. Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers [J]. *Genome*, 2002, 45(6): 1150-1156
- [20] Araki E, Miura H, Sawada S. Differential effects of the null alleles at the three *Wx* loci on the starch pasting properties of wheat [J]. *Theor Appl Genet*, 2000, 100: 1113-1120
- [21] Miura H, Wickramasinghe M H A, Subasinghe R M, et al. Development of near-isogenic lines of wheat carrying different null *Wx* alleles and their starch properties [J]. *Euphytica*, 2002, 123: 353-359
- [22] 徐兆华, 张艳, 夏兰芹, 等. 中国冬播小麦品种淀粉特性的遗传变异分析 [J]. *作物学报*, 2005, 31(5): 587-591

黄淮冬麦区不同时期主推品种淀粉合成酶基因分子标记鉴定

作者: 张瑞奇, 胡琳, 王秀娥, 张守忠, 马燕欣, 陈佩度, ZHANG Rui-qi, HU Lin, WANG Xiu-e, ZHANG Shou-zhong, MA Yan-xin, CHEN Pei-du
作者单位: 张瑞奇, 王秀娥, 张守忠, 马燕欣, 陈佩度, ZHANG Rui-qi, WANG Xiu-e, ZHANG Shou-zhong, MA Yan-xin, CHEN Pei-du(南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室/细胞遗传所, 南京, 210095), 胡琳, HU Lin(河南省农科院小麦研究中心, 郑州, 450002)
刊名: 植物遗传资源学报 **ISTIC|PKU**
英文刊名: JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES
年, 卷(期): 2010, 11(2)

参考文献(22条)

1. 王晓曦;徐荣敏 小麦胚乳中直链淀粉含量分布及其对面条品质的影响[期刊论文]-中国粮油学报 2007(04)
2. 杨金;张艳;何中虎 小麦品质性状与面包和面条品质关系分析[期刊论文]-作物学报 2004(08)
3. 杜小燕;郝晨阳;张学勇 我国部分小麦地方品种Waxy基因多样性研究[期刊论文]-作物学报 2007(03)
4. 王子宁;郭北海;张艳敏 小麦地方品种Wx基因构成分析[期刊论文]-华北农学报 1999(03)
5. 姚大年;王新望;刘志勇 小麦品种Waxy蛋白的鉴定和筛选[期刊论文]-农业生物技术学报 1999(01)
6. Shafiflou M R;Hassnai M M;Sharp P J A PCR-based DNA marker for detection of mutant and normal alleles of the Wx-D1 gene of wheat 2001
7. 何中虎;夏先春;罗晶 国际小麦育种研究趋势分析[期刊论文]-麦类作物学报 2006(02)
8. Shimbata T;Nakamura T;Vrinten P Mutations in wheat starch synthase II genes and PCR-based selection of a SGP-1 null line 2005
9. Yamamori M;Fujita S;Hayakawa K Genetic elimination of a starch granule protein, SGP-1, of wheat generates an altered starch with apparent high amylase 2000
10. Yamamori M;Endo T R Variation of starch granule proteins and chromosome mapping of their coding genes in common wheat[外文期刊] 1996(1/2)
11. Yamamori M;Quynh N T Differential effects of Wx-A1, -B1 and D1 protein deficiencies on apparent amylose content and starch pasting properties in common wheat[外文期刊] 2000
12. 徐兆华;张艳;夏兰芹 中国冬播小麦品种淀粉特性的遗传变异分析[期刊论文]-作物学报 2005(05)
13. Miura H;Wickramasinghe M H A;Subasinghe R M Development of near-isogenic lines of wheat carrying different null Wxalleles and their starch properties[外文期刊] 2002(3)
14. Araki E;Miura H;Sawada S Differential effects of the null alleles at the three Wx loci on the starch pasting properties of wheat[外文期刊] 2000(7)
15. Nakamura T;Vrinten P;Saito M Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers 2002(06)
16. Sharp P J;Kreis M;Shewry P Location of β -amylase sequences in wheat and its relatives 1988
17. Konik-Rose C;Thistleton J;Chanvriat H Effects of starch synthase IIa gene dosage on grain, protein and starch in endosperm of wheat[外文期刊] 2007(8)
18. 徐兆华;夏兰芹;陈新民 中国冬小麦品种Waxy蛋白分析及分子标记研究[期刊论文]-中国农业科学 2005(08)
19. 王小兰;沈银柱;黄占景 缺失蜡质蛋白类型小麦在我国北方冬麦区的分布[期刊论文]-作物学报 2001(01)
20. 刘迎春;朱惠兰;程顺和 小麦Wx-A1和Wx-D1位点的PCR分子标记[期刊论文]-麦类作物学报 2005(01)
21. 舒守贵;王涛 利用回交法与Wx基因分子标记辅助选择培育播性小麦[期刊论文]-遗传 2006(05)

22. Li Z;Chu X;Mouille G The localization and expression of the class. II. Starch synthases of wheat[外文期刊] 1999(4)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201002014.aspx