

## 抗白粉病耐盐小麦-中间偃麦草 附加系‘山农 120211’的鉴定

徐林涛, 马莹雪, 张超, 吴瑕, 亓晓蕾, 何方, 鲍印广, 王洪刚\*

(山东农业大学 农学院/国家小麦改良中心泰安分中心, 山东泰安 271018)

**摘要:**以中间偃麦草(*Thinopyrum intermedium*,  $2n=42$ )与普通小麦‘烟农 15’杂交, 从其杂种后代中选育出一个细胞学稳定的二体异附加系‘山农 120211’, 该研究对其细胞学和主要性状特点进行了鉴定。白粉病抗性鉴定结果表明, ‘山农 120211’成株期对白粉病的田间抗性为免疫, 苗期对白粉病菌种 E09 表现为免疫。以耐盐品种‘山融 3 号’为对照进行苗期耐盐性鉴定表明, ‘山农 120211’耐盐级别为 2 级(较强)。细胞学鉴定表明: ‘山农 120211’根尖细胞染色体数目为  $2n=44$ , PMC MI 染色体构型为  $2n=22\text{ II}$ , 具有高度的细胞学稳定性。以拟鹅观草基因组 DNA 为探针, ‘烟农 15’DNA 为封阻, 在‘山农 120211’的根尖有丝分裂细胞中检测到 2 条染色体具有明显的杂交信号, 确定其为二体异附加系。利用该实验室筛选的 71 对 E 组染色体特异分子标记, 对‘山农 120211’分析显示, 标记 BE494262 在中间偃麦草和‘山农 120211’中可以稳定扩增出 1 条 440 bp 特异带, 而‘烟农 15’中缺少此带, BE494262 可作为‘山农 120211’中附加中间偃麦草染色体的特异标记。利用二倍体长穗偃麦草和一套中国春-长穗偃麦草异附加系( $1E^* \sim 7E^*$ ), 进一步将 BE494262 定位在  $2E^*$  染色体, 确定‘山农 120211’所附加的中间偃麦草染色体为  $2E^*$  染色体。

**关键词:**小麦; 中间偃麦草; 抗白粉病; 耐盐性; GISH; SSR

**中图分类号:** Q943; Q346<sup>+</sup>.5; Q343.1<sup>+</sup>7 **文献标志码:** A

## Identification of Wheat-*Thinopyrum intermedium* Alien Disomic Addition Line ‘Shannong 120211’ with Resistance to Powdery Mildew and Salt Tolerance

XU Lintao, MA Yingxue, ZHANG Chao, WU Xia, QI Xiaolei,  
HE Fang, BAO Yinguang, WANG Honggang\*

(Agronomy College, Shandong Agricultural University/Subcentre of National Wheat Improvement Center, Tai'an, Shandong 271018, China)

**Abstract:** An alien disomic addition line, ‘Shannong 120211’, which derived from the progeny of *Thinopyrum intermedium* and common wheat cv. ‘Yannong15’, were identified in morphology, cytology, genome *in situ* hybridization (GISH), powdery mildew resistance and salt tolerance. Resistance identification of adult in field and seeding in lab showed that ‘Shannong 120211’ was nearly immune to powdery mildew. Compared with the ‘Shanrong 3’, which was highly resistant to salt, the result of salt tolerance is level 2. The results demonstrated that the main morphological traits of ‘Shannong 120211’, with the chromosome number of  $2n=44$  in root tip cells and chromosome configuration of  $2n=22\text{ II}$  at PMC MI. The results of GISH

收稿日期: 2014-05-16; 修改稿收到日期: 2014-07-29

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2011AA100103)

作者简介: 徐林涛(1990—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事作物遗传育种方面的研究。E-mail: 1019278266@qq.com

\* 通信作者: 王洪刚, 教授, 博士生导师, 主要从事作物遗传育种方面的研究。E-mail: hgwang@sdau.edu.cn

showed that there were two chromosomes of ‘Shannong 120211’ with obvious hybridization signals, which further proved that ‘Shannong 120211’ was an alien disomic addition line with a pair of *Th. intermedium* chromosomes in wheat background. Using 71 pairs chromosome specific molecular markers of group E to analyze the ‘Shannong120211’, we found marker BE494262 could reveal the specific band of *Th. intermedium* and be used to identify ‘Shannong 120211’. Using *Thinopyrum elongatum* and the addition line of *Cs-Thinopyrum elongata* (1E<sup>e</sup>-7E<sup>e</sup>) to further located the BE494262 at 2E<sup>e</sup>, which identified that the added chromosomes of ‘Shannong 120211’ came from the 2E<sup>e</sup> of *T. intermedium*.

**Key words:** wheat; *Thinopyrum intermedium*; powdery mildew resistance; salt tolerance; GISH; SSR

中间偃麦草 [*Thinopyrum intermedium*, 2n=6x=42, E<sup>e</sup>E<sup>e</sup>E<sup>b</sup>E<sup>b</sup>StSt] 是小麦的多年生野生近缘物种, 根系发达、繁茂性好、抗逆性强<sup>[1-2]</sup>, 对小麦白粉病、锈病、黄矮病、赤霉病等多种病害免疫或高抗<sup>[3]</sup>, 且易与小麦杂交, 是小麦遗传改良中应用最成功的野生亲本之一<sup>[4-5]</sup>。目前, 利用普通小麦与中间偃麦草杂交, 已成功将中间偃麦草的多种优良基因转移到普通小麦遗传背景当中, 创制出一批八倍体<sup>[6-7]</sup>、异附加系<sup>[8-9]</sup>、异代换系<sup>[10-12]</sup>、易位系<sup>[13-14]</sup>等小偃麦异染色体系, 为小麦遗传改良提供了丰富的种质材料。

Luo 等<sup>[15]</sup>报道了来自中间偃麦草的白粉病抗性基因 *Pm40*, 并利用分子标记的方法将其定位于小麦染色体的 7BS 上。He 等<sup>[16]</sup>将来自中间偃麦草的抗白粉病基因 *Pm43* 定位在小麦染色体的 2DL 上。谢皓等<sup>[17]</sup>利用中间偃麦草二体异附加系 L1 的衍生系, 通过杂交和花药培养, 选育出一个优良多抗材料 YW243, 其高抗黄矮病毒 GPV、GAV 的株系并兼抗白粉病、条锈病、秆锈病和叶锈病等病害。崔志富等<sup>[18]</sup>对由小麦-中间偃麦草二体附加系 Z6 衍生的 3 个抗黄矮病端体系进行了鉴定, 研究结果明确了黄矮病 BYDV 抗病基因的染色体位置。李洪杰等<sup>[19]</sup>研究发现, 中间偃麦草对多种小麦的真菌和病毒性病害具有显著抗性, 特别是对眼斑病、根腐病等一些土传病害抗性极好, 并通过对小麦-偃麦草杂种后代纹枯病的抗性鉴定发现中间偃麦草第四部分同源群染色体 4Ai#2 可能与纹枯病病情指数降低有关<sup>[20]</sup>。

本研究利用形态学、分子细胞遗传学及分子标记方法, 对本实验室选育的抗白粉病小麦-中间偃麦草二体异附加系‘山农 120211’进行田间农艺性状调查、苗期白粉病抗性以及耐盐性鉴定, 以明确其主要性状特点和附加的中间偃麦草染色体组归属, 筛选中间偃麦草染色体的特异分子标记, 为其进一步研究和利用奠定理论基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

本研究利用的中间偃麦草引自中国科学院西北植物研究所, 由李振声先生提供; 双体异附加系‘山农 120211’是本实验室利用‘烟农 15’与中间偃麦草杂交、回交, 从杂种后代中选育得到的抗白粉病种质系; 小麦品种‘烟农 15’、‘辉县红’、‘中国春’、二倍体长穗偃麦草和 7 个中国春-长穗偃麦草异附加系 (1E<sup>e</sup>~7E<sup>e</sup>) 由国家小麦改良中心(泰安)分中心保存; 种质系 GRY19、CH5025 分别携带来自中间偃麦草的抗白粉病基因 *Pm40* 和 *Pm43*, 由山西农科院畅志坚研究员提供; 白粉病菌 E09 由中国农业科学院作物科学研究所李洪杰研究员提供。

### 1.2 农艺性状调查

将供试材料秋播在山东农业大学农学实验站, 对其白粉病、条锈病等小麦病害的田间抗性, 株高、株型、单株穗数、穗长、小穗数/穗、穗粒数等主要性状进行调查。中间偃麦草相关数据为调查 7 株取平均值, 其余材料均为统计 15 株取平均值。

### 1.3 苗期白粉病抗性鉴定

将亲本‘烟农 15’、‘山农 120211’、GRY19、CH5025 分别播于盛有基质的苗盘内, 以‘辉县红’为对照种植感染行, 放于 25℃ 密闭光照培养箱中培养。待第 1 片叶完全展开后, 用扫拂法对供试材料充分接种白粉菌菌株 E09 的分生孢子。7~10 d 后, 待‘辉县红’充分发病时, 按反应型 0~4 分级标准调查第 1 片叶的反应型<sup>[21]</sup>。

### 1.4 苗期耐盐性鉴定

以‘烟农 15’、‘山农 120211’为供试材料, 耐盐小麦品种‘山融 3 号’为对照品种, 设置 3 个处理, 每个处理重复 2 次。每个处理选取供试材料种子各 30 粒, 播种于盛有等量蛭石的 3 个培养盒。处理 1 注入 150 mL 营养液, 处理 2 注入 150 mL 0.3% NaCl 溶液, 处理 3 注入 150 mL 0.6% NaCl 溶液。参照闫旭东等<sup>[22]</sup>的方法, 培养 10 d 后, 调查出苗数;

15 d 后,调查根长、芽长(出苗数均为 30 粒种子调查值;根长、芽长为调查 10 株取平均值)。按下列公式分别计算 0.3%和 0.6% NaCl 浓度下,供检材料的相对出苗率、相对根长、相对芽长以及小麦耐盐指数(A),并按照 1~5 分级标准评定其耐盐性等级。

相对出苗率=处理 2(处理 3)出苗数/处理 1 出苗数

相对根长=处理 2(处理 3)根长/处理 1 根长

相对芽长=处理 2(处理 3)芽长/处理 1 芽长

$A = \text{供检材料}(\text{相对出苗率} + \text{相对根长} + \text{相对芽长}) / \text{对照品种}(\text{相对出苗率} + \text{相对根长} + \text{相对芽长})$

耐盐性等级评定标准为:1. 强,  $A \geq 1.3$ ; 2. 较强,  $1.3 > A \geq 1.1$ ; 3. 中等,  $1.1 > A \geq 0.8$ ; 4. 较弱,  $0.8 > A \geq 0.5$ ; 5. 弱,  $0.5 > A \geq 0$ 。

1.5 细胞学鉴定及分子标记分析

1.5.1 细胞学鉴定 花粉母细胞(PMC)减数分裂染色体构型分析及根尖细胞(RTC)染色体数目鉴定、基因组原位杂交(GISH)鉴定参照何方等<sup>[23]</sup>的方法,略微改动。

1.5.2 分子标记分析 选取的 71 个 E 基因组特异分子标记,参考刘守斌等<sup>[24]</sup>的方法进行分析,其中 E<sup>a</sup> 基因组染色体特异标记 40 个, E<sup>b</sup> 基因组染色体特异标记 31 个。

2 结果与分析

2.1 细胞学特点

对‘山农 120211’及其亲本的根尖细胞染色体数目和花粉母细胞减数分裂中期 I(PMC MI)染色体构型进行镜检。结果(表 1)表明,中间偃麦草和‘烟农 15’的根尖细胞染色体数目均为 42 条,PMC MI 染色体构型为  $2n=21 \text{ II}$ ; ‘山农 120211’的根尖细胞染色体数目为 44 条(图 1, A), PMC MI 平均染色体构型为  $2n=22 \text{ II}$  (图 1, B), 且多为环状二价体,少数棒状二价体,没有发现单价体和多价体,不

同单株的染色体数目及染色体构型基本一致,说明‘山农 120211’是一个二体异附加系,且具有较高的细胞学稳定性。

2.2 GISH 鉴定结果

以 488-5-dUTP 标记的拟鹅观草基因组 DNA 为探针,‘烟农 15’总基因组 DNA 为封阻,对‘山农 120211’进行了 GISH 鉴定。结果发现,在荧光显微镜下‘山农 120211’的根尖细胞中有 2 条带有黄绿色荧光信号的中间偃麦草染色体(图 2),结合前述细胞学鉴定结果,进一步证明‘山农 120211’是一个小麦-中间偃麦草二体异附加系。按照 Chen 等<sup>[25-26]</sup>和 Bao 等<sup>[27]</sup>的分类标准,‘山农 120211’中附加的中间偃麦草染色体应来自 E<sup>a</sup> 基因组。

2.3 分子标记筛选

利用本实验室筛选的 40 个 E<sup>a</sup> 染色体基组的特异标记和 31 个 E<sup>b</sup> 染色体基组的特异标记,对‘烟农 15’、中间偃麦草、‘山农 120211’进行了分子标记分析。结果表明,标记 BE494262 在中间偃麦草和‘山

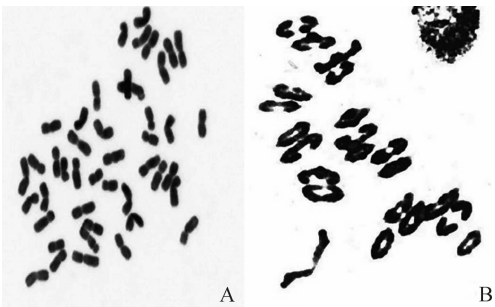


图 1 山农 120211 根尖细胞染色体数目及 PMC MI 染色体构型

A. 根尖细胞染色体制片(2n=44); B. PMC MI 染色体构型(2n=22 II)

Fig. 1 Chromosome numbers and configurations of Shannong 120211

A. Chromosomes in root tip cell(2n=44); B. Chromosome configuration at PMC MI(2n=22 II)

表 1 供试材料的主要细胞学特点

Table 1 Main cytological characteristics of different materials(2013)

项目 Item		中间偃麦草 <i>Th. intermedium</i>	烟农 15 Yannong 15	山农 120211 Shannong 120211
根尖细胞染色体数目 No. of chromosomes in root tip cell	观察根尖数 No. of root tips observed	10	10	10
	统计细胞数 No. of cells scored	50	65	60
	染色体数目 No. of chromosomes	42	42	44
花粉母细胞中期 I 染色体构型 Chromosome configuration at PMC MI	观察植株数 No. of plants observed	7	10	10
	统计细胞数 No. of cells scored	200	400	400
	染色体构型 Chromosome configuration	21 II	21 II	22 II

农 120211’中可以稳定的扩增出 1 条 440 bp 的特异带,而‘烟农 15’中缺少此带(图 3)。因此, *BE494262* 可作为‘山农 120211’所附加中间偃麦草染色体的特异标记。

进一步利用中国春、二倍体长穗偃麦草和一套中国春-长穗偃麦草异附加系(1*E*<sup>e</sup>~7*E*<sup>e</sup>)对标记 *BE494262* 进行了染色体定位。结果发现,只有在二倍体长穗偃麦草和 2*E*<sup>e</sup> 附加系(CS-2*E*<sup>e</sup>)中能扩增出 460 bp 的特异带(图 4,箭头所示),‘中国春’和其它 6 种中国春-长穗偃麦草异附加系均未能扩增出此带。从而证明标记 *BE494262* 位于 2*E*<sup>e</sup> 染色体上。由于二倍体长穗偃麦草是中间偃麦草 *E*<sup>e</sup> 基因组染色体的供体,因此确定‘山农 120211’中附加的中间偃麦草染色体为 2*E*<sup>e</sup>。

2.4 苗期白粉病抗性

利用白粉病优势小种 E09 对供试材料进行苗

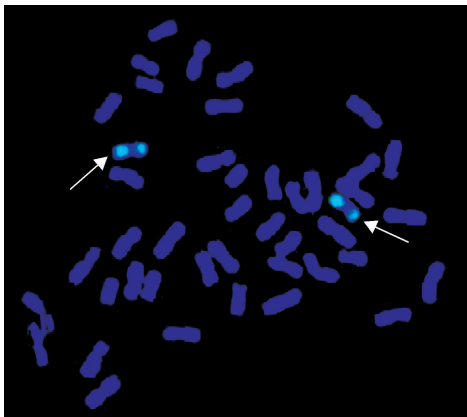


图 2 山农 120211 根尖细胞 GISH 结果  
图中白色箭头指示附加的中间偃麦草染色体  
Fig. 2 GISH of chromosomes of Shannong 120211 in root tip cell  
The white arrows in the photo indicate the chromosomes of *Th. intermedium*

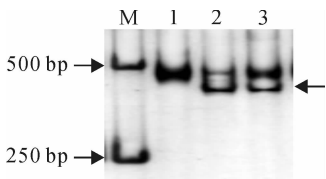


图 3 标记 *BE494262* 的 SSR 结果  
M. Marker; 1. 烟农 15; 2. 中间偃麦草; 3. 山农 120211;  
图中黑色箭头指示特异带  
Fig. 3 SSR analysis of *BE494262*  
M. Marker; 1. Yannong 15; 2. *Th. intermedium*; 3. Shannong 120211; The black arrow in the photo indicates the specific bands

期抗性鉴定结果表明(表 2),中间偃麦草、‘山农 120211’、CH5025 表现免疫,感病对照品种‘辉县红’和亲本‘烟农 15’均表现高度感染,GRY19 表现为中感。这说明‘山农 120211’对白粉病的抗性可能来自于中间偃麦草,其抗性基因可能位于附加的偃麦草染色体上。

2.5 苗期的耐盐性

以高耐盐品种‘山融 3 号’作为对照,对‘山农 120211’进行了苗期耐盐性鉴定(表 3)。从表 3 可以看出,在盐浓度 0.3% 和 0.6% 的条件下,‘烟农 15’耐盐性指数分别为 1.01 和 1.05,参照小麦耐盐性分级标准,耐盐性等级均为 3 级(中等);‘山农 120211’的耐盐指数分别为 1.12 和 1.11,确定其耐盐性等级均为 2 级(较强)。说明,‘山农 120211’是一个耐盐性比亲本‘烟农 15’强的新种质,其耐盐性可能来自中间偃麦草。

2.6 ‘山农 120211’的主要农艺性状特点

田间鉴定结果表明,‘山农 120211’分蘖力强、成穗率高,其亲本‘烟农 15’和感病对照品种‘辉县红’高度感染白粉病和条锈病,‘山农 120211’大田表现均为免疫;对其抗病性、株高、株型、穗长等主要性状的调查结果如表 4。

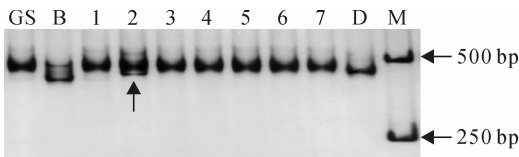


图 4 *BE494262* 的染色体定位  
CS. 中国春; B. 中间偃麦草; 1~7. 中国春-长穗偃麦草异附加系(1*E*<sup>e</sup>-7*E*<sup>e</sup>); D. 二倍体长穗偃麦草; M. Marker  
Fig. 4 The chromosome position of *BE494262*  
CS. Chinese spring; B. *Th. intermedium*; 1-7. The addition line of CS-*Th. elongata*(1*E*<sup>e</sup>-7*E*<sup>e</sup>); D. *Th. elongata*; M. Marker

表 2 苗期白粉病鉴定结果

材料 Material	反应型 Reaction type	调查植株数 No. of plants investigated
中间偃麦草 <i>Th. intermedium</i>	0	7
烟农 15 Yannong 15	4	15
山农 120211 Shannong 120211	0	15
辉县红 Huixianhong	4	15
GRY19	3	15
CH5025	0	15

表 3 耐盐性鉴定结果

Table 3 Salt tolerance of materials

处理 Treatment	项目 Item	烟农 15 Yannong15	山农 120211 Shannong 120211	山融 3 号 Shanrong 3
处理 1(营养液) Treatment 1 (Nutrient solution)	出苗数 No. of emergence	29	29	27
	根长 Root length/cm	5.87	6.91	9.65
	芽长 Bud length/cm	20.72	18.06	17.79
处理 2 (0.3% NaCl 溶液) Treatment 2 (0.3% NaCl solution)	出苗数 No. of emergence	25	29	23
	根长 Root length/cm	7.32	6.82	8.1
	芽长 Bud length/cm	19.12	16.46	16.14
	耐盐性指数 Salt resistance index	1.01	1.12	—
	耐盐性等级 Salt resistance level	3	2	—
处理 3 (0.6% NaCl 溶液) Treatment 3 (0.6% NaCl solution)	出苗数 No. of emergence	25	26	23
	根长 Root length/cm	5.45	4.79	5.14
	芽长 Bud length/cm	16.71	14.84	13.8
	耐盐性指数 Salt resistance index	1.05	1.11	—
	耐盐性等级 Salt resistance level	3	2	—

表 4 供试材料的主要性状特点

Table 4 Main characteristics of the tested materials(2013)

项目 Item	中间偃麦草 <i>Th. intermedium</i>	烟农 15 Yannong 15	山农 120211 Shannong 120211
株型 Plant type	松散型 Loosening	紧凑型 Compact	中间型 Intermediate
叶色 Color of leaf	灰绿色 Celadon	黄绿色 Yellow green	灰绿色 Celadon
株高 Plant height/cm	135	69	95
单株穗数 The ear number per plant	—	19	23
穗长 Spike length/cm	34	7.5	8.8
小穗数/穗 Spikelets/spike	30	19	18
穗粒数 Kernels/spike	—	56	35
白粉病抗性等级 Powdery mildew resistance	0	4	0
条锈病抗性等级 Stripe rust seristance	0	4	0

3 讨 论

小麦双体异附加系含有小麦 ABD 全套染色体组和 1 对外源染色体,它是进一步转移外源基因的桥梁材料。本试验选育的二体异附加系‘山农 120211’与亲本‘烟农 15’及前人获得的二体异附加系相比,具有分蘖力高、耐盐性强、抗白粉病等优良性状,以它为桥梁亲本,可以进一步将中间偃麦草的优良基因转移到小麦染色体上,在小麦抗性遗传改良中具有利用价值。

通过分子标记分析,明确了‘山农 120211’附加的中间偃麦草染色体为 2E<sup>e</sup> 染色体,标记 BE494262 可作为 2E<sup>e</sup> 染色体的特异标记。但是,在利用标记 BE494262 进行分析时发现,中间偃麦草、二倍体长穗偃麦草、中国春-长穗偃麦草 2E<sup>e</sup> 附加系三者的 SSR 扩增条带带型一致,但是大小略有不同。中间偃麦草扩增条带大小为 440 bp,二倍体长穗偃麦草、2E<sup>e</sup> 附

加系(CS-2E<sup>e</sup>)扩增条带大小为 460 bp。这种现象在小麦的其他近缘种甚至小麦品种间的 SSR 分析时也有发生<sup>[28]</sup>。Shaked 等<sup>[29]</sup>在分析小麦族不同属间杂交现象时,发现 AFLP 标记在属间及种间杂交后代基因组中检测到不同程度的遗传位点缺失及增加。本研究中标记 BE494262 在中间偃麦草、二倍体长穗偃麦草和 2E<sup>e</sup> 附加系(CS-2E<sup>e</sup>)扩增的特异谱带大小差异,可能是由于在中间偃麦草形成的过程中其 E<sup>e</sup> 染色体组发生了遗传修饰或分化,导致其与原始供体二倍体长穗偃麦草的 E<sup>e</sup> 染色体组产生了差异所致。

在中间偃麦草中已经鉴定出抗白粉病基因 *Pm40*、*Pm43*,并将它们分别定位于普通小麦染色体 7BS 和 2DL 上<sup>[15-16]</sup>,但是它们来自中间偃麦草的哪条染色体并未明确。本研究明确了‘山农 120211’偃麦草染色体的基因组归属,并将其抗白粉病基因定位于中间偃麦草 2E<sup>e</sup> 染色体。以白粉病菌种 E09

进行苗期鉴定,含有 *Pm40* 的种质系 GRY19 表现为中感,而‘山农 120211’与含有 *Pm43* 的种质系 CH5025 均表现为免疫。由此推断‘山农 120211’中抗白粉病基因与 *Pm40* 不同,但与 *Pm43* 是否相同,还有待进一步鉴定。

中间偃麦草是一个多年生的异源六倍体,含有丰富的遗传变异,不同来源的中间偃麦草也存在遗传多样性,因此深入挖掘其有益基因资源,并将其转移进小麦遗传背景,对于小麦品种的遗传改良研究

具有重要意义。

综合应用形态学、细胞学、分子生物学的方法,对‘烟农 15’与中间偃麦草的后代种质系‘山农 120211’进行鉴定,证明‘山农 120211’是一个分蘖力高、耐盐性强、抗白粉病的小麦-中间偃麦草二体异附加系,附加的中间偃麦草染色体应来自  $E^e$  基组,筛选出‘山农 120211’所附加中间偃麦草染色体的特异标记 BE494262,推断其抗白粉病基因位于中间偃麦草  $2E^e$  染色体。

## 参考文献:

- [1] LIN X H(林小虎), WANG L M(王黎明), LI X F(李兴锋), *et al.* Identification of octoploid *Trititrigia* and alien disomic addition line with powdery mildew resistance[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2005, **31**(8): 1 035—1 040, 1 107(in Chinese).
- [2] SUN C H(孙翠花), HOU L Y(侯丽媛), GUO H J(郭慧娟), *et al.* Molecular mapping of powdery mildew resistance gene *PmCH83* in a putative wheat-*Thinopyrum intermedium* cryptic introgression line[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2013, **39**(12): 2 107—2 114 (in Chinese).
- [3] WANG K(王 凯), DU L P(杜丽璞), ZHANG Z Y(张增艳), *et al.* Isolation and preliminarily functional analysis of *SGT1* gene of *Thinopyrum intermedium* [J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2008, **34**(3): 520—525(in Chinese).
- [4] 李振声. 小麦远缘杂交[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 52—83.
- [5] LI H J, WANG X M. *Thinopyrum ponticum* and *Th. intermedium*; the promising source of resistance to fungal and viral diseases of wheat [J]. *Journal of Genetics and Genomics*, 2009, **36**(9): 557—565.
- [6] LIU S B, WANG H G, ZHANG X Y. Molecular cytogenetic identification of a wheat-*Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & DR Dewey partial amphiploid resistant to powdery mildew[J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2005, **47**(6): 726—733.
- [7] WANG H G(王洪刚), LIU S B(刘树兵), LI X F(李兴锋), *et al.* Breeding and identification of six octoploid *Trititrigia* [J]. *Journal of Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2006, **26**(4): 6—10(in Chinese).
- [8] QI SH Y(祁适雨), YU SH X(于世选), ZHANG Y H(张耀辉), *et al.* Studies on wheat breeding by distant hybridization between wheat and *Agropyron glaucum* [J]. *Sci. Agric. Sin.* (中国农业科学), 1979, **12**(1): 1—11(in Chinese).
- [9] SUN SH CH(孙善澄). The approach and methods of breeding new varieties and new species from *Agrotriticum* hybrids[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 1981, **7**(1): 51—58(in Chinese).
- [10] HOHMANN U, BADAIEVA K, BUSCH W. Molecular cytogenetic analysis of agropyron chromatin specifying resistance to barley yellow dwarf virus in wheat[J]. *Genome*, 1996, **39**(2): 336—347.
- [11] WANG L M(王黎明), LIN X H(林小虎), ZHANG P J(张平杰), *et al.* Breeding and characterization of wheat-*Thinopyrum intermedium* alien substitution line shannong 0095[J]. *Sci. Agric. Sin.* (中国农业科学), 2005, **38**(10): 1 958—1 964(in Chinese).
- [12] TANG SH X(唐顺学), LI Y W(李义文), LIANG H(梁 辉), *et al.* Creation and cytological, biochemical, molecular identification of alien disomic substitution lines with BYDV resistance from *Triticum aestivum*-*Agropyron intermedium* hybrids[J]. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 2000, **42**(9): 952—956(in Chinese).
- [13] BAO Y G(鲍印广), LI X F(李兴锋), ZONG H(宗 浩), *et al.* Cytological and SSR analysis of irradiation induced progenies of *Trititrigia* substitution line SN0095[J]. *Journal of Molecular Cell Biology* (分子细胞生物学), 2009, **42**(2): 89—94(in Chinese).
- [14] ZHANG Z Y, XIN Z Y, LARKIN P J. Molecular characterization of a *Thinopyrum intermedium* group 2 chromosome(2Ai-2) conferring resistance to barley yellow dwarf virus[J]. *Genome*, 2001, **44**(6): 1 129—1 135.
- [15] LUO P, LUO H, CHANG Z. Characterization and chromosomal location of *Pm40* in common wheat; a new gene for resistance to powdery mildew derived from *Elytrigia intermedium* [J]. *Theor. Appl. Genet.*, 2009, **118**(6): 1 059—1 064.
- [16] HE R, CHANG Z, YANG Z. Inheritance and mapping of a powdery mildew resistance gene *Pm43* introgressed from *Thinopyrum intermedium* into wheat[J]. *Theor. Appl. Genet.*, 2009, **118**(6): 1 173—1 180.
- [17] XIE H(谢 皓), CHEN X(陈 孝), ZHANG Z Y(张增艳), *et al.* Breeding and cytological and molecular identification of a new wheat line YW 243 with BYDV resistance[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2000, **26**(6): 687—691(in Chinese).
- [18] CUI ZH F(崔志富), LIN ZH SH(林志珊), XIN ZH Y(辛志勇), *et al.* Identification of wheat-*Thinopyrum intermedium* telosomic lines resistant to barley yellow dwarf virus by GISH and STS markers converted from RFLP[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2006, (12): 1 855—1 859(in Chinese).

- [19] LI H J, WANG X M. *Thinopyrum ponticum* and *Th. intermedium*: the promising source of resistance to fungal and viral diseases of wheat [J]. *J. Genet Genomics*, 2009, **36**(9): 557—565.
- [20] LI H J(李洪杰), WANG X M(王晓鸣), CHEN H G(陈怀谷), *et al.* Reaction of wheat-*Thinopyrum* progenies and wheat germplasm to sharp eyespot[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2013, **39**(6): 999—1 012(in Chinese).
- [21] SHENG B Q(盛宝钦). Using infection type records the wheat powdery mildew at seedling stage[J]. *Plant Protection* (植物保护), 1988, **14**(1): 49(in Chinese).
- [22] 闫旭东. 植物耐盐性鉴定及评价技术规程. [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2012: 3—7.
- [23] HE F, XU J, QI X. Molecular cytogenetic characterization of two partial wheat *Elytrigia elongata* amphiploids resistant to powdery mildew[J]. *Plant Breeding*, 2013, **132**(6): 553—557.
- [24] LIU SH B(刘守斌), TANG ZH H(唐朝晖), YOU M SH(尤明山), *et al.* Characterization of chromosome 1V specific SSR molecular markers from *Haynaldia villosa*[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2004, **30**(2): 138—142(in Chinese).
- [25] CHEN Q, CONNER R L, LAROCHE A. Genome analysis of *Thinopyrum intermedium* and *Th. ponticum* using genomic *in situ* hybridization[J]. *Genome*, 1998, **41**(4): 580—586.
- [26] CHEN Q, CONNER R L, LI H J. Molecular cytogenetic discrimination and reaction to wheat streak mosaic virus and the wheat curl mite in Zhong series of wheat-*Thinopyrum intermedium* partial amphiploids[J]. *Genome*, 2003, **46**(1): 135—145.
- [27] BAO Y, LI X, LIU S. Molecular cytogenetic characterization of a new wheat-*Thinopyrum intermedium* partial amphiploid resistant to powdery mildew and stripe rust[J]. *Cytogenet Genome*, 2009, **126**(4): 390—395.
- [28] PLASCHKE J, GANAL M W, RODER M S. Detection of genetic diversity inclosely related bread wheat using microsatellite markers[J]. *Theor. Appl. Genet*, 1995, **91**(6—7): 1 001—1 007.
- [29] SHAKED H, KASHKUSH K, OZKAN H. Sequence elimination and cytosine methylation are rapid and reproducible responses of the genome to wide hybridization and allopolyploidy in wheat[J]. *The Plant Cell*, 2001, **13**(8): 1 749—1 759.

## 《西北植物学报》2013 年刊载论文基金项目统计

《西北植物学报》2013 年第 1~12 期共发表论文 370 篇(含英文论文 9 篇), 论文共获得 754 个各类研究基金项目的支持, 平均每篇论文获基金项目达 2.03 个。有 362 篇论文均获得各类研究基金的支持, 占刊载论文总数的 97.8%。其中, 78 篇论文有 1 项基金支持, 占论文总数的 21.1%; 115 篇论文有 2 项基金支持, 占论文总数的 31.1%; 97 篇论文获 3 项以上基金支持, 占论文总数的 26.22%。《西北植物学报》2013 年刊载论文的基金论文比为 0.978。论文基金的具体来源统计结果如下:

**1. 国家级基金:** 290 项, 占基金项目总数的 38.46%。其中: 国家自然科学基金 160 项, 国家重点基础研究发展计划即国家“973”基金 16 项, 国家“863”计划基金 14 项, 国家“948”基金 7 项, 国家博士点基金(含博士后基金 2 项) 9 项, 国家其它项目基金 84 项。

**2. 中国科学院基金:** 20 项, 占基金项目总数的 2.7%。其中: 知识创新工程基金 4 项, 西部之光基金 5 项, 其它基金 11 项。

**3. 各部委基金:** 104 项, 占基金项目总数的 13.8%。其中: 科技部基金 8 项, 教育部基金 20 项, 农业部基金 32 项, 国家林业局基金 27 项, 其它部委基金 17 项。

**4. 中外合作基金:** 2 项, 占基金项目总数的 0.27%

**5. 大学基金:** 74 项, 占基金项目总数的 9.8%

**6. 省(市)各类研究基金:** 264 项, 占基金项目总数的 35.01%

(宋亚珍 供稿)