植物遗传资源学报 2021，22（5）：1365-1374
Journal of Plant Genetic Resources DOI：10.13430/j.cnki.jpgr.20210211003

小麦种质抗吸浆虫鉴定及抗虫 SSR 标记开发

章　悦[1]，王伊瑾[2]，梁　虹[1]，张力菁[1]，耿妙苗[1]，刘桂茹[1]，王睿辉[1]
（[1] 河北农业大学农学院 / 华北作物调控与改良国家重点实验室，保定 071000；[2] 河北农业大学信息科学与技术学院，保定 071000）

摘要：麦红吸浆虫（*Sitodiplosis mosellana* Géhin）是严重威胁小麦生产的重要害虫，其生活习性隐蔽，防治困难，筛选抗虫小麦种质及可用于抗虫性辅助选择的分子标记意义重大。本研究对我国不同麦区、不同时期的 566 份小麦种质资源进行了吸浆虫抗性鉴定，并尝试从抗虫性主效 QTL 所在基因组区段开发新的 SSR 标记。结果表明，27.03% 的供试小麦种质对吸浆虫高抗或免疫，那些早期选育的抗虫品种依然具有很好的吸浆虫抗性。同时，从前期定位的抗麦红吸浆虫主效位点 *Qsm.hbau-4A* 所在区段中开发出 565 个 SSR 标记，并以 11 个具有较好多态性的 SSR 标记，在 566 份小麦种质资源中对这些标记的检测效率进行了验证，其中标记 $Xhs87_{201bp}$ 的扩增效果好、检测效率较高（平均 65.37%），可以用于抗虫种质资源筛选和分子标记辅助选择。

关键词：小麦；麦红吸浆虫；SSR 标记；抗虫种质资源；标记开发

OWBM-resistance Screening for Wheat Germplasm and SSR Marker Development in Major Resistant *Qsm.hbau-4A*

ZHANG Yue[1], WANG Yi-jin[2], LIANG Hong[1], ZHANG Li-jing[1], GENG Miao-miao[1], LIU Gui-ru[1], WANG Rui-hui[1]
（[1]*College of Agronomy, Hebei Agricultural University/State of North China Crop Improvement and Regulation, Baoding 071000*; [2]*College of Information Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071000*）

Abstract: Orange wheat blossom midge（OWBM, *Sitodiplosis mosellana* Géhin）is an important pest insect that seriously threatens wheat production. Cryptic habitat of OWBM lifecycle made pest control very difficult. Therefore, screening for OWBM-resistant wheat germplasm and tightly-linked molecular marker is of great important for pest control. In this study, 566 wheat germplasm resources from different wheat regions and different periods, and genomic regions surrounding major OWBM locus were used to identify their resistance to OWBM, and to discover new SSR markers, respectively. The results showed that 27.03% of wheat cultivars were immune or highly resistant to OWBM, of which released in early years were still resistant to OWBM. Meanwhile, 565 SSR markers were developed from the genomic region of major OWBM-resistant locus（*Qsm.hbau-4A*）, and their detection efficiency were tested among this panel of wheat accessions. Of these SSR markers, marker $Xhs87_{201bp}$ showed robust PCR amplification and presented an average of 65.37% detection efficiency, and can be used for marker-assisted selection of OWBM resistance.

Key words: bread wheat（*Triticum aestivum* L.）; orange wheat blossom midge（*Sitodiplosis mosellana* Géhin）; SSR markers; OWBM-resistant germplasm resources; marker development

收稿日期：2021-02-11　**修回日期：**2021-04-02　**网络出版日期：**2021-04-13
URL：http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210211003
第一作者研究方向为小麦抗吸浆虫种质研究与利用，E-mail：18331099363@163.com
通信作者：王睿辉，研究方向为小麦种质资源研究与利用，E-mail：wangrh@hebau.edu.cn
基金项目：国家自然科学基金（32072000）；河北省自然科学基金（C2020204034）
Foundation projects: National Natural Science Foundation of China（32072000）, Natural Science Foundation of Hebei Province（C2020204034）

小麦作为世界重要粮食作物,全球约35%~40%的人口以小麦为主要粮食[1]。麦红吸浆虫(*Sitodiplosis mosellana* Géhin)(以下简称吸浆虫)是小麦生产中的重要害虫,以吸食灌浆期籽粒产生为害,对小麦产量和品质影响严重。同时,吸浆虫对小麦籽粒的这种破坏性影响,也降低了育种家对小麦其他农艺它性状的同步选择效率[2]。除澳大利亚和新西兰等南半球国家外,世界小麦主产国均有吸浆虫为害的报道。我国小麦生产在20世纪曾多次遭受吸浆虫危害,最大发生面积一度超过300万 hm^2[3],近20年这一数字维持在220万 hm^2 上下[4]。吸浆虫对小麦为害的隐蔽性和发生程度的不确定性,使得对吸浆虫的防治高度依赖于辛硫磷、吡虫啉等化学农药,这既对农产品安全性带来不利影响,也不利于农田生态系统的稳定。因此,筛选、培育及推广抗虫品种是降低吸浆虫为害的有效途径[5]。

对小麦进行吸浆虫抗性鉴定时,多选择在上年虫害较重的田块或人工繁殖的虫圃中进行。然而,虫害严重发生的田块紧邻农户生产田、难以长期维护,虫圃的构建以及维护需要耗费大量时间和精力[5]。同时,受吸浆虫每年只能产生一代的制约,对小麦抗虫性的鉴定规模和次数也非常有限。所以,筛选与开发小麦抗虫性紧密相关的分子标记作为小麦抗虫性选择的辅助手段,既可以提高选择效率,也可以实现与其他有益基因的同步聚合[6-9]。

较之其他类型的分子标记,植物基因组中的简单重复序列(SSR,simple sequence repeats)标记[10],以其数量丰富、共显性遗传、操作简单和应用性价比高等特点,在目标性状的基因定位、标记辅助选择、基因聚合等领域发挥了重要作用[11-15]。而随着测序技术的发展,基于基因组、转录组和候选基因序列以及表达序列标签(EST,expressed sequence tags)等方法开发SSR标记逐渐成为主流[16-18],特别是随着多个重要物种高质量参考基因组序列的公布,从重要性状所在物理区间开发新的SSR标记并应用于对目标性状的辅助选择和对目标基因/QTL的精细定位,则更具现实意义[19-22]。因此,本研究拟对我国不同时期的566份小麦种质资源进行吸浆虫抗性鉴定,并根据课题组前期对小麦抗吸浆虫主效QTL的基因组定位信息[24-30],开发SSR标记,了解我国小麦种质资源的吸浆虫抗性,明确小麦抗吸浆虫SSR标记对吸浆虫抗性检测的有效性,以推动我国小麦种质资源吸浆虫抗性鉴定和小麦抗虫分子育种发展。

1 材料与方法

1.1 小麦试验材料与吸浆虫抗性鉴定

试验材料包括小麦种质资源566个(表1),3对抗虫主效QTL(*Qsm.hbau-4A*)近等基因系(NILs,near-isogenic lines)(48-8与48-3、10-3与10-2、11-1与11-4)和抗、感虫小麦对照冀麦24(抗虫)、6218(感虫)。参考武予清等[31]、丁红建等[32]的方法鉴定供试小麦的抗虫性,用抗性指数(*RI*,resistance index)进行抗虫性分级:$RI=0$,免疫;$0.01 \leqslant RI \leqslant 0.19$,高抗;$0.20 \leqslant RI \leqslant 0.49$,中抗;$0.50 \leqslant RI \leqslant 0.99$,低抗;$1.00 \leqslant RI < 1.50$,感虫;$RI \geqslant 1.50$,高感。为便于分析,本文将处于免疫和高抗等级的小麦材料统称为高抗虫等级,将中抗和低抗材料统称为中间抗性等级,将感虫和高感材料统称为高感虫等级。

表1 供试566份小麦材料的麦区分布

Table 1 Distribution of 566 wheat materials

麦区 Wheat climatic division	品种(系)数量 No. of wheat accessions
北部冬麦区 North winter wheat region	400
青藏春冬兼播区 Qinghai-Tibet winter-spring wheat region	4
西南冬麦区 Southwest winter wheat region	74
新疆春冬兼播区 Xinjiang spring-winter wheat region	10
长江中下游冬麦区 Yangtze River winter wheat region	45
其他 Other wheat-planting region	33
总计 Total	566

1.2 抗虫QTL区间内SSR标记的开发与筛选策略

根据对*Qsm.hbau-4A*的定位结果[24],从国际小麦基因组测序组织(http://www.wheatgenome.org/)数据库中获得中国春参考基因组(IWGSCv1.0)物理区间内的基因组序列及Scaffold序列,用软件SSR Hunter从中搜获SSR基序(motif)数目分别为2、3、4、5且重复次数最少为5的SSR位点[33]。用软件Primer5.0设计上、下游引物。设计好的引物由苏州泓讯生物科技有限公司(苏州,江苏)合成。

在标记筛选时,首先以抗、感虫小麦亲本进行第1轮筛选,接着用成对NILs进行第2轮筛选。对于第2轮筛选到SSR标记,用566份小麦种质资源对标记的有效性进行评价。并以本课题组前期设计的EST标记 $Xe1\text{-}2_{161bp}$[28]和*Qsm.hbau-4A*侧翼标记 $Xbarc343_{154bp}$[30]在566份小麦种质资源中的分型作

对照。用小麦叶片 DNA 进行 PCR 扩增，扩增程序见文献[34-35]，PCR 产物用 30% 非变性聚丙烯酰胺凝胶检测，银染显色。

1.3　SSR 标记符合率检测与有效性分析

所开发 SSR 标记的符合率是指该标记分别在高抗虫等级或高感虫等级材料中扩增出抗虫等位变异或感虫等位变异的比例[36]。在此基础上，选择符合率高的标记进行标记有效性分析。平均检测有效率是指标记带型与表型一致的小麦材料数量占材料总数的比例[37]。

标记有效性区分为抗虫标记有效性和感虫标记有效性。在被检测为具有抗虫带型的小麦材料中，表型为抗虫（含低抗及以上）等级的小麦材料数量所占比例记为该标记作为抗虫标记的检测有效率；在被检测为具有感虫带型的小麦材料中，表型为感虫或高感等级的小麦材料所占比例记作该标记作为感虫标记的检测有效率[37]。

2　结果与分析

2.1　供试小麦材料的抗虫性

总体来看，这 566 份供试小麦材料中，36 份表现免疫（RI=0），117 份表现高抗（$0.01 \leqslant RI \leqslant 0.19$），125 份表现中抗（$0.20 \leqslant RI \leqslant 049$），73 份表现低抗（$0.50 \leqslant RI \leqslant 0.99$），55 份表现感虫（$1.00 \leqslant RI \leqslant 1.50$），160 份表现高感（$RI \geqslant 1.50$）（详见 http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210211003，附表 1）；高抗虫等级材料占到了 27.03%，中间抗性等级材料占 34.98%，高感虫等级材料占 37.99%；其中，高抗虫小麦品种 29 份（5.12%），高抗虫小麦品系 115 份（20.32%），高抗虫小麦异源易位系 9 份（1.59%）。从不同麦区来看，北部冬麦区的 400 份小麦材料中，高抗虫等级材料占 28.00%，包括小麦推广品种 16 个，高代品系 87 个，异源易位系 9 份；长江中下游冬麦区的 45 份材料中，高抗虫等级材料占到 31.11%，其中包括推广品种 5 个，高代品系 9 个；西南冬麦区的 74 份材料中，高抗虫等级材料占 17.57%，其中包括推广品种 4 个，高代品系 9 个；青藏冬春兼播区和新疆冬春兼播区的 14 份小麦材料中，高抗虫等级材料（含 3 个推广品种和 3 个高代品系）占到 42.86%。

不同类型的种质资源抗虫材料所占比例略有差异。在 123 份小麦品种中，高抗虫等级品种所占的比例为 23.58%，中间抗性等级品种所占的比例为 38.84%。在 413 份小麦高代品系中，高抗虫等级材料所占比例为 27.85%，中间抗性等级材料所占比例为 34.62%。在 30 份异源系材料中，有 9 份（30.00%）为高抗虫等级，有 6 份（20.00%）材料为中间抗性等级。从我国推广小麦品种的选育年代来看，42 个 2000 年及以前育成品种中，高抗虫等级小麦品种所占比例为 26.19%；47 个 2001-2010 年育成品种中，高抗虫等级小麦品种所占比例为 21.28%；34 个 2011 年及以后育成品种中，高抗虫等级小麦品种所占比例为 23.53%（表 2）。从中可以看出，不同时期小麦育成品种中高抗等级材料所占比例比较接近。

表 2　供试小麦材料中推广品种的吸浆虫抗性

Table 2　The Resistance of the wheat varieties

选育年代 Breeding time	品种数量 Number of wheat cultivars	高抗虫品种所占比例（%） Proportion of highly-resistant wheat cultivars	中间抗虫品种所占比例（%） Proportion of moderately-resistance wheat cultivars	高感虫品种所占比例（%） Proportion of highly-susceptible wheat cultivars	高抗虫品种名称 Name of highly-resistant wheat cultivars
2000 年及以前 Before 2000	42	26.19	40.48	33.33	丰抗 2 号、豫麦 18 号、定西 35、鲁麦 8 号、川育 9 号、绵阳 21、冀麦 20 号、藏春 10 号、绵阳 25、邯 5316、华 2538
2001-2010	47	21.28	36.17	42.55	丰优 8 号、华麦 2668、河农 58-3、鄂麦 25、山农 15、晋麦 86 号、川育 23、鄂麦 26、荆麦 103、新冬 33 号
2011 年及以后 After 2011	34	23.53	44.12	32.35	菏麦 17、新冬 35 号、周麦 25、漯麦 6010、河农 130、周麦 32 号、圣麦 102、登海 51306

除 2020 年近等基因系（NIL）11-1 抗虫鉴定等级为中抗以外，2018-2020 年间，抗虫近等基因系 NIL 48-8、10-3、11-1 抗虫鉴定等级均为高抗或免疫，感虫近等基因系 NIL 48-3、10-2、11-4 抗虫鉴定等级均为高感，如表 3 所示。

表3 供试3对近等基因系的抗虫性

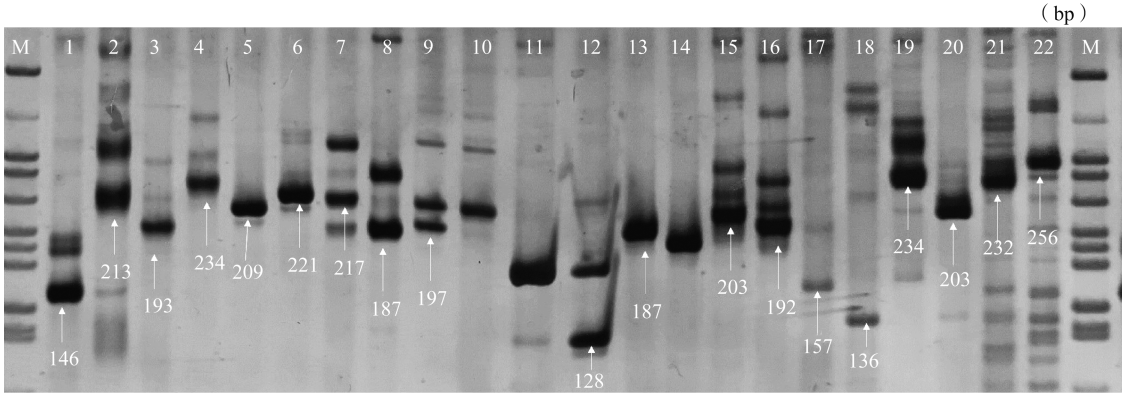
Table 3 The resistance of three pairs of NILs

编号 NILs number	2018年抗虫指数(*RI*) Resistance index in 2018	2019年抗虫指数(*RI*) Resistance index in 2019	2020年抗虫指数(*RI*) Resistance index in 2020
10-2	1.68	2.84	5.26
10-3	0	0	0.06
11-1	0.19	0.11	0.74
11-4	8.78	3.78	8.27
48-3	3.41	1.81	7.12
48-8	0.09	0	0.09

2.2 SSR标记的筛选

针对*Qsm.hbau-4A*所在的物理区段(699000000~714000000bp)[24],共找到1628个SSR位点,从中设计出565对SSR引物。对这565对引物,首先用NIL系的抗、感虫亲本冀麦24、6218间进行了筛选,共筛选到有多态性的引物68对。

在此基础上,用3对NIL系(48-8与48-3、11-1与11-4、10-2与10-3)做进一步筛选,共得到11对多态性好、条带清晰的SSR引物(图1,表4),分别为$Xhs31_{213bp}$、$Xhs37_{200bp}$、$Xhs74_{196bp}$、$Xhs87_{201bp}$、$Xhs351_{211bp}$、$Xhs373_{142bp}$、$Xhs450_{220bp}$、$Xhs482_{207bp}$、$XHs360_{236bp}$、$Xhs382_{198bp}$、$Xhs282_{176bp}$,其中$Xhs282_{176bp}$和$Xhs382_{198bp}$为显性标记。



M号孔为Marker(*pBR322*/MSP I),下同;泳道1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21分别为引物$Xhs31_{213bp}$、$Xhs37_{200bp}$、$Xhs351_{211bp}$、$Xhs450_{220bp}$、$Xhs382_{198bp}$、$Xhs282_{176bp}$、$Xhs74_{196bp}$、$Xhs87_{201bp}$、$Xhs373_{142bp}$、$Xhs482_{207bp}$、$Xhs360_{236bp}$在抗虫近等基因系48-8中的扩增情况;泳道2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22分别为引物$Xhs31_{213bp}$、$Xhs37_{200bp}$、$Xhs351_{211bp}$、$Xhs450_{220bp}$、$Xhs382_{198bp}$、$Xhs282_{176bp}$、$Xhs74_{196bp}$、$Xhs87_{201bp}$、$Xhs373_{142bp}$、$Xhs482_{207bp}$、$Xhs360_{236bp}$在感虫近等基因系48-3中的扩增情况

M, DNA molecular marker(*pBR322/MSP I*), the same as below. Lanes 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, and 21 were DNA products amplified from the insect-NIL 48-8 with primers $Xhs31_{213bp}$, $Xhs37_{200bp}$, $Xhs351_{211bp}$, $Xhs450_{220bp}$, $Xhs382_{198bp}$, $Xhs282_{176bp}$, $Xhs74_{196bp}$, $Xhs87_{201bp}$, $Xhs373_{142bp}$, $Xhs482_{207bp}$ and $Xhs360_{236bp}$, respectively. Lanes 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 were DNA products amplified from the susceptible-NIL 48-3 with primers $Xhs31_{213bp}$, $Xhs37_{200bp}$, $Xhs351_{211bp}$, $Xhs450_{220bp}$, $Xhs382_{198bp}$, $Xhs282_{176bp}$, $Xhs74_{196bp}$, $Xhs87_{201bp}$, $Xhs373_{142bp}$, $Xhs482_{207bp}$ and $Xhs360_{236bp}$, respectively

图1 本研究开发的11个SSR标记在近等基因系48-8与48-3中的扩增情况

Fig.1 PCR amplifications in NIL lines 48-8 and 48-3 with 11 SSR markers developed in present study

2.3 新开发SSR标记在566份小麦种质资源中的检测结果

在这566份小麦材料中,除标记$Xhs360_{236bp}$、$Xhs31_{213bp}$、$Xhs450_{220bp}$(表中未列出)在超过50%的种质资源中扩增出非对照材料(即抗吸浆虫虫NIL系)条带,且条带不易准确读取(图2)外,其余8个SSR标记均能扩增出清晰的有效带型。这8个标记的平均检测有效率为51.48%(40.28%~65.37%),以$Xhs87_{201bp}$最高(65.37%)(表5)。

表 4　本研究开发的 11 个 SSR 标记及其引物信息

Table 4　Sequence information for the eleven SSR primer sets developed in present study.

标记 Markers	引物序列（5′→3′） Primer sequences	退火温度（℃） Annealing temperature	GC 含量（%） GC Content	扩增片段大小（bp） Product size	在 4A 染色体的物理位置（bp） Physical location on Chr. 4A
Xhs37$_{200bp}$	F：GGTTCTCGAAGAAGTTGGTTC	57.89	48	200	706594428~706594448
	R：ATCAATTCACGATCGAACAAG	57.68	38		
Xhs74$_{196bp}$	F：ACTTTGAACGGGCTGACTATT	53.90	42	196	701756409~701756429
	R：TTGATGTCCTCTTAGGGTGTG	55.85	42		
Xhs87$_{201bp}$	F：AAGCCACCCTACATGATTCTC	55.85	47	201	701977676~701977696
	R：TCATTGTATGGTGTGTCTCCA	53.90	42		
Xhs282$_{176bp}$	F：GCAACGAGAACTGAACCTGTA	55.85	47	176	704507657~704507677
	R：GCGACATCCACAGAAGTAACA	55.85	47		
Xhs351$_{211bp}$	F：TTGTTTACTCCCGTGGGTATT	53.90	42	211	705508762~705508782
	R：TGCTGCTACGTAGTCAAACATT	54.40	40		
Xhs373$_{142bp}$	F：TTTCCAATACACGCTGAACAT	51.95	38	142	705633983~705634003
	R：GTCCATAGAACCTTCCCAGAA	55.85	47		
Xhs382$_{198bp}$	F：CAAAGAGCTAGCAATGGACAG	55.85	47	198	705816505~705816525
	R：TGAAGGTTTCATTCTGTTTGG	51.95	38		
Xhs482$_{207bp}$	F：AACGTACCGGAATGCAGATAG	55.85	47	207	708397130~708397150
	R：GTGGCTGGTGCTTGATTATTA	53.90	42		
Xhs450$_{220bp}$	F：CACTGGGAATGTTGACAGAGT	55.85	47	220	706702977~706702997
	R：CATGCAATTGACAGCTATTGA	51.95	38		
Xhs360$_{236bp}$	F：GTGCCATGATTGAAGATGAAT	51.95	38	236	705539813~705539833
	R：GTCACCTTTGTTGTTTGGTTT	51.95	38		
Xhs31$_{213bp}$	F：AGGGAATAACTACCACTGCTTG	57.46	45	213	705606761~705606782
	R：CCCACCATTCCGAAATATAAG	58.32	43		

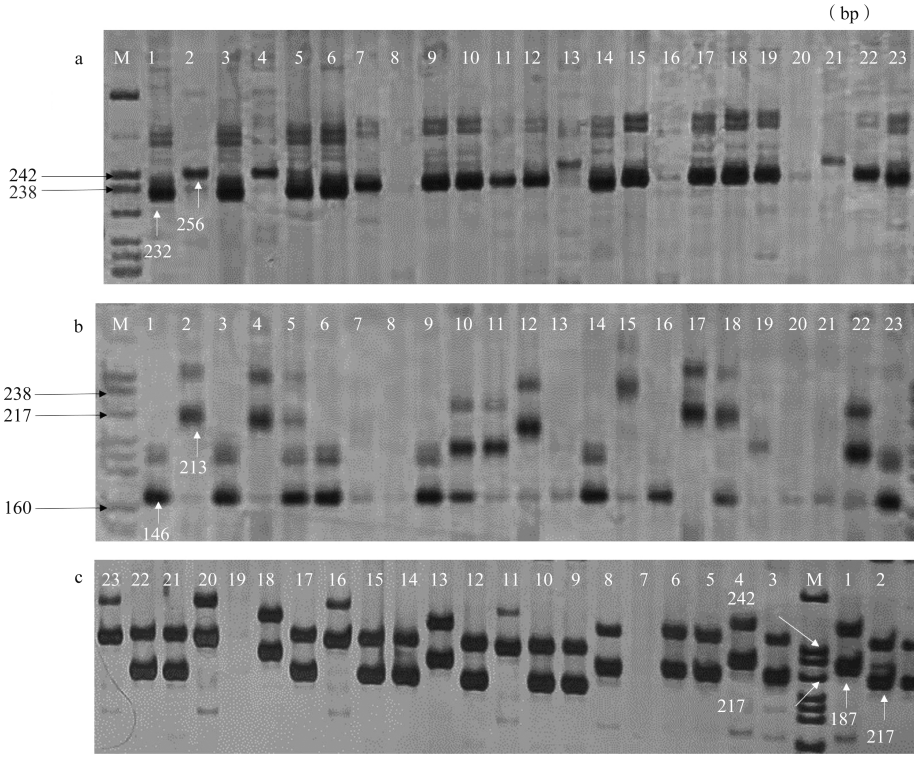


图 a、b、c 分别是标记 $Xhs360_{236bp}$、$Xhs31_{213bp}$ 和 $Xhs450_{220bp}$ 的扩增结果。

1、2 分别为抗、感虫近等基因系 48-8、48-3，3-23 为不同抗性的小麦种质资源

Figures a, b and c refer to amplicons in wheat accessions with markers $Xhs360_{236bp}$ (a), $Xhs31_{213bp}$ (b), and $Xhs450_{220bp}$ (c), respectively. Lanes 1 and 2 were resistant and susceptible

NIL parir 48-8 and, 48-3. Lanes 3 through 23 were wheat accessions with different OWBM resistance

图 2 标记 $Xhs360_{236bp}$、$Xhs31_{213bp}$、$Xhs450_{220bp}$ 在供试部分小麦种质资源中的扩增情况

Fig.2 PCR Amplification of SSR markers, $Xhs360_{236bp}$, $Xhs31_{213bp}$, and $Xhs450_{220bp}$ in wheat germplasm resources of this study

表 5 所开发 SSR 标记在 566 份小麦种质资源中分型情况

Table 5 Proportion of marker-based genotypes for SSR markers in 566 wheat accessions (%)

标记名称 Marker	高抗虫品种 Highly-resistant wheat cultivars			中间抗性品种 Moderately-resistance wheat cultivars			高感虫品种 Highly-susceptible wheat cultivars			标记平均检测有效率 Average Detection efficiency	抗虫标记检测有效率 Efficiency of resistant markers	感虫标记检测有效率 Efficiency of susceptible marker
	A	H	B	A	H	B	A	H	B			
$Xhs87_{201bp}$	77.12	1.31	21.57	69.65	0	28.86	46.23	0.47	52.83	65.37	72.47	55.17
$Xhs373_{142bp}$	37.25	0	62.75	28.86	0	70.65	23.11	0	76.89	49.12	70.12	40.65
$Xhs37_{200bp}$	76.47	1.96	13.07	61.69	5.97	24.38	66.04	2.83	16.51	48.76	63.25	33.65
$Xhs282_{176bp}$	89.54	10.46	0	83.58	16.42	0	79.72	20.28	0	61.48	64.35	46.74
$Xhs74_{196bp}$	94.77	0	5.23	86.57	0	13.43	81.60	0	18.40	63.25	64.84	52.70
$Xhs382_{198bp}$	0	52.29	47.71	0	48.76	51.24	0	75.00	25.00	40.81	52.82	23.14
$Xhs351_{211bp}$	47.71	0.65	51.63	48.26	1.99	49.25	72.17	0.47	27.36	40.28	52.63	24.58
$Xhs482_{207bp}$	41.18	0	58.82	40.80	0	58.21	54.25	0	45.75	42.76	55.77	31.91
$Xbarc343_{154bp}$	52.29	0	44.44	51.74	0	42.79	50.47	1.42	45.75	49.65	63.23	38.65
$Xe1\text{-}2_{161bp}$	39.87	2.61	57.52	25.87	2.99	71.14	22.17	0.47	77.36	48.94	70.63	41.52
平均	–	–	–	–	–	–	–	–	–	51.04	63.01	38.87

A 表示与抗虫近等基因系 48-8 带型一致的小麦材料数量在相应分组中所占比例，B 表示感虫近等基因系 48-3 带型一致的小麦材料数量在相应分组中所占比例，H 表示带型为杂合带型的小麦材料数量占相应分组中所占比例；$Xbarc343_{154bp}$、$Xe1\text{-}2_{161bp}$ 为前期开发的标记[24,30]，在本研究中用作对照标记；– 为没有实际意义，不做分析的部分

A refers to the proportion of wheat accessions with bands similar to NIL 48-8 in corresponding groups, B refers to the proportion of wheat accessions with bands similar to NIL 48-3 in corresponding groups, and H refers to the proportion of wheat accessions with heterozygous bands in corresponding groups, $Xbarc343_{154bp}$ and $Xe1\text{-}2_{161bp}$[24,30], respectively, were used as control marker in this study, – were the part that has no practical meaning for analysis

2.4　SSR 标记有效性分析

SSR 标记 $Xhs87_{201bp}$ 和 $Xhs373_{142bp}$ 在抗虫和感虫小麦材料中符合率均较高，针对这两个标记进行标记有效性分析。

标记 $Xhs87_{201bp}$ 在对 566 份小麦种质资源进行标记分型时，有 357 份材料被检测为抗虫带型，203 份小麦材料被检测为感虫带型，有 6 份为杂合带型或为非对照（近等基因系）带型。在被检测为抗虫带型的材料中，有 33.15% 的材料为高抗虫性类型，39.33% 的材料为中间抗性类型，27.53% 的材料为高感虫类型；在被检测为感虫带型的材料中，有 55.17% 的材料为高感虫类型，28.57% 的材料为中间抗性类型，有 16.26% 的材料为高抗虫性类型。

标记 $Xhs373_{142bp}$ 在对 566 份小麦种质资源进行标记分型时，有 164 份小麦材料被检测为抗虫带型，402 份小麦材料被检测为感虫带型。在被检测为抗虫带型的材料中，有 34.76% 的材料为高抗虫性类型，35.37% 的材料为中间抗性类型，29.88% 的材料为高感虫类型；在被检测为感虫带型的材料中，有 23.94% 的材料为高抗虫类型，35.41% 的材料为中间抗性类型，有 40.65% 的材料为高感虫类型。

EST 标记 $Xe1\text{-}2_{161bp}$ 对这 566 份小麦种质资源进行分型时，有 160 份小麦材料被检测为抗虫带型，有 395 份小麦材料被检测为感虫带型，有 11 份为杂合带型或为非对照（近等基因系）带型。在被检测为抗虫带型的材料中，有 38.13% 的材料为高抗虫性类型，32.50% 的材料为中间抗性类型，29.38% 的材料为高感虫类型；在被检测为感虫带型的材料中，有 41.52% 的材料为高感虫性材料，有 36.20% 材料为中间抗性材料，22.28% 的材料为高抗虫性品种。

3　讨论

3.1　我国小麦种质资源的吸浆虫抗性

不断筛选和鉴定新的抗虫种质资源是改良小麦抗虫性的重要基础工作。1995 年，孙京瑞等[38]对 443 个小麦生产品种、后备品种进行抗虫鉴定，其中 13.10% 的材料表现高抗。2005-2006 年间，温树敏等[39]对河北省 425 份小麦推广品种、优质品种、区试高代品系等种质资源的抗虫鉴定中发现，高抗材料占 13.18%。武予清等[31]2008-2011 年选择冬麦区推广面积超过 33.3 万 hm^2 和推广面积在 20.0 万～33.3 万 hm^2 的 26 个小麦品种进行抗虫鉴定，其中只有荆麦 66 表现高抗。2011 年，屈振刚等[4]对 183 份小麦品种的抗虫鉴定结果显示，24.59% 的小麦材料表现高抗。2014 年，张箭[40]对 86 份小麦品种（系）进行抗虫鉴定，仅有 2.30% 的材料表现高抗。金柳艳[41]2013-2014 年对 137 份北方冬麦区品种进行了抗虫鉴定，其中 28% 的小麦材料表现高抗或免疫。本研究中所用的小麦种质资源包含了 566 份来自全国不同麦区的品种、高代品系和小麦异源易位系，其中北部冬麦区和长江中下游冬麦区抗虫小麦种质资源所占的比例均在 30% 左右，西南冬麦区的小麦种质资源抗虫性偏低，高抗虫小麦种质资源均占 17%。从整体来看，本研究的 566 份供试材料中，高抗虫等级材料占到 27.03%，高于前人对我国小麦种质资源的抗虫性鉴定结果。在对不同年代审定推广的小麦种质的抗虫性进行分析时发现，各个年代抗虫品种所占比例相近，均在 23% 左右，尤其是育成时间较早的抗虫小麦品种没有丧失对吸浆虫抗性，且各个年代的品种中都有麦红吸浆虫抗性很好的品种。这说明，虽然我国小麦区域试验中麦红吸浆虫抗性不是必须鉴定的性状，但是在现代育种过程中抗吸浆虫相关基因依然被很好地保留下来，这些品种将作为优质的抗虫种质资源推动抗虫育种的发展。此外本研究还筛选得到 115 份高抗虫的小麦高代品系和 9 份异源系，这些材料将对抗虫基因的溯源和小麦抗虫性的改良奠定材料基础。

3.2　新开发 SSR 标记有效性分析

开发目标性状所在基因组区段存在的分子标记，是进行精细定位和提高标记辅助选择效率的重要途径[42-44]。本研究从小麦抗虫性主效 QTL（*Qsm.hebau-4A*）所在基因组区间内设计出 565 对 SSR 引物，从中筛选到 11 个标记，在抗虫主效 QTL、NIL 系间具有较好的多态性。分子标记对目标性状的检测效率还受到供试材料的遗传背景、基因组内其他位点的影响。郝志明[24]利用另一套不同抗性的小麦材料（95 个），所鉴定到的 EST 标记 $Xe1\text{-}2_{161bp}$ 的总检测有效率（53.68%），略高于该标记在本研究 566 份小麦种质资源中的总检测有效率。究其原因，可能是因为这 566 份小麦种质资源数量较多，遗传背景更为复杂（如包括了一些异源易位系材料等）。从转录组数据筛选到的差异表达基因中，郝志明[24]]开发了 8 个 KASP 标记（*XK3-16-1*、*XK3-7-1*、*XK3-7-3*、*XK3-7-2*、*XK10-10-6*、*XK10-13-x*、*XK3-1-1*、*XK1-2*）、1 个 EST 标 记（$Xe1\text{-}2_{161bp}$）和 1 个四引物 ARMS-PCR 标记（$XT3\text{-}1\text{-}1_{111bp}$），以标记 *XK3-16-1* 的平均检测有效率最高，可分别在

62.50%的高抗虫等级小麦材料中检测出抗虫带型、76.92%的高感虫小麦材料中检测出感虫带型。标记 *Xe1-2*$_{161bp}$、*XK3-7-1*、*XK3-7-3*、*XK10-10-6*、*XK10-13-x*、*XT3-1-1*$_{111bp}$、*XK3-1-1* 作为抗虫标记时检测有效率均高于70%，但是这7个标记在超过50%的高抗虫等级的小麦材料中检测出感虫带型或杂合带型。*XK1-2*、*XK3-7-2* 作为感虫标记时检测有效率高于60%，在超过50%的感虫小麦种质资源中检测出抗虫带型。在本研究的566份小麦种质资源中，标记 *Xhs282*$_{176bp}$、*Xhs74*$_{196bp}$、*Xhs37*$_{200bp}$、*Xhs351*$_{211bp}$、*Xhs482*$_{207bp}$、*Xhs382*$_{236bp}$ 在超过60%的高感虫品种中扩增出抗虫带型，*Xhs373*$_{142bp}$ 在62.75%的高抗虫品种中扩增出感虫带型。故这些标记不适合单独用于种质资源抗虫性鉴定。*Xhs87*$_{201bp}$ 是平均检测有效率最高的标记（65.37%），作为抗虫标记时的检测有效率为72.47%，作为感虫标记时的检测有效率为55.17%；且可以在77.12%的高抗虫等级的小麦材料中检测出抗虫带型，在52.83%的高感虫等级的小麦材料中检测出感虫标记，故可与本课题组之前开发的KASP标记 *XK3-16-1* 同时用于种质资源抗虫性鉴定。

在我国小麦品种中，小麦对吸浆虫的抗性表现为典型的数量性状。除受到遗传背景的影响外，抗虫性还受到基因组中其他位点的互作效应的影响，而这也同样会影响到针对小麦4A染色体抗虫主效QTL分子标记开发的有效性[28]。同时，还应看到，小麦对麦红吸浆虫的抗性是一个复杂性状，株高、穗密度、颖壳厚度、小麦抽穗期等农艺性状[42-44]，酚类、单宁类、氨基酸等生化成分[45-46]，吸浆虫羽化盛期与小麦抽穗期的吻合度[44]等都有可能影响到抗虫鉴定结果。因此，尽管针对目标性状开发的分子标记检测有效率有限，利用与抗虫基因紧密连锁的标记进行分子标记辅助选择，可以在一定程度上对创制的抗虫后代材料进行筛选，降低单纯对抗虫性鉴定的依赖，进而提高选择效率，这从长远来看是有利于我国小麦抗吸浆虫品种培育工作的。

4 结论

本研究对来自全国各个麦区的566份小麦种质资源的吸浆虫抗性进行了鉴定，其中有27.03%的小麦种质资源对吸浆虫表现高抗或免疫。在QTL *Qsm.hbcau-4A* 区间内共设计、筛选到11个多态性好、检测效率高的SSR标记，其中 *Xhs87*$_{201bp}$ 在566份不同抗性的小麦种质资源中平均检测有效率为65.37%，可用于对小麦抗虫种质资源的辅助筛选。

参考文献

[1] 赵广才，常旭虹，王德梅，陶志强，王艳杰，杨玉双，朱英杰．小麦生产概况及其发展．作物杂志，2018（4）：1-7
Zhao G C, Chang X H, Wang D M, Tao Z Q, Wang Y J, Yang Y S, Zhu Y J. General situation and development of wheat production. Crops, 2018（4）: 1-7

[2] 段云，蒋月丽，苗进，巩中军，李彤，武予清，罗礼智．麦红吸浆虫在我国的发生、危害及防治．昆虫学报，2013，56（11）：1359-1366
Duan Y, Jiang Y L, Miao J, Gong Z J, Li T, Wu Y Q, Luo L Z. Occurrence, damage and control of the wheat midge, *Sitodiplosis mosellana*（Diptera: Cecidomyiidae）. Acta Entomologica Sinica, 2013, 56（11）: 1359-1366

[3] 陈巨莲，倪汉祥．小麦吸浆虫的研究进展．昆虫知识，1998，35（4）：240-243
Chen J L, Ni H X. Advances in studies of wheat blossom midges. Chinese Journal of Applied Entomology, 1998, 35（4）: 240-243

[4] 屈振刚，温树敏，屈赟，刘桂茹．小麦品种抗麦红吸浆虫鉴定与抗性分析．植物遗传资源学报，2011，12（1）：121-124
Qu Z G, Wen S M, Qu Y, Liu G R. Evaluation and identification of wheat varieties resistant to *Sitodiplosis mosellana.* Journal of Plant Genetic Resources, 2011, 12（1）: 121-124

[5] 屈振刚，温树敏，赵玉新，路子云，孙会．河北省麦红吸浆虫为害逐年加重的原因及防治对策．河北农业科学，2006，10（1）：102-104
Qu Z G, Wen S M, Zhao Y X, Lu Z Y, Sun H. Reason analysis and control strategies on the gradually increased *Sitodiplosis mosellana* Gehin damage. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2006, 10（1）: 102-104

[6] 陆朝福，朱立煌．植物育种中的分子标记辅助选择．生物工程进展，1995，15（4）：11-17
Lu Z F, Zhu L H. Marker-assisted selection in plant breeding. China Biotechnology, 1995, 15（4）: 11-17

[7] 何中虎，夏先春，陈新民，庄巧生．中国小麦育种进展与展望．作物学报，2011，37（2）：202-215
He Z H, Xia X C, Chen X M, Zhuang Q S. Progress of wheat breeding in China and the future perspective. Acta Agronomica Sinica, 2011, 37（2）: 202-215

[8] 李仕贵，王玉平，黎汉云，周开达，朱立煌．利用微卫星标记鉴定水稻的稻瘟病抗性．生物工程学报，2000，16（3）：324-327
Li S G, Wang Y P, Li H Y, Zhou K D, Zhu L H. Utilization of a microsatellite marker to identify rice blast resistance gene in two segregating populations. Chinese Journal of Biotechnology, 2000, 16（3）: 324-327

[9] 薛庆中，张能义，熊兆飞，李羽中，朱立煌．应用分子标记辅助选择培育抗白叶枯病水稻恢复系．浙江农业大学学报，1998（6）：3-5
Xue Q Z, Zhang N Y, Xiong Z F, Li Y Z, Zhu L H. The development of the rice restorer lines with the resistance of the bacterial blight disease by the marker assisted selection. Journal of Zhejiang University, 1998（6）: 3-5

[10] 郭瑞星，刘小红，荣廷昭，孙东发，谭振波．植物SSR标记的

发展及其在遗传育种中的应用 . 玉米科学，2005，13（2）：8-11
Guo R X，Liu X H，Rong T Z，Sun D F，Tan Z B. Development of SSR marker and its application in plant genetics and breeding. Journal of Maize Sciences，2005，13（2）：8-11

［11］ 罗冉，吴委林，张旸，李玉花 . SSR 分子标记在作物遗传育种中的应用 . 基因组学与应用生物学，2010，29（1）：137-143
Luo R，Wu W L，Zhang Y，Li Y H. SSR marker and its application to crop genetics and breeding. Genomics and Applied Biology，2010，29（1）：137-143

［12］ 朱振东，贾继增 . 小麦 SSR 标记的发展及应用 . 遗传，2003，25（3）：355-360
Zhu Z D，Jia J Z. Microsatellite marker development and applications in wheat genetics and breeding. Hereditas（Beijing），2003，25（3）：355-360

［13］ 郭小平，赵元明，刘毓侠 . SSR 技术及其在植物遗传育种中的应用 . 华北农学报，1998，13（3）：3-5
Guo X P，Zhao Y M，Liu Y X. SSR technique and its application in plant genetics and breeding. Acta Agriculturae Boreali-Sinica，1998，13（3）：3-5

［14］ 王英男，齐广勋，赵洪锟，袁翠平，刘晓冬，李玉秋，王玉民，董英山 . 不同种皮颜色大豆地方资源的遗传多样性 . 分子植物育种：（2020-10-23）［2021-02-11］. http：//kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20201023.1021.004.html.
Wang Y N，Qi G X，Zhao H K，Yuan C P，Liu X D，Li Y Q，Wang Y M，Dong Y S. Genetic diversity of soybean landraces with different seed coat color. Molecular Plant Breeding：（2020-10-23）［2021-02-11］. http：//kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20201023.1021.004.html

［15］ 张增翠，侯喜林 . SSR 分子标记开发策略及评价 . 遗传，2004，26（5）：763-768
Zhang Z C，Hou X L. Strategies for development of SSR molecular markers. Hereditas（Beijing），2004，26（5）：763-768

［16］ 王娟娟，赵明，韩雨威，吴蒙蒙，刘瑞振，沈超，祁哲晨 . 微卫星 DNA 标记开发技术进展及其在经济植物研究中的应用 . 生命科学研究，2016，20（3）：260-266
Wang J J，Zhao M，Han Y W，Wu M M，Liu R Z，Shen C，Qi Z C. Advances in development of microsatellite DNA markers and their applications in economic plant research. Life Science Research，2016，20（3）：260-266

［17］ Mehta G，Muthusamy S K，Singh G P，Sharma P. Identification and development of novel salt-responsive candidate gene based SSRs（cg-SSRs）and MIR gene based SSRs（mir-SSRs）in bread wheat（*Triticum aestivum*）. Scientific Reports，2021，11（1）：2210

［18］ Kanamon R，Samart W，Wanchana A，Chatree S，Phakchana N，Vinitchan R，Tippaya K，Theerayut T，Apichart V，Siwaret A. Mining and validation of novel genotyping-by-sequencing（GBS）-based simple sequence repeats（SSRs）and their application for the estimation of the genetic diversity and population structure of coconuts（*Cocos nucifera* L.）in Thailand. Horticulture Research，2020，7（1）：1-11

［19］ 彭靖茹，檀业维，黄寿辉，温立香，张芬，冯春梅，李嫄 . 茶树‘云抗 10 号’全基因组 SSR 信息分析及 4CL 基因引物开发 . 分子植物育种，2020，18（16）：5411-5418
Pen J R，Tan Y W，Huang S H，Wen L X，Zhang F，Feng C M，Li Y. SSR information analysis and 4CL gene primer development of tea tree cultivar‘Yunkang10’whole genome. Molecular Plant Breeding，2020，18（16）：5411-5418

［20］ 崔婷 . 粗山羊草与中国春小麦全基因组特异 SSR 标记开发及分析 . 太原：山西大学，2017
Cui T. Development and analysis of a genome-wide suite of specific SSR markers in *Aegilops tauschii* and Chinese spring wheat（*Triticum aestivum* L.）. Taiyuan：Shanxi University，2017

［21］ 李建波 . 玉米雄穗分枝相关主效基因 *ub4* 的精细定位和候选基因鉴定 . 沈阳：沈阳农业大学，2019
Li J B. Fine Mapping and identification a candidate gene for the major gene *ub4* which related to tassel branch in maize. ShenYang：Shenyang Agricultural University，2019

［22］ Mehta G，Muthusamy S K，Singh G P，Sharma P. Identification and development of novel salt-responsive candidate gene based SSRs（cg-SSRs）and MIR gene based SSRs（mir-SSRs）in bread wheat（Triticum aestivum）. Scientific reports，2021，11（1）：2210

［23］ 张力菁 . 小麦抗麦红吸浆虫主效 QTL 定位及抗性位点来源分析 . 保定：河北农业大学，2020
Zhang L J. Mapping for major QTL conferring resistance to orange wheat blossom midge in wheat and its source analysis among wheat varieties. Baoding：Hebei Agricultural University，2020

［24］ 郝志明 . 小麦抗麦红吸浆虫性状的转录组分析 . 保定：河北农业大学，2019
Hao Z M. Transcriptome analysis for resistance to orange wheat blossom midge in wheat. Baoding：Hebei Agricultural University，2019

［25］ 张哲 . 小麦种质资源抗吸浆虫鉴定及分子标记筛选 . 保定：河北农业大学，2018
Zhang Z. Screening for midge-resistance wheat germplasm and their linked DNA-based molecular markers. Baoding：Hebei Agricultural University，2018

［26］ Zhang L J，Geng M M，Zhang Z，Zhang Y，Yan G J，Wen S M，Liu G R，Wang R H. Molecular mapping of major QTL resistance to orange blossom midge（*Sitodiplosis mosellana*）in Chinese wheat varieties with selective populations. Theoretical and Applied Genetics，2020，133（2）：491- 502

［27］ Hao Z M，Geng M M，Hao Y R，Zhang Y，Zhang L J，Wen S M，Wang R H，Liu G R. Screening for differential expression of genes for resistance to *Sitodiplosis mosellana* in bread wheat via BSR-seq analysis. Theoretical and Applied Genetics，2019，132（11）：3201-3221

［28］ 郝志明，耿妙苗，温树敏，闫桂军，王睿辉，刘桂茹 . 小麦抗麦红吸浆虫基因标记的开发与验证 . 作物学报，2020，46（2）：179-193
Hao Z M，Geng M M，Wen S M，Yan G J，Wang R H，Liu G R. Development and validation of markers linked to genes resistant to *Sitodiplosis mosellana* in wheat. Acta Agronomica Sinica，2020，46（2）：179-193

［29］ 郝志明，章悦，张力菁，温树敏，刘桂茹，王睿辉 . 小麦抗麦红吸浆虫候选基因 *TraesCS4A01G437800* 的四引物 ARMS-PCR 标记开发 . 河北农业大学学报，2020，43（2）：1-10
Hao Z M，Zhang Y，Zhang L J，Wen S M，Liu G R，Wang R H. Development of tetra-primer ARMS-PCR marker of candidate

gene *TraesCS4A01G437800* for resistance to *Sitodiplosis mosellana*. Journal of Hebei Agricultural University, 2020, 43 (2): 1-10

[30] 郝燕冉,温树敏,王睿辉,安雪娇,刘桂茹. 小麦品种冀麦24抗麦红吸浆虫QTL分析. 植物遗传资源学报, 2017, 18(5): 933-938
Hao Y R, Wen S M, Wang R H, An X J, Liu G R. QTL Analysis for midge resistance in wheat cultivar Jimai 24. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18(5): 933-938

[31] 武予清,段爱菊,张自启,刘长营,刘顺通,蒋月丽,苗进,段云,巩中军,李彤. 小麦品种的麦红吸浆虫抗性分级方法及抗性评价. 作物学报, 2013, 39(12): 2171-2176
Wu Y Q, Duan A J, Zhang Z Q, Liu C Y, Liu S T, Jiang Y L, Miao J, Duan Y, Gong Z J, Li T. Resistance grading method and evaluation in wheat varieties to orange wheat blossom midge *Sitodiplosis mosellana* (Diptera: Cecidomyidae) in China. Acta Agronomica Sinica, 2013, 39(12): 2171-2176

[32] 丁红建,倪汉祥,孙京瑞,陈巨莲. 小麦品种对麦红吸浆虫抗性鉴定技术的探讨. 作物品种资源, 1994(4): 34-36
Ding H J, Ni H X, Sun J R, Chen J L. Discussion of evaluation technologies resistance of wheat varieties to *Sitodiplosis mosellana*. China Seed Industry, 1994(4): 34-36

[33] 李小军,徐鑫,张自阳,刘明久,茹振钢. 小麦2B染色体新SSR标记开发. 华北农学报, 2019, 34(3): 68-74
Li X J, Xu X, Zhang Z Y, Liu M J, Ru Z G. Development of novel SSR markers on wheat chromosome 2B. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2019, 34(3): 68-74

[34] 陈昆松,李方,徐昌杰,张上隆,傅承新. 改良CTAB法用于多年生植物组织基因组DNA的大量提取. 遗传, 2004, 26(4): 529-531
Chen K S, Li F, Xu C J, Zhang S L, Fu C X. An efficient macro-method of genomic DNA isolation from *Actinidia chinensis* leaves. Hereditas (Beijing), 2004, 26(4): 529-531

[35] 李荣华,夏岩石,刘顺枝,孙莉丽,郭培国,缪绅裕,陈健辉. 改进的CTAB提取植物DNA方法. 实验室研究与探索, 2009, 28(9): 14-16
Li R H, Xia Y S, Liu S Z, Sun L L, Guo P G, Miao S Y, Chen J H. CTAB-improved method of DNA extraction in plant. Research and Exploration in Laboratory, 2009, 28(9): 14-16

[36] 卓大龙,胡丹丹,张帆,张帆,石英尧,高用明,周永力,黎志康. 水稻抗白叶枯病新基因*Xa39*分子标记有效性的评价. 作物学报, 2015, 41(5): 692-697
Zhuo D L, Hu D D, Zhang F, Zhang F, Shi Y Y, Gao Y M, Zhou Y L, Li Z K. Evaluation of selective efficiency of molecular markers linked with a novel gene *Xa39* resistant to bacterial blight in rice. Acta Agronomica Sinica, 2015, 41(5): 692-697

[37] 余桂红,任丽娟,马鸿翔,周淼平,张旭,陆维忠. 分子标记在小麦抗赤霉病辅助育种中的应用. 江苏农业学报, 2006, 22(3): 189-191
Yu G H, Ren L J, Ma H X, Zhou M P, Zhang X, Lu W Z. Application of molecular markers in fusarium head blight resistance breeding in wheat. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2006, 22(3): 189-191

[38] 孙京瑞,丁红建,倪汉祥,陈巨莲,王兴运,李素娟,王经伦. 小麦品种抗吸浆虫鉴定. 植物保护, 1995, 21(2): 22-23
Sun J R, Ding H J, Ni H X, Chen J L, Wang X Y, Li S J, Wang J L. Evaluation of resistance in wheat varieties to wheat midge. Plant Protection, 1995, 21(2): 22-23

[39] 温树敏,赵玉新,屈振刚,刘桂茹,王琳琳,王金耀. 小麦品种抗麦红吸浆虫鉴定及抗性评价. 河北农业大学学报, 2007, 21(5): 71-74
Wen S M, Zhao Y X, Qu Z G, Liu G R, Wang L L, Wang J Y. The utilization and evaluation of resistance in wheat varieties to *Sitadiplosis mosellana*. Journal of Hebei Agricultural University, 2007, 21(5): 71-74

[40] 张箭. 小麦品种(系)对麦红吸浆虫的抗性研究. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014
Zhang J. Resistance mechanism of wheat cultivars to wheat bloom midge *Sitodiplossis mosellana* Géhin. Yangling: Northwest A & F University, 2014

[41] 金柳艳. 北方冬麦区137份小麦品种麦红吸浆虫抗性筛选及关联分析. 保定: 河北农业大学, 2015
Jin L Y. Wheat blossom midge (*Sitodiplosis mosellana* Géhin) resistance screening and association analysis of 137 wheat cultivars in northern China. Baoding: Hebei Agricultural University, 2015

[42] Smith M A H, Lamb R J. Factors influencing oviposition by *Sitodiplosis mosellana* (Diptera: Cecidomyiidae) on wheat spikes (Gramineae). The Canadian Entomologist, 2001, 133 (4): 533-548

[43] 史忠良,仇松英,马爱萍,许钢垣,武计平,逯腊虎. 冬小麦对麦红吸浆虫抗性机制研究初报. 华北农学报, 2003, 18(1): 100-102
Shi Z L, Qiu S Y, Ma A P, Xu G H, Wu J P, Lu L H. Studies on the resistance mechanism of wheat to wheat midge. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2003, 18(1): 100-102

[44] 丁红建,郭予元. 麦穗形态学与抗吸浆虫的关系研究. 植物保护学报, 1993, 20(1): 19-24
Ding H J, Guo Y Y. Studies on the relationship between the morphology of wheat ear and the resistance to wheat midge. Journal of Plant Protection, 1993, 20(1): 19-24

[45] 史忠良,仇松英,马爱萍,许钢垣,武计平,逯腊虎. 小麦对麦红吸浆虫生化抗性机制的研究. 麦类作物学报, 2002, 22(4): 63-65
Shi Z L, Qiu S Y, Ma A P, Xu G H, Wu J P, Lu L H. Studies on the mechanism of biochemical resistance to wheat blossom midge. Journal of Triticeae Crops, 2002, 22(4): 63-65

[46] 丁红建,郭予元. 小麦籽粒内含物及组织学结构与抗吸浆虫关系的研究. 中国农业科学, 1993, 26(1): 56-62
Ding H J, Guo Y Y. Studies on the relationship between the components and the structure of wheat kernel and the resistance mechanism to wheat midge. Scientia Agricultura Sinica, 1993, 26(1): 56-62

附表 1 供试 566 份小麦种质资源的麦红吸浆虫抗性

Supplemental Table 1 OWBM resistance of 566 wheat accessions

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
1	cau47	异源系	北部冬麦区	0	免疫
2	LX46	异源系	北部冬麦区	0.02	高抗
3	LX48	异源系	北部冬麦区	0.16	高抗
4	SW368-1	异源系	北部冬麦区	0.08	高抗
5	cau38	异源系	北部冬麦区	0.06	高抗
6	cau41	异源系	北部冬麦区	0.08	高抗
7	cau48	异源系	北部冬麦区	0.02	高抗
8	LX47	异源系	北部冬麦区	0.01	高抗
9	SDI299	异源系	北部冬麦区	0.03	高抗
10	cau5	异源系	北部冬麦区	0.41	中抗
11	cau2	异源系	北部冬麦区	0.38	中抗
12	cau39	异源系	北部冬麦区	0.26	中抗
13	cau4	异源系	北部冬麦区	0.4	中抗
14	cau55	异源系	北部冬麦区	0.37	中抗
15	SW557	异源系	北部冬麦区	0.61	低抗
16	cau36	异源系	北部冬麦区	1.28	感虫
17	cau38	异源系	北部冬麦区	1.14	感虫
18	cau7	异源系	北部冬麦区	1.28	感虫
19	SDI301	异源系	北部冬麦区	1.38	感虫
20	SW554	异源系	北部冬麦区	1.08	感虫
21	cau10	异源系	北部冬麦区	9.18	高感
22	SW304	异源系	北部冬麦区	2.73	高感
23	cau39	异源系	北部冬麦区	4.24	高感
24	cau40	异源系	北部冬麦区	6.49	高感
25	cau51	异源系	北部冬麦区	4.48	高感
26	cau53	异源系	北部冬麦区	5.9	高感
27	cau54	异源系	北部冬麦区	2.24	高感
28	Mossion 6Mv/6B	异源系	西南冬麦区	2.08	高感
29	SW0096	异源系	北部冬麦区	3.33	高感
30	SW054-4	异源系	北部冬麦区	1.73	高感
31	豫麦 18 号	品种	北部冬麦区	0	免疫
32	华麦 2668	品种	长江中下游冬麦区	0	免疫
33	定西 35	品种	北部冬麦区	0	免疫
34	丰抗 2 号	品种	北部冬麦区	0	免疫
35	丰优 8 号	品种	西南冬麦区	0	免疫
36	河农 58-3	品种	北部冬麦区	0	免疫
37	菏麦 17	品种	北部冬麦区	0	免疫
38	藏春 10 号	品种	青藏春冬兼播区	0.05	高抗
39	川育 9 号	品种	西南冬麦区	0.05	高抗
40	登海 51306	品种	北部冬麦区	0.16	高抗

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
41	鄂麦 25	品种	长江中下游冬麦区	0.16	高抗
42	鄂麦 26	品种	长江中下游冬麦区	0.16	高抗
43	邯 5316	品种	北部冬麦区	0.02	高抗
44	华 2538	品种	长江中下游冬麦区	0.09	高抗
45	冀麦 20 号	品种	北部冬麦区	0.04	高抗
46	晋麦 86 号	品种	北部冬麦区	0.03	高抗
47	荆麦 103	品种	长江中下游冬麦区	0.01	高抗
48	鲁麦 8 号	品种	北部冬麦区	0.15	高抗
49	漯麦 6010	品种	北部冬麦区	0.08	高抗
50	绵阳 21	品种	西南冬麦区	0.04	高抗
51	绵阳 25	品种	西南冬麦区	0.07	高抗
52	山农 15	品种	北部冬麦区	0.08	高抗
53	圣麦 102	品种	北部冬麦区	0.01	高抗
54	新冬 33 号	品种	新疆春冬兼播区	0.16	高抗
55	新冬 35 号	品种	新疆春冬兼播区	0.11	高抗
56	周麦 25	品种	北部冬麦区	0.03	高抗
57	周麦 32 号	品种	北部冬麦区	0.14	高抗
58	川育 23	品种	-	0.18	高抗
59	河农 130	品种	北部冬麦区	0.01	高抗
60	晋麦 96 号	品种	北部冬麦区	0.34	中抗
61	绵阳 11	品种	西南冬麦区	0.36	中抗
62	绵阳 27	品种	西南冬麦区	0.48	中抗
63	山农 055849	品种	北部冬麦区	0.32	中抗
64	汶农 14	品种	北部冬麦区	0.28	中抗
65	鄂麦 6 号	品种	长江中下游冬麦区	0.41	中抗
66	川育 6 号	品种	西南冬麦区	0.24	中抗
67	多丰 2000	品种	北部冬麦区	0.43	中抗
68	济麦 19 号	品种	北部冬麦区	0.39	中抗
69	济麦 22	品种	北部冬麦区	0.48	中抗
70	济南 15 号	品种	北部冬麦区	0.31	中抗
71	冀麦 325	品种	北部冬麦区	0.24	中抗
72	晋麦 41	品种	北部冬麦区	0.33	中抗
73	晋麦 94 号	品种	北部冬麦区	0.32	中抗
74	绵阳 24	品种	西南冬麦区	0.33	中抗
75	内麦 11	品种	西南冬麦区	0.35	中抗
76	山农 18	品种	北部冬麦区	0.41	中抗
77	陕 354	品种	北部冬麦区	0.37	中抗
78	汶农 17 号	品种	北部冬麦区	0.42	中抗
79	西科麦 5 号	品种	西南冬麦区	0.42	中抗
80	新冬 53 号	品种	新疆春冬兼播区	0.28	中抗
81	渝麦 9 号	品种	西南冬麦区	0.34	中抗
82	驻麦 6 号	品种	北部冬麦区	0.22	中抗

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
83	CA1062	品种	北部冬麦区	0.23	中抗
84	北京 8 号	品种	北部冬麦区	0.33	中抗
85	滨麦 3 号	品种	北部冬麦区	0.21	中抗
86	川麦 1131	品种	西南冬麦区	0.21	中抗
87	川麦 80	品种	西南冬麦区	0.39	中抗
88	冬协 2 号	品种	北部冬麦区	0.41	中抗
89	邯麦 13	品种	北部冬麦区	0.43	中抗
90	鄂麦 6 号	品种	长江中下游冬麦区	0.41	中抗
91	鄂麦 27	品种	长江中下游冬麦区	0.69	低抗
92	华 1223	品种	长江中下游冬麦区	0.76	低抗
93	冀麦 25 号	品种	北部冬麦区	0.69	低抗
94	冀麦 7 号	品种	北部冬麦区	0.92	低抗
95	聊麦 16	品种	北部冬麦区	0.61	低抗
96	绵麦 38	品种	西南冬麦区	0.71	低抗
97	绵阳 32	品种	西南冬麦区	0.53	低抗
98	日喀则 18 号	品种	青藏春冬兼播区	0.53	低抗
99	山农 30	品种	北部冬麦区	0.9	低抗
100	石新 828	品种	北部冬麦区	0.56	低抗
101	新麦 29	品种	北部冬麦区	0.5	低抗
102	鑫 289	品种	北部冬麦区	0.98	低抗
103	烟农 173	品种	北部冬麦区	0.97	低抗
104	渝麦 7 号	品种	西南冬麦区	0.76	低抗
105	白免 3 号	品种	西南冬麦区	0.73	低抗
106	藏冬 10 号	品种	青藏春冬兼播区	0.89	低抗
107	绵阳 30	品种	西南冬麦区	0.63	低抗
108	昌麦 26	品种	-	0.65	低抗
109	丰产 3 号	品种	北部冬麦区	1.23	感虫
110	山农 31 号	品种	北部冬麦区	0.99	感虫
111	襄麦 25	品种	长江中下游冬麦区	1.26	感虫
112	藏冬 2 号	品种	青藏春冬兼播区	1.22	感虫
113	鲁原 502	品种	北部冬麦区	1.25	感虫
114	烟农 5286	品种	北部冬麦区	1.46	感虫
115	渝麦 10 号	品种	西南冬麦区	1.06	感虫
116	运旱 719	品种	北部冬麦区	1.05	感虫
117	矮抗 58	品种	北部冬麦区	2.64	高感
118	鄂恩 6 号	品种	长江中下游冬麦区	1.6	高感
119	鄂麦 17	品种	长江中下游冬麦区	4.17	高感
120	鄂麦 21	品种	长江中下游冬麦区	10.72	高感
121	鄂麦 22	品种	长江中下游冬麦区	3.71	高感
122	丰德存麦 1 号	品种	北部冬麦区	3.09	高感
123	邯麦 18 号	品种	北部冬麦区	4.08	高感
124	河农 972	品种	北部冬麦区	2.38	高感

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
125	红地 95	品种	北部冬麦区	6.59	高感
126	花 521	品种	北部冬麦区	3.82	高感
127	济南 12 号	品种	北部冬麦区	2.34	高感
128	济南 16 号	品种	北部冬麦区	4.9	高感
129	济南 5 号	品种	北部冬麦区	2.01	高感
130	济宁 12 号	品种	北部冬麦区	1.76	高感
131	冀麦 27 号	品种	北部冬麦区	2.24	高感
132	冀麦 3 号	品种	北部冬麦区	7.13	高感
133	科成麦 1 号	品种	西南冬麦区	10.17	高感
134	临麦 2 号	品种	北部冬麦区	1.52	高感
135	临麦 4 号	品种	北部冬麦区	2.71	高感
136	绵麦 367	品种	西南冬麦区	5.88	高感
137	绵农 4 号	品种	西南冬麦区	3.55	高感
138	绵阳 26	品种	西南冬麦区	2.05	高感
139	绵阳 29	品种	西南冬麦区	1.6	高感
140	绵阳 33	品种	西南冬麦区	1.73	高感
141	平安 7 号	品种	北部冬麦区	8.89	高感
142	山农 21 号	品种	北部冬麦区	3.21	高感
143	山农 24 号	品种	北部冬麦区	4.89	高感
144	山农 28	品种	北部冬麦区	2.48	高感
145	石 5093	品种	北部冬麦区	6.44	高感
146	泰农 33	品种	北部冬麦区	2.26	高感
147	泰山 28	品种	北部冬麦区	2.06	高感
148	泰山 4241	品种	北部冬麦区	4.43	高感
149	泰山 9818	品种	北部冬麦区	1.52	高感
150	偃高 21	品种	北部冬麦区	4.44	高感
151	沧麦 028	品种	北部冬麦区	3.27	高感
152	邯 6172	品种	北部冬麦区	2.39	高感
153	雅安早	品种	西南冬麦区	1.82	高感
154	14/6137	高代	新疆春冬兼播区	0	免疫
155	15S33-2	高代	-	0	免疫
156	NB7216	高代	北部冬麦区	0	免疫
157	NB809	高代	北部冬麦区	0	免疫
158	漯麦 c101	高代	北部冬麦区	0	免疫
159	山农 524575	高代	北部冬麦区	0	免疫
160	石矮 6 号	高代	北部冬麦区	0	免疫
161	新麦 35	高代	北部冬麦区	0	免疫
162	13YF392.2	高代	北部冬麦区	0	免疫
163	14F5-153	高代	北部冬麦区	0	免疫
164	CD0151569-7	高代	西南冬麦区	0	免疫
165	CD015J067	高代	西南冬麦区	0	免疫
166	CD015J080	高代	西南冬麦区	0	免疫

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
167	CP01-27-3-1-1	高代	北部冬麦区	0	免疫
168	Cp06-7-5-1-1-2F9	高代	北部冬麦区	0	免疫
169	Cp07-6-9-2-1F8	高代	北部冬麦区	0	免疫
170	Cp08-19-8-1-1-1F7	高代	北部冬麦区	0	免疫
171	DH0310	高代	北部冬麦区	0	免疫
172	N238	高代	北部冬麦区	0	免疫
173	百农 898	高代	北部冬麦区	0	免疫
174	创新 115	高代	北部冬麦区	0	免疫
175	石 11-7091-1	高代	北部冬麦区	0	免疫
176	豫农 018	高代	北部冬麦区	0	免疫
177	09F6-548	高代	北部冬麦区	0	免疫
178	CP20-39-11-2	高代	北部冬麦区	0	免疫
179	鄂 42985	高代	长江中下游冬麦区	0	免疫
180	鹤麦 1301	高代	北部冬麦区	0	免疫
181	衡 4568	高代	北部冬麦区	0	免疫
182	14 初 012	高代	北部冬麦区	0.16	高抗
183	15/2114	高代	新疆春冬兼播区	0.09	高抗
184	15S2033-5	高代	-	0.05	高抗
185	15S2297-1	高代	-	0.07	高抗
186	LS3567	高代	北部冬麦区	0.09	高抗
187	LS4305	高代	北部冬麦区	0.05	高抗
188	N635	高代	北部冬麦区	0.04	高抗
189	NB815	高代	北部冬麦区	0.06	高抗
190	SN2372	高代	北部冬麦区	0.02	高抗
191	邯 3160	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
192	河农 4117	高代	北部冬麦区	0.07	高抗
193	河农 5148	高代	北部冬麦区	0.02	高抗
194	衡 5366	高代	北部冬麦区	0.18	高抗
195	华 0827	高代	长江中下游冬麦区	0.19	高抗
196	华 2020	高代	长江中下游冬麦区	0.08	高抗
197	华 2032	高代	长江中下游冬麦区	0.13	高抗
198	华 2431	高代	长江中下游冬麦区	0.03	高抗
199	华 2523	高代	长江中下游冬麦区	0.03	高抗
200	济麦 39	高代	北部冬麦区	0.07	高抗
201	济麦 41537	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
202	济麦 41753	高代	北部冬麦区	0.04	高抗
203	济麦 42220	高代	北部冬麦区	0.13	高抗
204	济麦 50297	高代	北部冬麦区	0.01	高抗
205	济麦 50609	高代	北部冬麦区	0.08	高抗
206	济南 15J001	高代	北部冬麦区	0.13	高抗
207	冀麦 782	高代	北部冬麦区	0.15	高抗

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
208	鲁农 79(6)014	高代	北部冬麦区	0.04	高抗
209	洛 08250-4-2	高代	北部冬麦区	0.11	高抗
210	农大 5697	高代	北部冬麦区	0.02	高抗
211	农大 5709	高代	北部冬麦区	0.08	高抗
212	农大 5711	高代	北部冬麦区	0.06	高抗
213	农大 5713	高代	北部冬麦区	0.02	高抗
214	农大 5760	高代	北部冬麦区	0.14	高抗
215	新粮 201	高代	新疆春冬兼播区	0.02	高抗
216	12YF318	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
217	13YF375	高代	北部冬麦区	0.02	高抗
218	BC80	高代	北部冬麦区	0.11	高抗
219	CD0151641-1	高代	西南冬麦区	0.04	高抗
220	CD0151644-1	高代	西南冬麦区	0.04	高抗
221	CD015J042	高代	西南冬麦区	0.06	高抗
222	CD015J100	高代	西南冬麦区	0.14	高抗
223	Cp02-23-1-1-1-1-2F11	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
224	Cp03-10-4-1-1F11	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
225	CP03-28-1-1-1-1-4-4-1-1F11	高代	北部冬麦区	0.19	高抗
226	Cp03-28-1-1-2-3F10	高代	北部冬麦区	0.07	高抗
227	Cp04-6-4-2-1-2F9	高代	北部冬麦区	0.07	高抗
228	Cp06-24-13-1-1F9	高代	北部冬麦区	0.19	高抗
229	Cp06-26-4-3-3-1F9	高代	北部冬麦区	0.05	高抗
230	Cp06-39-4-2-1-2F9	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
231	Cp06-40-6-2-1-3F9	高代	北部冬麦区	0.05	高抗
232	Cp06-40-8-2-2F7	高代	北部冬麦区	0.06	高抗
233	Cp06-46-2-1-2F9	高代	北部冬麦区	0.12	高抗
234	CP06-62-12-12-3 F10	高代	北部冬麦区	0.06	高抗
235	Cp06-77-7-1-1-1-F9	高代	北部冬麦区	0.08	高抗
236	Cp06-85-1-1-1-2-2F9	高代	北部冬麦区	0.01	高抗
237	Cp06-86-8-1-1-1-1F9	高代	北部冬麦区	0.05	高抗
238	Cp07-9-1-1-1-2F8	高代	北部冬麦区	0.02	高抗
239	Cp08-19-4-1-1-2F7	高代	北部冬麦区	0.07	高抗
240	Cp08-36-1-1-2F7	高代	北部冬麦区	0.08	高抗
241	Cp09-15-1-3-1-1F7	高代	北部冬麦区	0.02	高抗
242	Cp09-28-1-1-2-2F7	高代	北部冬麦区	0.09	高抗
243	G15-20	高代	-	0.01	高抗
244	J1035-2-2-2-2	高代	-	0.11	高抗

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
245	J1991-3-1	高代	-	0.14	高抗
246	KC-4(04 初 42)	高代	北部冬麦区	0.18	高抗
247	LW15-B2936	高代	-	0.05	高抗
248	N629	高代	北部冬麦区	0.12	高抗
249	N806	高代	北部冬麦区	0.08	高抗
250	N917	高代	北部冬麦区	0.11	高抗
251	NB723	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
252	NB912	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
253	NR1121	高代	北部冬麦区	0.13	高抗
254	Pm99076-1	高代	北部冬麦区	0.11	高抗
255	RC2	高代	西南冬麦区	0.01	高抗
256	SN2736	高代	北部冬麦区	0.05	高抗
257	保白 16 号	高代	北部冬麦区	0.12	高抗
258	保麦 14201	高代	长江中下游冬麦区	0.08	高抗
259	豫农 157106	高代	北部冬麦区	0.07	高抗
260	Cp09-27-1-1-1F6	高代	北部冬麦区	0.04	高抗
261	SN1210	高代	北部冬麦区	0.18	高抗
262	华 2709	高代	长江中下游冬麦区	0.05	高抗
263	华矮 01	高代	长江中下游冬麦区	0.01	高抗
264	RC7	高代	西南冬麦区	0.11	高抗
265	济麦 303	高代	北部冬麦区	0.04	高抗
266	山农 533831	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
267	山农 533831	高代	北部冬麦区	0.03	高抗
268	SN1210	高代	北部冬麦区	0.18	高抗
269	SN811	高代	北部冬麦区	0.42	中抗
270	华 2129	高代	长江中下游冬麦区	0.47	中抗
271	华 2633	高代	长江中下游冬麦区	0.4	中抗
272	农大 5717	高代	北部冬麦区	0.33	中抗
273	普冰 2011	高代	北部冬麦区	0.33	中抗
274	山农 211436	高代	北部冬麦区	0.3	中抗
275	山农 526099	高代	北部冬麦区	0.28	中抗
276	烟农 002	高代	北部冬麦区	0.36	中抗
277	烟农 5102	高代	北部冬麦区	0.47	中抗
278	12YF311	高代	北部冬麦区	0.35	中抗
279	13YF375.3	高代	北部冬麦区	0.32	中抗
280	J148-2	高代	-	0.4	中抗
281	N7236	高代	北部冬麦区	0.34	中抗
282	NB4216	高代	北部冬麦区	0.36	中抗
283	NB844	高代	北部冬麦区	0.29	中抗
284	YH0500	高代	-	0.28	中抗
285	保丰 1311	高代	长江中下游冬麦区	0.31	中抗
286	11/2117	高代	新疆春冬兼播区	0.33	中抗

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
287	13/6158	高代	新疆春冬兼播区	0.33	中抗
288	14 初 080	高代	北部冬麦区	0.43	中抗
289	15-5437	高代	北部冬麦区	0.27	中抗
290	15S1404	高代	-	0.2	中抗
291	15S633-3	高代	-	0.28	中抗
292	16 初 65	高代	北部冬麦区	0.23	中抗
293	RC70	高代	西南冬麦区	0.23	中抗
294	SN2716	高代	北部冬麦区	0.33	中抗
295	河农 5183	高代	北部冬麦区	0.32	中抗
296	华 1235	高代	长江中下游冬麦区	0.46	中抗
297	华 1411	高代	长江中下游冬麦区	0.37	中抗
298	华 1463	高代	长江中下游冬麦区	0.31	中抗
299	华 2309	高代	长江中下游冬麦区	0.38	中抗
300	华 2320	高代	长江中下游冬麦区	0.3	中抗
301	济麦 38	高代	北部冬麦区	0.2	中抗
302	济麦 40	高代	北部冬麦区	0.38	中抗
303	济麦 41547	高代	北部冬麦区	0.49	中抗
304	济麦 41827	高代	北部冬麦区	0.31	中抗
305	济麦 50095	高代	北部冬麦区	0.42	中抗
306	济麦 50403	高代	北部冬麦区	0.21	中抗
307	济麦 50407	高代	北部冬麦区	0.22	中抗
308	济麦 50789	高代	北部冬麦区	0.21	中抗
309	济麦 64	高代	北部冬麦区	0.37	中抗
310	济麦 66	高代	北部冬麦区	0.4	中抗
311	济南 14P314	高代	北部冬麦区	0.24	中抗
312	冀麦 268	高代	北部冬麦区	0.4	中抗
313	科麦 1883	高代	北部冬麦区	0.34	中抗
314	农大 5695	高代	北部冬麦区	0.28	中抗
315	农大 5725	高代	北部冬麦区	0.23	中抗
316	农大 5726	高代	北部冬麦区	0.26	中抗
317	农大 5736	高代	北部冬麦区	0.47	中抗
318	山农 311201	高代	北部冬麦区	0.29	中抗
319	山农 410523	高代	北部冬麦区	0.35	中抗
320	山农 6045	高代	北部冬麦区	0.32	中抗
321	蜀麦 1646	高代	-	0.23	中抗
322	蜀麦 1661	高代	-	0.21	中抗
323	泰农 9862	高代	北部冬麦区	0.23	中抗
324	众信 6178	高代	北部冬麦区	0.39	中抗
325	众信 6285	高代	北部冬麦区	0.31	中抗
326	50068	高代	北部冬麦区	0.43	中抗
327	12YF305	高代	北部冬麦区	0.21	中抗
328	13YF369.2	高代	北部冬麦区	0.45	中抗

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
329	13YF381.2	高代	北部冬麦区	0.29	中抗
330	13YF409.2	高代	北部冬麦区	0.33	中抗
331	13YF663.2	高代	北部冬麦区	0.21	中抗
332	13YF881	高代	北部冬麦区	0.27	中抗
333	15A-183	高代	北部冬麦区	0.33	中抗
334	92R137	高代	-	0.22	中抗
335	BL228	高代	北部冬麦区	0.33	中抗
336	CD015J123	高代	西南冬麦区	0.22	中抗
337	CP01-39-1-3-2	高代	北部冬麦区	0.36	中抗
338	CP02-8-5-6-1	高代	北部冬麦区	0.36	中抗
339	Cp05-2-2-2-1-1F10	高代	北部冬麦区	0.34	中抗
340	Cp06-70-5-1-1-7F9	高代	北部冬麦区	0.21	中抗
341	Cp09-3-1-1-2-1F7	高代	北部冬麦区	0.26	中抗
342	Cp09-35-1-2-4F7	高代	北部冬麦区	0.36	中抗
343	Cp10-17-1-2F6	高代	北部冬麦区	0.21	中抗
344	G15-14	高代	-	0.46	中抗
345	G15-15	高代	-	0.29	中抗
346	LW15-B141	高代	-	0.23	中抗
347	LW15-B2976	高代	-	0.23	中抗
348	N237	高代	北部冬麦区	0.39	中抗
349	N301	高代	北部冬麦区	0.22	中抗
350	N311	高代	北部冬麦区	0.22	中抗
351	N820	高代	北部冬麦区	0.27	中抗
352	N8282	高代	北部冬麦区	0.27	中抗
353	N8283	高代	北部冬麦区	0.34	中抗
354	NB6134	高代	北部冬麦区	0.44	中抗
355	济麦 23	高代	北部冬麦区	0.4	中抗
356	PZ15-7	高代	-	0.39	中抗
357	北李麦 6 号	高代	北部冬麦区	0.25	中抗
358	13/6137	高代	新疆春冬兼播区	0.63	低抗
359	15A-138	高代	北部冬麦区	0.93	低抗
360	N7168	高代	北部冬麦区	0.52	低抗
361	河农 5135	高代	北部冬麦区	0.62	低抗
362	华 1023	高代	长江中下游冬麦区	0.83	低抗
363	华 2155	高代	长江中下游冬麦区	0.93	低抗
364	济南 15J033	高代	北部冬麦区	0.78	低抗
365	普冰 02	高代	北部冬麦区	0.61	低抗
366	山农 410698	高代	北部冬麦区	0.85	低抗
367	陕麦 99	高代	北部冬麦区	0.98	低抗
368	烟农 1212	高代	北部冬麦区	0.66	低抗
369	烟农 529	高代	北部冬麦区	0.71	低抗

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
370	郑麦 1345	高代	北部冬麦区	0.67	低抗
371	众信 4899	高代	北部冬麦区	0.57	低抗
372	05F4-402	高代	北部冬麦区	0.58	低抗
373	05F5-356	高代	北部冬麦区	0.88	低抗
374	13YF552.2	高代	北部冬麦区	0.82	低抗
375	13YF891.3	高代	北部冬麦区	0.58	低抗
376	13YF900.2	高代	北部冬麦区	0.5	低抗
377	CD0151655-10	高代	西南冬麦区	0.65	低抗
378	CD0151904-5	高代	西南冬麦区	0.65	低抗
379	CD015J036	高代	西南冬麦区	0.87	低抗
380	Cp10-14-1-4-1F6	高代	北部冬麦区	0.57	低抗
381	MR11-1	高代	北部冬麦区	0.86	低抗
382	N304	高代	北部冬麦区	0.93	低抗
383	N5176	高代	北部冬麦区	0.67	低抗
384	N748A	高代	北部冬麦区	0.56	低抗
385	N8263	高代	北部冬麦区	0.91	低抗
386	N8311	高代	北部冬麦区	0.54	低抗
387	NB839	高代	北部冬麦区	0.83	低抗
388	丰收 168	高代	北部冬麦区	0.78	低抗
389	15-6327	高代	北部冬麦区	0.58	低抗
390	15S2585-1	高代	-	0.56	低抗
391	LS434714	高代	北部冬麦区	0.5	低抗
392	N589B	高代	北部冬麦区	0.66	低抗
393	NB958	高代	北部冬麦区	0.83	低抗
394	SN2305	高代	北部冬麦区	0.8	低抗
395	SN2375	高代	北部冬麦区	0.68	低抗
396	衡 12-6098	高代	北部冬麦区	0.86	低抗
397	华 2550	高代	长江中下游冬麦区	0.71	低抗
398	华 2820	高代	长江中下游冬麦区	0.65	低抗
399	豫农 059186	高代	北部冬麦区	0.55	低抗
400	Cp07-14-2-1-2-2F8	高代	北部冬麦区	0.61	低抗
401	Cp07-7-14-2-4F6	高代	北部冬麦区	0.8	低抗
402	FY-1	高代	长江中下游冬麦区	0.6	低抗
403	N134	高代	北部冬麦区	0.63	低抗
404	N659	高代	北部冬麦区	0.58	低抗
405	Pm991148-5	高代	北部冬麦区	0.72	低抗
406	SN2363	高代	北部冬麦区	0.71	低抗
407	SN2363	高代	北部冬麦区	0.71	低抗
408	CD0151895-6	高代	西南冬麦区	0.61	低抗
409	Y15-591	高代	-	0.9	低抗
410	保麦 1466	高代	长江中下游冬麦区	0.55	低抗

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
411	航麦 2566	高代	北部冬麦区	0.57	低抗
412	15-5340	高代	北部冬麦区	0.99	感虫
413	河农 4161	高代	北部冬麦区	1.47	感虫
414	中信麦 98	高代	北部冬麦区	1.22	感虫
415	50067	高代	北部冬麦区	1.41	感虫
416	13YF552.1	高代	北部冬麦区	1.3	感虫
417	LW14-A1711	高代	-	1.28	感虫
418	LW15-B3046	高代	-	0.99	感虫
419	SN2723	高代	北部冬麦区	1.05	感虫
420	14/2157	高代	新疆春冬兼播区	1.2	感虫
421	14-5061	高代	北部冬麦区	1.01	感虫
422	14 初 036	高代	北部冬麦区	1	感虫
423	15S1513-5	高代	-	1.4	感虫
424	2010F6-440	高代	北部冬麦区	1.35	感虫
425	2010F6-442	高代	北部冬麦区	1.1	感虫
426	BC15YTJ1005	高代	北部冬麦区	1.05	感虫
427	LS5487	高代	北部冬麦区	1.2	感虫
428	SN2386	高代	北部冬麦区	1.24	感虫
429	SN2658	高代	北部冬麦区	1.24	感虫
430	衡杂 1506	高代	北部冬麦区	1.19	感虫
431	济麦 50269	高代	北部冬麦区	1.21	感虫
432	济麦 51	高代	北部冬麦区	1.17	感虫
433	济南 14J287	高代	北部冬麦区	1.44	感虫
434	济南 14P303	高代	北部冬麦区	1.27	感虫
435	冀麦 817	高代	北部冬麦区	1.24	感虫
436	农大 5714	高代	北部冬麦区	1.18	感虫
437	山农 B35-1	高代	北部冬麦区	1.18	感虫
438	石 12-4025	高代	北部冬麦区	1.1	感虫
439	石矮 1 号	高代	北部冬麦区	1.23	感虫
440	郑麦 1308	高代	北部冬麦区	1.3	感虫
441	中信麦 99	高代	北部冬麦区	1.08	感虫
442	07 黑初 2	高代	北部冬麦区	1.39	感虫
443	09F4-164	高代	北部冬麦区	1.24	感虫
444	14F4-354	高代	北部冬麦区	1.04	感虫
445	CD0151611-1	高代	西南冬麦区	1.25	感虫
446	CD0151623-2	高代	西南冬麦区	1.16	感虫
447	CD0151634-3	高代	西南冬麦区	1.38	感虫
448	CD0151655-2	高代	西南冬麦区	1.49	感虫
449	CD0151775-8	高代	西南冬麦区	1.16	感虫
450	CD0151897-2	高代	西南冬麦区	1.07	感虫
451	Cp06-63-5-1-3-1-5F9	高代	北部冬麦区	1.41	感虫
452	N8256	高代	北部冬麦区	1.16	感虫

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
453	邯 7050	高代	北部冬麦区	1.36	感虫
454	12F6-211	高代	北部冬麦区	2.33	高感
455	12S-52	高代	北部冬麦区	2	高感
456	JY08S2	高代	北部冬麦区	5.41	高感
457	JY11045	高代	北部冬麦区	3.91	高感
458	LS007TL	高代	北部冬麦区	2.26	高感
459	LS018R	高代	北部冬麦区	3.79	高感
460	LS031TL	高代	北部冬麦区	2.55	高感
461	LS048TL	高代	北部冬麦区	9.94	高感
462	LS434650	高代	北部冬麦区	2.85	高感
463	NB902	高代	北部冬麦区	2.46	高感
464	Y15-391	高代	-	3.24	高感
465	Y15-831	高代	-	2.57	高感
466	河农 4119	高代	北部冬麦区	2.13	高感
467	河农 5129	高代	北部冬麦区	4.64	高感
468	河农 5261	高代	北部冬麦区	4.8	高感
469	衡 11-6021	高代	北部冬麦区	2.84	高感
470	衡 1588	高代	北部冬麦区	1.99	高感
471	衡 Y12-3042	高代	北部冬麦区	6.46	高感
472	华 1033	高代	长江中下游冬麦区	3.89	高感
473	华 1439	高代	长江中下游冬麦区	1.69	高感
474	华 2244	高代	长江中下游冬麦区	2.3	高感
475	济麦 41842	高代	北部冬麦区	2.7	高感
476	济麦 50665	高代	北部冬麦区	3.67	高感
477	济麦 55	高代	北部冬麦区	2.24	高感
478	济南 15J008	高代	北部冬麦区	2.24	高感
479	济南 15J029	高代	北部冬麦区	3.49	高感
480	济南 15J042	高代	北部冬麦区	2.7	高感
481	冀麦 537	高代	北部冬麦区	4.16	高感
482	冀麦 602	高代	北部冬麦区	1.66	高感
483	轮选 266	高代	北部冬麦区	1.98	高感
484	农大 5700	高代	北部冬麦区	4.91	高感
485	农大 5705	高代	北部冬麦区	3.93	高感
486	农大 5718	高代	北部冬麦区	3.2	高感
487	农大 5735	高代	北部冬麦区	1.59	高感
488	农大 5740	高代	北部冬麦区	8.55	高感
489	农大 5752	高代	北部冬麦区	3.93	高感
490	农大 5754	高代	北部冬麦区	7.16	高感
491	农大 5756	高代	北部冬麦区	9.84	高感
492	农大 5757	高代	北部冬麦区	8.65	高感
493	农大 5758	高代	北部冬麦区	4.98	高感
494	农大 5759	高代	北部冬麦区	5.42	高感

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
495	农大 5761	高代	北部冬麦区	2.49	高感
496	农大 5762	高代	北部冬麦区	5.84	高感
497	农大 5763	高代	北部冬麦区	7.09	高感
498	农大 5764	高代	北部冬麦区	8.63	高感
499	山农 F4610	高代	北部冬麦区	3.36	高感
500	山农 I8899	高代	北部冬麦区	6.92	高感
501	山农 P6175	高代	北部冬麦区	4.27	高感
502	石 13-6579	高代	北部冬麦区	5.26	高感
503	蜀麦 1615	高代	-	2.3	高感
504	烟农 187	高代	北部冬麦区	9.17	高感
505	豫安 X208	高代	北部冬麦区	2.61	高感
506	郑麦 08H106	高代	北部冬麦区	1.97	高感
507	13YF442	高代	北部冬麦区	8.07	高感
508	13YF636.4	高代	北部冬麦区	3.22	高感
509	13YF674	高代	北部冬麦区	1.5	高感
510	13YF895.1	高代	北部冬麦区	3.34	高感
511	2015D204-3	高代	长江中下游冬麦区	2.46	高感
512	CD0151237-2	高代	西南冬麦区	8.19	高感
513	CD0151241-1	高代	西南冬麦区	5.75	高感
514	CD0151264-1	高代	西南冬麦区	7.37	高感
515	CD0151270-1	高代	西南冬麦区	4.1	高感
516	CD0151301-2	高代	西南冬麦区	5.45	高感
517	CD0151533-10	高代	西南冬麦区	6.27	高感
518	CD0151537-9	高代	西南冬麦区	2.58	高感
519	CD0151568-9	高代	西南冬麦区	7.59	高感
520	CD0151733-3	高代	西南冬麦区	3.67	高感
521	CD0151733-8	高代	西南冬麦区	2.21	高感
522	CD0151756-6	高代	西南冬麦区	2.26	高感
523	CD0151766-9	高代	西南冬麦区	8.26	高感
524	CD0151775-9	高代	西南冬麦区	4.94	高感
525	CD0151784-3	高代	西南冬麦区	6.78	高感
526	CD0151867-10	高代	西南冬麦区	4.65	高感
527	CD0151869-2	高代	西南冬麦区	5.68	高感
528	CD0151880-4	高代	西南冬麦区	4.42	高感
529	CD0151901-2	高代	西南冬麦区	3.7	高感
530	CD0151944-2	高代	西南冬麦区	5.13	高感
531	CD0151972-1	高代	西南冬麦区	5.28	高感
532	Cp08-17-8-2F6	高代	北部冬麦区	3.05	高感
533	Cp08-18-8-1-2-1F7	高代	北部冬麦区	2.17	高感
534	G15-12	高代	-	2.81	高感
535	G15-13	高代	-	1.87	高感
536	N375	高代	北部冬麦区	1.61	高感

序号 number	种质名称 Germplasm name	类型 Type	麦区 Classification	抗性 Resistance Index	抗性等级 Regionalization
537	N5100	高代	北部冬麦区	3.66	高感
538	NB8155	高代	北部冬麦区	3.91	高感
539	RC13	高代	西南冬麦区	3.84	高感
540	RC49	高代	西南冬麦区	1.7	高感
541	SN2650	高代	北部冬麦区	4.64	高感
542	CD0151899-7	高代	西南冬麦区	7.5	高感
543	LS434684	高代	北部冬麦区	1.54	高感
544	LS434709	高代	北部冬麦区	2.74	高感
545	邯 13-4470	高代	北部冬麦区	1.66	高感
546	济麦 52	高代	北部冬麦区	1.87	高感
547	农大 5755	高代	北部冬麦区	7.81	高感
548	石 11-7090-2	高代	北部冬麦区	3.28	高感
549	13YF409.1	高代	北部冬麦区	1.73	高感
550	CD011J33	高代	西南冬麦区	3.26	高感
551	CD0151631-6	高代	西南冬麦区	4.1	高感
552	Cp04-46-2-1-2-3-1F11	高代	北部冬麦区	2.2	高感
553	Cp06-41-2-1-1-2-1F7	高代	北部冬麦区	2.23	高感
554	G15-11	高代	-	3.33	高感
555	LS013SL	高代	北部冬麦区	1.57	高感
556	LW14-A2	高代	-	2.04	高感
557	SH1404	高代	长江中下游冬麦区	1.77	高感
558	华 2826	高代	长江中下游冬麦区	2.07	高感
559	山农 5H185	高代	北部冬麦区	2.25	高感
560	山农 B4646	高代	北部冬麦区	3.43	高感
561	CD0151898-5	高代	西南冬麦区	2.46	高感
562	华 1033	高代	长江中下游冬麦区	3.89	高感
563	邯 11-15276	高代	北部冬麦区	2.5	高感
564	东麦 1301	高代	长江中下游冬麦区	1.55	高感
565	丰德存麦 16 号	高代	北部冬麦区	8.55	高感
566	农大 5746	高代	北部冬麦区	5.09	高感