

基于 KASP 技术鉴定新疆春小麦材料抗病基因

贾永红 魏海鹏 曾潮武 刘俊 陈艳妮 李建疆 梁晓东

(新疆维吾尔自治区农业科学院作物研究所, 830091, 新疆乌鲁木齐)

摘要 鉴定了新疆春小麦的抗病性状功能基因分布,旨在为小麦抗病育种遗传改良提供材料。利用 KASP 技术对 549 份新疆春小麦材料的抗条锈病、抗叶锈病、抗白粉病及抗赤霉病性相关基因进行检测,结果显示,121 份材料携带 5 个占比较高的抗条锈病等位基因 (*QYrqin.nwafu-2AL*、*Yr29*、*QYrsn.nwafu-1BL*、*QYrqin.nwafu-6BS* 和 *Yr78*), 352 份材料携带 2 个占比较高的抗叶锈病等位基因 (*Lr67* 和 *Lr46*), 142 份材料携带 3 个占比较高的抗赤霉病等位基因 (*QFhb.hbaas-5AS*、*QFhb.hbaas-5AL* 和 *QFhb.caas-5AL*), 所有材料均未检测到 5 个抗白粉病基因 (*Pm12*、*Pm21*、*Pm2a*、*Pm5e* 和 *PmV*)。综上,新疆春小麦品种条锈病、叶锈病和赤霉病抗性基因频率较高,而白粉病抗源缺乏,育种中应注重引进并利用新的抗白粉病材料,以提高新疆春小麦抗病育种能力。

关键词 小麦; 抗病性; KASP; 标记检测

我国小麦种植面积、单产及产量均居世界前列^[1-2]。据国家统计局数据^[3],2023 年我国小麦种植面积达 2.36×10^7 hm^2 , 单产为 5.78×10^3 kg/hm^2 , 总产量达 1.37×10^8 t。然而,条锈病、叶锈病、白粉病及赤霉病作为小麦四大传统病害,每年对我国小麦产量和品质均造成严重影响,损失难以估量^[4]。据统计^[5],我国小麦白粉病常年发生面积约 7 万 hm^2 ,一般年份可导致小麦减产 10%~30%,大流行年份减产幅度甚至在 45%以上。在国家倡导农药减量化使用的背景下,培育筛选抗病种质资源对于从源头降低小麦病害影响、减少农药用量以及减轻环境压力至关重要且迫在眉睫^[6-7]。小麦品种的抗病性主要取决于其是否携带抗病基因,KASP 标记技术凭借其可靠、不受环境条件限制且操作简单的优势,能够快速高效地检测小麦抗病基因,目前已在小麦抗病基因分析与鉴定中得到广泛应用^[6-9]。研究人员运用 KASP 标记技术,对 84 个小麦抗条锈病基因 (*Yr26* 和 *Yr29* 等)、81 个抗叶锈病基因 (*Yr21* 和 *Yr29* 等)、63 个抗白粉病基因 (*Pm2a* 和 *Pm5e* 等)以及 7 个抗赤霉病基因 (*QFhb.hbaas-1AS* 和 *Fhb1-His* 等)进行筛选,为小麦抗病育种提供理论支持^[10-13]。王荣等^[8]通过检测 *Yr5* 和 *Yr9* 等 9 个抗条锈病基因标记,筛选出 115 份抗条锈病水平较高的种质资源;高洁等^[14]、高新等^[9]和闫金龙

等^[6]分别利用 KASP 标记技术对山东、新疆及晋东南地区的小麦品种进行基因检测,并将检测结果作为指导小麦育种的重要依据。目前,KASP 标记技术检测的材料多以当地主栽品种、育种骨干亲本及其衍生品系为主,而针对来源广泛的大批量小麦品种及育种亲本进行抗条锈病、叶锈病、白粉病及赤霉病多个基因的分子检测鲜有报道。本研究以 549 份新疆春小麦品种为材料,利用 KASP 标记技术探究不同春小麦品种抗病性状功能基因的分布情况,旨在为小麦抗病育种提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

供试材料为 549 份春小麦种质资源,其中地方品种 147 份,自育品种 402 份,保存于新疆维吾尔自治区农业科学院作物研究所(网络增强出版附加材料附表 1)。

1.2 试验方法

1.2.1 基因组 DNA 提取 每个材料选取 5 粒均匀饱满的小麦种子,置于一次性培养皿中,加水浸泡约 24 h,待种子露白后挑选生长一致的 3 粒种子,种植于装有育苗基质的塑料盆内,在人工气候室 (23 °C 光照/18 °C 黑暗,16 h 光照/8 h 黑暗)培养 7 d 后,每株取 3 个叶片,称取 0.5 g 叶片,将其剪

作者简介:贾永红,研究方向为春小麦育种与栽培,E-mail:jiayonghong043@163.com

李建疆为通信作者,研究方向为春小麦育种与栽培,E-mail:lijxj@126.com;梁晓东为共同通信作者,研究方向为春小麦育种与栽培,E-mail:lxj@126.com

基金项目:庭州科技创新团队项目(引领型)“小麦种质资源表型、功能基因标记鉴定与应用创新团队”(2023CT01);新疆维吾尔自治区重点研发计划项目课题“优质抗逆稳产小麦新品种选育与推广”(2023B02006)

收稿日期:2024-10-09;修回日期:2024-12-03;网络出版日期:2025-04-09

碎后装入 2 mL 离心管中，置于 -20 °C 条件下暂时保存，后续进行 DNA 提取。

1.2.2 KASP 标记检测 标记 21 个条锈病相关基因：*Yr5*、*Yr26*、*Yr29*、*Yr30*、*Yr75*、*Yr78*、*Yr80*、*Yr82*、*YrZH58*、*YrSP*、*QYrsn.nwafu-1BL*、*QYrxn.nwafu-1BL*、*QYrsn.nwafu-2AS*、*QYrqin.nwafu-2AL*、*QYrh.mwafu-2BC*、*QYrqin.nwafu-2BL*、*QYr.nwafu-3BS*、*QYrsn.nwafu-3DL*、*QYr.nwafu-4BL*、*QYrsn.nwafu-6BS* 和 *QYrqin.nwafu-6BS*；7 个叶锈病相关基因：*Lr13*、*Lr21*、*Lr37*、*Lr46*、*Lr67*、*Lr68* 和 *Lr80*；5 个白粉病相关基因：*Pm12*、*Pm21*、*Pm2a*、*Pm5e* 和 *PmV*；6 个赤霉病相关基因：*QFhb.hbaas-1AS*、*Fhb1-His*、*QFhb.caas-3BL*、*QFhb.hbaas-5AS*、*QFhb.hbaas-5AL* 和 *QFhb.caas-5AL*。

2 结果与分析

2.1 条锈病抗性基因检测

由 21 个条锈病相关微效基因的 KASP 分布（表 1）可知，感条锈病等位基因中 13 个占比较高，分布频率从高到低依次为 *YrSP*（93.99%）、

QYr.nwafu-4BL（89.98%）、*QYrsn.nwafu-6BS*（87.80%）、*Yr82*（85.25%）、*QYrqin.nwafu-2BL*（78.14%）、*Yr5*（76.68%）、*QYrsn.nwafu-3DL*（74.50%）、*Yr26*（73.59%）、*QYrsn.nwafu-2AS*（68.12%）、*YrZH58*（65.94%）、*QYrxn.nwafu-1BL*（62.66%）、*Yr75*（56.83%）和 *Yr80*（50.09%）。筛选出含有上述 13 个等位基因的种质资源 12 份，其中地方品种 2 份（新春 48 号和粮春 1242），自育品种 10 份（2019J/7、2019Z/891、2134、J/34、J/47、Z/152、Z/206、Z/1014、Z/1015 和 Z/1023）。抗条锈病等位基因中 5 个占比较高，分布频率从高到低依次为 *QYrqin.nwafu-2AL*（99.82%）、*Yr29*（99.64%）、*QYrsn.nwafu-1BL*（67.94%）、*QYrqin.nwafu-6BS*（65.94%）和 *Yr78*（55.01%）。筛选出含有上述 5 个等位基因的种质资源 121 份，其中地方品种 21 份，自育品种 100 份。此外，*QYr.nwafu-3BS* 基因杂合型材料 375 份，分布频率为 68.31%；*Yr30* 和 *QYrsn.nwafu-2AS* 基因缺失材料分别有 192 和 139 份，分布频率分别为 34.97% 和 25.32%。

表 1 条锈病抗性基因的 KASP 检测结果
Table 1 KASP detection results of stripe rust resistance genes

基因 Gene	感病 Susceptible		抗病 Disease-resistant		杂合型 Heterozygous		缺失值 NA		未知功能 Unknown function	
	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)
<i>Yr5</i>	421	76.68	95	17.30	33	6.01	0	0.00	0	0.00
<i>Yr26</i>	404	73.59	142	25.87	3	0.55	0	0.00	0	0.00
<i>Yr29</i>	2	0.36	547	99.64	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Yr30</i>	100	18.21	252	45.90	5	0.91	192	34.97	0	0.00
<i>Yr75</i>	312	56.83	230	41.89	7	1.28	0	0.00	0	0.00
<i>Yr78</i>	246	44.81	302	55.01	1	0.18	0	0.00	0	0.00
<i>Yr80</i>	275	50.09	270	49.18	4	0.73	0	0.00	0	0.00
<i>Yr82</i>	468	85.25	74	13.48	7	1.28	0	0.00	0	0.00
<i>YrZH58</i>	362	65.94	183	33.33	4	0.73	0	0.00	0	0.00
<i>YrSP</i>	516	93.99	0	0.00	0	0.00	33	6.01	0	0.00
<i>QYrsn.nwafu-1BL</i>	134	24.41	373	67.94	7	1.28	35	6.38	0	0.00
<i>QYrxn.nwafu-1BL</i>	344	62.66	203	36.98	2	0.36	0	0.00	0	0.00
<i>QYrsn.nwafu-2AS</i>	374	68.12	32	5.83	4	0.73	139	25.32	0	0.00
<i>QYrqin.nwafu-2AL</i>	1	0.18	548	99.82	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>QYrh.mwafu-2BC</i>	40	7.29	140	25.50	2	0.36	1	0.18	0	0.00
<i>QYrqin.nwafu-2BL</i>	429	78.14	86	15.66	31	5.65	3	0.55	0	0.00
<i>QYr.nwafu-3BS</i>	7	1.28	166	30.24	375	68.31	1	0.18	0	0.00
<i>QYrsn.nwafu-3DL</i>	409	74.50	133	24.23	5	0.91	0	0.00	0	0.00
<i>QYr.nwafu-4BL</i>	494	89.98	52	9.47	3	0.55	0	0.00	0	0.00
<i>QYrsn.nwafu-6BS</i>	482	87.80	47	8.56	16	2.91	4	0.73	0	0.00
<i>QYrqin.nwafu-6BS</i>	182	33.15	362	65.94	5	0.91	0	0.00	0	0.00

2.2 叶锈病抗性基因检测

由 7 个叶锈病相关微效基因的 KASP 分布（表

2）可知，感叶锈病等位基因中 4 个占比较高，分布频率从高到低依次为 *Lr21*（99.82%）、*Lr80*

(99.64%)、*Lr68* (83.42%) 和 *Lr37* (71.95%)。筛选出含有上述 4 个等位基因的种质资源 368 份，其中地方品种 134 份，自育品种 234 份。抗叶锈病等位基因中 *Lr67* 和 *Lr46* 占比较高，分别为 99.82% 和 64.12%，筛选出含有上述 2 个等位基因的种质

资源 352 份，其中地方品种 70 份，自育品种 282 份。所有材料均未检测到抗叶锈病等位基因 *Lr21*，说明在新疆春小麦品种中抗叶锈病等位基因 *Lr21* 利用频率低；此外，*Lr13* 基因缺失材料 253 份，分布频率为 46.08%。

表 2 叶锈病抗性基因的 KASP 检测结果
Table 2 KASP detection results of leaf rust resistance genes

基因 Gene	感病 Susceptible		抗病 Disease-resistant		杂合型 Heterozygous		缺失值 NA		未知功能 Unknown function	
	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)
<i>Lr13</i>	254	46.27	37	6.74	5	0.91	253	46.08	0	0.00
<i>Lr21</i>	548	99.82	0	0.00	0	0.00	1	0.18	0	0.00
<i>Lr37</i>	395	71.95	151	27.50	2	0.36	1	0.18	0	0.00
<i>Lr46</i>	195	35.52	352	64.12	2	0.36	0	0.00	0	0.00
<i>Lr67</i>	0	0.00	548	99.82	0	0.00	1	0.18	0	0.00
<i>Lr68</i>	458	83.42	87	15.85	3	0.55	1	0.18	0	0.00
<i>Lr80</i>	547	99.64	0	0.00	0	0.00	2	0.36	0	0.00

2.3 白粉病抗性基因检测

由 5 个白粉病相关微效基因的 KASP 分布 (表 3) 可知，感白粉病等位基因中 5 个占比较高，分布频率从高到低依次为 *Pm2a* (100.00%)、*Pm21* (99.82%)、*PmV* (99.09%)、*Pm12* (98.91%)

和 *Pm5e* (84.88%)。筛选出含有上述 5 个等位基因的种质资源 464 份，其中地方品种 130 份，自育品种 334 份。所有材料中均未检测到抗白粉病等位基因，说明在新疆春小麦品种中抗白粉病等位基因 *Pm12*、*Pm21*、*Pm2a*、*Pm5e* 和 *PmV* 利用频率低。

表 3 白粉病抗性基因的 KASP 检测结果
Table 3 KASP detection results of powdery mildew resistance genes

基因 Gene	感病 Susceptible		抗病 Disease-resistant		杂合型 Heterozygous		缺失值 NA		未知功能 Unknown function	
	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)
<i>Pm12</i>	543	98.91	0	0.00	0	0.00	6	1.09	0	0.00
<i>Pm21</i>	548	99.82	0	0.00	1	0.18	0	0.00	0	0.00
<i>Pm2a</i>	549	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Pm5e</i>	466	84.88	0	0.00	0	0.00	83	15.12	0	0.00
<i>PmV</i>	544	99.09	0	0.00	0	0.00	5	0.91	0	0.00

2.4 赤霉病抗性基因检测

由 6 个赤霉病相关微效基因的 KASP 分布 (表

4) 可知，感赤霉病等位基因中 2 个占比较高，分别为 *QFhb.caas-3BL* (92.53%) 和 *QFhb.hbaas-1AS*

表 4 赤霉病抗性基因的 KASP 检测结果
Table 4 KASP detection results of *Fusarium* head blight resistance genes

基因 Gene	感病 Susceptible		抗病 Disease-resistant		杂合型 Heterozygous		缺失值 NA		未知功能 Unknown function	
	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)	数量 Number	频率 Frequency (%)
<i>QFhb.caas-3BL</i>	508	92.53	40	7.29	0	0.00	1	0.18	0	0.00
<i>QFhb.caas-5AL</i>	268	48.82	275	50.09	5	0.91	0	0.00	0	0.00
<i>QFhb.hbaas-1AS</i>	432	78.69	0	0.00	2	0.36	0	0.00	115	20.95
<i>QFhb.hbaas-5AS</i>	115	20.95	432	78.69	2	0.36	0	0.00	0	0.00
<i>QFhb.hbaas-5AL</i>	135	24.59	411	74.86	3	0.55	0	0.00	0	0.00
<i>Fhb1-His</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.18	548	99.82

(78.69%)。筛选出含有上述2个等位基因的种质资源410份,其中地方品种112份,自育品种298份。抗赤霉病等位基因中3个占比较高,分布频率从高到低依次为 *QFhb.hbaas-5AS* (78.69%)、*QFhb.hbaas-5AL* (74.86%) 和 *QFhb.caas-5AL* (50.09%)。筛选出含有上述3个等位基因的种质资源142份,其中地方品种18份(新春16号、新春23号、新春28号、新春32号、新春37号、新春38号、新春47号、新春51号、618、10037、758、X-222、2008-4、悬春1802、1511、SC218、2007-96和SD13-3),自育品种124份。所有材料均未检测到抗赤霉病等位基因 *QFhb.hbaas-1AS* 和 *Fhb1-His*,说明在新疆春小麦品种中抗赤霉病等位基因 *QFhb.hbaas-1AS* 和 *Fhb1-His* 利用频率低;此外, *Fhb1-His* 基因未知功能材料548份,分布频率为99.82%。

3 讨论

KASP标记技术由英国KBioscience公司研发,凭借检测简单快速、高效准确和成本低廉等优势,在主要农作物的种质资源鉴定、分子标记辅助育种及种子纯度鉴定等领域得到广泛应用^[15-17]。目前,针对小麦种质资源各类性状相关基因的等位变异已开发出多个KASP功能标记,对小麦遗传育种研究具有极高的应用价值^[18]。王君婵等^[19]利用KASP功能标记检测,发现扬麦系列品种(系)中存在与粒重和穗发芽等重要性状相关的功能基因,为优良品种选育提供参考,同时缩短了小麦育种周期,提高育种效率。Rubab等^[20]结合KASP功能标记检测与小麦表型性状鉴定,筛选出抗旱性较好的亲本材料,为抗旱育种提供了重要依据。单子龙等^[21]利用KASP功能标记检测河北省小麦品质相关的重要功能基因,为当地小麦品质改良提供了思路。

本研究采用KASP功能标记对549份来自不同地区的小麦种质资源进行检测,筛选出121份抗条锈病、352份抗叶锈病及142份抗赤霉病的种质资源,为新疆小麦抗病品种的培育与引进提供了参考。王荣等^[8]利用SSR标记鉴定,发现在表现稳定抗病的材料中,条锈病抗性基因 *Yr10*、*Yr17*、*Yr18*、*Yr65* 和 *Yr67* 占比较高。本研究筛选出5个分布频率较高的抗条锈病基因,其中 *QYrqin.nwafu-2AL* 分布频率最高(99.82%), *Yr29* 分布频率也较高(99.64%), *Yr26* 分布频率为25.87%,未检测到

携带 *YrSP* 的材料,与周警卫等^[22]研究结果相似。闫金龙等^[6]通过KASP功能标记检测晋东南地区47个品种(系),发现4份材料携带抗叶锈病基因 *Lr46*,占总参试材料的8.5%,12份携带基因 *Lr68*,占比25.5%,未检测到基因 *Lr34*,仅1份材料携带白粉病抗性基因 *Pm21*。本研究发现,352份材料携带 *Lr46* (占比64.12%),87份携带 *Lr68* (占比15.85%),未检测到携带 *Lr21* 及 *Pm21* 的材料。杨迪等^[5]对194份小麦品种(系)的抗白粉病基因检测发现,仅1份材料携带基因 *Pm21*,未检测到基因 *Pm2a*、*Pm5e* 和 *PmV*。然而,李玮等^[7]对140份材料检测,未发现基因 *Pm12*,本研究中同样未检测到携带 *Pm12* 的材料。汪尊杰等^[23]和张琪琪等^[24]分别对414个小麦品系和81份材料进行抗赤霉病基因检测,发现携带 *Fhb1* 的材料较少。本研究未检测到携带赤霉病抗性基因 *Fhb1-His* 的材料,与邓清燕等^[25]和张华等^[26]的研究结果相似。此外,本研究也未检测到携带赤霉病抗性基因 *QFhb.hbaas-1AS* 的材料,但发现549份材料中,赤霉病抗性基因 *QFhb.hbaas-5AL* (74.86%) 和 *QFhb.hbaas-5AS* (78.69%) 分布频率较高。

4 结论

利用KASP标记技术检测549份新疆春小麦材料,其中,121份材料携带5个占比较高的抗条锈病等位基因(*QYrqin.nwafu-2AL*、*Yr29*、*QYrsn.nwafu-1BL*、*QYrqin.nwafu-6BS* 和 *Yr78*),352份材料携带2个占比较高的抗叶锈病等位基因(*Lr67* 和 *Lr46*),142份材料携带3个占比较高的抗赤霉病等位基因(*QFhb.hbaas-5AS*、*QFhb.hbaas-5AL* 和 *QFhb.caas-5AL*),所有材料均未检测到5个抗白粉病基因(*Pm12*、*Pm21*、*Pm2a*、*Pm5e* 和 *PmV*)。新疆春小麦品种条锈病、叶锈病和赤霉病抗性基因频率较高,而白粉病抗源缺乏,育种中应注重引进并利用新的抗白粉病材料,以提高新疆春小麦抗病育种能力。

参考文献

- [1] 高福,王睿,刘东军,等.黑龙江省88份小麦品种(系)抗秆锈基因鉴定及抗性评价.中国农业科学,2024,57(13):2568-2582.
- [2] 闫书味,白尼玛,潘鑫,等.2022年河南省小麦茎基腐病和赤霉病病原种群分离鉴定.麦类作物学报,2024,44(5):667-674.
- [3] 国家统计局.国家统计局关于2023年粮食产量数据的公告.(2023-12-11)[2024-10-09].https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202312/content_6919545.htm.
- [4] 程蓬,郭璇,辛秀丽,等.83份西农系小麦品种(系)抗性鉴

- 定及抗病基因分子检测. 植物保护学报, 2024, 51(1): 237-248.
- [5] 杨迪, 李岩佳, 蔡奇昌, 等. 194 份小麦品种 (系) 抗条锈性和白粉性评价及抗病基因检测. 植物病理学报, 2025, 55(2): 261-269.
- [6] 闫金龙, 张东旭, 冯丽云, 等. 晋东南小麦品种 (系) 部分抗病基因的 KASP 标记检测. 作物杂志, 2024(4): 90-95.
- [7] 李玮, 宋国琦, 张迎迎, 等. 小麦四个抗白粉病基因的 KASP 标记检测. 山东农业科学, 2024, 56(5): 36-41.
- [8] 王荣, 程宇坤, 白斌, 等. 新疆小麦品种 (系) 条锈病抗性与抗病基因分析. 麦类作物学报, 2024, 44(11): 1423-1430.
- [9] 高新, 时佳, 王春生, 等. 基于 KASP 技术鉴定新疆小麦抗病性相关基因. 新疆农业科学, 2024, 61(3): 584-590.
- [10] Xu X Y, Kolmer J, Li G Q, et al. Identification and characterization of the novel leaf rust resistance gene *Lr81* in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 2022, 135(8): 2725-2734.
- [11] Li J B, Dundas I, Dong C M, et al. Identification and characterization of a new stripe rust resistance gene *Yr83* on rye chromosome 6R in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 2020, 133(4): 1095-1107.
- [12] Wang H W, Sun S L, Ge W Y, et al. Horizontal gene transfer of *fhb7* from fungus underlies *Fusarium* head blight resistance in wheat. *Science*, 2020, 368(6493): 5435.
- [13] He H G, Liu R K, Ma P T, et al. Characterization of *Pm68*, a new powdery mildew resistance gene on chromosome 2BS of Greek durum wheat TRI 1796. *Theoretical and Applied Genetics*, 2021, 134(1): 53-62.
- [14] 高洁, 王富延, 宋国琦, 等. 旱地小麦区试品系中抗早高产相关基因的 KASP 标记检测. 山西农业科学, 2024, 52(4): 9-15.
- [15] Semagn K, Babu R, Hearne S, et al. Single nucleotide polymorphism genotyping using Kompetitive Allele Specific PCR (KASP): overview of the technology and its application in crop improvement. *Molecular Breeding*, 2014, 33(1): 1-14.
- [16] 吕洪坤, 向小华, 夏长剑, 等. 基于 KASP 标记的雪茄烟品种遗传多样性分析. 分子植物育种. (2024-03-27)[2024-10-09]. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20240325.1748.008>.
- [17] 王攀. 植物分子标记高通量快速检测技术的研究进展. 中国种业, 2024(7): 17-22.
- [18] 赵越, 孙宇峰, 徐磊, 等. KASP 标记技术在作物基因定位中的应用进展. 北方园艺, 2023(19): 122-127.
- [19] 王君婵, 吴旭江, 胡文静, 等. 扬麦系列品种 (系) 重要性状功能基因的 KASP 检测. 江苏农业学报, 2019, 35(6): 1271-1283.
- [20] Rubab M, Jannat S, Freeg H, et al. Evaluation of functional kompetitive allele-specific PCR (KASP) markers for selection of drought-tolerant wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. *Functional Plant Biology*, 2023, 51(1): 23032.
- [21] 单子龙, 班进福, 赵彦坤, 等. 河北省小麦品质相关基因的 KASP 标记检测. 作物杂志, 2020(4): 64-71.
- [22] 周警卫, 叶博伟, 张朋飞, 等. 国内外 153 份小麦种质条锈病抗性鉴定与评价. 中国农业科学, 2024, 57(1): 18-33.
- [23] 汪尊杰, 胡文静, 高德荣, 等. 长江中下游小麦新品系赤霉病和白粉病抗性评估与抗病基因检测. 麦类作物学报, 2025, 45(2): 175-187.
- [24] 张琪琪, 刘方方, 万映秀, 等. 小麦新品系赤霉病抗性鉴定及基因效应分析. 麦类作物学报, 2024, 44(5): 567-576.
- [25] 邓清燕, 罗江陶, 郑建敏, 等. 四川抗赤霉病小麦品种 (系) 抗病基因检测. 西南农业学报, 2023, 36(3): 575-583.
- [26] 张华, 任勇, 何员江, 等. 153 份四川小麦主推品种和后备品系抗病基因的分子检测. 麦类作物学报, 2022, 42(1): 26-35.

Identification of Disease Resistant Genes in Xinjiang Spring Wheat Materials Based on KASP Technology

Jia Yonghong, Wei Haipeng, Zeng Chaowu, Liu Jun, Chen Yanni, Li Jianjiang, Liang Xiaodong

(Institute of Grain Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, Xinjiang, China)

Abstract To identify the distribution of disease resistance functional genes in Xinjiang spring wheat materials and provide materials for genetic improvement of wheat disease resistance breeding, KASP technology was employed to detect genes associated with resistance to stripe rust, leaf rust, powdery mildew, and *Fusarium* head blight in 549 Xinjiang spring wheat materials. The results showed that 121 materials carried five stripe rust resistance alleles with relatively high frequencies (*QYrqin.nwafu-2AL*, *Yr29*, *QYrsn.nwafu-1BL*, *QYrqin.nwafu-6BS*, *Yr78*); 352 materials carried two leaf rust resistance alleles with relatively high frequencies (*Lr67*, *Lr46*); and 142 materials carried three *Fusarium* head blight resistance alleles with relatively high frequencies (*QFhb.Hbaas-5AS*, *QFhb.hbaas-5AL*, *QFhb.caas-5AL*). No presence of the five powdery mildew resistance genes (*Pm12*, *Pm21*, *Pm2a*, *Pm5e*, *PmV*) was detected in any of the materials. In summary, Xinjiang spring wheat varieties exhibited high frequencies of resistance genes for stripe rust, leaf rust, and *Fusarium* head blight, but a notable lack of resistance sources for powdery mildew. Therefore, it is crucial to focus on introducing and utilizing new powdery mildew resistant materials to improve the disease resistance breeding capacity of Xinjiang spring wheat.

Key words Wheat; Disease resistance; KASP; Marker detection