



车京玉,邵立刚,李长辉,等.分子辅助育种在抗赤霉病种质创新中的应用[J].黑龙江农业科学,2020(2):17-23.

分子辅助育种在抗赤霉病种质创新中的应用

车京玉,邵立刚,李长辉,马 勇,张起昌,刘宁涛,田 超,尹雪巍

(黑龙江省农业科学院 克山分院,黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘要:近年来,赤霉病已经蔓延到北美洲及欧洲大部分地区,成为一种世界性的小麦病害。在我国长江中下游、华南冬麦区及东北春麦区小麦赤霉病危害严重。为促进小麦赤霉病抗性育种,以感赤霉病小麦品种龙麦 33 为受体亲本(轮回亲本),以抗赤霉病小麦品种克春 5 号为供体亲本,利用与赤霉病紧密连锁的 SSR 分子标记 Xgwm533、Xgwm493 进行辅助选择,结合田间选择法构建 70 份回交导入系群体,在不同生态环境条件下鉴定其赤霉病抗性。结果表明:通过单花滴注注射法接种,在 70 份回交导入系材料中筛选出了赤霉病抗性水平达到中抗以上的材料 2 份。回交导入系在黑龙江省农业科学院克山分院试验地环境下自然发病较重,其次为九三管局科研所环境,内蒙古拉布大林农场环境下发病较轻,主要影响因素为小麦开花期 6 月的降水量和平均温度。

关键词:分子辅助育种;小麦赤霉病;种质创新

近年来,赤霉病已经蔓延到北美洲及欧洲大部分地区,成为一种世界性的小麦病害。在我国长江中下游、华南冬麦区及东北春麦区小麦赤霉病危害严重,并且有逐渐加重的趋势。每年受害面积超过 700 万 hm^2 ,产量损失达 10%~40%^[1]。

小麦赤霉病已危及到食品的安全。为解决这一问题,人们首先考虑到化学防治。喷洒杀菌剂确实可以在一定程度上控制小麦赤霉病危害。目前,药剂防治对控制赤霉病的发生和流行取得了一定的成效,但因成本和环境问题,选育抗病品种依然是最经济有效的途径^[2]。因此,开展抗赤霉病育种是解决小麦赤霉病问题最有前途的策略^[3],小麦赤霉病抗源的鉴定、筛选和创新是进行小麦赤霉病育种的前途和基础。目前,一系列 DNA 标记,如 RFLP、AFLP、SSR 等已经被应用到赤霉病抗性的 QTL 定位中。Xgwm533、Xgwm493 和 Xbarc133 已经得到公认,可以直接用于分子标记^[4-6]。

苏麦 3 号是世界上公认的抗病品种。陈建莉^[7]以苏麦 3 号为共同亲本,与 3 个感病品种杂交,发现 3 个组合的 F_2 抗感比例为 3:1, B_1 (与抗

亲回交)很少有感病株分离, B_2 (与感亲回交) 抗感分离为 1:1, 认为苏麦 3 号的抗性遗传差异由 1 对主效基因控制,且表现为部分显性。

小麦赤霉病是典型的气候性病害,2012 年以来无论南方还是北方赤霉病发病率普遍较高,主要原因为主产区小麦抗病性差,其次 6 月中旬至 7 月上旬出现连雨天气,恰逢小麦处于抽穗扬花期,也是易感生育期。当此期平均气温在 15 $^{\circ}\text{C}$ 以上,有 2 d 及 2 d 以上连阴雨日出现,只要有一旬降水量达 30 mm 以上,空气相对湿度 $\geq 75\%$, 该年小麦赤霉病就会偏重发生^[8]。

随着分子生物学的迅速发展,使分子标记辅助选择技术应用于小麦赤霉病抗性改良成为可能。通过分子标记辅助选择有望提高小麦赤霉病抗性改良的工作效率。本研究主要针对黑龙江省农业科学院作物育种所培育的龙麦 33 优质强筋、高产,但不抗赤霉病特点,利用分子辅助育种把高产、抗赤霉病的克春 5 号(具有抗赤霉病的苏麦 3 号血缘)小麦抗性基因导入到感病品种中,改良龙麦 33 的抗病性,通过不同生态环境条件下鉴定其赤霉病抗性,筛选出优质强筋、高产、抗病的品种(系),为小麦赤霉病抗性育种的分子标记辅助选择和不同抗性基因的聚合育种提供参考依据以及为恢复黑龙江省小麦面积提供有力保障。

1 材料与方法

1.1 材料

高产优质强筋小麦龙麦 33,由黑龙江省农业科学院作物育种研究所育成,感赤霉病;高产小麦

收稿日期:2019-12-11

基金项目:科技部七大农作物育种专项(2017YFD0101000);国家小麦产业技术体系克山综合试验站(CARS-3);齐齐哈尔科技局(NYGG-201721);科技部小麦双减项目(2018YFD0200407)。

第一作者:车京玉(1971-),女,博士,副研究员,从事春小麦育种及栽培技术研究。E-mail:keshanxiaomai@163.com。

通信作者:邵立刚(1965-),男,硕士,研究员,硕导,从事小麦遗传育种栽培研究。E-mail:keshanxiaomai@163.com。

克春5号,由黑龙江省农业科学院克山分院育成,中抗赤霉病。

1.2 方法

1.2.1 回交导入系的构建 利用与赤霉病紧密连锁的 SSR 分子标记 Xgwm533、Xgwm493 和 Xbarc133(表 1)进行辅助选择,构建抗赤霉病回交导入系群体。

表 1 SSR 引物名称和序列

Table 1 SSR primer name and sequence

引物名称	位点	序列
Primer name	Sites	Sequence
Xbarc133	3BS	5' AGCGCTCGAAAAGTCAG 3'
		5' GGCAGGTCCAACCTCCAG 3'
Xgwm493	3BS	5' TTCCATAACTAAAACCGCG 3'
		5' GGAACATCATTCTGGACTTTG 3'
Xgwm533	3BS	5' AAGGCGAATCAAACGGAATA 3'
		5' GTTGCTTTAGGGGAAAAGCC 3'

(1)小麦叶片 DNA 提取采用 CTAB 法(参照 Aldtich 等 1993)并改进

①取小麦嫩叶加液氮研碎后,放入 1.5 mL 离心管中(0.1~0.5 刻度间即可);

②加入 700 μ L 65 $^{\circ}$ C 预热的 DNA 提取液,加入蛋白酶 K 倒置多次至混合均匀后,放于 65 $^{\circ}$ C 水浴锅中保温水浴 60 min,保温水浴期间要将离心管上下颠倒几次(每 15 min 倒置 1 次),使反应完全;

③取出离心管,加入 700 μ L 24:1(V/V)酚-氯仿溶液,在室温下 12 000 r \cdot min $^{-1}$ 离心 15 min;

④取上清液移至另一个离心管中,加入等体积酚-氯仿溶液重新抽提 1 次,倒置几次混合均匀,12 000 r \cdot min $^{-1}$ 离心 15 min;

⑤取上清液移至另一个离心管中后,加 50 μ L RNase(10 mg \cdot mL $^{-1}$)室温下放置 30 min;

⑥加等体积预冷的异丙醇(-20 $^{\circ}$ C),放入 -20 $^{\circ}$ C 冰箱中静置 20~30 min;(注意:加入上清时要尽量缓慢,防止沉淀好的 DNA 被破坏);

⑦将沉淀成絮状的 DNA 挑出,放入另一个离心管中;

⑧用无水乙醇洗涤 1 次,以去除异丙醇,最后用 70%酒精洗涤 1 次;

⑨倒置于滤纸上晾干,后加入适量灭菌的 ddH $_2$ O 溶解 DNA,待完全溶解后 -20 $^{\circ}$ C 冰箱中保存。

(2)PCR 扩增与电泳检测

PCR 扩增反应采用 15 μ L 反应体系:30 ng

总 DNA,1.5 μ mol \cdot L $^{-1}$ 引物(包括上游引物和下游引物),2.5 μ mol \cdot L $^{-1}$ dNTP,1.5 μ L 10 \times buffer,1 U Taq 酶,用超纯水补足 15 μ L。

PCR 反应在 T-Gradient 进行,扩增条件为 95 $^{\circ}$ C 预变性 5 min,进入循环:94 $^{\circ}$ C 变性 30 s;45~49 $^{\circ}$ C 复性 30 s(退火温度依据不同引物温度不同);72 $^{\circ}$ C 延伸 30 s;循环 35 次后在 72 $^{\circ}$ C 延伸 5 min,置于 4 $^{\circ}$ C 下保存。

(3)电泳检测

制作 6%的聚丙烯酰胺标准测序胶,预电泳 10~15 min;每个 SSR 反应体系加上 2 μ L 甲酰胺双色 Loading Buffer(在 PCR 板上),置于 PCR 仪中 95 $^{\circ}$ C 变性 5 min,然后放入冰盒中冷却;点样:点入变性后的 DNA 扩增产物 4.0~4.5 μ L,在 1 800 V 恒电压下(电泳槽采用北京六一厂 DYIII-88A 型)电泳约 1.5~2.0 h。

(4)银染及显影

电泳完成后,将凝胶置于 1.5 L 1% AgNO $_3$ 染色液中银染 20~30 min(避光),去离子水漂洗 30 s,置于显影液中显影 15 min 左右,清水漂洗 2 min,读带型。

(5)基因型统计

本试验将受体亲本龙麦 33 带型记为 1,供体亲本克春 5 号带型记为 2,双亲杂合带型为 3,缺失或模糊带型记为 0。

1.2.2 田间试验设计 采用随机排列方法,3 次重复。70 份回交导入系群体每份材料每次重复种一穴,一穴 10 粒。

1.2.3 接种鉴定方法 2018 年在克山分院试验地对 70 份回交导入系进行单花滴注法接种鉴定小麦赤霉病的抗性。在小麦扬花期,每份材料选取 5 穗接种,接种穗以剪芒做标记,并挂接种日期标签,以便于日后调查。

1.2.4 自然发病鉴定方法 2018 年分别在克山分院试验地、九三管局科研所、内蒙古拉布大林农场等不同环境条件下对 70 份回交导入系调查赤霉病自然发病情况。

1.2.5 调查项目及方法 不同环境条件下的小麦生育期降水量、温度、湿度;不同环境条件下自然发病穗数及每穗发病小穗数;接种后 21 d,调查接种穗每穗发病小穗数,以每穗病小穗数为参数评价供试材料的赤霉病抗性。计算每个株系的平均病小穗率。病小穗率:发病的小麦小穗数占总小穗数的比率。病级:根据病小穗率确定发病级别,标准详见表 2。

病穗率:发病的小麦穗数占调查总穗数的比率。

病情指数:病害发生的普遍性和严重程度的综合指标,用以表示病害发生的平均水平。

$$I = \frac{\sum (hi \times i)}{H \times 4} \times 100$$

式中: I 为病情指数; hi 为各级严重度对应病穗数; i 为病情严重度各级值; H 为调查总穗数。

抗病类型划分标准见表 3。

表 2 赤霉病定级标准

级别 Grade	表现 Performance
0 级	不发病
1 级	发病小穗占全穗 1/4 以下
2 级	发病小穗占全穗 1/4~1/2
3 级	发病小穗占全穗 1/2~3/4
4 级	发病小穗占全穗 3/4 以上

表 3 小麦品种抗赤霉病性类型划分标准
Table 3 Classification standard for scab resistance types of wheat varieties

抗病类型 Resistant type	病情指数 Disease index	相对病情指数 Relative disease index
免疫	0	0
抗病(R)	0.1~10.0	0.1~10.0
中抗(MR)	10.1~25.0	10.1~25.0
中感(MS)	25.1~50.0	25.1~50.0
感病(S)	50.1~70.0	50.1~70.0
高感(HS)	70.1~100.0	70.1~100.0

2 结果与分析

2.1 回交导入系的构建

高产、抗旱小麦新品种克春 5 号是黑龙江省农业科学院克山分院育成的,从其系谱(图 1)中看具有抗赤霉病小麦品种苏麦 3 号的血缘,该品种经黑龙江省农业科学院植保所抗病鉴定检测表现为中抗赤霉病。龙麦 33 是黑龙江省农业科学院作物育种研究所育成的优质强筋、感赤霉病的小麦新品种。

本研究用龙麦 33 作为轮回亲本(图 2),利用与赤霉病紧密连锁的 3BS 上的 SSR 分子标记 Xgwm533、Xgwm493 和 Xbarc133 在杂交后代中选克春 5 号的带型或杂合带型的材料。两个小麦品种在 SSR 分子标记 Xgwm533、Xgwm493 下有明显差异(图 3)。受体亲本龙麦 33 带型记为 1,供体亲本克春 5 号带型记为 2,双亲杂合带型为

3,缺失或模糊带型记为 0。通过分子标记辅助选择和田间选择相结合 2017 年构建了具有克春 5 号抗赤霉病片断的龙麦 33 回交群体,共计 70 份。

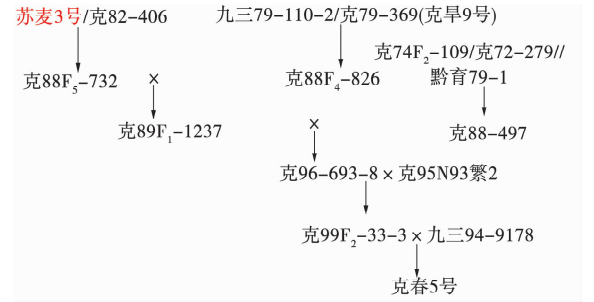


图 1 克春 5 号小麦品种系谱
Fig. 1 Genealogy of wheat variety Kechun 5

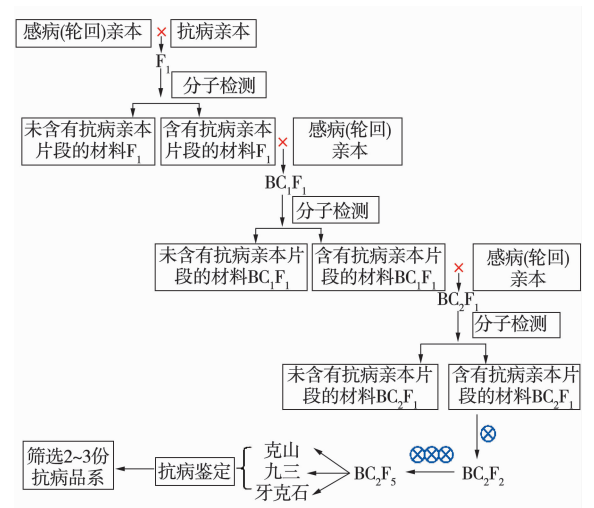


图 2 技术路线
Fig. 2 Technology roadmap

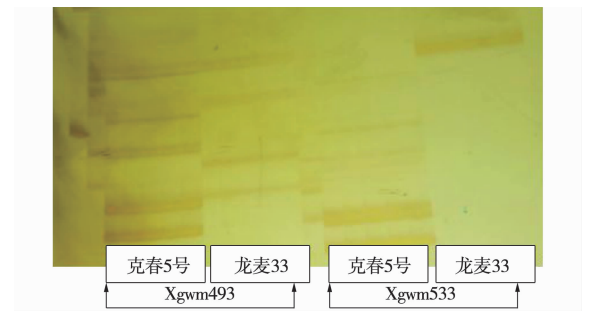


图 3 SSR 分子标记 Xgwm533、Xgwm493
下克春 5 号和龙麦 33 谱带
Fig. 3 Bands of SSR molecular markers Xgwm533,
Xgwm493 of Xiakechun 5 and Longmai 33

2.2 回交导入系的赤霉病鉴定

2.2.1 回交导入系的接种抗病鉴定 从表 4 中看出赤霉病抗病水平达到中抗的有回交导入系的第 3、7、10、11、12、17、18、20、28、45、51、53 和 67 区共 13 份。同年在黑龙江省农业科学院植保所

进行了赤霉病鉴定,从表 5 中看出赤霉病抗病水平达到中抗的有回交导入系的第 7、10 区共 2 份。这两地试验结果不同原因可能与气候、滴注时间、滴注剂量有关。

表 4 回交导入系在克山分院试验地抗赤霉病鉴定结果

Table 4 Resistance identification results of scab of backcross introgression lines in Keshan Branch

区号 No.	病情指数 Disease index	抗病类型 Resistant type	区号 No.	病情指数 Disease index	抗病类型 Resistant type
1	50.00	感病 S	36	62.50	感病 S
2	60.00	感病 S	37	55.00	感病 S
3	20.00	中抗 MR	38	75.00	高感 HS
4	60.00	感病 S	39	45.00	中感 MS
5	80.00	高感 HS	40	60.00	感病 S
6	45.00	中感 MS	41	30.00	中感 MS
7	18.75	中抗 MR	42	70.00	感病 S
8	55.00	感病 S	43	70.00	感病 S
9	30.00	中感 MS	44	30.00	中感 MS
10	15.00	中抗 MR	45	20.00	中抗 MR
11	25.00	中抗 MR	46	30.00	中感 MS
12	25.00	中抗 MR	47	50.00	中感 MS
13	37.50	中感 MS	48	50.00	中感 MS
14	65.00	感病 S	49	80.00	高感 HS
15	55.00	感病 S	50	45.00	中感 MS
16	50.00	中感 MS	51	25.00	中抗 MR
17	25.00	中抗 MR	52	70.00	感病 S
18	25.00	中抗 MR	53	20.00	中抗 MR
19	30.00	中感 MS	54	55.00	感病 S
20	25.00	中抗 MR	55	40.00	中感 MS
21	45.00	中感 MS	56	35.00	中感 MS
22	40.00	中感 MS	57	60.00	感病 S
23	55.00	感病 S	58	70.00	感病 S
24	55.00	感病 S	59	35.00	中感 MS
25	60.00	感病 S	60	35.00	中感 MS
26	85.00	高感 HS	61	35.00	中感 MS
27	70.00	感病 S	62	45.00	中感 MS
28	15.00	中抗 MR	63	50.00	中感 MS
29	70.00	感病 S	64	50.00	中感 MS
30	30.00	中感 MS	65	45.00	中感 MS
31	30.00	中感 MS	66	60.00	感病 S
32	50.00	中感 MS	67	20.00	中抗 MR
33	70.00	感病 S	68	45.00	中感 MS
34	50.00	中感 MS	69	65.00	感病 S
35	60.00	感病 S	70	45.00	中感 MS

表 5 回交导入系在黑龙江省农业科学院植物保护研究所的赤霉病鉴定结果

Table 5 Identification results of scab of backcross introduced lines in Plant Protection Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences

序号 No.	名称 Name	赤霉病级 Scab level	序号 No.	名称 Name	赤霉病级 Scab level
1	克 BC-1	3	36	克 BC-36	4
2	克 BC-2	4	37	克 BC-37	4
3	克 BC-3	3	38	克 BC-38	4
4	克 BC-4	4	39	克 BC-39	4
5	克 BC-5	4	40	克 BC-40	4
6	克 BC-6	4	41	克 BC-41	4
7	克 BC-7	2	42	克 BC-42	4
8	克 BC-8	4	43	克 BC-43	4
9	克 BC-9	3	44	克 BC-44	4
10	克 BC-10	2	45	克 BC-45	4
11	克 BC-11	4	46	克 BC-46	4
12	克 BC-12	3	47	克 BC-47	4
13	克 BC-13	4	48	克 BC-48	4
14	克 BC-14	4	49	克 BC-49	4
15	克 BC-15	4	50	克 BC-50	4
16	克 BC-16	4	51	克 BC-51	4
17	克 BC-17	3	52	克 BC-52	4
18	克 BC-18	3	53	克 BC-53	4
19	克 BC-19	4	54	克 BC-54	4
20	克 BC-20	3	55	克 BC-55	4
21	克 BC-21	4	56	克 BC-56	4
22	克 BC-22	4	57	克 BC-57	4
23	克 BC-23	4	58	克 BC-58	4
24	克 BC-24	4	59	克 BC-59	4
25	克 BC-25	4	60	克 BC-60	4
26	克 BC-26	4	61	克 BC-61	4
27	克 BC-27	4	62	克 BC-62	4
28	克 BC-28	3	63	克 BC-63	4
29	克 BC-29	4	64	克 BC-64	4
30	克 BC-30	4	65	克 BC-65	4
31	克 BC-31	4	66	克 BC-66	4
32	克 BC-32	4	67	克 BC-67	4
33	克 BC-33	4	68	克 BC-68	4
34	克 BC-34	4	69	克 BC-69	4
35	克 BC-35	4	70	克 BC-70	4

2.2.2 回交导入系在不同环境条件下赤霉病自然发病情况 从表6中可以看出,克山分院自然发病病情指数为0~66.7%,平均病情指数为20.8%,九三管局科研所自然发病病情指数为0~35.0%,平均病情指数为16.1%,拉布大林农场

自然发病病情指数为0~25.0%,平均病情指数为4.4%。克山分院的环境下种植的回交导入系材料的自然发病较重,其次为九三管局科研所环境,拉布大林环境下发病较轻。

表6 不同环境下自然发病病情指数与抗性
Table 6 Disease index and resistance of natural diseases in different environments

克山		九三		拉布大林		克山		九三		拉布大林			
Keshan		Jiusan		Labudalin		Keshan		Jiusan		Labudalin			
区号	病情指数	抗性	病情指数	抗性	病情指数	抗性	区号	病情指数	抗性	病情指数	抗性	病情指数	抗性
No.	Disease index/%	Resistance	Disease index/%	Resistance	Disease index/%	Resistance	No.	Disease index/%	Resistance	Disease index/%	Resistance	Disease index/%	Resistance
1	5.0	抗病	10.0	抗病	0	免疫	36	31.2	中感	30.0	中感	20.0	中抗
2	5.0	抗病	10.0	抗病	0	免疫	37	25.0	中抗	28.1	中感	0	免疫
3	5.0	抗病	25.0	中抗	0	免疫	38	20.0	中抗	25.0	中抗	0	免疫
4	15.0	中抗	20.0	中抗	0	免疫	39	5.0	抗病	0	免疫	0	免疫
5	25.0	中抗	5.0	抗病	0	免疫	40	31.2	中感	15.0	中抗	0	免疫
6	33.3	中感	25.0	中抗	15.0	中抗	41	15.0	中抗	10.0	抗病	0	免疫
7	0	免疫	0	免疫	0	免疫	42	5.0	抗病	5.0	抗病	0	免疫
8	42.8	中感	29.2	中感	25.0	中抗	43	0	免疫	10.0	抗病	0	免疫
9	25.0	中抗	10.0	抗病	0	免疫	44	25.0	中抗	35.0	中感	5.0	抗病
10	5.0	抗病	5.0	抗病	0	免疫	45	62.5	感病	35.0	中感	10.0	抗病
11	28.6	中感	20.0	中抗	10.0	抗病	46	0	免疫	20.0	中抗	0	免疫
12	25.0	中抗	0	免疫	5.0	抗病	47	31.2	中感	25.0	中抗	0	免疫
13	28.1	中感	27.5	中感	5.0	抗病	48	5.0	抗病	5.0	抗病	0	免疫
14	29.2	中感	25.0	中抗	0	免疫	49	10.0	抗病	0	免疫	0	免疫
15	25.0	中抗	25.0	中抗	0	免疫	50	50.0	中感	15.0	中抗	0	免疫
16	25.0	中抗	15.0	中抗	0	免疫	51	15.0	中抗	25.0	中抗	0	免疫
17	36.4	中感	20.0	中抗	0	免疫	52	15.0	中抗	10.0	抗病	0	免疫
18	25.0	中抗	15.0	中抗	0	免疫	53	25.0	中抗	5.0	抗病	0	免疫
19	27.5	中感	5.0	抗病	0	免疫	54	29.2	中感	25.0	中抗	0	免疫
20	45.8	中感	30.0	中感	25.0	中抗	55	10.0	抗病	5.0	抗病	0	免疫
21	66.7	感	35.0	中感	20.0	中抗	56	5.0	抗病	10.0	抗病	0	免疫
22	43.8	中感	25.0	中抗	10.0	抗病	57	0	免疫	5.0	抗病	0	免疫
23	5.0	抗病	10.0	抗病	0	免疫	58	20.0	中抗	20.0	中抗	10.0	抗病
24	0	免疫	10.0	抗病	0	免疫	59	10.0	抗病	15.0	中抗	0	免疫
25	15.0	中抗	30.0	中感	0	免疫	60	10.0	抗病	10.0	抗病	0	免疫
26	29.2	中感	10.0	抗病	0	免疫	61	0	免疫	5.0	抗病	0	免疫
27	31.2	中感	25.0	中抗	10.0	抗病	62	5.0	抗病	5.0	抗病	0	免疫
28	35.0	中感	5.0	抗病	0	免疫	63	20.0	中抗	0	免疫	0	免疫
29	31.2	中感	15.0	中抗	15.0	中抗	64	10.0	抗病	15.0	中抗	10.0	抗病
30	30.0	中感	20.0	中抗	0	免疫	65	10.0	抗病	25.0	中抗	0	免疫

续表 6

区号 No.	克山 Keshan		九三 Jiusan		拉布大林 Labudalin		区号 No.	克山 Keshan		九三 Jiusan		拉布大林 Labudalin	
	病情指数 Disease index/%	抗性 Resistance	病情指数 Disease index/%	抗性 Resistance	病情指数 Disease index/%	抗性 Resistance		病情指数 Disease index/%	抗性 Resistance	病情指数 Disease index/%	抗性 Resistance	病情指数 Disease index/%	抗性 Resistance
31	29.2	中感	25.0	中抗	0	免疫	66	32.5	中感	15.0	中抗	25.0	中感
32	25.0	中抗	5.0	抗病	0	免疫	67	10.0	抗病	5.0	抗病	0	免疫
33	0.0	免疫	15.0	中抗	0	免疫	68	5.0	抗病	20.0	中抗	0	免疫
34	25.0	中抗	10.0	抗病	20.0	中抗	69	28.1	中感	35.0	中感	25.0	中抗
35	37.5	中感	20.0	中抗	30.0	中感	70	20.0	中抗	30.0	中感	10.0	抗病

赤霉病发病主要影响因素为小麦开花期遇上高温多湿,从表 7 的不同试验地区气象条件来看,6 月小麦开花期降水量克山分院试验地和九三管局科研所达到 124.4 和 113.6 mm,拉布大林只有 22.6 mm,克山分院试验地和九三管局科研所

的平均温度为 20.48 和 19.70℃,拉布大林的 6 月平均温度为 17.30℃。说明克山分院试验地和九三管局科研所的环境有利于赤霉病发生,拉布大林农场的环境不利于赤霉病发生。

表 7 不同试验地区气象条件
Table 7 Meteorological conditions in different test areas

试验地 Test sites	气象条件 Meteorological conditions	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August
克山 Keshan	平均温度/℃	5.53	11.76	20.48	22.55	21.44
	总降水量/mm	9.6	71.4	124.4	78.5	108.8
	日照时数/h	191.2	182.5	182.6	218.2	122.5
九三 Jiusan	平均温度/℃	5.00	11.50	19.70	21.70	20.40
	总降水量/mm	8.0	36.0	113.6	72.9	75.7
	日照时数/h	209.0	201.7	219.3	237.1	179.1
拉不大林 Labudalin	平均温度/℃	2.80	11.20	17.30	21.50	19.20
	总降水量/mm	16.7	26.2	22.6	58.5	123.4
	日照时数/h	219.0	248.5	250.6	294.5	204.0

3 结论与讨论

小麦回交导入系(Introgression lines,ILs)群体的建立为小麦基因从初级定位向精细定位发展奠定了良好的材料基础。通过多次回交建立的小麦 ILs 群体表现高比率的轮回亲本基因型,同时保留少量供体亲本染色体片段(基因),有效排除了不同遗传背景对导入基因的干扰,是检测目标性状 QTL/基因,进行基因精细定位与克隆的理想遗传材料^[9]。本试验在 70 份回交导入系材料中筛选出赤霉病抗性水平达到中抗以上的材料 2 份。为今后抗赤霉病育种及深入研究提供资源与基础材料。

赤霉病抗性属数量性状遗传,易受环境影响

且抗性遗传力相对较低。传统育种通过表现型与基因型之间进行选择,而数量性状的表现型与基因型之间缺乏明显的对应关系,受环境影响较大。赤霉病抗性鉴定时,由于菌种的来源、种类、孢子液的数量、浓度、接种部位及病情调查的评价标准的差异、生育期的差异、温度和湿度的影响,以致同一材料在地区间和年度间赤霉病抗性评价结果不一致^[10]。本试验中,回交导入系在克山分院试验地环境下自然发病较重,其次为九三管局科研所环境,内蒙古拉布大林农场环境下发病较轻,主要影响因素为小麦开花期 6 月的降水量和平均温度。

参考文献:

[1] Zhou M, Ren L, Zhang X. Analysis of QTL for Fusarium

head blight resistance in wheat[J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(8): 786-791.

[2] 吕超, 姚琴, 周荣华, 等. 小麦抗赤霉病种质资源的鉴定与筛选[J]. 上海农业学报, 2012, 28(4): 75-79.

[3] 温明星, 陈爱大, 杨红福. 小麦抗赤霉病研究进展[J]. 江苏农业科学, 2012(8): 113-114.

[4] Kolb F L, Bai G H, Muehlbauer G J, et al. Host and plant resistance genes for *Fusarium* head blight mapping and manipulation with molecular markers[J]. Crop Science, 2001, 41: 611-619.

[5] Buerstmayr H, Lemmens M, Hartl L. Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. I. Resistance to fungal spread (type II resistance)[J]. Theor Appl Genet, 2002, 104: 84-91.

[6] 余桂红, 任丽娟. 分子标记在小麦抗赤霉病辅助育种中的应用[J]. 江苏农业学报, 2006, 22(3): 189-191.

[7] 陈建莉. 小麦赤霉病抗源苏麦 3 号的抗性遗传及育种策略[J]. 陕西农业科学, 1989(2): 2-5.

[8] 李伟. 小麦赤霉病发生的气象条件及防治对策[J]. 农业技术与装备, 2013(2): 48-49.

[9] 辛筱筱, 栗孟飞, 刘媛, 等. 不同水分条件下小麦回交导入系群体旗叶持绿性与千粒重的遗传相关分析[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1): 213-218.

[10] 马鸿翔, 张旭, 任丽娟, 等. 小麦赤霉病抗性 QTL 分子标记及辅助选择研究进展[M]//植物细胞工程与分子育种技术研究. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003: 186-193.

Application of Molecular Assisted Breeding in Germplasm Innovation Against *Fusarium* Head Blight

CHE Jing-yu, SHAO Li-gang, LI Chang-hui, MA Yong, ZHANG Qi-chang, LIU Ning-tao, TIAN Chao, YIN Xue-wei

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

Abstract: In recent years, scab has spread to most of North America and Europe and become a worldwide wheat disease. In the middle and lower reaches of the Yangtze river in China, the winter wheat area in south China and the spring wheat area in northeast China, the damage of wheat scab is serious. In order to promote the heavy resistance breeding of wheat, for feeling wheat varieties Longmai33 receptor parent (recurrent parent), to resist the wheat varieties Kechun No. 5 as the donor parent, using chain of SSR molecular markers closely with heavy Xgwm533, Xgwm493 auxiliary selection, combining with the field selection method to build 70 backcross introgression lines colony, and their resistance to scab was identified under different ecological conditions. The results showed that through single floret injection inoculation, two of the 70 backcross introgression lines materials with medium resistance to scab were screened out. The backcross introgression lines was more severe in the experimental site of Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, followed by the environment of the scientific research institute of Jiusan administration bureau, and less severe in the environment of Labudalin farm in Inner Mongolia. The main influencing factors were precipitation and average temperature in June during the flowering period of wheat.

Keywords: Molecular assisted breeding; wheat scab; germplasm innovation

(上接第 16 页)

Hybrid Combinations Grey System Application in High Yield Breeding of Maize

LENG Jing-wen, SHANG Yun-cheng, GONG Shi-hang, LIU Ting-ting, WANG Hui, LIU Wei

(Baicheng Academy of Agricultural Science, Baicheng 137000, China)

Abstract: In order to evaluate the hybrid combination of maize reasonably, in this paper, the grey system theory and method were used to evaluate 20 maize hybrid combinations. The results showed that when high yield was the breeding goal, the combination could be divided into three levels, for breeding objectives, high yield divided into 3, 15 (Dan 1324 × Yi 7-2), 14 (Dan 1324 × Yi 7-2), 3 (S0073 × Dan 340), 18 (S0073 × 5003), 8 (Yi 7-2 × S0073), 13 (5003 × S0073), 11 (Yi 7-2 × Dan 1324) this seven combination comprehensive characteristic, was named grade 1 combination; 2 (Dan 340 × S0073), 5 (5003 Dan × 340), 12 (S0073 × Dan 1324), 6 (5003 × Yi 7-2), 7 (Dan 340 × Dan 1324), 19 (Yi 7-2 × Dan 340) 6 combination to perform well, was rated grade 2 combination; The rest of the seven combination to behave, a category three combination commonly. According to the results calculated, should differentiate between the three combination, should expand next year combined, cultivate planting level in the secondary portfolio selection, plant, the three combination no breeding value should be eliminated.

Keywords: gray system; hybrid combination; grey evaluation; maize breeding