



**ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова,
отдел генетики, лаборатория иммунитета**

**Изучение генетического контроля устойчивости
зерновых культур к болезням (на примере листовой
ржавчины пшеницы)**

Создание устойчивых к грибным заболеваниям сортов хлебных злаков составляет одну из очередных задач современной селекции сельскохозяйственных растений (Вавилов, 1913) .



Симптомы поражения листовой ржавчиной
А – флаг-листья; В – ювенильные растения.

Взаимодействие двух аллелей в локусе устойчивости (R r) и двух аллелей в локусе вирулентности (V v)

Ген вирулентности	Ген устойчивости	
	R-	rr
V-	-	+
vv	+	+

Важнейшие для селекции следствия из теории Флора

Сорта, защищенные

единичными генами устойчивости, должны быстро терять устойчивость, т.к. достаточно мутации одного гена патогена для его превращения из авирулентного в вирулентный

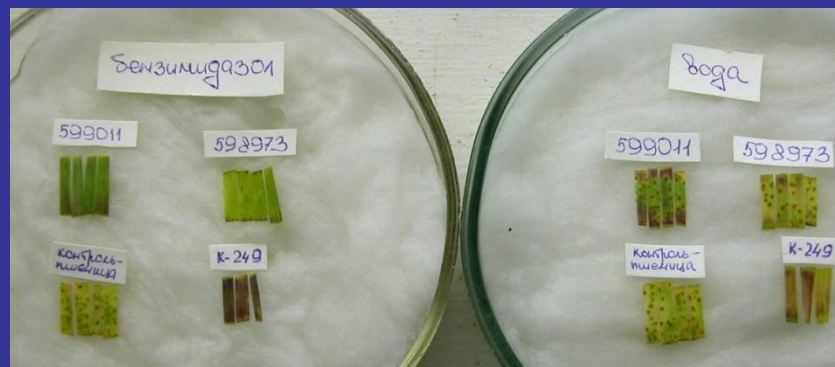


Необходим постоянный поиск новых генов устойчивости

В селекции следует использовать не просто устойчивые образцы, а носители конкретных эффективных генов устойчивости.

Выделение источников устойчивости

Система взаимодействия	Изучено образцов	Устойчивы в бензимидазоле	Устойчивы интактно	% ошибочной классификации
Мягкая пшеница – <i>P. triticina</i>	311	63	22	65
<i>Ae. tauschii</i> – <i>P. triticina</i>	62	7	2	71
<i>Ae. cylindrica</i> – <i>P. triticina</i>	41	16	0	100
Тритикале – <i>P. triticina</i>	391	152	27	82
Твердая пшеница – <i>P. triticina</i>	1527	81	5	94
Ячмень – <i>Blumeria graminis</i>	504	10	4	60
Ячмень – <i>Bipolaris sorokiniana</i>	98	6	0	100



Индукция устойчивости к листовой ржавчине под действием бензимидазола

Тип реакции на заражение сборной популяцией *P. recondita* образцов пшеницы, имеющих по литературным данным новые эффективные гены ювенильной устойчивости

Образец	Обозначение гена устойчивости	Тип реакции при заражении	
		интактных растений	отрезков листьев на бензимидазоле
к- 58835	<i>LrM₂</i>	3	0
к- 58837	<i>LrM₄</i>	3	0
к- 58839	<i>LrM₃</i>	3	0
и- 429309	один ген	3	0
и-429236	один ген	3	0
HD 2307	один ген	3	0
Frederick	<i>LrFred1, Lrfred2</i>	3	0
TAM 106	<i>LrCo1, Lrfred2, Lrpar</i>	3	0
Parker	<i>Lrpar</i>	3	0
Parker 5	<i>LrCo1, Lrpar</i>	3	0
Co 725055	<i>LrCo1, LrCo3</i>	3	0
Co 725082	<i>LrCo1, Lrco2</i>	3	0
F ₂ H-296	<i>LrCo1, Lrpar</i>	3	0
Purdue 6693	<i>LrPur1, Lrpur2</i>	3	0
к- 58840	<i>LrM₆</i>	3	е.п.
Harihikari	<i>LrH</i>	3	0

Критерии сходства (r) и идентичности (I) для сборов клонов *P. triticina* с одного образца пшеницы

Сравниваемые сборы (образец, дата)	r	I
<i>ПФ ВИР, 2007 г.</i>		
Саратовская 29, 01.08 – Саратовская 29, 07.08	0,71	45,62
<i>ДОС ВИР, 2007 г.</i>		
Siete Cerros, 22.06 – Siete Cerros, 30.06	0,80	48,61
<i>ДОС ВИР, 2008 г.</i>		
к-23731, 03.06 – к-23731, 11.06	0,74	70,06*
к-31474, 03.06 – к-31474, 11.06	0,83	48,03
<i>ПФ ВИР, 2008 г.</i>		
к-28683, 07.08 – к-28683, 24.08	0,71	79,05*
к-48548, 07.08 – к-48548, 24.08	0,76	80,32*

**Характеристика по вирулентности субпопуляций
P. triticina, собранных с одного образца пшеницы в разные сроки**

Сбор (образец, дата)	Частота клонов, вирулентных к линиям пшеницы с геном устойчивости					
	<i>Lr1</i>	<i>Lr2a</i>	<i>Lr26</i>	<i>Lr23</i>	<i>Lr20</i>	<i>Lr19</i>
<i>ДОС ВИР, 2007 г.</i>						
Siete Cerros, 22.06	0,32	0,46	0,21	0,49	0,51	0,06
Siete Cerros, 30.06	0,53	0,60	0,41	0,80	0,64	0,10
td	2,99**	2,02*	3,08**	4,98**	1,79	1,16
<i>ПФ ВИР, 2007 г.</i>						
Саратовская 29, 01.08	0,41	0,35	0,41	0,62	0,45	0,05
Саратовская 29, 07.08	0,37	0,30	0,36	0,82	0,77	0,04
td	0,53	0,66	0,62	3,20**	4,94**	0,31
<i>ДОС ВИР, 2008 г.</i>						
к-31474, 03.06	0,40	0,52	0,36	0,79	0,53	0,15
к-31474, 11.06	0,61	0,70	0,40	0,88	0,66	0,17
td	4,35**	3,89**	0,84	2,55*	2,8**	0,40

АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ

- 1. Аутентичность изучаемого образца.**
- 2. Знание реакции на заражение патогеном всех генотипов, входящих в родословную.**
- 3. Только уже известные гены устойчивости могут контролировать признак у изучаемых образцов.**

ГИБРИДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Количество генов устойчивости	Соотношение растений	
	устойчивые	восприимчивые
1 доминантный ген	3	1
1 рецессивный ген	1	3
Некумулятивная полимерия		
2 доминантных гена	15	1
2 рецессивных гена	7	9
2 гена, один рецессивный и 1 доминантный	13	3
3 доминантных гена	63	1
3 рецессивных гена	37	27
3 гена, один рецессивный и 2 доминантных	61	3
3 гена, один доминантный и 2 рецессивных	55	9
Комплементарное взаимодействие генов		
2 доминантных гена	9	7
2 рецессивных гена	1	15
2 гена, один рецессивный и 1 доминантный	3	13
3 доминантных гена	27	37
3 рецессивных гена	1	63
3 гена, один рецессивный и 2 доминантных	9	55
3 гена, один доминантный и 2 рецессивных	3	61
Один независимый и 2 комплементарных гена		
1 доминантный и 2 комплементарных доминантных	57	7
1 доминантный и 2 комплементарных рецессивных	49	15
1 доминантный и 2 комплементарных – доминантный и рецессивный	51	13
1 рецессивный и 2 комплементарных доминантных	43	21
1 рецессивный и 2 комплементарных рецессивных	19	45
1 рецессивный и 2 комплементарных – доминантный и рецессивный	25	39

Ожидаемые расщепления по устойчивости в F₃ от скрещивания устойчивого и восприимчивого к ржавчине родителей

Число и характер взаимодействия генов устойчивости	Соотношение семей		
	R*	RS	S
Один ген	1	2	1
Два гена, некумулятивная полимерия	7	8	1
Два гена, комплементарность	1	8	7
Три гена, некумулятивная полимерия	37	26	1
Три гена, комплементарность	1	26	37
Три гена, два комплементарных и один независимый	19	38	7

* R – устойчивые семьи; S – восприимчивые семьи; RS – семьи, расщепляющиеся по устойчивости

Значения χ^2 для гипотез генетического контроля устойчивости к ржавчине образца MN 81330 по результатам расщепления в F_2 от скрещивания с Мильтурум 7526

Количество генов устойчивости	Значение $\chi^2_{\text{факт.}}$
1 доминантный ген	0,03
Некумулятивная полимерия	
2 доминантных гена	61,89
2 гена, один рецессивный и 1 доминантный	2.26
3 доминантных гена	373,90
3 гена, один рецессивный и 2 доминантных	95,80
3 гена, один доминантный и 2 рецессивных	9,67
Комплементарное взаимодействие генов	
2 доминантных гена	17,02
3 доминантных гена	51,04
Один независимый и 2 комплементарных гена	
1 доминантный и 2 комплементарных доминантных	20,42
1 доминантный и 2 комплементарных рецессивных	0,05
1 доминантный и 2 комплементарных – доминантный и рецессивный	1,10
1 рецессивный и 2 комплементарных доминантных	3,62
2 рецессивных и 2 комплементарных доминантных	0,01

Значения χ^2 для гипотез генетического контроля устойчивости к ржавчине по результатам расщепления в F_3 от скрещивания MN 81330 × Мильтурум 7526

Количество генов устойчивости	Значение $\chi^2_{\text{факт.}}$
1 ген	0.48
2 гена	30.64
Три гена, два комплементарных и один независимый	8.34
Четыре гена, два независимых и 2 комплементарных	96.83

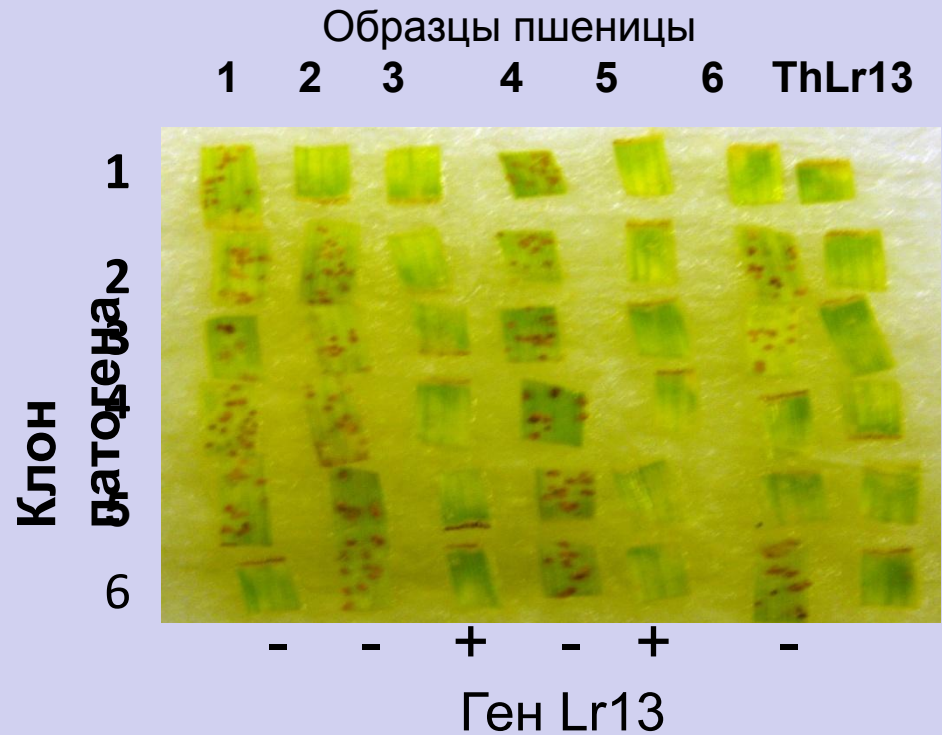
Идентификация гена

Скрещивание изучаемого образца с носителями конкретных генов устойчивости

F_2 MN 81330 × Scua 213 R : 0 S

Фитопатологический тест

Если опытный образец устойчив ко всем независимо выделенным авирулентным к конкретному гену устойчивости изолятам, то он имеет этот ген резистентности; в случае восприимчивости хотя бы к одному из этих изолятов надежно постулируется отсутствие данного гена у образца.



	Клон 1	Клон 2
Образец 1	+	-
Образец 2	-	+

1. Различные гены устойчивости
2. Разные аллели одного гена устойчивости
3. Один идентичный ген устойчивости + различные гены устойчивости

Тест на аллелизм

1. Строго доказано, что 2 образца имеют по одному гену устойчивости к конкретному инокулюму
2. Отсутствует расщепление в F_2 от их скрещивания
3. Дифференциальная реакция на клоны патогена.

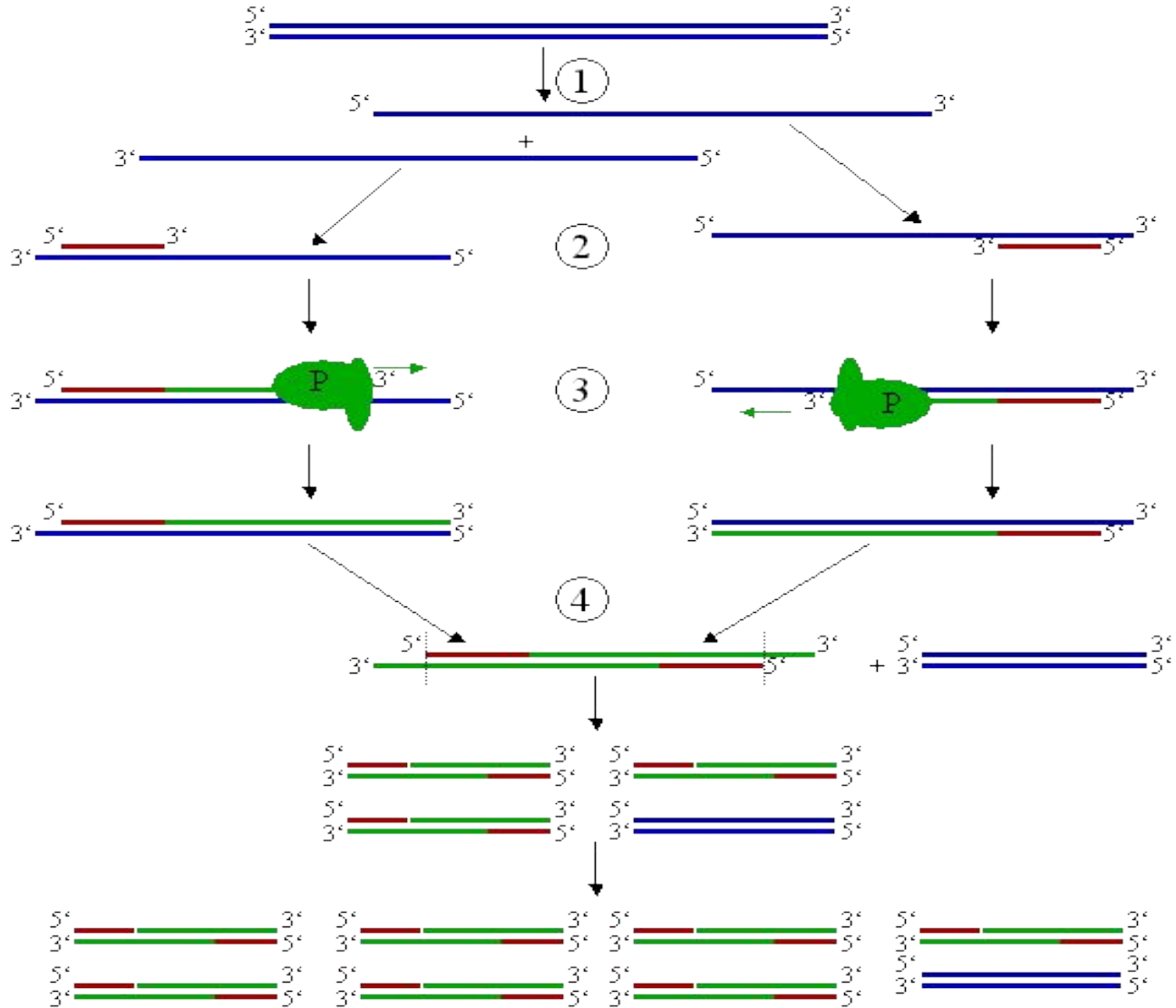
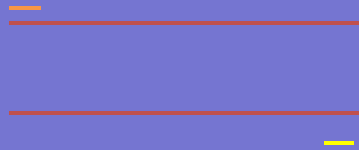


Рис. 2. Схема Полимеразной цепной реакции (ПЦР)

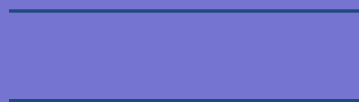
Аллель устойчивости



Продукт амплификации



Аллель
восприимчивости



Продукт амплификации

Нет

Рис.3 Схема идентификации гена устойчивости с использованием ПЦР ДНК маркера

Преимущества

- 1. срок идентификации
- 2. отсутствие супрессии
- 3. независимость от внешних условий
- 4. большое количество маркеров (∞).

**Гены устойчивости пшеницы к листовой ржавчине,
для которых разработаны ПЦР ДНК маркеры
(по McIntosh et al, 2008)**

*Lr1, Lr3, Lr9, Lr10, Lr13, Lr14a, Lr16, Lr19, Lr20, Lr21, Lr22, Lr24, Lr25,
Lr26, Lr28, Lr29, Lr32, Lr34, Lr35, Lr37, Lr39, Lr46, Lr47, Lr50, Lr51, Lr52,
Lr57, Lr58.*

Публикации, в которых идентификация генов устойчивости пшеницы к листовой ржавчине осуществлена только по результатам анализа ПЦР ДНК маркеров

- **Гайнуллин Н.Р., Лапочкина И.Ф., Жемчужина А.И., Киселева М.И., Коломиец Т.М., Коваленко Е.Д.** Использование фитопатологического и молекулярно-генетического методов для идентификации генов устойчивости к бурой ржавчине у образцов мягкой пшеницы с чужеродным генетическим материалом // Генетика. 2007. Т. 43. С. 1058-1064.
- **Гультяева Е.И., Канюка И.А., Алпатьева Н.В., Баранова О.А., Дмитриев А.П., Павлюшин В.А.** Молекулярные подходы в идентификации генов устойчивости к бурой ржавчине у российских сортов пшеницы // Доклады РАСХН. 2009. № 5. С. 23-26.
- **Дженин С.В., Лапочкина И.Ф., Жемчужина А.И., Коваленко Е.Д.** Доноры устойчивости яровой мягкой пшеницы к бурой ржавчине и мучнистой росе с генетическим материалом видов *Aegilops speltoides* L., *Aegilops triuncialis* L., *Triticum kiharae* Dorof. et Migusch. // Доклады РАСХН. 2009. N 5. С. 3-7.
- **Урбанович О.Ю., Малышев С.В., Долматович, Картель Н.А.** Определение генов устойчивости к бурой ржавчине в сортах пшеницы (*Triticum aestivum* L.) с использованием молекулярных маркеров // Генетика. 2006. V. 42. С. 675-683.
- **Stepien L., Golka L., Chelkowski J.** Leaf rust resistance genes of wheat: identification in cultivars and resistance sources // J. Appl. Genet.. 2003. V. 44. P. 139-149.
- **Greganova Z., Kraic J., Galova Z.** Diagnostic of wheat leaf rust resistance genes by DNA markers and their application in mas // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2003. – V.39. – P.127–129.
- **Wioeniewska H., Stkpiec J., Kowalczyk K.** Resistance of spring wheat cultivars and lines to leaf rust // J. Appl. Genet. 44(3), 2003, P. 361-368
- **Singh R., Tiwari R., Datta D.** Detection of Leaf Rust Resistance Genes Lr9 and Lr10 in Wheat (*Triticum aestivum*) by PCR Based STS Markers // Acta Phytopath et Ent. Hungarica. 2003. V. 38. P. 245-249.
- **Babar M., Mashhadi A.F., Mehvish A. et al.** Identification of rust resistance genes Lr10 and Sr9a in Pakistani wheat germplasm using PCR based molecular markers // African Journal of Biotechnology.

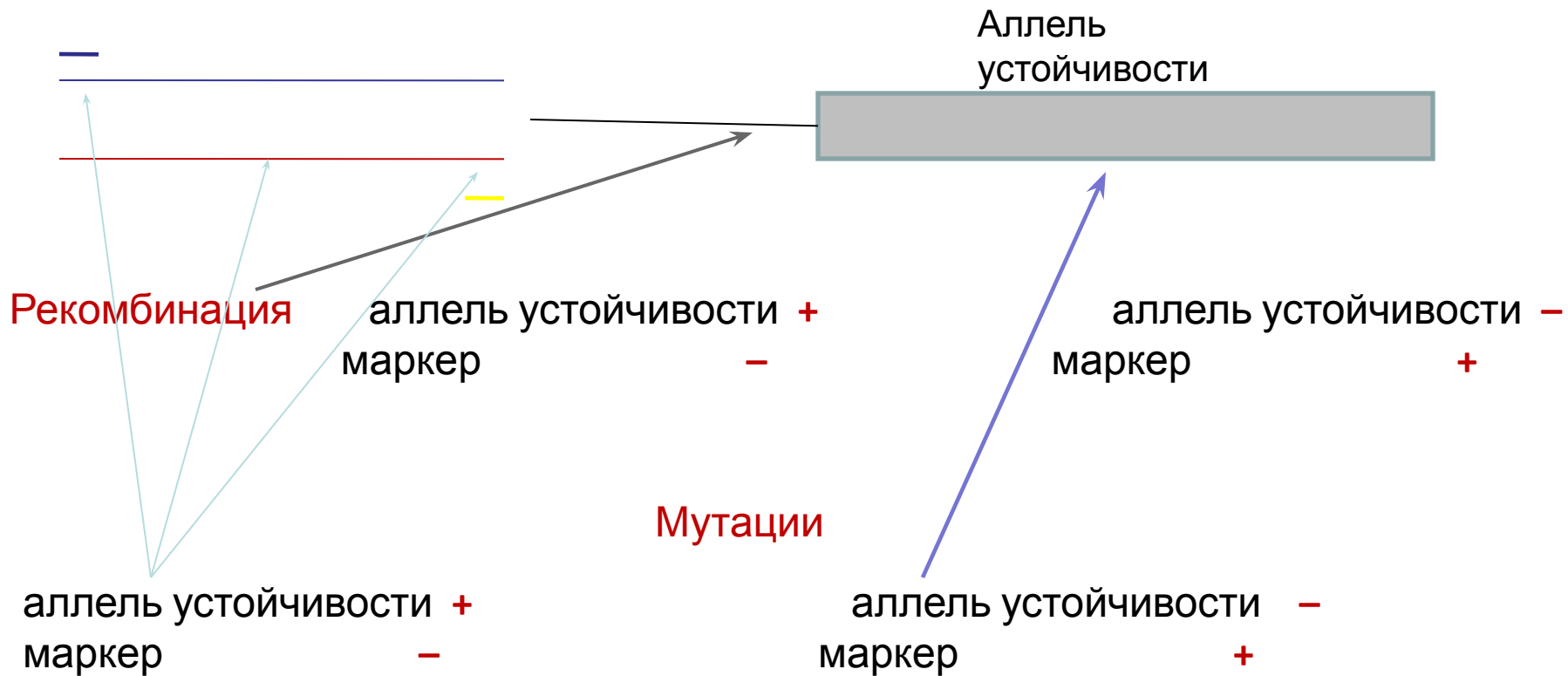


Рис.4 Возможные механизмы нарушения связи наличия аллеля устойчивости и ПЦР ДНК маркера

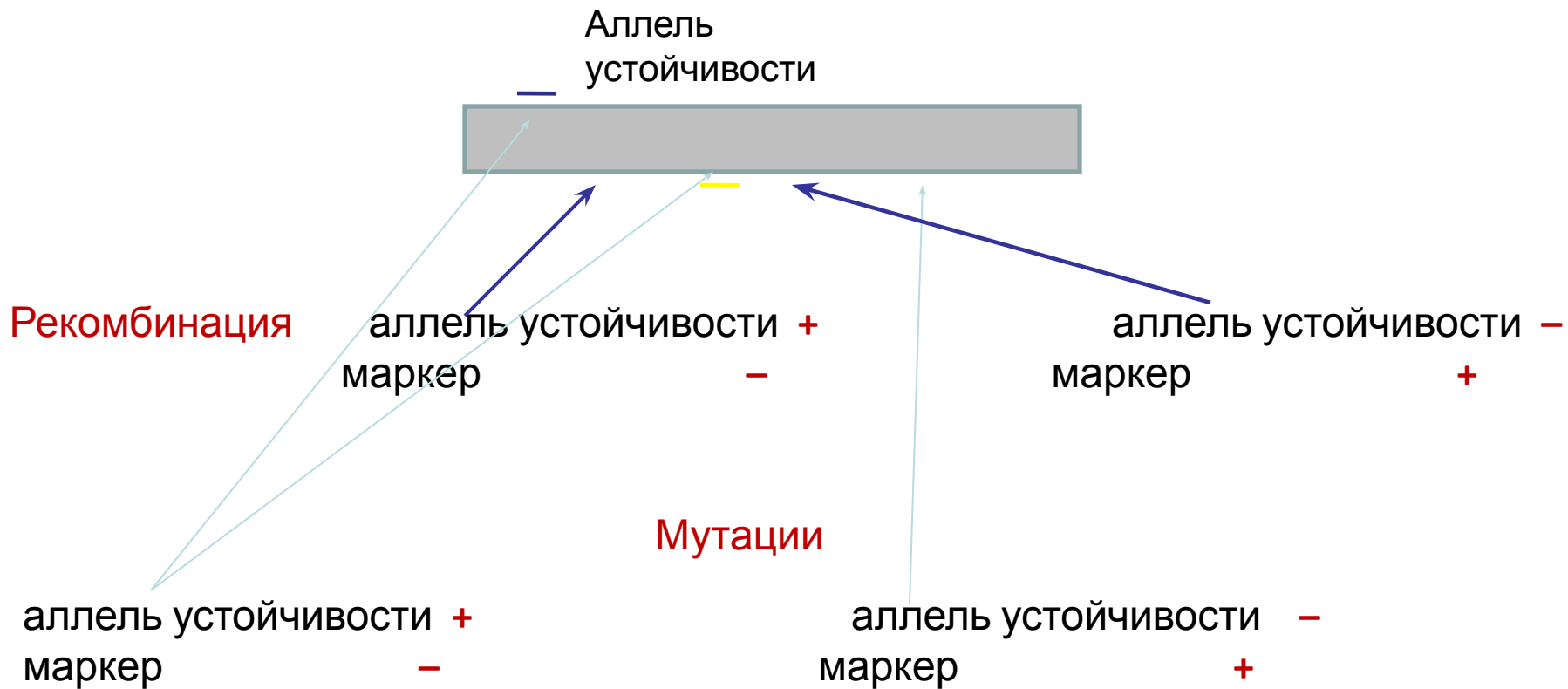


Рис.5 Возможные механизмы нарушения связи наличия аллеля устойчивости и ПЦР ДНК маркера

Абсолютное совпадение результатов идентификации гена устойчивости мягкой пшеницы к листовой ржавчине с помощью ПЦР ДНК маркера, гибридологического анализа и фитопатологического теста

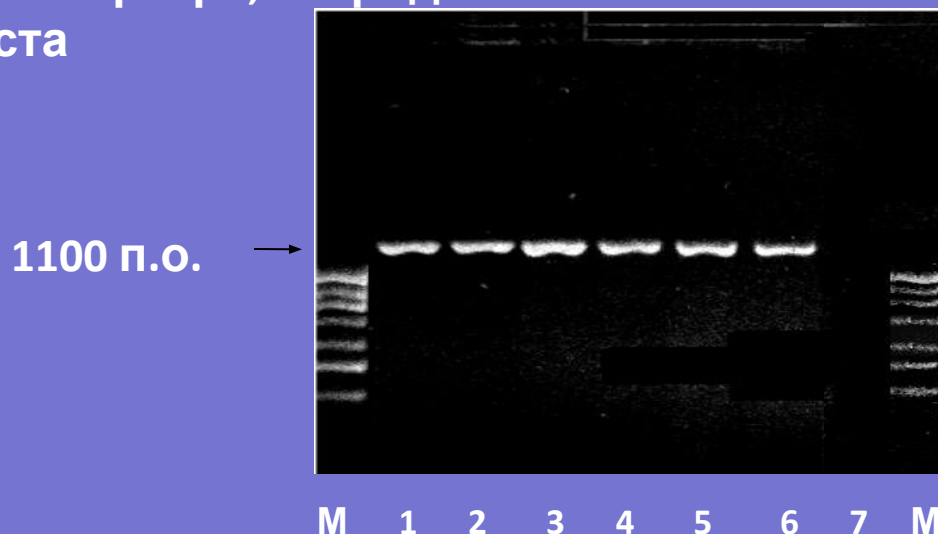


Рис. 6. Продукты амплификации с использованием праймеров J 13 к STS локусу, сцепленному с геном устойчивости *Lr9*.

М – маркер молекулярного веса, 1 – АНК-4, 2 – Гарасовскя 5, 3 – Зоя, 4 – Квинта, 5 – Киевская, 6 – Сер 14 –Tapes, 7– Thatcher.

Таблица 1. Характеристика образцов, выделенных как имеющих ген *Lr9*, по устойчивости к листовой ржавчине и наличию амплифицированного фрагмента STS маркера J13.

Образец	Тип реакции на заражение, инокулюм		Наличие фрагмента амплификации
	популяция	клоны, вирулентные к гену <i>Lr9</i>	
Th <i>Lr9</i>	0	3	+
АН -34	0	3	+
АНК-4	0	3	+
Гарасовская 5	0	3	+
Дуэт	0	3	+
Зоя	0	3	+
Линия F6BC5 555/15	0	3	+
Лютесценс101	0	3	+
Удача	0	3	+
GKB-1	0	3	+
TR/55P 6628	0	3	+

Не полное совпадение результатов идентификации гена устойчивости с помощью ДНК маркера, гибридологического анализа и фитопатологического теста

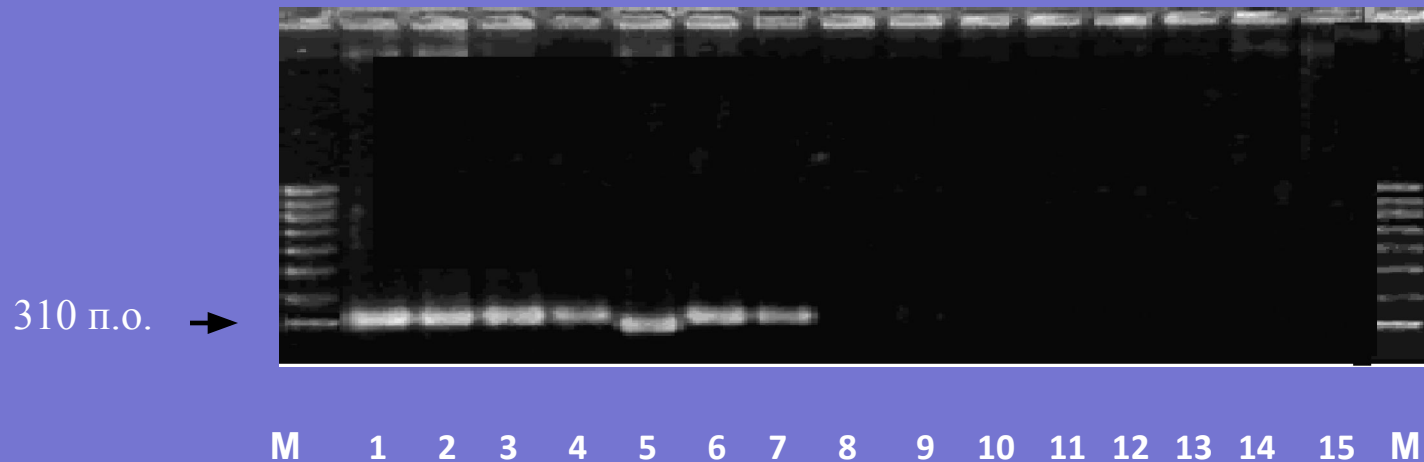


Рис. 7 Продукты амплификации с использованием праймеров J09 к STS локусу, сцепленному с геном устойчивости Lr24.

M – маркер молекулярного веса, 1 – N89L, 2 – Siouxland 89, 3 – Parker 76, 4 – Arapohoe, 5 – Лавина, 6 –Stoa, 7 – STW 646252, 8 – Torres, 9 – PS 131, 10 – PS 133, 11 – Scura, 12 – BR- 34, 13 – PF 84316, 14 – Sunco, 15 – Thatcher.

Таблица 2. Характеристика образцов, выделенных как имеющих ген *Lr24*, по устойчивости к листовой ржавчине и наличию амплифицированного фрагмента STS маркера J9.

Образец	Тип реакции на заражение, инокулюм		Наличие STS маркера
	популяция	клоны, вирулентные к <i>Lr24</i>	
Th <i>Lr24</i>	0	0, 3	+
Лавина	0	3	+
Агароное	0	3	+
Collin	0	3	+
Gus	0	3	+
Norkan	0	3	+
Parker 76	0	3	+
Siouxland 89	0	3	+
SST-25	0	3	+
Stoa	0	3	+
STW 646252	0	3	+
Tules	0	3	+
BR 16	0	3	-
Scua	0	3	-
Torres	0	3	-
Century	0	3	-
Cimmaron	0	3	-
MN 81330	0	3	-
OC8826	0	3	-

Не совпадение результатов идентификации генов устойчивости с помощью ДНК маркеров и фитопатологического теста

Таблица 3. Типы реакции сортов мягкой пшеницы на заражение клонами *P. triticina*, авирулентными к гену устойчивости *Lr1*

Сорт, образец	Ген устойчивости по результатам STS анализа	Клон					
		1	2	3	4	5	6
Doublecrop	<i>Lr1</i>	3	3	3	3	0	3
Хазарка	<i>Lr1</i>	0	0	0	3	3	3
Roblin	<i>Lr1</i>	0	0	0	0	0	0
Omega	<i>Lr1</i>	0	3	0	3	0	3
Pasqua	<i>Lr1</i>	0	0	0	0	0	0
Норе	<i>Lr1</i>	3	3	3	3	3	3
Прохоровка	<i>Lr1</i>	0	0	0	3	3	3
Редина	<i>Lr1</i>	3	3	3	3	3	3
Тэтчер		3	3	3	3	3	3
Th <i>Lr1</i>		0	0	0	0	0	0

Таблица 4. Типы реакции сортов мягкой пшеницы на заражение клонами *P. triticina*, авирулентными к гену устойчивости *Lr20*

Сорт, образец	Ген устойчивости по результатам STS анализа	Клон					
		1	2	3	4	5	6
Заря	<i>Lr20</i>	3	3	3	3	3	0
Omega	<i>Lr20</i>	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2
Planet	<i>Lr20</i>	0	0	3	0	0	3
Тэтчер		3	3	3	3	3	3
Th <i>Lr</i> 20		1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2

Таблица 5. Типы реакции сортов мягкой пшеницы на заражение клонами *P. triticina*, авирулентными к гену устойчивости *Lr26*

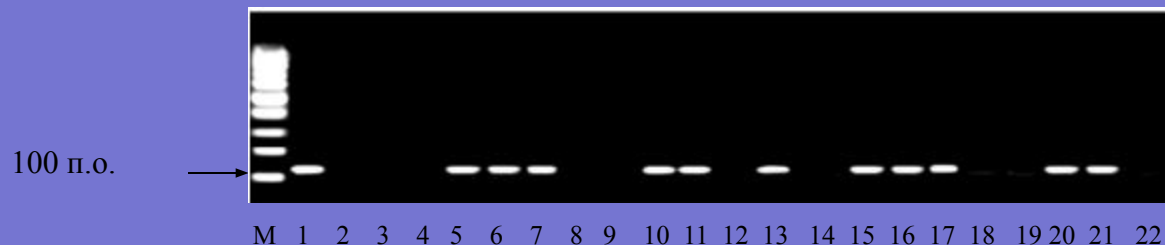
Сорт, образец	Ген устойчивости по результатам STS анализа	Клон					
		1	2	3	4	5	6
	<i>Lr26</i>	3	0	0	3	3	3
Хазарка	<i>Lr26</i>	0	0	0	0	0	0
Prospect	<i>Lr26</i>	0	3	3	0	0	0
Прохоровка	<i>Lr26</i>	0	0	0	0	0	0
Тэтчер		3	3	3	3	3	3
Th <i>Lr</i> 26		0	0	0	0	0	0

Таблица 6. Типы реакции сортов мягкой пшеницы на заражение клонами *P. triticina*, авирулентными к гену устойчивости *Lr10*

Сорт, образец	Ген устойчивости по результатам STS анализа	Клон			
		1	2	3	4
Piko	<i>Lr10</i>	3	3	3	3
Brigadier	<i>Lr10</i>	0;	3	0	3
Vance	<i>Lr10</i>	0;	0	3	3
Lerma Rojo 64	<i>Lr10</i>	0;	3	3	0
Rendezvous	<i>Lr10</i>	0;	2	3	3
Prospect	<i>Lr10</i>	0	0	0	0
AC Domain	<i>Lr10</i>	0	0	0	0
Leguan	<i>Lr10</i>	0	3	3	3
Норе	<i>Lr10</i>	0	3	3	3
Прохоровка	<i>Lr10</i>	0	0	0	0
Саррубра	<i>Lr10</i>	0	0	0	3
Roblin	<i>Lr10</i>	0	0	0	0
Харьковская 26	<i>Lr10</i>	2	3	3	3
Манна 2	<i>Lr10</i>	3	3	3	3
Ангелина	<i>Lr10</i>	3	3	3	3
Мильтрум 63	<i>Lr10</i>	3	3	3	3
Эскада 70	<i>Lr10</i>	0	3	0	3
Маринка	<i>Lr10</i>	0	3	3	3
Мальцевская 110	<i>Lr10</i>	0	0	3	0
Эстер	<i>Lr10</i>	3	3	0	3
Воронежская 16	<i>Lr10</i>	3	3	3	3
Родина	<i>Lr10</i>	3	3	3	3
Th <i>Lr10</i>		0	0	0	0

Таблица 7. Типы реакции сортов мягкой пшеницы на заражение клонами *P. triticina*, авирулентными к гену устойчивости *Lr34*

Сорт, образец	Ген устойчивости по результатам SSR анализа	Клон			
		1	2	3	4
Lerma Rojo 64	<i>Lr34</i>	X	3	3	3
Заря	<i>Lr34</i>	3	3	3	3
Manitou	<i>Lr34</i>	0;	0;	0;	0;
Pasqua	<i>Lr34</i>	0;	0;	0;	0;
Doublecrop	<i>Lr34</i>	3	3	3	3
AC Domain	<i>Lr34</i>	0;	0;	0;	0;
Roblin	<i>Lr34</i>	0;	0;	0;	0;
Тэтчер		3	3	3	3
Th <i>Lr34</i>		0;	0;	0;	0;

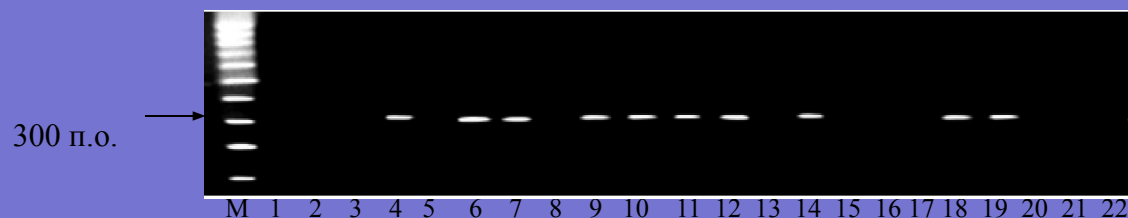


Р и с. 8 Продукты амплификации с использованием праймеров WMS130 к SSR локусу *Xgwm130*, сцепленному с геном устойчивости *Lr34*

М – маркер молекулярного веса, 1 – Thatcher *Lr13*, 2 – **Chris**, 3 – Неерава, 4 – Thatcher *Lr10*, 5 – Mayo 54, 6 – Mayo 52, 7 – Эскада 70, 8 – Норе, 9 – Piko, 10 – Rendezvous, 11 – Prospect, 12 – Прохоровка, 13 – Эстер, 14 – Родина, 15 – Thatcher *Lr34*, 16 – Doublecrop, 17 – Lerma Rojo 64, 18 – **Roblin**, 19 – Заря, 20 – **Manitou**, 21 – **Pasqua**, 22 – Thatcher

Т а б л и ц а 8 . Типы реакции отрезков листьев образцов пшеницы на инокуляцию монопустульными изолятами *P. recondita f.sp. tritici*

Образец	Номер монопустульного изолята	
	1	2
Th <i>Lr34</i>	0;	0;
Doublecrop	3	3
Lerma Rojo 64	3	3
Mayo 52	3	3
Mayo 54	3	3
Prospect	3	3
Rendezvous	3	0
Эскада 70	3	3
Эстер	3	3
Thatcher	3	3



Р и с. 9 Продукты амплификации с использованием праймеров к STS локусу F12245 , сцепленному с геном

устойчивости *Lr10*

М – маркер молекулярного веса, 1 – Thatcher *Lr13*, 2 – Chris, 3 – Neepawa, 4 – Thatcher *Lr10*, 5 – Mayo 54, 6 – Mayo 52, 7 – Эскада 70, 8 – Hope, 9 – Piko, 10 – Rendezvous, 11 – Prospect, 12 – Прохоровка, 13 – Эстер, 14 – Родина, 15 – Thatcher *Lr34*, 16 – Doublecrop, 17 – Lerma Rojo 64, 18 – Roblin, 19 – Заря, 20 – Manitou, 21 – Pasqua, 22 – Thatcher.

Т а б л и ц а 9 . Типы реакции отрезков листьев образцов пшеницы на инокуляцию монопустульными изолятами *P. recondita* f.sp. *tritici*

Образец	Номер монопустульного изолята	
	1	2
Th <i>Lr10</i>	0	0
Piko	3	3
Rendezvous	3	3
Заря	3	3
Родина	3	3
Эскада 70	3	3
Thatcher	3	3

НЕ СОВПАДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГЕНОВ
УСТОЙЧИВОСТИ Lr 9 и 24 У ОБРАЗЦОВ *AEGILOPS UMBELLULATA* И
ЛИНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ЧУЖЕРОДНЫМИ
ТРАНСЛОКАЦИЯМИ С ПОМОЩЬЮ ДНК МАРКЕРОВ, И
ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОГО ТЕСТА

Таблица 10. Характеристика образцов *Aegilops umbellulata* по устойчивости к листовой ржавчине и наличию амплифицированного фрагмента STS маркера J 13

Номер каталога либо интродукции ВИР	Тип реакции на заражение <i>P. triticina</i>		Наличие маркера размером 1100 п. о.
	популяция	клоны, вирулентные к <i>Lr9</i>	
1283	3	3	-
1461	0	3	+
2029	3	3	-
3325	0	3	-
539427	0	3	-
570032	0	3	+
570116	3	3	+
570230	0	0	-

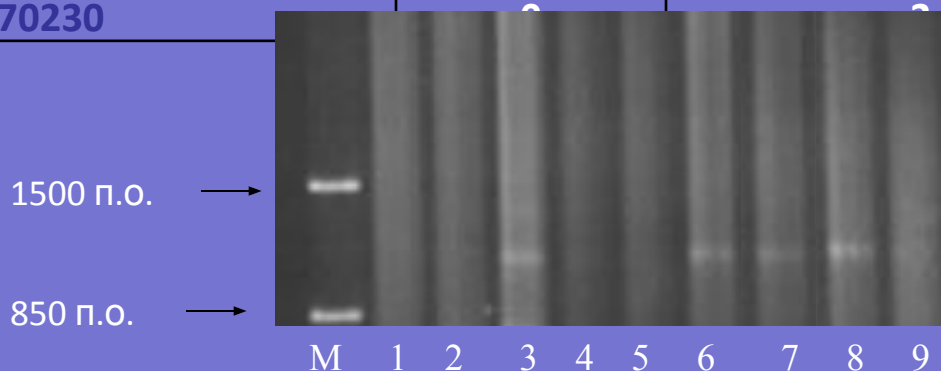


Рис. 11 Продукты амплификации с использованием праймеров J 13 к STS локусу, сцепленному с геном устойчивости *Lr9*. М – маркер молекулярного веса, 1 – к-1283, 2 – Thatcher, 3 – Th*Lr9*, 4 – к-2029, 5 – и-570230, 6 – к-1461, 7– и-570116, 8 – и-570032, 9 - и-539427.

- Таблица 11. Характеристика образцов мягкой пшеницы с чужеродным генетическим материалом по наличию ДНК маркеров и вирулентных клонов возбудителя листовой ржавчины

Образец, линия	Устойчивость от	Идентифицированные гены устойчивости методом ПЦР-анализа		Наличие вирулентных клонов <i>P. triticina</i>
		<i>Lr 9</i>	<i>Lr 24</i>	
76/00	<i>Ae. speltoides</i>	+	-	+
79/00	<i>Ae. speltoides</i>	+	-	+
119/00	<i>T. kiharae</i>	+	-	+
120/00	<i>T. kiharae</i>	+	+	+
122/00-1	<i>Ae. triuncialis</i>	-	+	+
k-1652	<i>Ae. triuncialis</i>	+	-	+

- Гайнуллин и др., 2007.
- Дженин и др., 2009.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ