

## РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ВРЕДНОСНОСТЬ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЕВРОПЕ

Д. ШПААР\*, Ф. РАБЕНШТАЙН\*\*, У. КАСТИРР\*\*, А. ХАБЕКУС\*\*\*

Приведен обзор вирусных заболеваний зерновых культур в Европе, их распространенности и вредоносности. Описаны циклы развития вирусов и связь с организмами-переносчиками, в т. ч. почвообитающими грибами. Приведены методы диагностики и показаны основные направления защитных мероприятий от этих вирусов, включая агротехнический и селекционный методы.

В последние 35 лет в Европе в значительной мере возросло не только число обнаруженных вирусов, поражающих злаковые в общем и зерновые в особенности, но и их распространение и экономическое значение. Некоторые из них стали серьезной угрозой для выращивания зерновых в сельском хозяйстве в Европе. В 1977 г. Д. Шпаар и К. Шуманн описали 33 вируса, встречающихся в Европе, из которых 9 были распространены в Германии [23]. Число известных в мире вирусов злаковых составляет в настоящее время около 90 [4], в т. ч. в Европе около 60, принадлежащих к 8 семействам и 23 родам.

Еще в 1972 г. вирусные болезни в ГДР на зерновых не наносили большого ущерба. Но ситуация резко изменилась в начале 80-х г., когда в Германии сильно распространились вирусы группы желтой карликовости ячменя (*Barley yellow dwarf virus* (BYDV), *Luteovirus*, *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV), *Polerovirus*) в посевах озимой пшеницы и вызвали значительные потери урожая этой культуры. В [8] впервые описана желтая мозаика ячменя, которая вызывается двумя ви-

русами (*Barley yellow mosaic virus* (BaYMV), *Bymovirus* \ *Barley mild mosaic virus* (BaMMV), *Bymovirus*), распространяющимися почвенным грибоподобным организмом *Polymyxa graminis* [11]. С распространением этих почвообитающих вирусов возникла новая проблема при выращивании зерновых — постоянное заражение почвы.

В 80-х гг. в Германии впервые обнаружили вирус веретеновидной полосатой мозаики пшеницы (*Wheat spindle streak mosaic virus* (WSSMV), *Bymovirus*) [20] и почвообитающий вирус мозаики злаковых (*Soil-borne cereal mosaic virus* (SBCMV), *Furovirus*) [14] представляющие большую угрозу для выращивания пшеницы, тритикале и ржи, а в 2003 г. — и почвообитающий вирус мозаики пшеницы (*Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV), *Furovirus*) [13], который давно распространен в США и вызывает большие потери урожая [12].

В настоящее время в Европе в посевах зерновых распространены более 10 вирусов, из которых 6 имеют значительное хозяйственное значение вследствие наносимого ими вреда (см. табл.1).

\* Консультант по устойчивому развитию сельского хозяйства в восточной Европе, Берлин; Почетный доктор РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева.

\*\* Институт по исследованиям устойчивости и диагностике патогенов Федерального ведомства по селекционно-генетическим исследованиям, Ашерслебен.

\*\*\* Институт по эпидемиологии и устойчивости Федерального ведомства по селекционно-генетическим исследованиям, Ашерслебен.

## Вирусы, наносящие экономический ущерб на зерновых в Европе

Вирус	Растение-хозяин	Способ передачи
<i>Вирусы, переносимые членистоногами (Arthropoda)</i>		
Вирусы желтой карликовости ячменя: <i>Cereal yellow dwarf virus</i> (CYDV). Род — <i>Polerovirus</i> ; семейство — <i>Luteoviridae</i> <i>Barley yellow Dwarf virus</i> (BaYDV) (с штаммами MAV и PAV). Род — <i>Luteovirus</i> , семейство — <i>Luteoviridae</i> <i>Barley yellow dwarf virus-SGV</i> <i>Barley yellow dwarf virus-RMV</i> Семейство — <i>Luteoviridae</i>	Пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес	25 видами тлей, персистентным (циркулятивным) способом, в т.ч. большой злаковой тлей ( <i>Sitobion avenae</i> ), бледной злаковой тлей ( <i>Metopolophium dirhodum</i> ), черемуховой тлей ( <i>Rhopalosiphum padi</i> ), кукурузной тлей ( <i>R. maidis</i> ), зеленой злаковой тлей ( <i>Schizaphis graminum</i> )
Вирус европейский штриховатой мозаики пшеницы <i>European wheat striate mosaic virus</i> (EWSMV). Род — <i>Tenuivirus</i> (предварительно)	Пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень	Цикадками персистентным способом: <i>Javesella pellucida</i> , <i>J. obscurella</i> , <i>J. Dubia</i>
Вирус русской мозаики пшеницы <i>Winter wheat Russian mosaic virus</i> (WWRMV). Семейство — <i>Plant Rhabdoviridae</i> (предварительно)	Пшеница, рожь, ячмень, овес	Цикадками персистентным способом: <i>Psammotettix striatus</i> , <i>Macrosteles laevis</i>
Вирус карликовости пшеницы <i>Wheat dwarf virus</i> (WDV). Род — <i>Mastrevirus</i> , семейство — <i>Geminiviridae</i>	Пшеница, рожь, тритикале, ячмень	Цикадками персистентным способом: <i>Psammotettix alienus</i> , <i>P. striatus</i>
Вирус стерильной карликовости овса <i>Oat sterile dwarf virus</i> (OSDV); Род — <i>Fijivirus</i> , семейство — <i>Reovirus</i>	Пшеница, рожь, ячмень, овес	Цикадками персистентным способом: <i>Javesella discolor</i> , <i>Dicanotropis hamata</i>
Вирус полосатой мозаики пшеницы <i>Wheat streak mosaic virus</i> (WSMV). Род — <i>Tritimovirus</i> , семейство — <i>Potyviriidae</i>	Пшеница, ячмень, овес, рожь	Клещами: <i>Aceria tulipae</i> ( <i>A. tritici</i> ) и механически соком от больных растений
Вирус полосатой мозаики ковра <i>Brome streak mosaic virus</i> (BStMV). Род — <i>Tritimovirus</i> , семейство — <i>Potyviriidae</i>	Пшеница, ячмень	Клещами: <i>Aceria tulipae</i> ( <i>A. tritici</i> ) и механически соком от больных растений
Вирус мозаики пырея <i>Agropyron mosaic virus</i> (AgMV) Род — <i>Rymovirus</i>	Пшеница	Клещами: <i>Abacarus hystrix</i> и механически соком от больных растений
Вирус синей карликовости овса <i>Oat blue dwarf virus</i> (OBDV) Род — <i>Marafivirus</i>	Овес, ячмень	Цикадками персистентным способом: <i>Macrosteles laevis</i> , <i>M. fassons</i>
Вирус мозаики ковра безостого <i>Brome mosaic virus</i> (BMV) Род — <i>Bromovirus</i> , семейство — <i>Bromoviridae</i>	Пшеница, ячмень	Механически, возможно нематодами ( <i>Longidorus</i> ), жуками ( <i>Phyllotreta vittula</i> ), или тлями ( <i>Diuraphis noxia</i> )
<i>Вирусы, переносимые семенами и пылью</i>		
Вирус штриховатой мозаики ячменя <i>Barley stripe mosaic virus</i> (BSMV) Род — <i>Hordeivirus</i>	Ячмень, пшеница, рожь, овес	Семенами и пылью, механически соком от больных растений

Вирус	Растение-хозяин	Способ передачи
<i>Вирусы, переносимые грибоподобными организмами (Plasmodiophoromycota)</i>		
Вирус веретеновидной полосатой мозаики пшеницы <i>Wheat spindle streak virus</i> (WSSMV) Род — <i>Bymovirus</i> , семейство — Potyviridae	Пшеница, рожь, три-тикале	Грибоподобными организмами: <i>Polytuxa graminis</i>
Вирус желтой мозаики ячменя-1 <i>Barley yellow mosaic virus-1</i> (BaYMV-1) Вирус желтой мозаики ячменя-2 <i>Barley yellow mosaic virus-2</i> (BaYMV-2) Род — <i>Bymovirus</i> , семейство — Potyviridae	Ячмень	Грибоподобными организмами: <i>Polytuxa graminis</i>
Вирус слабой мозаики ячменя-1 <i>Barley mild mosaic virus-1</i> (BaMMV-1) Вирус слабой мозаики ячменя-2 <i>Barley mild mosaic virus-2</i> (BaMMV-2) Род — <i>Bymovirus</i> , семейство — Potyviridae	Ячмень	Грибоподобными организмами: <i>Polytuxa graminis</i>
Вирус мозаики овса <i>Oat mosaic virus</i> (OMV) Род — <i>Bymovirus</i> , семейство — Potyviridae	Овес	Грибоподобными организмами: <i>Polytuxa graminis</i>
Почвообитающий вирус мозаики злаковых <i>Soil-borne cereal mosaic virus</i> (SbCMV) Род — <i>Furovirus</i> , семейство — Potyviridae	Пшеница, рожь, три-тикале	Грибоподобными организмами: <i>Polytuxa graminis</i>
Почвообитающий вирус мозаики пшеницы <i>Soil-borne wheat mosaic virus</i> (SbWMV) Род — <i>Furovirus</i>	Пшеница, рожь, три-тикале	Грибоподобными организмами: <i>Polytuxa graminis</i>
Вирус золотистой штриховатости овса <i>Oat golden stripe virus</i> (OGSV) Род — <i>Furovirus</i>	Овес	Грибоподобными организмами: <i>Polytuxa graminis</i>

Причинами увеличения распространения вирусов и вызванных ими болезней являются интенсификация выращивания зерновых, более активный обмен посевным материалом, рост международного туризма, а следовательно необходима более четкая регистрация вирусов на основе современной иммунологической и молекулярно-генетической диагностики. Симптомы вирусов, поражающих зерновые, мало отличаются от симптомов, вызванных различными неинфекционными стрессовыми факторами, такими как засу-

ха, холод, переувлажнение, недостаток питательных веществ и др.

Из перечисленных в табл. 1 вирусов основную опасность для выращивания озимых пшеницы, ржи, три-тикале и ячменя в Европе представляют вирусы, переносимые тлями, цикадами и клещами.

Наиболее вредоносны вирусы группы желтой карликовости ячменя (*Barley yellow dwarf virus*; *Cereal yellow dwarf virus*) и вирус карликовости пшеницы (*Wheat dwarf virus*), а из группы почвообитающих вирусов —

вирусы желтой и слабой мозаики ячменя (*Barley yellow mosaic virus*; *Barley mild mosaic virus*), почвообитающие вирусы мозаики злаковых (*Soil-borne cereal virus*) и мозаики пшеницы (*Soil-borne wheat mosaic virus*), а также вирус веретеновидной полосатой мозаики пшеницы (*Wheat spindle streak virus*). Почвообитающие вирусы из-за эпидемиологической специфики представляют особенно большую угрозу [2].

### **Вирусы группы желтой мозаики ячменя, карликовости пшеницы и другие вирусы, переносимые членистоногими**

Ущерб, который могут причинить вирусы группы желтой карликовости ячменя у зерновых и вирус карликовости пшеницы обусловлены снижением продуктивности зараженных растений, компенсационной способностью соседних здоровых растений, накоплением вируса в растениях-резерваторах среди культурных растений и в дикой флоре, обеспечивающих перезимовку вирусов. От этих факторов зависит сохранение инфекционной цепи.

Устранение источников инфекции этих вирусов не имеет практического значения, так как они имеют большое количество растений-хозяев среди луговых и диких злаковых (у вирусов группы желтой карликовости больше 150 растений-хозяев из 5 подсемейств *Poaceae*). Требование не располагать посевами пшеницы и ячменя близко к лугам, пастбищам или кукурузе практически не реализуемо. В комплексе мероприятий борьбы с этими вирусами важное место занимает разрыв инфекционной цепи, причем первоочередное значение имеет уничтожение падалицы зерновых при обработке стерни, которая, как правило, сильно поражена вирусными болезнями. Переносчики с нее переносят вирусы на озимые зерновые. Густые посевы менее привлекательны для тлей и цикадок-переносчиков, чем изреженные. Чем раньше происходит осенний по-

сев, тем больше опасность инфекции. При раннем севе озимых, когда велика популяция инфицированных вирусами тлей или цикадок, а также при мягкой и длинной осени, когда обеспечивается длительный период лета переносчиков, эти вирусы могут вызывать потери до 70% и более. У яровых культур из-за обычно позднего лета инфицированных переносчиков вирусы наносят меньше вреда. Зараженные вирусами растения озимых зерновых хуже перезимовывают и посевы изреживаются, что не всегда выявляется как следствие проявления вирусных инфекций. Кроме того, зараженные вирусами растения часто поражаются вторично грибными заболеваниями, например грибами *Fusarium* sp. и *Pseudocercospora herpotrichoides*, что может приводить к большим потерям [7].

Из-за сложных взаимоотношений с растениями-хозяевами, переносчиками, сильного влияния погодных условий на активность и размножение переносчиков распространение вирусов и нанесение ими вреда в значительной мере колеблется. Из-за этого очень трудно прогнозировать развитие вирусных болезней и принимать правильные решения для прямых мер борьбы.

Для химической борьбы с переносчиками имеются и инсектицидные протравители, например на основе имидаклоприда, и инсектициды для обработки посевов, например пиретроиды, но эти мероприятия не каждый год окупаются.

Так как данные вирусы передаются персистентным способом, т.е. для поглощения их из флоэмы требуется длительный период питания, латентный период в переносчике, а передача вирусов происходит только после суммарного срока питания в течение нескольких часов, химические средства защиты растений обычно имеют хороший эффект. Переносчики отмирают до того, как они в состоянии передавать вирус. Но для эффективной

борьбы с переносчиками важно правильно определить срок опрыскивания. Первичное заражение посевов прилетающими переносчиками, из которых лишь ничтожная доля инфицирована (обычно не больше 4%), при обработке посевов инсектицидами не приостанавливается, но возможно предотвратить распространение вирусов в посевах.

В группе вируса желтой карликовости различают по отношению к тлям-переносчикам несколько штаммов, которые в ряде регионов имеют разное эпидемиологическое значение (MAV, PAV, RPV, SGV). У вируса карликовости пшеницы, который в странах Европы встречается спорадически в посевах озимых зерновых, известны ячменные (G) и пшеничные (W) формы, которые, вероятно, различаются по своему кругу растений-хозяев. Симптомы, вызванные вирусами желтой карликовости и вирусом карликовости пшеницы, трудно различимы, поэтому можно считать, что вирус карликовости пшеницы больше распространен, чем в настоящее время известно. Требуется иммунологические или молекулярно-биологические диагностические обследования.

Вирус полосатой мозаики пшеницы (*Wheat streak mosaic virus*), переносимый клещом *Aceria tulipae* (*A. tritici*), который уже в 60-х гг. прошлого века был зарегистрирован в СССР [1], а в

начале 70-х гг. имел эпидемиологическое распространение в Краснодарском крае, считался в те годы экономически менее опасным. В последние годы его распространение, особенно в южноевропейских странах, увеличилось [3], причем у восьми генотипов установлена передача семенами от 0,5 до 1,5% [9]. Родственный вирус недавно изолирован в Германии из материала генбанка мятлика лугового (*Poa pratensis*) и подробно охарактеризован [21]. Эти данные требуют новой оценки взглядов об эпидемиологии вируса полосатой мозаики пшеницы и его распространения с посевным материалом и материалом из генбанков.

Возделывание устойчивых сортов зерновых как и других культурных растений — экономически и экологически выгодное мероприятие. Особое значение с точки зрения прерывания инфекционной цепи имеет качественная устойчивость (иммунитет), так как она может быть связана с изоляцией вируса и элиминацией его в растениях. Но и высокая количественная устойчивость, и толерантность, которая более постоянна, имеют возрастающее значение. Самое хорошее решение — объединение разных типов устойчивости в одном сорте. В сортиментах пшеницы, ячменя, тритикале и овса имеются разные сорта, которые отличаются количественной устойчивостью или толерантностью (табл. 2).

Таблица 2

**Типы устойчивости зерновых к вирусам группы карликовости ячменя и к вирусу карликовости**

Вид зерновых	Вирус	Тип устойчивости	
		качественная	количественная
Пшеница	Вирусы желтой карликовости ячменя	—*	+**
Пшеница	Вирус полосатой мозаики пшеницы	(+)**	+
Пшеница	Вирус карликовости пшеницы	—	+
Тритикале	Вирус желтой карликовости ячменя	(+)	—
Ячмень	Вирус желтой карликовости ячменя	(+)	+
Ячмень	Вирус штриховатой мозаики ячменя	+ <sup>c</sup>	—
Овес	Вирус желтой карликовости ячменя	—	+

\* — устойчивых сортов нет; \*\* + устойчивые сорта имеются; \*\*\* (+) тип устойчивости имеется только в исходном материале; +<sup>c</sup> устойчивые к передаче семенами сорта

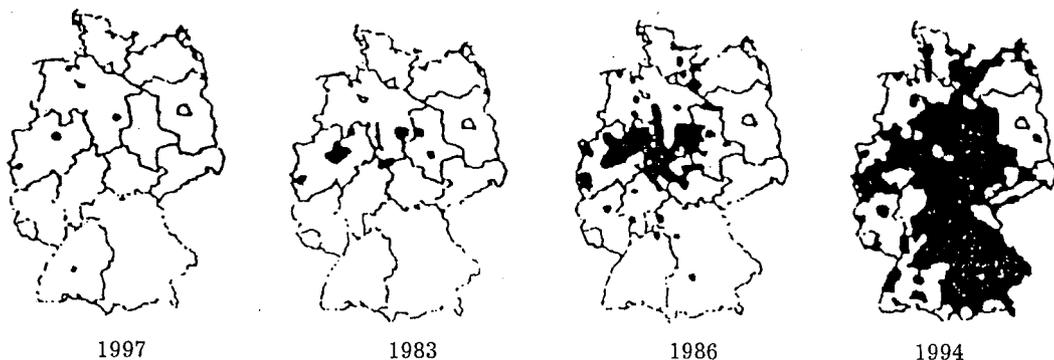
## Почвообитающие вирусы зерновых

Эпидемиологическая особенность вирусов зерновых, переносимых почвенным грибоподобным организмом из отдела *Plasmodiophoromycota*, *Polymyxa graminis*, состоит в том, что эти переносчики вирусов являются и основными резервуарами. Они имеют относительно узкий круг растений-хозяев, которые не играют существенной роли в выживании вирусов. Основным вирусным резервуаром являются покоящиеся споры псевдогриба.

Первичные зараженные вирусом зооспоры внедряются в корневые клетки растения-хозяина. При образовании плазмодия частицы вируса передаются в клетки растений, и в этой же фазе происходит и инфицирование псевдогриба. После образования зооспорангиев формируются вторичные зооспоры, которые могут перенести вирус на новые растения. При неблагоприятных условиях по-разному детерминированные гаметы слиянием образуют зиготу, которая внедряется в клетки ризодермиса и образует вторичный плазмодий, из которого опять образуются покоящиеся споры и инфекционная цепь замыкается. При подходящих условиях снова выходят инфекционные зооспоры, которые заражают корни зерновых. Покоящиеся споры сохраняются в почве более 20 лет, с ними сохраняется и вирус. Поэтому паузы

выращивания растений-хозяев в рамках севооборота не дают защитного эффекта. На более легких почвах опасность вирусной инфекции ниже, так как грибок-переносчик к ним меньше приурочен. Покоящиеся споры псевдогриба-переносчика очень устойчивы к низким температурам и зимой не отмирают. Они также очень устойчивы к повышенным температурам. Псевдогриб внедряется и в глубокие слои почвы. Термическая борьба с псевдогрибом-переносчиком, как и химическая борьба, на практике не только неэффективна, но и экологически вредна [20]. Зараженные покоящиеся споры распространяются с рабочими органами сельскохозяйственных машин по полю и переносятся с частицами земли на другие поля, а также на дальние расстояния в новые районы. В Европе с 70-х гг. очень быстро распространились вирусы желтой и слабой мозаики ячменя (*Barley yellow mosaic virus*, *Barley mild mosaic virus*), которые до этого были известны только в восточной Азии. О быстром распространении этих вирусов в Германии можно судить по рисунку [2, 6].

С 90-х гг. в Италии и во Франции на озимой пшенице распространились вирус веретеновидной полосатой мозаики пшеницы (*Wheat spindle streak mosaic virus*) и почвообитающий вирус злаковых (*Soil-borne cereal mosaic virus*), которые в Германии, Польше



Распространение вирусов желтой и слабой мозаики ячменя в 1977-1994 гг.

и Финляндии встречаются пока на ржи и тритикале, они могут способствовать снижению урожая до 80% и более. Редкая встречаемость этих вирусов на пшенице, возможно, связана с тем, что она высевается поздно, когда активность гриба-переносчика уже низкая. При низких температурах концентрация всех почвообитающих вирусов в растениях выше, симптомы более четкие и пораженные растения хуже перезимовывают. Этот факт является причиной того, что озимые культуры сильно страдают от этих вирусов, а яровые весной не подвержены заражению.

Из эпидемиологических особенностей почвообитающих вирусов вытекает, что кроме мероприятий фитосанитарного характера по предупреждению их распространения единственная эффективная мера борьбы с ними состоит в селекции и выращивании устойчивых сортов. В селекции озимого ячменя на устойчивость к вирусам желтой и слабой мозаики были достигнуты успехи на основе гена *gum4*, который был выявлен в старом сорте-двуручке Ragusa. В настоящее время уже почти 70% всех районированных в Германии сортов озимого ячменя устойчивы к этим вирусам (табл. 3). Только благодаря быстрому селекционному прогрессу во многих регионах Германии возможно выращивание озимого ячменя.

Т а б л и ц а 3

Доля устойчивых сортов к вирусам желтой и слабой мозаики в сорimente озимого ячменя в Германии

Год	Число сортов	В т. ч. к VaYMV-1 и VaMMV		В т. ч. к VaYMV-2	
		абс.	%	абс.	%
<b>Многорядная</b>					
2000	37	24	65	—	
2005	31	26	84	1	4
<b>Двухрядная</b>					
2000	31	10	32	1	10
2005	43	24	56	3	12
<b>Всего</b>					
2000	68	34	50	1	3
2005	74	50	68	4	8

Проблема состоит в том, что качественная устойчивость всех районированных сортов основана только на гене *gum4*, который не защищает от VaYMV-2, и на гене *gum5*, устойчивость которого уже преодолевается. Большинство сортов восприимчивы к патотипу VaYMV-2, который был обнаружен сразу после начала выращивания устойчивых к вирусам желтой и слабой мозаики сортов ячменя [15]. В 2003 г. обнаруженный во Франции и Англии патотип VaMM-“SIL“ преодолевает устойчивость, основанную на гене *gum5* [10]. В 2004 г. в Германии обнаружен патотип, который подобно патотипу VaMMV-“SIL“ может преодолевать устойчивость, основанную на гене *gum5* [5].

Усвоение новых, по возможности разных источников устойчивости у ячменя и пирамидизация различных генов устойчивости в одном растении является важной задачей. Имеется уже целый ряд новых генов устойчивости, которые можно использовать в селекции [16]. В селекции на устойчивость к вирусам желтой мозаики сочетание генов имеет возрастающее значение, так как не все известные гены устойчивости, за исключением *gum11*, защищают от всех вирусов и патотипов комплекса желтой мозаики ячменя [27]. Пирамидизацией генов устойчивости можно в селекции ячменя продлить их действие, комбинируя, например, устойчивость на основе гена *gum5*, на котором в настоящее время основана устойчивость всех сортов к VaYMV, VaYMV-2 и VaMMV, с геном *gum9* и этим достигают устойчивость ко всем в Европе известным вирусам и генотипам этого комплекса [18]. Преодоление моногенной, качественной устойчивости, основанной на генах *gum4* и *gum5*, подтверждает необходимость комбинировать этот тип устойчивости с количественной устойчивостью.

С выявлением молекулярных механизмов интеракции факторов расте-

ний-хозяев и протеинов вирусов достигнут значительный прогресс при выяснении причинных основ устойчивости к бимовирусам (*Bymovirus*). Факторами растения-хозяина являются протеины процесса трансляции (eucaryotic translation initiation factor 4E), которые взаимодействуют со специфическим протеином (VPg) вирусов [24]. Результаты исследований разных ученых доказывают роль этих факторов как ключевого компонента рецессивно наследованной устойчивости к вирусам из семейства *Potyviriaceae*. При селекции сортов пшеницы, имеющих качественную устойчивость к вирусу веретеновидной полосатой мозаики пшеницы (*Wheat spindle streak mosaic virus*), во Франции и Англии достигнуты уже значительные успехи. Успехом увенчалась и селекция на устойчивость к почвообитающему вирусу мозаики злаковых (*Soil-borne cereal mosaic virus*) с использованием сорта Moulin в качестве источника количественной устойчивости к данному вирусу.

Эти вирусы потеряли уже свое экономическое значение, так как в сортах озимой пшеницы и тритикале в Германии уже имеются сорта, обладающие комбинированной устойчивостью к обоим вирусам. У озимой ржи пока нет устойчивых форм и не известны формы устойчивого исходного материала.

Селекция на количественную устойчивость усложняется тем, что ее можно вести только на зараженных вирусами почвах. Искусственное механическое заражение листьев, которое можно провести в теплицах, не дает правильных результатов. Кроме того, селекционную работу с полигенно обусловленным количественно устойчивым материалом проводить сложнее, чем с моногенно обусловленным качественно устойчивым материалом. С применением молекулярных маркеров в значительной мере повышается се-

лекция на моногенно обусловленную качественную устойчивость [19], но таких маркеров в отношении полигенно обусловленной количественной устойчивости пока нет.

Селекционные работы ведутся и в направлении использования устойчивости зерновых к вектору *Polymyxa graminis*, что может быть многообещающим источником для ячменя *Hordeum bulbosum*. Хотя гриб-переносчик широко распространен, из-за своей биологии он является очень сложным объектом исследований и знания о нем пока ограничены. Создан первый банк генома этого организма [25]. Исследования нуклеарной рибосомальной ДНК (rDNA) показали, что можно различать у *P. graminis* несколько подгрупп, так называемых риботипов [26]. Было предложено классифицировать эти риботипы как разные *formae specialis*, так как они отчасти коррелируют с кругом хозяев, требованиями к температуре и географическим распространением [17]. На основе филогенетического анализа установлена связь между риботипами и *Formae specialis* (табл. 4).

Первые два из этих риботипов встречаются в умеренных регионах Европы. Их можно различать специфическим методом полимеразной цепной реакции. Сиквенированием амплифицированной rDNA установлено, что изоляты риботипа II гриба *P. graminis*, прежде всего, но не исключительно, поражают пшеницу, в то время как изоляты риботипа I больше всего ас-

Таблица 4

**Связь между риботипами и *formae specialis* рибоподобного организма *Polymyxa graminis***

Риботип	<i>Formae specialis</i>
I	f. sp. <i>temperata</i>
II	f. sp. <i>tepida</i>
III	f. sp. <i>tropicalis</i>
IV	f. sp. <i>subtropicalis</i>
V	f. sp. <i>colombiana</i>

социированы с ячменем и видами рода *Poa*. Тип II был достоверно связан с перенесением почвообитающего вируса мозаики злаковых (SBCMV), в то время как для типа I установлено перенесение вирусов слабой и желтой мозаики ячменя (BaMMV, BaYMV). С помощью полимеразной цепной реакции (real-time PCR) было возможно измерить массу гриба, чтобы оценить устойчивость генотипов зерновых к грибу. При этом было показано, что генотипы пшеницы варьируют по восприимчивости к грибу-переносчику. Самая низкая восприимчивость была установлена у акцессии K-58505 вида *Triticum monococcum* [26].

Важной задачей для мониторинга посевов и для селекции зерновых на устойчивость к вирусам является разработка и предоставление средств для четкой диагностики не только вирусов, но и их патотипов. Так как вирусные болезни по симптомам легко можно спутать с другими стрессовыми факторами и между собой они трудно различимы, требуются методы быстрой и точной диагностики, которые можно использовать как рутинные тесты в службе защиты растений и в селекции. Разными вариантами иммуноферментного анализа (ELISA) можно относительно быстро выявить вирусы. Более чувствительные, но и более дорогие методы иммуноуправляющей полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (immuno-capture reverse polymerase chain reaction — IC-RT-PCR), объединяющие серологию с высокочувствительным молекулярным методом. Для различия биотопов может быть полезным применение тестов на основе моноклональных антител (Mabs) [22]. Определение заселенности почвы почвообитающими вирусами можно провести и биологическим тестом, для чего пробы почвы переносят в посадочные чашки, сеют в них восприимчивый сорт зерновых, потом в растениях иммуноферментным методом идентифицируют вирусы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Развязкина Г.М., Карпова Е.А., Беляничкова Ю.В. Вирус полосатой мозаики пшеницы // Защита растений от вредителей и болезней, 1963. №9. С. 54-55. — 2. Цнаар Д., Хум В., Рабенштайн Ф. Проблема вирусных болезней зерновых культур в Европе // Вестник защиты растений, 2002. №1. С. 8-14. — 3. Вакарджиева Н., Крастева С., Хабекусс А. et al. // Bulgarian J. Agricultural Science, 2004. №10. P.161-64. — 4. Fauquet C.M., Mayo M.A., Maniloff J. et al. Virus Taxonomy. VIII<sup>th</sup> Report of the ICTV / Academic Press. London, 2005. — 5. Habekuss A., KiChne T., Rabenstein F. et al. // Sixth Symposium of the International Working Group on Plant Viruses with Fungal Vectors. 5-7 September 2005. Bologna. — 6. Huth W. // Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd, 1988. №40, S. 49-55. — 7. Huth W. // Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd, 1990. №42. S. 33-39. — 8. Huth W., Lesemann D. // Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd, 1978. №30. S. 184-85. — 9. Jones R.A.C., Coutts B.A., Mackie A.E. et al. // Plant Dis, 2005. №89. P. 1048-1050. — 10. Kanyuka K., Grann G.Mc., Alhudaib K. et al. // Arch. Virology, 2004. №149. P. 1469-1480. — 11. Kanyuka K., Ward K., Adams M.J. // Molecular Plant Pathology, 2003. №4. P. 393-406. — 12. Kastirr U., Rabenstein F., KiChne T. // Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae). INRA Editions Paris, 2004. P.580-585. — 13. Koenig R., Huth W. // Europ. J. Pathol, 2003. V.109. P. 191-193. — 14. Koenig R., Pleij C.W.A., Huth W. // Arch. Virology, 1999. V.144. P. 2125-2140. — 15. Kuhne T., Proeseler G., Habeku? A. et al. // Phytomedizin, 2004. №34. S. 57-58. — 16. Le Gouis J., Devaux P., Werner K. et al. // Theor. Appl. Genet, 2004. №108. P. 1521-1525. — 17. Legreve A., Delfosse P., Maraite H. // Mycological Research, 2002. — №106. P. 138-147. — 18. Ordon F., Ahlemeyer J., Werner K. et al. // Euphytica, 2005. №143. P. 21-28. — 19. Ordon F., Friedt W., Scheurer K. et al. // J. Appl. Genet, 2004. №45. P. 145-159. — 20. Proeseler G., Stanarius A., Szigat G. et al. // Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd,

1991. №43. P. 65-68. — 21. *Rabenstein F., French R., Stenger D.C.* // *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)*. INRA Editions Paris, 2004. P. 492-494. — 22. *Rabenstein F., Muhlheim H., Kastirr U. et al.* // *Sixth Symposium of the International Working Group on Plant Viruses with Fungal Vectors*. Bologna, 2005. — 23. *Spaar D., Schumann K.* // *Die Virose an landwirtschaftlichen Sonderkulturen und Sporenpflanzen in Europa*. Akademie-Verlag Berlin, 1977. P. 1-62. — 24. *Stein N., Perovic D., Kumlehn J. et al.* // *Plant J*, 2005. №42. P. 912-922. — 25. *Subr Z., Kastirr U., Kühne T.* // *J. Phytopathol*, 2002. V.150. P. 564-568. — 26. *Ward E., Kanyuka K., Motteram J. et al.* // *New Phytologist*, 2005. №165. P. 875-885. — 27. *Werner K., Friedt W., Ordon F.* // *Mol. Breeding*, 2005. №16. P. 45-55.

#### SUMMARY

The review of grain crops viral diseases in Europe, their prevalence and harmfulness has been cited in the article. Virus development cycles and relations to organism-carriers including fungi in soil have been described. Methods of diagnostics are offered, principal tendencies of protective practices from these viruses are also focused on in the research, agrotechnical and selection methods included.