

ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ ЖЕЛТОЙ КАРЛИКОВОСТИ ЯЧМЕНЯ

К.А. МОЖАЕВА

(Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии РАСХН)

Приведены результаты многолетнего всестороннего изучения желтой карликовости ячменя и вирусов — возбудителей этого опасного заболевания зерновых культур. Изучены методы идентификации (переносчики, ИФА, ПЦР) и штаммовый состав ВЖКЯ и ВЖКЗ, проведен их мониторинг на территории России. С использованием гибридной технологии на основе моноклональных антител получены диагностикумы для проведения ИФА, разработана методика полевого опыта оценки сортообразцов овса и других зерновых на толерантность / устойчивость к ВЖКЯ с использованием вирофорной тли.

Ключевые слова: ВЖКЯ, идентификация, штаммы, мониторинг, эпидемиология, толерантность овса.

Желтая карликовость ячменя — одно из наиболее распространенных и опасных заболеваний зерновых культур — поражает пшеницу, ячмень, овес, кукурузу, рис и наносит большой урон производству этих культур, приводит к потерям 10–15% урожая, а в годы эпифитотий — до 60–90% [30]. Болезнь отмечена во всех зерносеющих странах и регионах, причем в большинстве из них периодически наблюдаются эпифитотии.

Впервые желтая карликовость была описана в начале 1950-х гг. Возбудителем заболевания первоначально считался один вирус, названный вирусом желтой карликовости ячменя (ВЖКЯ), который был отнесен к группе лютеевирусов. В зависимости от способности переноситься определенными видами тлей стали различать пять штаммов ВЖКЯ, объединенные в две подгруппы, между кото-

рыми не было серологического родства. В настоящее время считается, что желтая карликовость вызывается двумя вирусами. ВЖКЯ представлен штаммами PAV, MAV, SGV и RMV, штамм RPV получил название вируса желтой карликовости злаков (ВЖКЗ) и был отнесен к полеровирусам [25]. Оба вируса имеют сферические частицы диаметром 20–30 нм, геном представлен одноцепочечной РНК. В растении вирусы локализуется во флоэме и передаются только тлями по персистентному типу. Известно более 20 видов тлей-переносчиков, но наиболее эффективными из них являются *Sitobion avenae* F., *Rhopalosiphum padi* L., *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Schizaphis graminum* (Rondani) и *Metopolophium dirhodum* (Walker).

В России это заболевание впервые было зарегистрировано в 1961 г.

в Краснодарском крае в период эпифитотии вирусных болезней на зерновых культурах. В 1969 г. оно было отмечено в Московской обл. [22]. В течение последующих почти двадцати лет упоминаний о нем не было. В 1988-1991 гг. сильная эпифитотия желтой карликовости на серых хлебах наблюдалась в Нечерноземной зоне и в меньшей степени в Центрально-черноземном регионе России. Посевы зерновых на территории нескольких миллионов гектаров были поражены этим заболеванием, что привело к большим потерям урожая [23].

Изучение желтой карликовости ячменя во ВНИИФ было начато в 1991 г. после эпифитотии желтой карликовости ячменя в 1988-1991 гг. и продолжалось до 2010 г. В 1991 — 2009 гг. по тематике РАСХН, а в 2001-2004 гг. также и по проекту Международного научно-технического центра (МНТЦ).

Методика

Для наработки препаратов вируса, которые необходимы для получения моноклональных антител, использовали модифицированный метод Hammond et al. [26]. Для выделения вируса брали естественно инфицированный материал или зараженный вирофорной тлей, инфицированной определенным штаммом ВЖКЯ. Для определения штаммов ВЖКЯ/ВЖКЗ использовали диагностикумы для иммуноферментного анализа (ИФА), полученные на основе моноклональных антител совместно с ИБХ имени М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова [28], или диагностикумы фирм Agdia, Loewe и BioRAD, специфичные к отдельным штаммам ВЖКЯ или ВЖКЗ.

Образцы зерновых культур, в основном серых хлебов, имеющие симптомы желтой карликовости, собирали во время обследований и получали из областных СТАЗР при содействии Фитоцентра РФ.

Полевые мелкоделяночные опыты проводили в ОПИ ВНИИФ Раменская горка в Московской обл. Методика проведения опытов и оценки толерантности образцов овса к ВЖКЯ описаны в результатах соответствующего раздела.

Результаты и их обсуждение

На основании изучения свойств ВЖКЯ и способов его передачи нами было установлено, что основной причиной эпифитотийного поражения серых хлебов на европейской части РФ в 1988-1991 гг. является этот вирус [12].

Основными задачами наших исследований в 1991-2000 гг. были:

- 1) идентификация ВЖКЯ/ВЖКЗ;
- 2) изучение особенностей эпидемиологии желтой карликовости ячменя в Центральном регионе европейской части страны;
- 3) изучение распространения и штаммового состава ВЖКЯ и ВЖКЗ в регионах европейской части России.

В результате 10-летних исследований было сделано следующее:

- 1) освоен и модифицирован метод выделения вируса из естественно инфицированных листьев овса и ячменя [5, 8];
- 2) совместно с ИБХ получены моноклональные антитела и на их основе созданы диагностикумы для выявления РAV ВЖКЯ и RPV ВЖКЗ [6, 27];
- 3) разработана методика подготовки образцов из сухих листьев злаков и оптимизирована схема проведения ИФА [1, 9, 13];
- 4) совместно с РУДН изучена фауна тлей-переносчиков вирусов [4];
- 5) охарактеризован состав ценоза злаков, которые являются источниками и резерваторами инфекции желтой карликовости ячменя в течение года [14];
- 6) дана характеристика комплекса агроклиматических условий, благоприятных для возникновения эпифитотийных вспышек этого забо-

левания [14, 32]; 7) впервые во всех семи регионах европейской части РФ (19 краях, областях и республиках) проведено определение штаммов PAV, MAV, SGV и RMV ВЖКЯ и RPV ВЖКЗ. Выявлены все эти штаммы и показано, что наиболее часто в эти годы встречались PAV ВЖКЯ и RPV ВЖКЗ, а самым мало-распространенным был штамм RMV ВЖКЯ [8, 16, 31, 33].

Проведенные в эти годы исследования создали научно-методическую базу для дальнейшего более глубокого и всестороннего изучения этого заболевания. В 2001—2004 гг работа проводилась при поддержке Международного научно-технического центра (МНТЦ) по проекту «Вирусные болезни серых хлебов в России (вирус желтой карликовости ячменя)». Основными задачами проекта являлось дальнейшая разработка диагностикумов для штаммов ВЖКЯ, определение штаммового состава ВЖКЯ/ВЖКЗ в азиатской части РФ, оценка возможности использования для селекции в России толерантных сортов и линий овса.

Получение диагностикумов для ИФА к штаммам ВЖКЯ-ВЖКЗ.

Эта работа была продолжена совместно с ИБХ. имени М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова. При использовании гибридной технологии получены моноклональные антитела (МА) и приготовлены их конъюгаты с ферментами (щелочной фосфатазой и пероксидазой хрена), что позволило получить диагностикумы для определения PAV, MAV и RMV штаммов ВЖКЯ и RPV ВЖКЗ [27].

Из одиннадцати моноклональных антител, специфичных к ВЖКЯ и ВЖКЗ, которые были получены в ходе выполнения проекта, для дальнейшей работы были отобраны пять: 4В5, 4В5m, 4В6, 4С6, 2А5.4. С тремя из них приготовлены конъюгаты: 4В5-ПХ, 4В5-ЩФ, 4В6-ПХ, 4В5т-ПХ и 4В6. Указанные моноклональные

антитела и их конъюгаты с ферментами использованы для приготовления отечественных диагностикумов, с помощью которых можно определять все пять штаммов ВЖКЯ/ВЖКЗ:

- МА 4В5 с конъюгатом 4В5-ПХ пригодны для выявления PAV и SGV ВЖКЯ;

- МА 4В6 с конъюгатом 4В6-ПХ могут одновременно выявлять MAV и RMV ВЖКЯ и RPV ВЖКЗ;

- МА 4В5 с конъюгатом 4В6-ПХ выявляют MAV ВЖКЯ;

- МА 2А5.4 с конъюгатом 4В6-ПХ выявляют MAV ВЖКЯ;

- МА 2А5.4 с конъюгатом 4В5т-ПХ выявляют RPV ВЖКЗ.

Эти линии будут храниться в течение последующих лет в жидком азоте и при необходимости могут быть расконсервированы для реклонирования, проверки продукции антител и наработки новых порций асцитных жидкостей. Кроме того, создан запас очищенных антител и асцитных жидкостей от перечисленных линий, что позволит удовлетворить потребность в соответствующих диагностикумах в ближайшие годы. Клеточные линии сохраняются при ~70°C и при необходимости могут быть реклонированы. Для определения ВЖКЯ и его штамма SGV также освоен метод полимеразной цепной реакции [3].

Мониторинг и штаммовый состав ВЖКЯ. Для выполнения этой задачи проведено обследование посевов зерновых культур, собраны и проанализированы с использованием ИФА образцы из 16 краев и областей всех регионов азиатской части РФ (Урал, Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Дальний Восток). Впервые доказано наличие в этих регионах желтой карликовости ячменя, возбудителями которой являются штаммы PAV, MAV, SGV, RMV ВЖКЯ и RPV ВЖКЗ.

Как уже отмечалось выше, на европейской части РФ обследования посевов зерновых культур началось

после эпифитотии этого заболевания здесь в 1988-1991 гг. К 2006 г. на наличие ВЖКЯ/ВЖЗК были проанализированы образцы зерновых культур из 7 регионов (38 областей, краев и республик) и во всех регионах были обнаружены штаммы PAV, MAV, SGV, RMV ВЖКЯ и RPV штамм ВЖКЗ. Показаны различия в штаммовом составе, как по регионам, так и по годам в обеих частях страны. Проведено сравнение штаммового состава ВЖКЯ и ВЖКЗ в европейской и азиатской частях РФ [2, 16, 20, 35].

Уровень поражения серых хлебов тем или иным штаммом зависит от численности и состава популяции тлей-переносчиков, их вирофорности, что определяется погодными условиями года, влияющими как на выживание тлей зимой, так и на сохранение очагов инфекции, возможности ее распространения, накопления и т.п. Весной источником инфекции служат многолетние злаковые травы и сорняки, озимые и их падалица; летом, до всходов озимых, - посеы на зеленый корм овса в смеси с бобовыми и в меньшей степени злаковые травы и сорняки. В конце вегетационного сезона, кроме озимых, источником инфекции становится падалица и подрост яровых культур на полях, где не проводится зяблевая вспашка. Наряду с погодными условиями на поражение посевов зерновых культур желтой карликовостью и на реализацию имеющегося в природе потенциала заболевания влияют также агротехнические мероприятия (подготовка почвы, удобрения, использование инсектицидов и гербицидов и т.п.), которые в значительной степени определяют фитосанитарное состояние посевов [2].

Мониторинг посевов серых хлебов в разных регионах РФ был продолжен в 2005-2009 гг. В 2005 и 2006 гг. в европейской части России погодные условия были благоприятны для массового размножения тлей-переносчиков и инфицирования зерновых культур

ВЖКЯ. В эти годы эпифитотийные вспышки этого заболевания на зерновых культурах наблюдались на Северном Кавказе и ЦЧО, что привело к значительным потерям урожая озимой пшеницы в некоторых хозяйствах. Например, в 2006 г. в ОПХ Гулькевичский Краснодарского края на некоторых полях снижение продуктивности озимой пшеницы достигало 50%, аналогичное снижение урожая было на фирме «Апротек» Воронежской обл. Поражение зерновых культур желтой карликовостью (от очагового до эпифитотийных вспышек) в этом году отмечалось также в Нечерноземной зоне, Поволжье и на Урале.

В 2007-2009 гг. как в европейской, так и в азиатской частях РФ наблюдалось только очаговое или единичное инфицирование серых хлебов и пшеницы ВЖКЯ, что практически не оказывало влияние на урожайность этих культур. В эти годы ВЖКЯ был выявлен в образцах, присланных из разных областей и республик Центрального региона, ЦЧО, Северного Кавказа, Поволжья, Урала и Западной Сибири. Низкий уровень инфицирования зерновых культур желтой карликовостью в эти годы был обусловлен тем, что погодные условия были неблагоприятными для жизнедеятельности тлей-переносчиков как весной во время первичного инфицирования злаков, так и позднее в период накопления и распространения инфекции.

Таким образом, в природе постоянно сохраняется и поддерживается обычно невысокий, но стабильный уровень инфицирования зерновых культур, злаковых трав и сорняков ВЖКЯ. При создании благоприятных условий для размножения вспышка заболевания, вначале очаговая, но способная впоследствии развиваться до размера эпифитотии в отдельных регионах страны и даже распространяться на целые страны и континенты, вызывая большие экономические потери, как это было в конце

1980-х гг. В последние годы эпифитотийные вспышки ВЖКЯ наблюдались в 2005 и 2006 гг. на Северном Кавказе и в Центрально-Черноземном регионе.

Для того чтобы иметь возможность прогнозировать появление и распространение желтой карликовости ячменя, а также приостановить возникновение эпифитотии или ограничить ее, необходимо регулярно проводить мониторинг численности и видового состава тлей-переносчиков и обследовать посевы зерновых культур на зараженность этими вирусами.

Изучение толерантности сортов и линий овса к ВЖКЯ. Поскольку у овса (в отличие от ячменя) гены устойчивости к ВЖКЯ не идентифицированы, ответ растения на заражение характеризуют как чувствительность или толерантность. Наиболее интенсивные работы по созданию толерантных к ВЖКЯ сортов овса проводились в США, слабопоражаемые сорта и линии овса получены в Канаде, Финляндии, Чехии и Швеции [24].

В России подобных селекционных работ не проводили, исследования в этой области ограничивались оценкой имеющегося набора сортов из мирового сортимента на естественном инфекционном фоне, в частности, в ВИР и его московском филиале после эпифитотии ВЖКЯ (1988-1991) только на основании визуальных симптомов. В этих коллекциях овса были выявлены сорта и гибриды, слабо поражаемые вирусом, происходящие из США, Канады и Мексики. Нами была предпринята попытка изучения поражаемости сортов и линий овса ВЖКЯ как на естественном, так и на искусственном инфекционных фонах, с привлечением иммуноферментного анализа. Цель исследований состояла в выявлении форм, пригодных для создания в России толерантных сортов овса.

Полевой мелкоделяночный опыт проводился в 2001-2004 гг. на опыт-

ном поле ВНИИФ в Московской обл. В 2001 г. были испытаны пятьдесят сортообразцов овса из коллекции ВИР на естественном фоне инфицирования ВЖКЯ/ВЖКЗ. По результатам этого опыта было отобрано 34 сортообразца (в т.ч. 15 линий Иллинойского университета США), которые в 2002 г. испытывались при искусственном инфицировании. В 2003 г. для опытов был оставлен 21 сортообразец, в 2004 г. — 23 сортообразца (включены новые гибриды, полученные в НИИСХ ЦРНЗ на основе продуктивных отечественных сортов и толерантных иллинойских линий).

Полевые опыты 2002-2004 гг. включали три варианта:

1 - контроль: овес выращивался в условиях, ограничивающих заражение растений ВЖКЯ тлями-переносчиками за счет периодического опрыскивания инсектицидами;

2 - овес выращивали на естественном фоне заражения ВЖКЯ; 3 - овес выращивали на искусственном фоне заражения штаммом PAV ВЖКЯ с использованием виофорной тли *Rhopalosiphum padi*.

В качестве чувствительного сорта был взят Clintland 64, в качестве стандартного включенный в Госреестр для данного региона сорт Улов. Распространенность болезни оценивали визуально по симптомам и с помощью иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием моноклональных антител, специфичных к PAV ВЖКЯ. После уборки урожая определяли высоту растений, продуктивную кустистость, массу зерна с растения и метелки, количество зерен с растения и метелки, массу 1000 зерен. Оценивали продуктивность одного растения и одной метелки по отношению к контролю сорта и контролю стандарта в процентах. Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTIC A Microsoft [18].

Для обеспечения искусственного инфицирования овса был получен ви-

рофорный клон тли *R. padi*, который нарабатывался в количествах, необходимых для проведения опыта. Всего на толерантность к PAV штамму ВЖКЯ было оценено 15 иллинойских линий и 19 сортов овса отечественной и зарубежной селекции.

Полученные результаты показали, что отдельные сортообразцы овса зарубежной селекции обладают высокой толерантностью к желтой карликовости. В условиях защищенного контроля толерантные сортообразцы, как правило, имеют более низкую продуктивность, чем отечественный сорт Улов, использованный в качестве стандарта. Однако в условиях эпифитотии, которая создавалась искусственным заражением растений PAV штаммом ВЖКЯ с помощью вирофорной тли *R. padi*, толерантные сортообразцы сохраняли до 80% своей продуктивности, в то время как чувствительные сорта не более 20-30%. Например, в 2003 г. продуктивность иллинойских линий IL 85-1538, IL 86-6404, IL 86-5698, IL 86-5262, IL 86-1158, IL 2901 и сорта Blaze на искусственном инфекционном фоне была примерно в 2,5 раза выше, чем в тех же условиях у сорта Улов, который не обладает толерантностью к ВЖКЯ. В 2004 г. на искусственном инфекционном фоне потеря продуктивности у овса сорта Улов достигала почти 70%, тогда как у толерантного сорта FF 64-74 она составила 27,4%, а у иллинойских линий IL 86-5262, IL 2901, IL 85-1538 — 40-53% [21, 34].

Итак, если оценивать толерантность по среднему показателю за 3 года (сохранение продуктивности на искусственном инфекционном фоне), то изученные образцы можно расположить в следующем порядке: FF 64-74, Blaze, IL 85-1538, IL 3303, Maris Elf, IL 85-5262 и IL 86-6404. Если же о перспективности образца судить по его урожаю при высокой инфекци-

онной нагрузке ВЖКЯ, то лучшими на основании 3-летних опытов можно считать FF 64-74, IL 85-5262, Blaze, IL 85-1538, IL 2901 и IL 86-1158. Образец FF 64-74 (Канада) был наиболее стабильным по продуктивности и толерантности на искусственном инфекционном фоне ВЖКЯ во все годы испытаний. Некоторые положительно оцененные по толерантности к ВЖКЯ образцы обладали и другими хозяйственно полезными свойствами: растения сорта Maris Elf и линии IL 85-1538 характеризовались низкорослостью, линий IL 86-1158, IL 86-5698 и IL 2901 — крупнозерностью. Сорта FF 64-74 и Maris Elf, линии IL 85-5262, IL 85-1538, IL 2901 и IL 86-5698 уже включены в селекционный процесс в лаборатории овса НИИСХ ЦРНЗ. Начатая здесь в 2003-2005 гг. работа по созданию сортов овса, толерантных к ВЖКЯ, продолжается до настоящего времени [10, 11].

Основные результаты трехлетних полевых испытаний сортообразцов овса на толерантность к ВЖКЯ.

1. Разработана адаптированная к условиям России методика оценки толерантности овса к ВЖКЯ в полевых условиях и в условиях селекционеров [17, 18, 34], которая включает:

- размножение и круглогодичное поддержание вирофорной тли *Rhopalosiphum padi*;

- создание искусственного инфекционного фона PAV ВЖКЯ в полевых условиях;

- методику оценки пораженности сортообразцов овса ВЖКЯ (визуально и с помощью ИФА);

- выявление перспективных для селекции на толерантность к ВЖКЯ сортообразцов овса по критериям продуктивности, толерантности и реакции на инфицирование вирусом.

2. Рекомендованы в качестве доноров толерантности для Нечернозёмной зоны РФ сорта овса FF 64-74, Blaze,

Maris Elf и иллинойские линии IL 86-1158, IL 86-5262, IL 85-1583 и другие. Часть этих образцов были включены в гибридизацию и продолжают изучаться в лаборатории селекции овса НИИСХ ЦРНЗ РФ [10, 11, 21, 34].

Разработанная методика оценки толерантности овса к ВЖКЯ может быть использована также для оценки устойчивости и толерантности к этому вирусу других зерновых культур (ячменя, пшеницы) и кукурузы.

Заключение

В 2009 г. группа вирусологии ВНИИФ закончила многолетнее изучение желтой карликовости ячменя и его возбудителя, которое проводилось в 1991—2009 гг. по тематике РАСХН, а в 2001—2004 гг. также и по проекту МНТЦ 1995. В результате проведенных исследований были изучены основные вопросы, касающиеся как этого опасного вирусного заболевания зерновых культур, так и самого вируса — его возбудителя.

Идентификация вируса и его штаммов:

- Предложен метод очистки ВЖКЯ и накопления антигена в препаративных количествах, необходимых для получения диагностикумов на основе моноклональных антител для иммуноферментного анализа (ИФА).

- Совместно с ИБХ имени М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова с использованием гибридной технологии на основе моноклональных антител получены диагностикумы (специфические антитела и конъюгаты) для проведения идентификации ВЖКЯ и его штаммов PAV, MAV, RMV и штамма RPV ВЖКЗ.

- Предложена методика идентификации ВЖКЯ и его штамма SGV с помощью ПЦР.

Распространение и штаммовый состав ВЖКЯ и ВЖКЗ в азиатской и европейской частях России:

- Во всех регионах азиатской и европейской частей РФ (в 57 областях, краях и республиках) выявлены ви-

русы (ВЖКЯ и ВЖКЗ), вызывающие желтую карликовость ячменя.

- На основании результатов ИФА определен штаммовый состав этих вирусов. Во всех регионах ВЖКЯ был представлен штаммами PAV, MAV, SGV и RMV, а ВЖКЗ - RPV.

Эпидемиология желтой карликовости ячменя в Центральном регионе России:

- Выявлены источники и резервуары инфекции желтой карликовости ячменя.

- Дана характеристика агроклиматических условий, благоприятных для возникновения эпифитотийных вспышек этого заболевания на зерновых культурах, особенно на серых хлебах.

Селекция на устойчивость и толерантность зерновых культур к ВЖКЯ (на примере полевого опыта с овсом):

- Разработана адаптированная к условиям России методика оценки толерантности /устойчивости зерновых культур к ВЖКЯ в полевых условиях.

- Созданы методическая и материальная базы (получены вирофорная тля *R. padi* — переносчик вируса и диагностикумы для проведения ИФА), необходимые для проведения работ по селекции зерновых культур на толерантность и устойчивость к ВЖКЯ.

- Проведена оценка 19 сортообразцов овса из коллекции ВИР и 15 иллинойских линий (США) на толерантность к ВЖКЯ.

- В качестве доноров толерантности для Нечерноземной зоны РФ рекомендованы сорта овса FF 64-74 (Канада), Blaze (США), Maris Elf (Великобритания) и иллинойские линии: IL 86-1156, IL 86-5262 и IL 85-1538, с которыми в настоящее время продолжает проводиться селекционная работа в НИИСХ НЗ РФ.

Результаты изучения желтой карликовости ячменя в России отражены в более 40 публикациях и доложены на 18 совещаниях и конференциях в России, странах СНГ и за рубежом.

Библиографический список

1. *Васильева Т.Я., Ерознла Т.Н., Кастальева Т.Б., Можсаева К.А.* Определение вируса желтой карликовости ячменя при помощи иммуноферментного анализа на основе моноклональных антител // Сб. метод. реком. по защите растений. СПб., 1998. С. 242-245.
2. Вирус желтой карликовости ячменя и другие вирусы зерновых культур на территории Российской Федерации. М.: ФГНУ «Росинфармагротех», 2007.
3. *Гирсова Н.В., Можсаева К.А., Кастальева Т.Б.* Методика определения вируса желтой карликовости ячменя с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) // В кн. высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы диагностики и фитосанитарного мониторинга. М., 2007. С. 4-8.
4. *Джама М.И.* Роль тлей из семейства Aphididae в распространении вирусов на пшенице и пшенично-пырейных гибридах: Автореф. канд. дисс. М., 2000.
5. *Кастальева Т.Б., Васильева Т.Я., Можсаева К.А.* Выделение вируса желтой карликовости из естественно зараженных растений овса и ячменя // Доклады РАСХН, 1994. №3. С. 23-25.
6. *Кастальева Т.Б., Ерохина Т.Н., Васильева Т.Я., Можсаева К.А.* Диагностика вируса желтой карликовости ячменя с помощью иммуноферментной тест-системы на основе моноклональных антител // Доклады РАСХН, 1996. №5. С. 19-21.
7. *Кастальева Т.Б., Васильева Т.Я., Можсаева К.А.* Распространение и штаммовый состав вируса желтой карликовости ячменя // Вестник РАСХН, 1997. №2. С. 48-50.
8. *Кастальева Т.Б., Можсаева К.А., Васильева Т.Я.* Изучение штаммового состава вируса желтой карликовости ячменя // Вестник защиты растений, 2001. №3. Р. 63-65.
9. *Кастальева Т.Б., Можсаева К.А.* Оптимизация методики определения вируса желтой карликовости ячменя с помощью иммуноферментного анализа // Вестник защиты растений, 2002. №2. Р. 49-52.
10. *Магуров П.Ф., Можсаева К.А., Кастальева Т.Б., Пугачева Г.Т.* Перспективы селекции овса на устойчивость к вирусу желтой карликовости ячменя // Сб. науч. тр. НИИСХ ЦР НЗ. М., 2006. С. 66-77.
11. *Магуров П.Ф., Можсаева К.А., Борисонова Т.М., Кабаиов А.Д., Мамедов Р.З.* Использование в селекции овса форм, толерантных к вирусу желтой карликовости ячменя // Сб. тр. НИИСХ ЦР НЗ «Проблемы селекции и технологии возделывания зерновых культур», 2008. С. 42-46.
12. *Можсаева К.А., Васильева Т.Я.* Вирус желтой карликовости ячменя - возможная причина массового поражения зерновых // Защита растений, 1992. № 6. С. 52-53.
13. *Можсаева К.А., Кастальева Т.Б., Васильева Т.Я., Ерохина Т.Н.* Иммуноферментная тест-система для выявления вируса желтой карликовости ячменя // Агро-XXI, 1998. №1. С. 14-15.
14. *Можсаева К.А., Кастальева Т.Б.* Желтая карликовость ячменя: эпидемиологическая ситуация в Европейской части России в 1991-1999 гг. // Агро - XXI, 1999. № 9. С. 8-9.
15. *Можсаева К.А., Кастальева Т.Б., Васильева Т.Я.* Распространение вируса желтой карликовости ячменя на злаках // Вестник защиты растений, 2002. №3. С. 65-68.
16. *Можсаева К.А., Кастальева Т.Б.* Вирус желтой карликовости ячменя и его штаммы в России // Агроэкологический журнал, 2002. Спец. Вып. С. 28-33.
17. *Можсаева К.А., Яковлева И.Н., Мотовилин А.А., Кастальева Т.Б., Щербакова Л.А., Гирсова Н.В., Назарова Т.А.* Изучение толерантности сортооб-

разцов овса к вирусу желтой карликовости ячменя (методика полевого опыта) // "Современные аспекты селекции, семеноводства, технологии и переработки ячменя и овса". Межд. науч.-практ. конф. 6—8 июля 2004 г. Россия, Киров. С. 132-133.

18. *Можжаева К.А., Кастальева Т.Б., Лоскутов И.Г.* О толерантности овса к вирусу желтой карликовости ячменя // Сельскохозяйственная биология, 2007. №3. С. 68-78.

19. *Можжаева К.А., Кастальева Т.Б., Гирсова Н.В.* Испытание сортов и линий овса на толерантность к вирусу желтой карликовости ячменя в полевых условиях // Тези V Млжнародној конференци, «Војресурси та вјруси». 10-13 вересня 2007, Кшв.

20. *Можжаева К.А., Кастальева Т.Б., Гирсова Н.В.* Мониторинг вируса желтой карликовости ячменя и других вирусов зерновых культур в России // 1-я Межд. Закавказская конф. по фитопатологии. Тбилиси, сентябрь 25-27, 2008.

21. *Можжаева К.А., Кастальева Т.Б., Гирсова Н.В., Яковлева И.Н., Магуров П.Ф.* Оценка сортообразцов овса на толерантность к ВЖКЯ // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, 2009. Т. 165. С. 213-216.

22. *Развязкина Г.М.* Вирусные заболевания злаков. Новосибирск: «Наука», 1975.

23. *Юдкин Л.Ю. и др.* О вспышках вирусных заболеваний серых хлебов в Нечерноземной зоне России // Тез. докл. совещ. «Проблемы вирусных болезней зерновых культур и пути их решения». Всерос. НИИ с./х. исполыз. мелиор. земель. 4.1. С. 2~4. Тверь, 1993.

24. *Burnett P.A., Comeau A., Qualset C.O.* Host tolerance or resistance for control of barley yellow dwarf. // In: Barley yellow dwarf: 40years of progress. C. J. D'Arcy and P.A. Burnett, eds. APS Press, St. Paul, MN, 1995. P. 321-343.

25. *D'Arcy C.J., Mayo M.* Proposals for changes in luteovirus taxonomy and nomenclature // Arch. Virology, 1997. 142. P. 1285-1287.

26. *Hammond J., Lister R.M., Foster J.E.* Purification, identity and some properties of an isolate of barley dwarf virus from Indiana // J. Gen. Virology, 1983. Vol. 64. P. 667-676.

27. *Erokhina T.N., Kastaljeva T.B.* Production of monoclonal antibodies against barley yellow dwarf virus, detection of BYDV in the field samples from central region of Russia // Zuchtungsforschung, 1995. Bd. 1. № 2. P. 71-74

28. *Erokhina T.N., Kastaljeva T.B., Mozhaeva K.A.* Preparing monoclonal antibodies against BYDV using viruses purified from naturally infected plants // Barley Yellow Dwarf Disease recent advances and future strategies. CIMMYT, Mexico, September 1-3, 2002. P. 101-103.

29. *Kastaljeva T.B., Mozhaeva K.A., Vasiljeva T.Ya.* Barley yellow dwarf virus in European Russia // Journal of Russian Phytopathological Society, 2000. Vol. 1. P. 17-20.

30. *Lister R.M., Ranieri R.* Distribution and economic importance of barley yellow dwarf // In: Barley yellow dwarf: 40year of progress. C.J. D'Arcy and P.A. Burnett, eds. APS Press, St. Paul, MN, 1995. P. 29-53.

31. *Mozhaeva K.A., Kastaljeva T.B., Vasiljeva T.Ya.* Strains of barley yellow dwarf virus in European Russia // CIMMYT, Mexico, 1998. BYD Newsletters. 7. P. 9-10.

32. *Mozhaeva K.A., Kastaljeva T.B.* Same aspects of epidemiology of barley yellow dwarf in the European Russia // Abstracts of the VI 11th International Plant Virus Epidemiology Symposium. Aschersleben, Germany, 12-17 May. 2002. P. 105.

33. *Mozhaeva K.A., Kastalyeva T.B.* Barley yellow dwarf virus in Russia // Barley Yellow Dwarf Disease recent advances and future strategies. CIMMYT, Mexico, September 1-3. 2002. P. 120—122.

34. *Mozhaeva K.A., Domier L.L., Kastalyeva T.B., Magurov P.F., Yakovleva I.N.* Evaluation of oat cultivars and lines under infection with barley yellow dwarf virus // Communication in agricultural and applied biological sciences, 2004. Vol. 69(4). Part 2. P. 581-588.

35. *Mozhaeva K.A., Kastalyeva T.B., Girsova N.V.* Incidence of barley yellow dwarf disease in Asiatic Russia // «Bioresources and Viruses». Abstracts of IV International Conference, 27-30 September, 2004. Kiev.

Рецензент — д. с.-х. н. О.О. Белошапкина

SUMMARY

Results, obtained during long-term research into both yellow dwarfism disease and its causative agents - BYDV and CYDV are presented in the article. To identify strain specificity of the viruses such methods as transfer with specific aphid vectors - ELISA and PCR have been used. Monitoring of both viruses and their strains incidence all over grain-producing regions of Russia is carried out. Specific monoclonal antibodies were obtained and viral diagnosticum was worked out, hybridome technology being used. Method of field evaluation of oat varieties on their resistance to BYDV, using artificial infestation by BYDV-infected aphids has been worked out.

Key words: BYDV, identification, strains, monitoring, epidemiology, tolerance of oats.

Можаяева Карина Алексеевна — к. с.-х. н. E-mail: mozhaeva@vniif.ru