

На правах рукописи

БЕХТОЛЬД Нина Павловна

**ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ
ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ
К ГОЛОВНЕВЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ**

06.01.05 – селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Барнаул 2017

Работа выполнена в Сибирском научно-исследовательском институте растениеводства и селекции – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
Лихенко Иван Евгеньевич

Официальные оппоненты: **Сури́н Никола́й Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, ФГБНУ «ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», обособленное подразделение «Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», главный научный сотрудник отдела селекции

Губанов Михаил Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», заведующий лабораторией качества сельскохозяйственной продукции агробиотехнологического центра

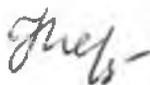
Ведущая организация: ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Защита диссертации состоится « 19 » октября в 11:30 часов на заседании диссертационного совета Д 999.176.03. на базе ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», ФГБНУ «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко», ФГБНУ «Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» по адресу: 656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98, тел./факс: 8(3852) 62-83-96, e-mail: agau@asau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» и на сайте www.asau.ru

Автореферат разослан « » августа 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Н.Н. Чернышева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Ячмень – одна из широко распространенных культур мира. Высокий уровень производства ячменя определяется его разносторонним использованием. Он является не только главной зернофуражной культурой, но и служит основным сырьем для приготовления солода и в пивоварении, а также для производства крупы (перловая, ячневая), муки и кофейных напитков (Методические рекомендации..., 2008). В условиях Западной Сибири ячмень подвержен поражению различными болезнями, среди которых головневые грибы занимают лидирующее положение.

Для предупреждения последствий болезни используют химические средства защиты растений, которые дороги и небезопасны для человека и животных. Поэтому в условиях повышенного техногенного загрязнения наиболее экологически и экономически выгодным методом борьбы с головневыми грибами является селекция резистентных сортов. Для эффективного создания сортов необходим широкий спектр разнообразных генетических источников и надежных доноров, способных передавать устойчивость к головневым болезням по наследству, а также знание генетико-популяционного состава патогенов в зоне предполагаемого возделывания будущего сорта.

Степень разработанности темы исследований. Селекция ярового ячменя на устойчивость к головневым болезням, в том числе в условиях лесостепи Приобья, весьма актуальна. Селекционерами СибНИИРС созданы резистентные к патогену сорта Баган, Биом, Сигнал и др. Работы по выведению устойчивых к твердой головне сортов ячменя и изучению расового состава патогена в Новосибирской области не проводились. Произошедшие, в связи со сменой сортов, внутривидовые изменения головневых болезней вновь заставляют исследователей обратить пристальное внимание на эту проблему.

Целью данной работы явилось изучение исходного материала для селекции ярового ячменя на устойчивость к пыльной и твердой головне в условиях лесостепи Приобья.

Задачи исследований:

- изучить расовый состав возбудителей заболевания *Ustilago nuda* (Jens.) Kell. Et sw и *Ustilago hordei* Kellerm. Et sw;

- дать иммунологическую характеристику коллекционным образцам ячменя и выделить генотипы, резистентные к твердой и пыльной головне, обладающие ценными хозяйственными признаками;

- выявить влияние возбудителя *U. hordei* в явной и скрытой форме на ростовые показатели и урожайность сортов различающихся по степени устойчивости к патогену;

- провести оценку селекционных линий по устойчивости к головневым болезням.

Научная новизна. В лесостепной зоне Приобья Новосибирской области изучен расовый состав возбудителей головневых заболеваний ярового ячменя. Установлено, что наиболее часто встречаемыми являются 3-я и 7-я расы пыльной головни. Выявлены эффективные гены устойчивости к Новосибирской

популяции *Ustilago nuda*: Run 6 и Run 8. Изучен расовый состав патогена твердой головни ячменя (*Ustilago hordei*).

Проведена оценка коллекционного и селекционного материала на устойчивость к головневым грибам.

Изучены особенности проявления вредоносности возбудителя твердой головни в явной и скрытой форме в условиях лесостепи Приобья, доказано угнетающее действие патогена на рост, развитие и формирование урожая ячменя изученных сортов.

Практическая значимость работы. Выделены генотипы – источники устойчивости к местным расам пыльной и твердой головни, а также сорта с комплексной устойчивостью к двум патогенам. Выявлены сортообразцы, представляющие наибольшую ценность для использования в селекции, обладающие высокой выраженностью показателей продуктивности, приемлемой продолжительностью вегетационного периода, устойчивостью к полеганию, хорошим качеством зерна и комплексной устойчивостью к болезням – Лука, Баган, Золотник, Танай, Омский 85, Тулеевский, Bonanza и Excellence. Создан новый устойчивый к заболеваниям сорт ярового ячменя Танай.

Личный вклад автора заключается в проведении экспериментальных исследований, обобщении полученных данных, их интерпретации, написании и оформлении отчетов, статей и в выступлениях на региональных и международных конференциях.

Методология и методы исследований. При проведении исследований использованы общепринятые методики, проведены статистические обработки полученных результатов, интерпретация и их обсуждение.

Положения, выносимые на защиту:

1. Структура популяции возбудителей пыльной и твердой головни ярового ячменя в условиях лесостепи Приобья.
2. Сравнительная характеристика устойчивости коллекционных сортообразцов ячменя к *U. nuda* и *U. hordei*.
3. Влияние патогена твердой головни на ростовые показатели и урожайность сортов ячменя.
4. Перспективный селекционный материал ярового ячменя, устойчивый к головневым болезням.
5. Новый сорт ячменя ярового Танай.

Степень достоверности результатов исследований подтверждается значительным объемом проанализированных данных, полученным в различные по метеорологическим условиям годы, их статистической обработкой, апробацией результатов на научных конференциях, публикациями в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

Выводы подтверждены выделенным устойчивым к головневым болезням селекционным материалом и внесением в Государственный реестр сорта ярового ячменя Танай.

Апробация результатов работы. Основные положения по теме диссертации были представлены и получили положительную оценку на заседаниях Ученого Совета СибНИИРС в период 2009-2012 гг., на научно-

методическом совете СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН в 2017г., а также на IV Международной научной конференции молодых ученых «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых» (пос. Краснообск, 22-23 апреля 2010 г.), XI Международной генетико-селекционной школе-семинаре «Современное состояние и приоритетные направления развития генетики, эпигенетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур» (пос. Краснообск, 9-13 апреля 2012 г.), на научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные направления сельскохозяйственной науки в работах молодых ученых» (г. Барнаул, Алтайский НИИСХ, 9-10 июля 2015 г.), на II Международной конференции «Генофонд и селекция растений», посвященной 80-летию СибНИИРС (г. Новосибирск, 29-31 марта 2016 г.), III Международной конференции «Генофонд и селекция растений», посвященной 130-летию Н.И. Вавилова (г. Новосибирск, 28-30 марта 2017 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 печатных работ, в том числе 4 научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации. Получено авторское свидетельство на сорт ярового ячменя Танай.

Объем и содержание диссертации. Диссертация изложена на 134 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, практических рекомендаций. Список использованной литературы включает 225 наименований, в том числе 28 на иностранном языке. Экспериментальные данные изложены в 20 таблицах, 14 приложениях, иллюстрированы 13 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Биологические особенности ячменя ярового и закономерности развития на растениях культуры головневых заболеваний (обзор литературы)

В главе приведен анализ научной литературы по народнохозяйственному значению и распространению ярового ячменя, биологическим особенностям культуры. Рассмотрены данные по распространенности и вредоносности возбудителей пыльной и твердой головни ячменя. Освещены вопросы биологии возбудителей. Рассмотрена роль исходного материала в создании устойчивых сортов к пыльной и твердой головне.

2. Условия, материал и методика проведения исследований

Экспериментальная часть работы выполнена на изолированном инфекционном фоне фитопатологического участка лаборатории иммунитета Сибирского НИИ растениеводства и селекции в 2009 – 2012 гг., расположенного в 17 км от г. Новосибирска в Северо – Восточной части Приобского плато на левом берегу р. Оби. Почвенный покров – чернозем выщелоченный, среднемошный, малогумусный. Содержание гумуса в слое 0-30 см около 5 %, общего азота – 0,34 %, валового фосфора – 0,30 %, подвижного фосфора и калия по Чирикову – соответственно 29 и 13 мг/100 г почвы, рН = 6,7-6,8. Мощность

гумусового горизонта 41-46 см. Рельеф спокойный, выровненный с небольшими включениями в виде блюдца и западина со сглаженными краями.

Климат характеризуется большой изменчивостью основных показателей. Погодные условия в годы исследований были различными, но в основном складывались благоприятно для создания инфекционного фона, а также для роста и развития растений ярового ячменя.

Вегетационный период 2009 года можно охарактеризовать как относительно благоприятный для роста и развития ячменя. В 2010 и 2011 годах количество выпавших осадков было ниже среднего многолетнего значения на 70 мм. Условия 2012 года отличались жаркой и сухой погодой. Отсутствие осадков наблюдали в первой и третьей декадах июня и весь июль, что отрицательно повлияло на формирование элементов структуры урожайности и привело к значительному сокращению продолжительности фаз развития растений.

Объектами исследований служили образцы ярового ячменя из мировой коллекции ФИЦ ВИР имени Н.И. Вавилова, местные районированные сорта, селекционный материал СибНИИРС – филиала ИЦиГ СОРАН и перспективные образцы ячменя других селекционных учреждений, а также заболевания ячменя – твердая головня (*Ustilago hordei* Kell. Et sw) и пыльная головня (*Ustilago nuda* (Jens.) Kell. Et sw).

Вредоносность *Ustilago hordei* изучали на девяти сортах ячменя отечественной селекции с разной степенью устойчивости к патогену: Агул 2, Баган, Биом, Ноктюрн, Одесский 115, Омский 88, Омский 95, Петр, Челябинец 1. Посев проводился вручную, в три срока сева, в 3-кратном повторении. Площадь делянки 1 м². В качестве контроля служили эти же сорта, не инфицированные твердой головней. Уборка проводилась вручную, по достижении полной спелости. Для снятия морфометрических показателей были убраны все растения с делянки.

В коллекционном питомнике посев семян проводили в первой и второй декадах мая. Опыты размещали по паре. Обработка почвы – зяблевая вспашка, ранневесеннее боронование, предпосевные культивация и внесение удобрений. Посев образцов ячменя проводился кассетной сеялкой СКС-6-10. Уборка зараженного материала проводилась вручную.

Посев перспективных линий проводили в конкурсном сортоиспытании сеялками ССФК-7 по чистому пару в оптимальные сроки (первая декада мая). Площадь делянок – 15 м². Повторность – 3-кратная. В качестве стандарта использовали районированный по 10 региону сорт Ача. Все учеты и наблюдения проводили согласно методике Госкомиссии по сортоиспытанию (1989).

Исследования осуществляли по существующим методикам: Методические указания по изучению мировой коллекции (1973, 1977, 1981), Методика государственного сортоиспытания (1989), Методические указания по диагностике и методам полевой оценки устойчивости ячменя (1987), Методическое пособие по изучению генетических ресурсов (2008). Все опыты заложены согласно методике опытного дела (Доспехов Б.А., 1985). Для инокулирования семян ярового ячменя возбудителями пыльной головни (*Ustilago nuda*) и твердой головни (*Ustilago hordei*) использовали метод ВНИИР

(Кривченко В.И., 1972). Устойчивость сортообразцов к патогенам классифицировали по максимальному проценту поражения за ряд лет. Тип резистентности определяли по шкале ВИР (Кривченко В.И. и др., 1987).

Содержание белка и натуру зерна определяли в лаборатории биохимии СибНИИРС методом Кьельдаля (ГОСТ 10846-74) (Методы биохимического исследования ..., 1987). Скрытые потери от твердой головни вычисляли по формуле Чумакова А.Е. (Степанов К.М., Чумаков А.Е., 1972)

Математическая обработка данных проведена методами дисперсионного и корреляционного анализов с помощью пакета прикладных программ СНЕДЕКОР (Сорокин О.Д., 2004).

3. Изучение расового состава возбудителей пыльной и твердой головни ячменя

3.1. Дифференциация рас возбудителя пыльной головни

Анализ экспериментальных данных по восприимчивости тест-сортов в наших условиях показал, что популяция возбудителя *U. nuda* непостоянна. За годы исследований тест-сорта поражались от 0 до 29,2 %, и расовый состав в популяции менялся. Согласно эмпирическому ключу в 2009 и 2010 годах преобладала раса 7, в 2011-2012 гг. – раса 3. Анализ поражения сортов-дифференциаторов пыльной головней показал, что споровые образцы этих рас обладают близкой патогенностью (по генам вирулентности). Формула вирулентности изучаемой популяции *U. nuda* была в 2009 г. 7 – 1.3.7, в 2010 году 7 – 3.7.12, в 2011 г. 3 – 7.9, в 2012 году 3 – 3.7.9.14.

Таблица 1 – Поражение пыльной головней сортов ярового ячменя с идентифицированными генами устойчивости, %

№ каталога ВИР	Ген устойчивости	Сорт-донор	Происхождение	Годы исследований			
				2009	2010	2011	2012
Генетический набор тест-сортов							
к-11815	Run 1	Trebi	США	8,5	0	0,7	0
к-20259	Run 3	Paragon	Канада	18,2	19,0	2,6	14,4
к-19304	Run 6	Keystone	Канада	0	0	0	0
к-18671	Run 7	Anoidium	Канада	12,3	21,5	11,9	14,5
к-26419	Run8	CI 13664	США	0	3,6	0	0,6
к-17649	Run 9, Run 10	ОАС-21	Канада	0	0	10,4	10,7
к-20327	Run 14	Korol	Канада	0	0	0	9,1
Дополнительные сорта с генами устойчивости							
к-19910	Run 3	Galt	Канада	-	45,7	0	0
к-18688	Run 4	Dorsett	Канада	-	11,2	0	2,0
к-21661	Run 3, Run 6	Bonanza	Канада	0,9	0	0	0
к-26895	Run 3, Run 8	Martoni	США	-	-	3,6	2,1
к-30174	Run 8	Эльф	Московская обл.	0	0	0	0,3
-	Run 12	Л-6823	ВСГИ (из Турции)	58,8	0,8	6,6	0,6
к-30314	Run 8, Run 15	Суздалец	Курский НИИСХ	-	0	0	0,6

При инокуляции эмпирического набора споровыми образцами пыльной головки на протяжении четырех лет сохраняют свою устойчивость сорта Trebi и Keystone, восприимчивы – Мутант и Montcalm.

Параллельное заражение сортов с идентифицированными генами устойчивости позволило выявить наиболее эффективные гены резистентности.

Как видно из таблицы 1 для лесостепи Приобья эффективными генами устойчивости к пыльной головне являются Run 6 и Run 8, из них ген Run 6 несет полную невосприимчивость к возбудителю. Высокая селекционная ценность генов Run 3 и Run 12 для условий Новосибирской области не подтвердилась, сорта Paragon и Galt, несущие ген Run 3, не всегда обеспечивают защиту от патогена *U. nuda*. Так, поражение сорта Paragon ежегодно было от слабого (2,6 %) до среднего (19,0 %). Сорт Galt в 2010 году поражен на 45,7 %. Также устойчивостью к популяции пыльной головки обладают сорта, содержащие гены Run 3 + Run 6 (Bonanza), Run 3 + Run 8 (Martoni) и Run 8 + Run 15 (Суздалец).

3.2. Дифференциация рас возбудителя твердой головки

В годы исследований высокую устойчивость к возбудителю твердой головки проявили сорта Himalaya, Nepal и Pannier. Сорта Hannchen, Lion и Trebi были восприимчивы ко всем выделенным расам. На территории Новосибирской области наиболее распространенной оказалась седьмая раса возбудителя твердой головки ячменя.

В 2010 году наряду с общей популяционной оценкой тест-сортимента, были проведены более широкие исследования по изучению расового состава *Ustilago hordei*. Для этого сорта-дифференциаторы инокулировали споровыми образцами, взятыми с отдельных колосьев различных сортов, отобранных на фитопатологическом участке и опытном поле отдела растительных ресурсов СибНИИРС. На сорте Ясный обнаружена раса 5, вирулентная для сортов Excelsior, Lion. Дифференциаторы Hannchen, Lion восприимчивы к споровому образцу, выделенному с сорта ячменя Маяк (раса 6). Раса 4 патогенна для всех сортов кроме Himalaya, но агрессивна только для сорта Hannchen. Раса 7 встречается в популяции, а также обнаружена на сортах Кузнецкий, Прикумский 47, и патогенна для сортов Lion и Trebi. Раса 2, вирулентная для сортов Excelsior, Hannchen, Lion, Trebi, была выделена с сорта Ноктюрн.

За все годы исследований поражение сортов Himalaya и Nepal возбудителем твердой головки не превышало 2 %.

4. Иммунологическая характеристика коллекционных образцов ярового ячменя на устойчивость к головневым заболеваниям

4.1. Устойчивость к пыльной головне (*Ustilago nuda*)

В результате изучения 290 коллекционных образцов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения в условиях жесткого инфекционного фона за четыре года исследований было установлено, что большинство сортов восприимчивы к возбудителю пыльной головки. Наибольшее количество устойчивых форм обнаружено нами среди западно-сибирских сортов и сортов европейской части нашей страны.

Интерес для селекции представляют высоко резистентные сорта Танай (ФИЦ ИЦиГ СО РАН), Омский 85, Омский 86, Омский голозерный 2 (СибНИИСХ) и сорт Тулеевский (Кемеровский НИИСХ), а так же сорта Баган (ФИЦ ИЦиГ СО РАН и СибНИИ кормов), Золотник (АНИИСХ и ФИЦ ИЦиГ СО РАН), Лука, Арчекас, Овод, Петр и Симон (Кемеровский НИИСХ), обладающие практической устойчивостью. Среди образцов Восточно-Сибирского региона практической устойчивостью к пыльной головне обладает сорт Буян (Красноярский НИИСХ). Сорта Абалак (Красноярский НИИСХ и НИИСХ Северного Зауралья), Агул 2, Оскар (Красноярский НИИСХ) слабо восприимчивы к патогену.

Сортообразцы Уральского региона, куда входят селекционные учреждения Челябинска, Оренбурга, Красноуфимской опытной станции, Уральского НИИСХ и Забайкальского края, в основном, поражаются пыльной головней.

Среди форм европейской части РФ доля резистентных сортов составила 18 %. Это такие сорта, как Витязь, Волгарь (Поволжский НИИСХ), Суздалец (Курский НИИСХ), Эльф (Московская обл.), Зерноградский 584 (Донской зональный НИИСХ), Зевс (Белгородская обл.).

Анализ зарубежных сортов ярового ячменя также позволил выделить среди изученных образцов источники устойчивости к возбудителю *Ustilago nuda*. Наибольший процент иммунных форм представлен североамериканской экологической группой – 32 %. В наших условиях не поражаются образцы из США – к-30413 (АС Lacombe), к-26812 (СI 15766), СI 1222, СI 13624, Канады – Keystone (к-19304), Bonanza (к-21661) и Dorsett (к-18688). Сорта Duke (к-30169) и Korol (к-20327) имели слабое поражение патогеном. За все годы исследований сложная гибридная линия (к-28824) из Мексики была иммунна к возбудителю. Большинство образцов из Германии оказались восприимчивы к Новосибирской популяции пыльной головни. Доля высоко и практически устойчивых генотипов составила 12 %. Среди них высокая устойчивость к патогену отмечена на образцах Ksanadu и KBC 09-221. Изученные образцы из Дании в наших условиях были восприимчивы к *U. nuda*. За годы исследований не поражались возбудителем образцы из Украины – Итиль (к-29217), Крымчак 55 и Сл-8 (к-27056). С практической устойчивостью выделен казахстанский сортообразец Бота (к-29837), линия АНОР (к-19979) из Эфиопии и сорт из Колумбии – Desconcida (к-26341).

4.2. Устойчивость к твердой головне (*Ustilago hordei*)

В годы исследований на фитопатологическом участке СибНИИРС изучена устойчивость к твердой головне 255 образцов ярового ячменя российской и зарубежной селекции. Следует отметить, что сорта ярового ячменя, созданные селекционерами Западной Сибири, являются высоко устойчивыми к патогену. Наибольший интерес представляют образцы Баган (ФИЦ ИЦиГ СО РАН и СибНИИ Кормов), Партнер (СибНИИРС и НИИ Северного Зауралья), Танай (ФИЦ ИЦиГ СО РАН), Колчан (АНИИСХ), сорта Кемеровского научно исследовательского института Лука (к-31039), Овод, Петр (к-30888) и Тулеевский. Среди сортов омской селекции иммунитет за годы исследований подтверждают Омский 85, Саша и Тарский 3. Из зоны Восточной Сибири интерес

представляют резистентные образцы Агул-2 (к-27649) и Соболек (к-30245). Практической устойчивостью обладают сорта Абалак, Маяк (к-29622), Буян (Красноярский НИИСХ) и местный образец к-4830 Читинской области. Отмечена иммунность у сортообразцов Зауральский 1 (НИИСХ Северного Зауралья) и к-29834 (Красноуфимская опытная станция). Сорта Адамовский 1, Первоцелинник, Т-12 (Оренбургский НИИСХ), Альянс, Бархатный, Зенит (НИИСХ Северного Зауралья), Челябинец 2 и Челябинский 99 (Челябинский НИИСХ) практически устойчивы к возбудителю. В Европейской части РФ доля резистентных сортов составляет 57 %. Это такие сорта, как Волгарь (Поволжский НИИСХ), Гандвиг (Архангельская обл.), Зерноградский 584 (Донской зональный НИИСХ), Зевс (ОАО НПФ «Белселект»), Антон (Тулунская ГСС), Земляк и Цнинский (Тамбовский НИИСХ), Мамлюк (Краснодарский НИИСХ), Натали (Оренбургский НИИСХ), Приазовский (Донской зональный НИИСХ).

Устойчивые зарубежные образцы представлены, в основном, образцами из Германии (Бамбино, Philadelphia и КВС09-321), США (С113662 и С19819), Канады (Bonanza, Himalaya), Дании (Анакин, Изабелла), а также сортом Excellence (к-23486) из Франции и сложной гибридной линией к-28824 из Мексики. В условиях Западной Сибири на протяжении трех лет не поражались сорта Nobel и Svendil из Аляски.

Наибольшую селекционную значимость представляют сорта с высокой устойчивостью к головневым болезням, обладающие комплексом хозяйственно ценных признаков. В результате изучения нами было выделено 12 сортообразцов ячменя (таблица 2). Изученные сорта, выделившиеся по устойчивости, были подвергнуты многомерному ранжированию по программе Сорт-Фон (Сорокин О.Д., 2004). В группу «лучших» и «средних» вошли сорта, созданные сибирскими селекционерами: Лука, Золотник, Баган, Танай, Омский 85, Зевс, Тулеевский, а также сорт зарубежной селекции – Excellence. Выделившиеся сорта представляют интерес для дальнейшего использования их в селекционном процессе в качестве источников таких ценных признаков как устойчивость к болезням, высокая урожайность, скороспелость, высокое содержание белка.

5. Изучение вредоносности возбудителя твердой головни

При исследовании особенностей влияния возбудителя *Ustilago hordei* на рост и развитие ячменя было отмечено уменьшение количества взошедших растений при посеве зараженными семенами по сравнению со здоровым, во все годы исследований и во всех сроках сева. Наиболее показательным был 2009 год, когда метеоусловия периода вегетации оказались благоприятными для патогена твердой головни. В среднем по опыту всхожесть растений, инокулированных возбудителем, была ниже в 1,2 раза, чем на контрольном варианте. В 2011 году - в 1,1 раза соответственно. При рассмотрении влияния возбудителя твердой головни на всхожесть сортов ячменя с различной степенью устойчивости нами было отмечено, что наибольший процент не взошедших растений наблюдался у резистентных образцов. В среднем по опыту за годы исследований практически устойчивые сорта, инокулированные твердой головней, снизили всхожесть в сравнении с контролем на 9,7 %, слабо восприимчивые – на 4,8 и восприимчивые – на 7,2 %.

Таблица 2 – Хозяйственная характеристика сортов ячменя с комплексной устойчивостью к пыльной и твердой головне (инфекционный фон, 2010-2012 гг.)

Сорт	Происхождение	Число дней до колошения	Высота растений, см	Анализ колоса		Масса 1000 зерен, г	Урожайность, г/м ²	Белок, %	Поражение <i>C. sativus</i> , балл	Поражение, %	
				Длина, см	Число зерен					<i>U. munda</i>	<i>U. hordei</i>
Биом, st	ФГБНУ ФИЦ ИЦИГ СО РАН	48	50,3	6,1	16	47,8	227,7	14,56	2,0	15,4	9,9
Баган	ФГБНУ ФИЦ ИЦИГ СО РАН, ФГБНУ НИИ Кормов	44	64,4	8,4	19	47,2	264,3	15,16	3,0	2,1	0
Золотник	ФГБНУ АНИИСХ, ФГБНУ ФИЦ ИЦИГ СО РАН	44	63,8	7,6	17	49,8	425,0	14,90	2,0	1,7	1,7
Омский 85	ФГБНУ СиБНИИСХ	44	67,9	7,1	37	39,9	229,4	13,56	4,0	0	0
Лука	ФГБНУ Кемеровский НИИСХ	44	65,2	7,8	20	48,7	281,8	15,96	1,0	0,9	0
Тулеевский	ФГБНУ Кемеровский НИИСХ	44	53,5	6,2	35	38,9	189,7	13,56	4,0	0	0
Зевс	Белгородская обл.	44	52,8	7,0	30	41,1	294,9	13,60	1,0	0,6	1,8
Keystone	Канада	44	58,1	6,7	30	43,0	188,6	-	1,0	0	3,9
Танай	ФГБНУ ФИЦ ИЦИГ СО РАН	48	57,0	6,2	16	47,0	315,7	13,10	3,0	1,1	0
Петр	ФГБНУ Кемеровский НИИСХ	48	61,3	7,3	20	46,6	319,6	14,35	2,0	4,9	0
Excele	Франция	48	57,3	7,9	20	41,4	294,7	13,16	2,0	0	0
Сл. гибр. линия к-28824	Мексика	50	32,9	4,3	17	35,4	74,7	14,36	3,0	0	0
Вонанза	Канада	50	61,0	7,4	35	37,0	193,0	14,84	1,0	0,9	0
НСР _{0,05}		-	3,1	0,7	1,7	3,0	32,2	0,13	-	-	-

Отрицательное действие возбудителя твердой головни проявилось и на показателе высоты растений. Угнетение возбудителем сильнее проявилось на резистентных и восприимчивых сортах. Сорта из слабо восприимчивой группы были менее вариабельны по этому признаку. В среднем по опыту за годы исследований высота растений практически устойчивых сортов, инокулированных твердой головней, была ниже в сравнении с контролем на 4 см, у слабо восприимчивых – на 2,3 и восприимчивых – на 3,5 см. В среднем за годы исследований самым благоприятным для роста и развития растений оказался ранний срок сева. Высота растений как на здоровом, так и на зараженном материале в первом сроке была выше, чем у растений, высеванных при более поздних сроках.

Негативное влияние патогена на формирование стеблестоя сильнее проявилось в группе резистентных сортов. Количество продуктивных стеблей на растениях этой группы, выращенных из инокулированных семян, в среднем за три года было ниже, чем на здоровых, на 98 шт./м² при первом сроке, на 35 – во втором и на 44 шт./м² в третьем. У восприимчивых сортов разница между здоровым и зараженным материалом по продуктивной кустистости в первом сроке – 59 шт./м², во втором - 84, в третьем на 6 шт./м². Меньше всего на заражение отреагировали сорта из слабо восприимчивой группы. В среднем по опыту за годы исследований самым благоприятным для формирования кустистости растений оказался ранний срок.

Одним из основных критериев оценки качественных показателей зерна ячменя является содержание в нем белка. Анализ зерна, полученного при посеве, зараженного и здорового материала ячменя позволил установить фитотоксическое влияние возбудителя твердой головни на этот показатель. На зерне растений, инокулированных возбудителем, этот показатель снижался во все годы и практически у всех сортов независимо от их степени устойчивости к патогену. Во все годы исследований самое высокое содержание белка было у практически устойчивых сортов Агул 2 и Баган.

Недобор урожая, как результат влияния возбудителя твердой головни, отмечали на всех инокулированных образцах независимо от их устойчивости во все годы исследований. Высокую урожайность сформировали сорта в благоприятном по влагообеспеченности 2009 году, тогда же и снижение урожая при посеве зараженными семенами было самым большим, 0,7 т/га. В 2010 г. оно составило 0,1 т/га, в 2011 г. – 0,2 т/га. Наблюдалась положительная корреляция между показателями урожайности и числа зерен в колосе на здоровом материале при первом сроке сева в 2009 и в 2011 годах ($r = 0,81$ и $r = 0,77$). В 2010 году при раннем сроке связь была средней, $r = 0,47$. Корреляционная зависимость между урожайностью и озерненностью колоса на зараженном материале не выявлена.

Отмечена тесная корреляция на здоровом материале между урожайностью и продуктивным стеблестоем при втором сроке сева в 2009 году ($r = 0,69$). В 2010 ($r = 0,39$) и 2011 ($r = 0,58$) годах эта зависимость была средней. На инокулированном возбудителем материале тесную связь между этими показателями наблюдали при раннем сроке посева в 2009 ($r = 0,72$) и в 2011 ($r = 0,65$) годах.

Кроме потерь урожая, происходящих вследствие разрушения колоса, имеются потери, связанные с развитием патогена в тканях растений, не имеющих головневого соруса. Недобор урожая зерна – результат влияния на рост и развитие ячменя в явной и скрытой форме поражения. Результаты проведенных исследований показывают, что, несмотря на устойчивость к твердой головне, у изучаемых сортов наблюдалось проявление явных или скрытых потерь. Сорта, обладающие устойчивостью к твердой головне, не поражались возбудителем, но сильнее реагировали на внедрение патогена. Наибольший процент скрытых потерь на сортах из этой группы отмечен у Агула 2 (23 %) и Багана (22 %).

Наименьший процент явных и скрытых потерь отмечали на сортах со слабой восприимчивостью к патогену. Сорта Биом и Омский 88 из группы слабо восприимчивых оказались толерантными к патогену. За годы исследований при заражении возбудителем явные потери у сорта Биом составили 2,2 %, у Омского 88 – 1,2 %, но на урожайности это не отразилось, и скрытые потери были равны 0 %.

Восприимчивые сорта имели как явные, так и скрытые потери. Наибольший процент общих потерь (явные и скрытые) отмечен у сорта Ноктюрн – 23 %. У сорта Омский 95 явные потери составили 2,8 %, скрытые – 8,2 %. На сорте Челябинец 1 скрытых потерь не было, но явные составили 12,9 %.

Таким образом, в группе устойчивых сортов при отсутствии головневых колосьев в посевах скрытые потери урожая составляли от 9 до 23 %. Эти потери предположительно вызваны защитной реакцией сортов на внедрение патогена в ткани растений. Потери урожая при поражении головневыми заболеваниями нельзя исчислять только по количеству головневых колосьев, с которых не получили зерна. Скрытое поражение также вносит довольно значительный вклад в снижение урожайности.

6. Результаты оценки селекционного материала ячменя

6.1. Оценка селекционных линий на устойчивость к пыльной и твердой головне

В годы исследований по устойчивости к болезням был оценен 261 селекционный образец (контрольный питомник, предварительное и конкурсное сортоиспытания) (таблицы 3, 4).

Таблица 3 – Характеристика селекционного материала ячменя СибНИИРС по типам устойчивости к пыльной головне (инфекционный фон, 2009-2012 гг.)

Питомник изучения	Количество изученных образцов	Количество образцов по типу устойчивости				
		0	I	II	III	IV
КП	64	16	30	16	2	0
ПСИ	75	33	26	14	2	0
КСИ	74	26	27	18	3	0
Всего	213	75	83	48	7	0
%		(35,2)	(39,0)	(22,5)	(3,3)	-

В целом за весь период доля иммунных и практически устойчивых к пыльной головне селекционных линий в питомниках составила 74,2 % от изученных. Слабой восприимчивостью к патогену обладает 22,5 % образцов.

Как видно из таблицы 4, в селекционном материале были выделены формы с высокой и практической устойчивостью к возбудителю твердой головни.

Таблица 4 – Характеристика селекционного материала СибНИИРС по типам устойчивости к твердой головне (инфекционный фон, 2009-2012 гг.)

Питомник изучения	Количество изученных образцов	Количество образцов по типу устойчивости				
		0	I	II	III	IV
КП	2	1	1	0	0	0
ПСИ	22	15	7	0	0	0
КСИ	24	15	9	0	0	0
Всего	48	31	17	0	0	0
%		(64,6)	(35,4)	-	-	-

В результате проведенных работ выявлено три селекционные линии с комплексной устойчивостью к головневым болезням – Г-21060 (Танай), Г-21219, Г-21310. Данные формы были созданы, в основном, как при использовании сортов селекции СибНИИРС (Ача, Баган и Сигнал), так и инорайонного генофонда. Образец Г-21405, который был получен в результате ступенчатой гибридизации сортов Дина, Омский 86, Темп и Мамлюк, устойчив к твердой головне, но слабо восприимчив к возбудителю *Ustilago nuda*. Максимальный процент поражения пыльной головней за годы исследований составил 13,2 %. Важным свойством новых линий является не только комплексная устойчивость к головневым заболеваниям, но и высокие показатели хозяйственно-полезных признаков.

6.2. Анализ хозяйственно – полезных признаков выделившихся линий

Выделившиеся формы ячменя отличались стабильностью формирования сравнительно высокой урожайности в различные по влаго- и теплообеспеченности годы. Среди изучаемых образцов самыми скороспелыми были линии Г-21060 (Танай) и Г-21219, которые созревают раньше стандарта. В среднем за три года по урожайности выделилась линия Г-21060 (Танай).

Анализ структуры урожая (таблица 5) показал, что наибольшее количество продуктивных стеблей на 1 м² отмечено у линий Г-21060 (693), Г-21219 (693) и Г-21405 (670). Наименьший показатель этого признака установили у образца Г-21310 – 574, при 599 стеблях у стандарта Ача.

Таблица 5 – Характеристика перспективных линий ярового ячменя, 2010-2012 гг.

Линия	Продуктивный стеблестой, шт./м ²	Масса 1000 зерен, г	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл
Ача, st	599	45,1	14	0,65	55,6	4,8
Г-21060 (Танай)	693	46,7	14	0,67	58,9	5
Г-21219	636	47,4	12	0,60	50,5	5
Г-21310	574	43,4	18	0,77	56,7	4
Г-21405	670	51,8	12	0,63	58,1	4,6
НСР _{0,05}	27	1,9	1	0,03	1,6	-

Как видно из таблицы 5, в среднем за годы исследований, масса 1000 зерен у изученных линий в основном превышала показатель стандарта. Достоверно большей массой 1000 зерен, чем у сорта Ача, характеризовались образцы Г-21405 (51,8 г) и Г-21219 (47,4). У гибридной линии Г-21310 масса 1000 зерен была ниже стандарта за все годы исследований.

Количество зерен в колосе колебалось в среднем от 12 до 18, у стандарта Ача – 14. Наибольшее число зерен в колосе сформировала линия Г-21310. Масса зерна с колоса оказалась самой высокой у образцов Г-21060 (Танай) (0,67 г) и Г-21310 (0,77 г). Наименьшей массой зерна с колоса за годы исследований характеризовалась селекционная линия Г-21219 – 0,60 г, что на 0,5 г меньше, чем у стандарта Ача. По устойчивости к полеганию выделились линии Г-21060 (Танай) и Г-21219 – 5 баллов. Наименьшая устойчивость к полеганию отмечена у образца Г-21310, которая составила 4 балла. Изучаемые линии имели различную высоту. Превышение стандарта Ача в среднем по годам составило 1,1-3,3 см. Самым высокорослым является образец Г-21060 (Танай) (58,9 см).

В 2012 году была передана на Государственное сортоиспытание перспективная линия Г-21060 под названием Танай.

6.3. Агробиологическая характеристика нового сорта ячменя Танай

Сорт ячменя Танай (селекционная линия Г-21060) выведен путем индивидуального отбора из сложной гибридной популяции. Сорт двурядного типа, относится к разновидности *nutans*, среднеспелый. Характеризуется высокой устойчивостью к пыльной и твердой головне на искусственном инфекционном фоне и обладает высокой устойчивостью к полеганию. Танай получен в результате сложных скрещиваний с использованием устойчивых к пыльной головне сортов Jet и Баган, который обладает наиболее высоким иммунитетом к головневым болезням. За годы исследований максимальное поражение возбудителем *Ustilago nuda* составило 1,1 % в 2010 году. Растение характеризуется средней высотой - 70-90 см с вегетационным периодом 72-80 дней. В среднем сорт формировал урожайность от 3,7 до 5,3 т/га, превышая стандарт Ача на 0,7-0,8 т/га. Сорт зернофуражного направления. Зерно крупное, масса 1000 зерен 45-48 г, натуральный вес высокий 690-709 г/л., содержание белка в зерне 12,5-13,5 %, лизина 380-412 мг/100 г.

С 2014 года сорт ячменя Танай внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, по Западно – Сибирскому и Восточно – Сибирскому регионам. В 2015 г. посеы нового сорта зарегистрированы в Красноярском крае.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определен расовый состав головневых болезней, распространенных в Новосибирской области. Выявлено, что в популяции пыльной головки ячменя доминируют расы 3 и 7. Определены формулы вирулентности изученной популяции пыльной головки (*Ustilago nuda*), в 2009 – 7 – 1.3.7.; в 2010 году 7 – 3.7.12, в 2011 – 3 – 7.9, в 2012 году – 3 – 3.7.9.14. Твердая головня ячменя (*Ustilago hordei*) представлена расами 2, 3, 6, 5, 4, 7. Седьмая раса встречается как

в популяции, так и выделена с отдельных сортов. Раса 2 наиболее вирулентна, а наименее агрессивной является раса 4.

2. В процессе изучения коллекционных образцов ячменя ярового выявлена высокая стабильная устойчивость к возбудителю пыльной головни сортов сибирской селекции: Баган (ФГБНУ ФИЦ ИЦИГ СО РАН, ФГБНУ СибНИИ кормов), Омский 85 (ФГБНУ СибНИИСХ), Золотник (ФГБНУ АНИИСХ, ФГБНУ ФИЦ ИЦИГ СО РАН), Лука (ФГБНУ Кемеровский НИИСХ), Тулеевский (ФГБНУ Кемеровский НИИСХ). Сорта Колчан (ФГБНУ АНИИСХ), Саша (ФГБНУ СибНИИСХ), Тарский 3 (ФГБНУ СибНИИСХ), Агул 2 (ФГБНУ Красноярский НИИСХ), Соболек (ФГБНУ Красноярский НИИСХ), Зауральский 1 (ФГБНУ НИИСХ Северного Зауралья), Волгарь (ФГБНУ Поволжский НИИСХ), Зевс (ОАО НПФ «Белселект») проявили устойчивость к местной популяции возбудителя твердой головни.

3. Сорта и линии Баган, Тулеевский, Омский 85, Золотник, Зевс, Лука, Петр, Танай, сложная гибридная линия *revelatum*, *Bonanza*, *Keystone*, *Excelle* обладают комплексной устойчивостью к головневым заболеваниям.

4. В результате ранжирования по комплексу хозяйственно-полезных признаков определены наиболее перспективные для использования в селекции устойчивые сорта Лука, Баган, Золотник, Танай.

5. Отмечено влияние возбудителя *Ustilago hordei* на рост и развитие ячменя. Во всех сроках сева в среднем по сортам количество взошедших растений при посеве здорового посевного материала было выше в 1,2 раза, чем при посеве зараженными семенами. Результаты структурного анализа изучаемых сортов показали, что у пораженных растений уменьшается высота (в среднем по сортам за годы исследований на 3,3 см), количество стеблей, а также снижаются биохимические качества зерна. В среднем по опыту за годы исследований отмечено снижение урожая в результате поражения растений твердой головней.

6. Выявлена высокая корреляция урожайности с озерненностью колоса на здоровом материале ($r = 0,81$ в 2009 г., $r = 0,47$ в 2010 г., $r = 0,77$ в 2011 г.). На сортах, зараженных возбудителем твердой головни, урожайность коррелирует с продуктивным стеблестоем ($r = 0,72 - 0,65$).

7. Расчет скрытых потерь урожая по формуле Чумакова А.Е. показал, что наибольшее снижение продуктивности отмечено на сортах с практической устойчивостью. Потери урожая в этой группе составили от 9 до 23 %. Сорта Биом и Омский 88 из группы слабо восприимчивых оказались толерантными к патогену, скрытые потери равны 0 %. Восприимчивые сорта имели как явные, так и скрытые потери.

8. Изучение селекционного материала позволило выявить линии Г-21060 и Г-21219, сочетающие высокое содержание белка, натуре и массы 1000 зерен с комплексной устойчивостью к головневым болезням.

9. Создан новый сорт ячменя Танай, который в 2014 году внесен в Государственный реестр. Сорт среднеспелый, зернофуражного направления. Высокоустойчив к пыльной и твердой головне, устойчив к полеганию. По качеству зерна не уступает сорту-стандарту Ача. Урожайность в 2010-2012 гг. составила 4,6 т/га, что на 0,7 т/га выше стандарта.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для дальнейшей селекционной работы предлагается использовать выделенные из мировой коллекции ФГБНУ ФИЦ ВИР имени Н.И. Вавилова сорта с комплексной устойчивостью к головневым заболеваниям и высокой выраженностью признаков продуктивности и других хозяйственно-ценных свойств: Лука, Баган, Золотник, Танай, Омский 85, Тулеевский, Bonanza и Excele.

Рекомендуется включать в скрещивания сорта с эффективными генами устойчивости к местной популяции патогена *Ustilago nuda* Keystone (Run 6), Bonanza (Run 3, Run 6), CI 13664 (Run 8), Эльф (Run 8), Суздалец (Run 8, Run 15) и др.

Предлагается к внедрению новый сорт ячменя ярового Танай, внесенный с 2014 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, по Западно-Сибирскому и Восточно-Сибирскому регионам.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Орлова, Е.А. Изучение расового состава возбудителей заболеваний ячменя / Е.А. Орлова, **Н.П. Теличкина** // Вестник НГАУ. – 2011. – № 2. – С. 23-26 (доля участия 50 %).

2. **Теличкина, Н.П.** Устойчивость ярового ячменя к головневым заболеваниям в лесостепи Приобья / Н.П. Теличкина, Е.А. Орлова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2011. – № 9-10. – С. 33-36 (доля участия 50 %).

3. Орлова, Е.А. Влияние возбудителя твердой головни ячменя на хозяйственно - полезные признаки растений / Е.А. Орлова, **Н.П. Бехтольд**, И.Е. Лихенко // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 3. – С. 4-7 (доля участия 35 %).

4. **Бехтольд, Н.П.** Новый сорт ярового ячменя Танай / Н.П. Бехтольд, А.В. Бахарев, Е.А. Орлова, Ю.Н. Григорьев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 1. – С. 32-38 (доля участия 25 %).

Авторские свидетельства и патенты

5. Пат. 8019. Ячмень яровой Танай / А.В. Бахарев, Ю.Н. Григорьев, Е.А. Орлова, **Н.П. Бехтольд**, П.П. Шрайбер; патентообладатель ФГБНУ ФИЦ Институт Цитологии и генетики СО РАН. – № 8853699; заявл. 24.11.2011; опубл. 10.11.2015 (доля участия 15 %).

Публикации в других изданиях

6. **Теличкина, Н.П.** Лабораторная оценка различных сортов ячменя, зараженных твердой головней на показатели роста / Н.П. Теличкина, Е.А. Орлова // Инновационный потенциал молодых ученых в развитии агропромышленного комплекса Сибири; Материалы VII Межрегиональной конференции молодых ученых и специалистов аграрных вузов Сибирского федерального округа (3-5 июня 2009 г.). – Новосибирск. – 2009. – С. 80-82 (доля участия 50 %).

7. **Теличкина, Н.П.** Оценка коллекционного материала ярового ячменя на устойчивость к головневым заболеваниям для условий лесостепи Приобья / Н.П. Теличкина, Е.А. Орлова // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых; Труды IV международной научной конференции молодых ученых, посвященной 40-летию СОРОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ (22-23 апреля 2010 г., пос. Краснообск.). – Новосибирск – 2010. – С. 393-397 (доля участия 50 %).

8. **Теличкина, Н.П.** Влияние возбудителя твердой головни на рост растений ярового ячменя в лесостепи Приобья / Н.П. Теличкина, Е.А. Орлова // Материалы V Международной практической научно-практической конференции молодых ученых: «Актуальные проблемы земледелия и растениеводства», посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан. – 2011. – С. 202-206 (доля участия 50 %).

9. **Теличкина, Н.П.** Селекция ярового ячменя на устойчивость к головневым болезням в условиях лесостепи Приобья / Н.П. Теличкина, Е.А. Орлова, А.В. Бахарев // Проблемы и перспективы аграрной науки в России (посвящается 135-летию со дня рождения А.И. Стебута). Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии. – Саратов. – 2012 г. – С. 68-73 (доля участия 50 %).

10. Орлова, Е.А. Результаты изучения зерновых культур на устойчивость к листовым и головневым болезням в условиях лесостепи Приобья / Е.А. Орлова, Л.П. Сочалова, Ю.А. Христов, **Н.П. Теличкина** // Селекция сельскохозяйственных растений на высокую урожайность, стабильность и качество: Материалы международной научно-практической конференции к 100-летию сибирской селекции (Омск, 2-4 августа 2011 г.) – Омск: Вариант – Омск. – 2012. – С. 39-44 (доля участия 25 %).

11. **Теличкина, Н.П.** Влияние возбудителя твердой головни на всхожесть растений ярового ячменя в лесостепи Приобья / Н.П. Теличкина, Е.А. Орлова // Современные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции (пос. Краснообск, 18-20 июля 2011 г.). – Новосибирск. – 2012. – С. 187-193 (доля участия 50 %).

12. **Бехтольд, Н.П.** Влияние возбудителя твердой головни на высоту растений у сортов ячменя, различающихся по устойчивости к патогену / Н.П. Бехтольд, Е.А. Орлова // Селекция сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата: материалы международной научно-практической конференции (пос. Краснообск, 22-25 июля 2014 г.). – Новосибирск. – 2014. – С. 208-215 (доля участия 50 %).

13. **Бехтольд, Н.П.** Оценка ярового ячменя отечественной селекции на устойчивость к пыльной и твердой головне / Н.П. Бехтольд, Е.А. Орлова // Актуальные направления сельскохозяйственной науки в работах молодых ученых: материалы научно – практической конференции (АНИИСХ, 9-10 июля 2015 г.). – Барнаул. – 2015. – С.14-22 (доля участия 50 %).

14. **Бехтольд, Н.П.** Оценка селекционных линий ярового ячменя на устойчивость к пыльной и твердой головне / Н.П. Бехтольд, А.В. Бахарев, Е.А. Орлова // Генофонд и селекция растений: тезисы докладов II международной конференции (г. Новосибирск, 29 – 31 марта 2016 г.). – Новосибирск. – 2016. – С. 13-15 (доля участия 50 %).

15. **Бехтольд, Н.П.** Вредоносность возбудителя твердой головни ярового ячменя / Н.П. Бехтольд, Е.А. Орлова // Перспективы решения аграрных проблем в условиях Западной Сибири в работах молодых ученых. – Барнаул. – 2016. – С. 9-16 (доля участия 50 %).

16. **Бехтольд, Н.П.** Иммунологическая характеристика ярового ячменя на устойчивость к головневым заболеваниям // Н.П. Бехтольд, Е.А. Орлова // Генофонд и селекция растений: тезисы докладов III международной конференции (г. Новосибирск, 28 – 30 марта 2017 г.). – Новосибирск. – 2017. – С. 6-7 (доля участия 50 %).