

«Дальневосточный гос. аграрный ун-т». — Благовещенск: ДальГАУ. — Вып. № 2 (50). — 2019. — 126 с.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: учебник / Б. А. Доспехов. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1985. — 335 с.

6. Мядель, О. В. Оценка образцов и сортов овса на устойчивость к красно-бурой пятнистости на инфекционном фоне / О. В. Мядель, Ю. А. Дашкевич // Земледелие и растениеводство. — 2024. — № 4. — С. 34–39.

УДК 633.13:632.48

## Биологические особенности патогенов при создании инфекционных фонов к основным болезням овса

О. В. Мядель, научный сотрудник

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 14.02.2025)

На территории Республики Беларусь наиболее распространенными заболеваниями являются красно-бурая пятнистость и корневые гнили, встречается поражение пыльной головней. Выделено в чистые культуры 42 штамма *Pyrenophora chaetomioides*, *Fusarium* spp. — 41 штамм, *Helminthosporium* — 15 штаммов, пыльной головни — 6 образцов. Продолжительность хранения спор пыльной головни овса не более 4 лет. Оптимальной температурой для заражения семян овса возбудителями корневой гнили является 22–24 °C с продолжительностью инокуляции для *F. culmorum* не менее 8 ч, для *F. avenaceum* и *B. sorokiniana* — 15 ч. Оценка устойчивости образцов овса к красно-бурой пятнистости и корневой гнили проводится с использованием полевых и лабораторных инфекционных фонов.

In the Republic of Belarus the most common diseases are helmitosporium leaf blotch and root rot, loose smut also occurs. A total of 42 strains of *Pyrenophora chaetomioides*, 41 strains of *Fusarium* spp., 15 strains of *Helminthosporium*, and 6 samples of loose smut are identified as pure cultures. The shelf life of oat loose smut spores is no more than 4 years. The optimum temperature for infecting oat seeds with root rot pathogens is 22–24 °C with inoculation of at least 8 hours for *F. culmorum* and 15 hours for *F. avenaceum* and *B. sorokiniana*. The assessment of oat samples resistance to helmitosporium leaf blotch and root rot is carried out using field and laboratory infection backgrounds.

### Введение

Важнейшими факторами снижения урожая и качества зерна, которые способствуют широкому распространению болезней, являются перенасыщение севооборотов зерновыми культурами, поверхностная обработка почвы, частые весенне-летние засухи. В настоящее время в посевах овса широко распространены такие болезни, как корневая гниль, листовые пятнистости и болезни метелки. Корневая гниль относится к наименее заметным, но наиболее вредоносным заболеваниям. Она поражает первичные и вторичные корни, подземные междоузлия, основание стебля. В результате этого возможна гибель растений не только в период прорастания семян и появления всходов, но и в период цветения, вызывая отмирание продуктивных стеблей и пустоколосость [1]. Из возбудителей листовых пятнистостей овса наиболее распространен и вредоносен грибок рода *Pyrenophora* — *P. chaetomioides*, вызывающий красно-бурую пятнистость. Болезнь проявляется на всходах и взрослых растениях. Поражаются не только листья, но и стебли, а также колосковые и цветочные чешуйки, иногда зерно. Из болезней метелки овса самой опасной и вредоносной является пыльная головня, вызываемая грибом *Ustilago avenae*. При поражении метелка разрушается и превращается в черную пылящую массу спор. Вредоносность пыльной головни проявляется, главным образом, в недоборе зерна и значительном снижении всхожести семян и густоты посевов. Сильное распространение болезни чаще наблюдается на поздних посевах [2].

Эффективным и экономически выгодным методом защиты растений от болезней является создание новых сортов, сочетающих высокую урожайность с повышенной устойчивостью к болезням. Неотъемлемая часть селекционного процесса — оценка и отбор устойчивого материала в условиях искусственных эпифитотий, т. е. инфекционных фонов. Первым этапом в процессе создания инфекционного фона является обследование посевов овса для выявления и изучения видового состава возбудителей. Дальнейшая работа заключается в выделении их в чистую культуру и изучении культивирования в лабораторных условиях, а также наработка инфекционного материала [3].

### Методическая часть

Исследования выполняли в лаборатории иммунитета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». В период 2019–2023 гг. проводили мониторинг посевов овса по всем областям республики с целью изучения распространения болезней. Осуществляли сбор инфекционного материала: метелки, листья, стебли и корни овса с признаками поражения болезнями. Материал собирали в производственных посевах, селекционных и технологических опытах, питомниках размножения при естественном развитии болезней. Изучение биологических особенностей возбудителей проводили в лабораторных условиях.

## Основная часть

В ходе проведения маршрутных обследований посевов было отмечено поражение овса корневой гнилью и красно-бурой пятнистостью во всех областях и районах республики [4]. Поражение пыльной головней встречалось значительно реже (инфекционный материал собирали из 6 мест), чему способствует приме-

нение протравителей для обеззараживания семенного материала. Однако из-за своей высокой вредоносности этот возбудитель требует постоянного внимания в технологии возделывания.

Части растений (корни, листья, метелки) с признаками поражения помещали в бумажные конверты с маркировкой места и даты отбора пробы (рисунок 1).

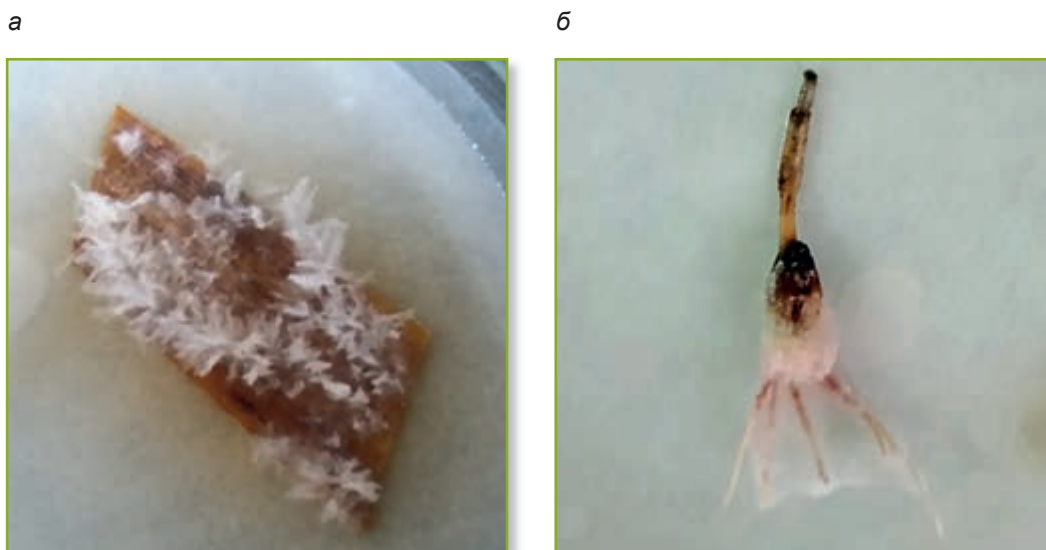


**Рисунок 1 – Внешний вид поражения растений овса:**  
а – пыльная головня; б – корневая гниль; в – красно-бурая пятнистость

В лабораторных условиях проводили выделение в чистую культуру возбудителей болезней овса. Красно-бурую пятнистость выделяли из листьев с типичными симптомами поражения. Вырезали часть листа, захватывая край пятна с небольшим участком здоровой ткани, и помещали в чашки Петри, создавая влажную камеру для образования мицелия (рисунок 2, а). Возбудителей корневой гнили, грибы рода *Fusarium* и *Helmintosporium*, выделяли из семян (рисунок 2, б) и инфицированных частей корневой системы растений. Подготовленный материал тщательно промывали под проточной водой, затем стерилизовали в 0,5–1,0 %

растворе гипохлорита кальция в течение 1 минуты, двукратно промывали в стерильной воде. Материал помещали во влажную камеру или сразу на поверхность питательной агаровой среды [5, с. 143].

Чашки переносили в термостат на 1-е сутки с температурой 22 °С. Мицелий пересевали на питательную среду, полученные колонии возбудителя культивировали 7 дней. Для подавления бактериальной микрофлоры в питательную среду добавляли антибиотик стрептомицин из расчета 50 мг на 1 л среды. Идентификацию возбудителей болезней проводили путем микрокопирования.



**Рисунок 2 – Выделение патогена в чистую культуру:**  
а – красно-бурая пятнистость; б – фузариозная корневая гниль

Всего за время исследований из собранного гербарного материала овса выделили в чистую культуру 98 штаммов возбудителей болезней.

На корневой системе овса отмечено наличие грибов рода *Fusarium* и *Helminthosporium*. Доминировали грибы рода *Fusarium* spp. – 41 штамм, из них 22 штамма принадлежали виду *F. culmorum*, а 19 – *F. avenaceum*. Менее распространен возбудитель гельминтоспо-

риозной корневой гнили овса *Bipolaris sorokiniana* – 15 штаммов. При культивировании на питательной среде возбудители фузариозной корневой гнили двух выделенных видов имеют однотипные колонии, но разную скорость роста и плотность мицелия. Мицелий гриба воздушный с бело-розовой окраской отличается быстрым ростом и обильной споруляцией (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Внешний вид колоний возбудителей корневой гнили овса:**  
а – *Fusarium culmorum*; б – *Fusarium avenaceum*; в – *Bipolaris sorokiniana*

Виды патогенов легко различить по конидиальному спороношению, фузарии имеют серповидные споры, длинные и тонкие у *F. avenaceum* и более короткие и широкие у *F. culmorum* (рисунок 4). *Bipolaris sorokiniana*

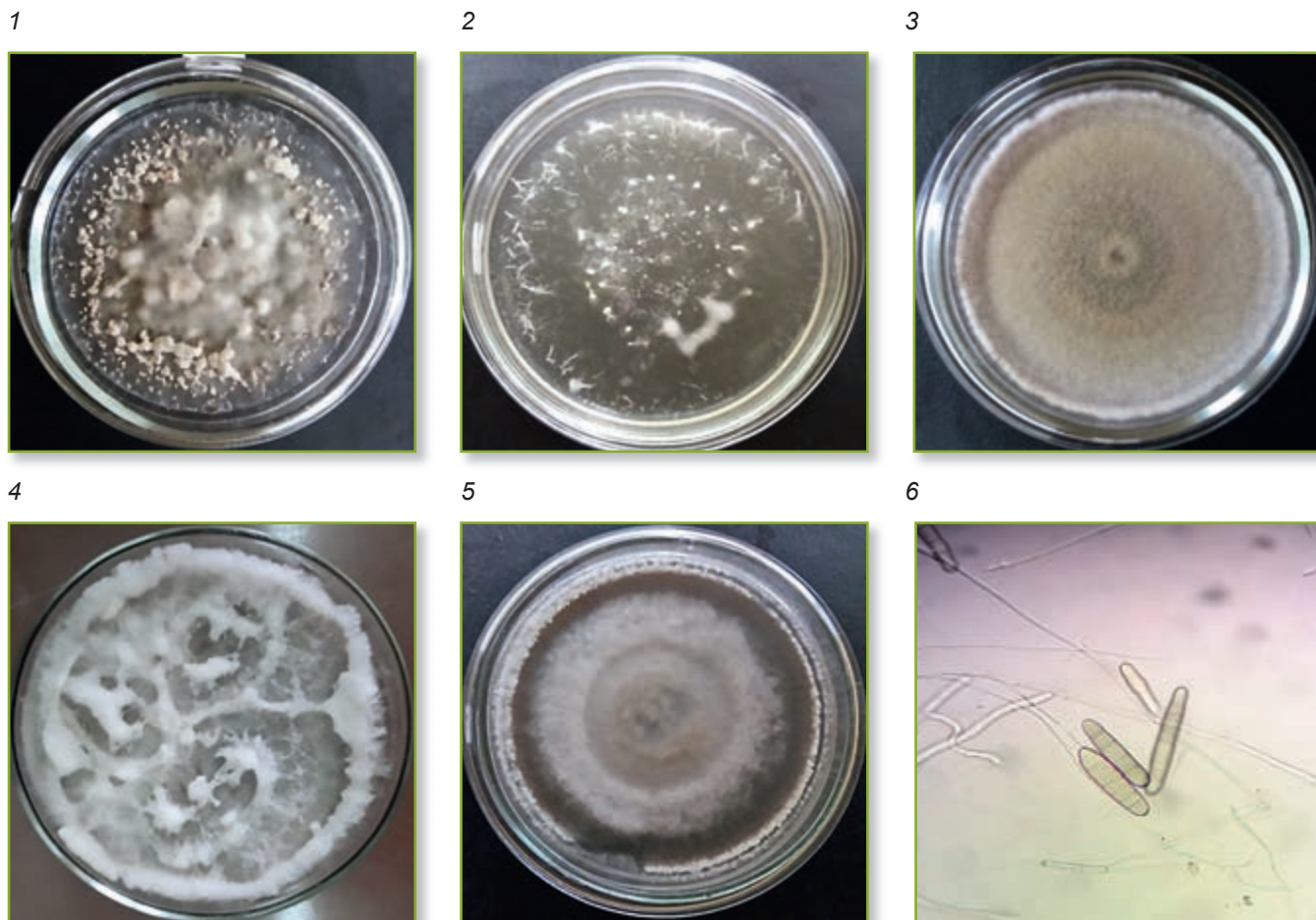
растет медленно, образует очень темные, плотные колонии, споры «батоновидные» крупные, темноокрашенные, спороношение обильное.



**Рисунок 4 – Внешний вид конидий возбудителей корневой гнили (×400):**  
а – *Fusarium culmorum*; б – *Fusarium avenaceum*; в – *Bipolaris sorokiniana*

Возбудитель красно-бурой пятнистости выделен из пораженных листьев в количестве 42 штаммов. Наблюдался полиморфизм штаммов колоний патогена. Отмечено 5 морфотипов, различающихся по типу мицелия и скорости роста колоний (рисунок 5). Форма колоний правильно округлая с четкими ровными краями, воздушный мицелий в зависимости от морфологического типа – порошковидный, хлопьевидный, бархатистый, войлочный со снопообразными выростами.

Следует отметить, что интенсивность спороношения не связана с морфотипом колоний. Конидии *P. chaetomioides* удлиненные, с перегородками в количестве от 1 до 7 шт. При этом конидии с большим количеством перегородок, от 5 до 7 шт., более характерны для мицелия, взятого с поверхности пораженного листа, а при культивировании на питательной среде конидии, главным образом, 3- и 4-клеточные. Интенсивность спороношения в последнем случае ниже.



**Рисунок 5 – Морфотипы колоний 1–5 и конидии 6 (×400) *Pyrenophora chaetomioides***

Для длительного хранения чистой культуры возбудитель пересевался на скошенный голодный агар (1,5–5,0 мл) в стерильные пробирки, которые помещали в холодильную камеру с температурным режимом +4 °С (рисунок 6). Каждый штамм возбудителя с присвоенным ему номером вносился в базу данных коллекции чистых культур лаборатории иммунитета. При необходимости дальнейшей работы с тем или иным штаммом возбудителя проводилось возобновление путем посева из косячка на питательную среду в чашку Петри.

Для получения споруляции штаммов и изолятов возбудителей их культивировали в чашках Петри на модифицированной среде Чапека (ЧЛМ) или картофельно-глюкозном агаре (КГА) при освещении эритемными лампами. Питательные среды готовились на основе питательных веществ, макро и микроэлементов в зависимости от вида среды.

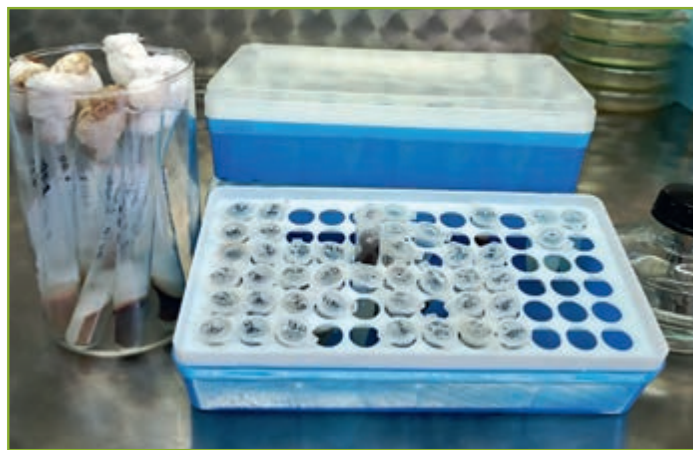
**Голодный агар:** на 1000 мл дистиллированной воды добавляли 15 г агара.

**ЧЛМ:** на 1000 мл дистиллированной воды –  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,5 г,  $\text{MgSO}_4$  – 0,5 г,  $\text{KCl}$  – 0,5 г, мочевины – 1,2 г, лактоза – 20 г, агар – 15 г.

**КГА:** 200 г картофеля отваривали в 1000 мл воды в течение 40 мин. Отвар фильтровали, доводили до первоначального объема кипяченой водой с добавлением 15 г агара и 20 г глюкозы.

Все среды стерилизовали в автоклаве в течение 20 мин при давлении 0,5 атм. [5, с. 107].

При создании искусственных инфекционных фонов большое значение имеет качество инфекционного ма-



**Рисунок 6 – Хранение чистых культур возбудителей болезней**

териала. Проведены исследования по определению жизнеспособности спорового материала пыльной головки овса в зависимости от года сбора. Коллекционный материал возбудителя разных лет и мест сбора хранился в запаянных воском флаконах в холодильной камере (4–5 °С) до 18 лет. Хламидоспоры проверяли на всхожесть в лабораторных условиях, а их способность к заражению растений – в полевых. Результаты опыта показали, что телеоспоры головки, хранившиеся в холодильной камере при температуре +4...+5 °С в разной степени сохраняют всхожесть в течение длительного времени (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние продолжительности хранения инфекционного материала пыльной головки овса на жизнеспособность возбудителя**

| Год сбора инфекции | Лабораторные условия            |                         |               |      | Инфекционный фон в полевых условиях, поражение, % |         |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|------|---------------------------------------------------|---------|
|                    | продолжительность хранения, лет | анализировано спор, шт. | проросло спор |      | Дебют                                             | Belmont |
|                    |                                 |                         | шт.           | %    |                                                   |         |
| 2002               | 18                              | 165                     | 12            | 7,2  | 7,7                                               | 5,0     |
| 2010               | 10                              | 183                     | 21            | 11,5 | 24,2                                              | 36,0    |
| 2012               | 8                               | 180                     | 69            | 38,3 | 26,0                                              | 47,5    |
| 2016               | 4                               | 189                     | 162           | 85,7 | 39,2                                              | 57,7    |
| 2018               | 2                               | 207                     | 198           | 95,7 | 44,4                                              | 60,0    |
| 2020               | до 1 года                       | 177                     | 171           | 96,6 | 51,0                                              | 62,0    |

Установлено, что максимальное количество зараженных растений получено при использовании свеже-собранного инфекционного материала со сроком хранения до 4 лет. Длительное хранение снижает жизнеспособность спор и их патогенность. Такой материал требует возобновления популяции патогена для восстановления его способности к заражению [6].

Для создания инфекционных фонов красно-бурой пятнистости и корневой гнили в полевых и лабораторных условиях использовали чистые культуры возбудителей этих болезней. Заражение растений осуществляли несколькими способами и методами.

В полевых условиях для оценки устойчивости образцов овса к корневым гнилям инфекционный материал, выращенный на зерновом субстрате овса, вносили в почву при посеве семян (100 г/м). Для наработки такой инфекции колбы емкостью 300 мл с предварительно замоченным зерном овса автоклавировали под давлением 1,2–1,5 атм. На остывший субстрат в каждую емкость вносили чистую культуру возбудителя. Колбы инкубировали в течение 14 дней, периодически встряхивая. Заросший грибом субстрат сушили при комнатной температуре около 7 суток до сыпучего состояния.

При оценке на устойчивость к красно-бурой пятнистости использовали инфекционный материал, полученный описанным выше способом, но внесение инфекции осуществляли по поверхности почвы в фазу всходов растений овса. Дополнительно проводили заражение растений овса в фазу кушения путем опрыскивания конидиальной суспензией патогена. Концентрация суспензии – не менее  $3 \cdot 10^4$  спор/мл из расчета 100 мл готовой суспензии на 1 м<sup>2</sup> [6]. Заражение растений проводили вечером, чтобы предотвратить быстрое пересыхание инокулята.

В лабораторных условиях устойчивость овса к корневой гнили оценивали, используя метод рулонов [7]. Семена овса заливали суспензией спор с титром не менее  $5 \cdot 10^6$  спор/мл так, чтобы они были полностью погружены в инокулюм. Семена просушивали и раскладывали по 50 зерен на фильтровальную бумагу, которую сворачивали в рулоны. Рулоны помещали в стаканы с водой и ставили в термостат (t 22 °C). На седьмые сутки проводили учет развития болезни. Следует отметить, что температурный режим и время погружения семян овса в споровую суспензию имеет значение для проявления признаков поражения и развития болезни. Установлено, что оптимальной экспозицией для инокуляции семян в споровой суспензии *F. culmorum* является не менее 8 ч, развитие болезни в этом случае достигало 79,5 % для *F. Avenaceum*,

*B. sorokiniana* – 15 ч. Оптимальная температура экспозиции 22–24 °C (таблица 2) [8].

**Таблица 2 – Влияние продолжительности инокуляции семян возбудителями корневой гнили на инфицированность проростков овса**

| Вариант                      | Развитие болезни по часам, % |      |      |      |       |
|------------------------------|------------------------------|------|------|------|-------|
|                              | 3                            | 5    | 8    | 15   | 24    |
| <i>Fusarium culmorum</i>     | 76,8                         | 77,5 | 79,5 | 79,5 | 100,0 |
| <i>Fusarium avenaceum</i>    | 19,0                         | 25,8 | 31,3 | 39,0 | 46,5  |
| <i>Bipolaris sorokiniana</i> | 7,8                          | 11,3 | 23,3 | 32,3 | 33,0  |

Оценку овса на устойчивость к красно-бурой пятнистости проводили в лаборатории бензимидазольным методом. Отрезки листьев овса помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную 0,004%-м раствором бензимидазола, который поддерживает метаболизм в листьях на протяжении 7 суток. В каждой чашке размещали 10 отрезков листьев одного образца. Инокуляцию проводили путем опрыскивания водной суспензией патогена *P. chaetomioides* с концентрацией спор не менее  $5 \cdot 10^6$  спор/мл [5]. Обработанные чашки помещали в термостат на сутки, затем переносили в светоустановку. Учет поражения проводил на 7-е сутки после инокуляции.

## Выводы

1. В посевах овса на территории Республики Беларусь наиболее распространенными заболеваниями являются красно-бурая пятнистость и корневые гнили, встречается поражение пыльной головней.

2. Выделены в чистые культуры возбудители болезней: красно-бурая пятнистость – 42 штамма, корневая гниль *Fusarium spp* – 41 штамм и *Helminthosporium* – 15 штаммов. Собрано 6 образцов пыльной головни.

3. Жизнеспособность спор *Ustilago avenae* при длительном хранении теряется. Для заражения растений необходимо возобновление инфекционного материала после 4 лет хранения.

4. Оптимальной температурой для заражения семян овса возбудителями корневой гнили является 22–24 °C с продолжительностью инокуляции в суспензии спор для *F. culmorum* не менее 8 ч, для *F. Avenaceum*, *B. sorokiniana* – 15 ч.

6. Для проведения оценки устойчивости образцов овса к красно-бурой пятнистости и корневой гнили необходимо использовать полевые и лабораторные инфекционные фоны.

7. Для создания полевых инфекционных фонов целесообразно использовать следующие методы:

- внесение инфицированного возбудителем зернового субстрата в почву при посеве и по всходам культуры;
- опрыскивание конидиальной суспензией патогена посевов в фазе кушения.

Для лабораторной оценки оптимальными методами являются бензимидазольный и метод рулонов.

## Литература

1. Мотовилин, А. Н. Оценка вредоносности основных болезней овса / А. Н. Мотовилин, Ю. А. Стрижекозин // Защита и карантин растений. – 2000. – № 7. – С. 28–30.
2. Буга, С. Ф. Защита овса от болезней / С. Ф. Буга, А. Г. Жуковский, Т. Н. Жердецкая // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Институт защиты растений»; гл. ред. Л. И. Трепашко. – Несвиж: Несвиж. укрп. тип., 2011. – Вып. 35. – С. 85–98.
3. Коновалов, Ю. Б. Селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям: учебник / Ю. Б. Коновалов; ред. И. Н. Леоненко. – М.: Колос, 1999. – 135 с.
4. Результаты изучения видового и расового состава доминирующего комплекса фитопатогенов в Республике Беларусь / М. В. Подорский [и др.] // Молодежь в науке – 2019: тезисы докл. XVI Межд. науч. конф. молодых ученых, Минск, 14–17 октября 2019 г. / Нац. акад. Наук Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2019. – С. 74–75.
5. Радченко, Е. Е. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие / Е. Е. Радченко. – Россельхозакадемия, 2008. – 417 с.
6. Мядель, О. В. Вредоносность пыльной головки (*Ustilago avenae* (Pers.) Rostr) и оценка устойчивости сортообразцов овса к патогену / О. В. Мядель, Е. В. Зарембо // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – Вып. 58. – С. 352–361.
7. Фитопатологическая экспертиза семян полевых культур (диагностика возбудителей, эффективность препаратов для предпосевной обработки семян): метод. рекомендации / Г. В. Будевич [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 51 с.
8. Мядель, О. В. Изучение агрессивности возбудителей корневой гнили овса и их конкурентных взаимоотношений / О. В. Мядель, С. П. Халецкий // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2023. – № 3. – С. 101–104.

УДК 633.853.494:632.954:632.51:631.559:631.582

## Зависимость засоренности посевов и урожайности рапса от применения гербицидов в звене севооборота

**Е. А. Пучко**, соискатель, **А. П. Гвоздов**, кандидат с.-х. наук,  
**Л. А. Булавин**, доктор с.-х. наук, **М. А. Белановская**, научный сотрудник,  
**В. Д. Кранцевич**, младший научный сотрудник

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 29.01.2025)

Представлены результаты исследований по изучению влияния применения гербицидов в звене севооборота на засоренность посевов и урожайность рапса. Установлено, что при изменении гербицидной нагрузки в звене севооборота (кукуруза – ячмень – рапс) от 2,43 до 6,11 кг/га д.в. численность сорняков в посевах крестоцветной культуры варьировала в пределах 3–76 шт./м<sup>2</sup>, сырая масса – 4,6–135,2 г/м<sup>2</sup>, урожайность маслосемян – 12,9–15,4 ц/га. Изменение урожайности рапса под влиянием данного фактора достигало 2,5 ц/га (19,4 %).

The paper presents the results of the research on the effect of herbicide application on weed infestation and rape yield in the crop rotation element. It's established that when changing the herbicide load in the crop rotation element (maize – barley – rape) from 2.43 to 6.11 kg/ha of active ingredient, the number of weeds in cruciferous crops varies within 3–76 pcs/m<sup>2</sup>, raw weight – 4.6–135.2 g/m<sup>2</sup>, oil seed yield – 12.9–15.4 c/ha. The change in rape yield reaches 2.5 c/ha (19.4 %) under the influence of this factor.

## Введение

Важным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур является защита посевов от сорняков, которые конкурируют с культурными растениями за элементы минерального питания, воду, свет и способствуют распространению вредителей и болезней. Это приводит к значительному снижению урожайности [1, 4], которое в почвенно-климатических условиях Беларуси может достигать у зерновых 30–37 %, а кукурузы – 90 % [2].

Численность сорняков в посевах сельскохозяйственных культур зависит от потенциальной засоренности почвы, размещения культур в севообороте, технологии возделывания предшественника и, прежде всего, применения на его посевах гербицидов [3, 5]. Поэтому изучение значимости этих факторов в

формировании сорного ценоза и влияние его на урожайность возделываемых культур в конкретных условиях произрастания имеет важное значение.

## Материалы и методика исследований

В 2020–2024 гг. изучали влияние агротехнических приемов и гербицидов на засоренность посевов и урожайность культур звена зернопропашного севооборота (кукуруза – ячмень – рапс). Исследования проводили в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,63–2,82 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 232–292 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 257–268 мг/кг почвы, pH 5,72–5,87). Кукурузу возделывали после озимой пшеницы по отвальной вспашке, полупаровой обработке почвы, а также после пожнивной редьки масличной, применения глифосатсодержащего герби-