

Е. И. Рожко, Н. А. Крупенько

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н

СЕТЧАТАЯ ПЯТНИСТОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ (*PYRENOPHORA TERES* DRECHSLER) (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Дата поступления статьи в редакцию: 05.06.2024

Рецензент: канд. биол. наук Плескачевич Р. И.

Аннотация. Сетчатая пятнистость (*Pyrenophora teres* Drechsler) относится к числу доминирующих болезней на листовом аппарате ярового ячменя. В статье предоставлен обзор литературных данных по распространению, вредоносности, биологическим и экологическим особенностям возбудителя.

Ключевые слова: сетчатая пятнистость, яровой ячмень, распространенность, вредоносность, жизненный цикл.

Введение. Решение задач продовольственной безопасности страны неразрывно связано с производством зерна. Одной из традиционных зерновых культур в Республике Беларусь является яровая ячмень (*Hordeum vulgare* L.). Постепенно изменяющиеся погодные и хозяйственно-экономические условия привели к тенденции уменьшения его посевных площадей с 529,1 тыс. га (2012 г.) до 314,3 тыс. га (2022 г.) [6, 29]. На весенний сев этой культуры приходится около 60 % от всей площади высеваемых яровых зерновых [20]. Урожайность ярового ячменя в среднем по республике составляет 34 ц/га [6].

Интенсификация производства, возделывание восприимчивых сортов, изменяющиеся погодные условия, обуславливают ежегодное поражение культуры болезнями грибной этиологии, среди которых на листовом аппарате доминирует сетчатая пятнистость, возбудитель – гриб *Pyrenophora teres* Drechsler [21, 24, 25].

Целью данной работы является анализ иностранной и отечественной литературы по распространению, вредоносности и биологическим особенностям возбудителя сетчатой пятнистости.

Географическое распространение. Болезнь наиболее распространена в странах с высокой долей зерновых культур: в Европе, Азии, Южной и Северной Америке, Австралии и Океании [44, 47, 53, 63]. Существуют два вида проявления симптомов сетчатой пятнистости: сетчатый (net-type) и пятнистый тип (spot-type) [5, 60].

Пятнистый тип болезни стали выявлять только с 1963 г. и на сегодняшний день его распространение достигло такого же ареала, как и

сетчатого, а в некоторых регионах он является доминирующим [46, 53, 55, 56]. На территории России пятнистый тип впервые был выявлен в 2010 г. в Краснодарском крае на сортах западной селекции [3]. В Беларуси spot-типе был впервые зарегистрирован в 2014 году в Ивановском районе Брестской области в посевах ярового и озимого ячменя также на западных сортах [12, 28, 34].

Вредоносность. Возбудитель сетчатой пятнистости поражает листья, листовые влагалища, листовые обертки, стебли, колос ячменя [7, 16, 24, 60]. Вредоносность болезни заключается в уменьшении ассимиляционной поверхности за счет разрушения хлорофилла фитотоксинами, что приводит к отмиранию листьев, ускоренному созреванию и щуплости зерна [23, 42]. Недобор урожая в результате поражения сетчатой пятнистостью может достигать 21,0–44,0 % [49, 58, 64, 69].

Помимо ячменя, являющегося основным хозяином гриба *P. teres*, в литературе также имеются сведения о том, что патоген поражает злаки из других родов, таких как *Avena*, *Triticum*, *Bromus* и др. [7, 16, 24, 60].

Симптоматика. Типичные симптомы сетчатой пятнистости (в виде сетчатого рисунка), проявляются в виде мельчайших пятен или полос, которые разрастаются, образуя на листьях продольные и поперечные бурые полосы (с вертикальными и горизонтальными перегородками внутри поражений), в результате приобретая характерный сетчатый узор с зоной хлороза вокруг места заражения. Поражения могут достигать 25 мм в длину. Интенсивное развитие патогена может привести к полному отмиранию листьев [53, 65, 68]. Симптомы на стеблях, колосе, колосовых чешуях и зерне проявляются в виде светло- или темно-бурых округлых пятен и полосок [31, 40, 62].

Пятнистый тип болезни проявляется на листьях в виде темно-коричневых эллиптических некротических пятен (размером 3×6 мм) с хлоротичными краями различной ширины. Считается, что хлороз имеет большую вредоносность, нежели некрозы. На стебле инфекция проявляется в виде небольших коричневатых некрозов [4, 55, 61].

На устойчивых сортах симптомы проявляются в виде небольших темно-коричневых пятен с хлоротичными участками вокруг или без них [4, 56, 40, 62].

Сетчатый и пятнистый типы проявления болезни являются идентичными по морфологии, но отличаются на генетическом и патофизиологическом (способ заражения) уровнях. Так, например, в ходе исследований маркеров ДНК и последовательностей генов сетчатого и пятнистого типов было установлено, что они тесно связаны и представляют собой дивергентные генетические группы и филогенетически независимы [45, 56, 60].

Сообщается, что различия в симптомах проявления сетчатой пятнистости могут быть обусловлены различным характером заражения: пятнистый тип развивается медленно, для него характерно ограниченное внутриклеточное развитие, внутри эпидермальных клеток, поэтому данный тип поражения вызывает локальную гибель клеток. Сетчатый тип имеет более обширный субэпидермальный рост с поражением клеток, отдаленных от места заражения гриба [51].

Жизненный цикл возбудителя сетчатой пятнистости начинается в конце вегетации культуры, когда на пораженной соломе формируются псевдотеции.

W.C. McDonald в условиях Австралии установил, что они развиваются при +10...+15 °С (как на свету, так и в темноте), и им требуется от 1 до 6 месяцев для созревания, а также обильные осадки [63].

После созревания псевдотециев ранней весной в них образуются аски, содержащие от трех до восьми (обычно восемь) аскоспор. Аскоспоры являются источником первичного заражения в весенний период. Они разносятся по воздуху ветром или распространяются дождем [5, 44, 40, 66].

Заражение сумкоспорами происходит при влажности 95–100 % и длится от 1 часа (при +25 °С) до 6 часов (при 10 °С) [55]. Симптомы, возникающие в результате первичной инфекции, проявляются в виде водянистых полос, идущих вверх по листьям, или бледно-сероватых пятен в центре листовой пластинки [40, 50].

На пятнах, которые образовались в результате первичного заражения, появляется спороношение. Конидии распространяются ветром и/или осадками на соседние растения или переносятся на большие расстояния, переходя, таким образом, к циклу вторичного заражения, которое происходит через 5–20 дней (в зависимости от условий) после первичного [23, 55, 56, 66].

Благоприятные условия для заражения конидиями наступают при влажной, теплой и солнечной погоде. Рядом авторов было установлено, что оптимальная температура для прорастания конидий в зависимости от типа проявления различается и составляет +25 °С для сетчатого и +20...+25 °С для пятнистого соответственно. Для заражения требуется период увлажнения листьев не менее 2 часов при 100 % относительной влажности воздуха [40, 56, 64, 67]. Патоген сильнее развивается при более длительном периоде повышенной влажности (10–30 и более часов). За сезон формируется несколько повторных заражений конидиями [57, 60].

Было обнаружено, что наибольшее образование конидий происходит при следующих условиях: непрерывный умеренный дождь в течение 6 часов, затем 10 часов солнечного света и максимальная температура +22 °С. На нижних старых листьях количество конидий выше [50].

C.G.J Van den Berg и B.G. Rossnagel (Канада) получили подобные результаты, что распространение конидий сетчатой пятнистости с пиковым высвобождением спор происходит между 12:00 и 18:00 ч и 100 % прорастанием через 6 ч после инокуляции (при оптимальной температуре) [67].

Сетчатая форма болезни помимо листьев поражает также колос и зерна ярового ячменя, что может стать дополнительным источником заражения. В настоящее время считается, что пятнистая форма болезни не поражает колос, однако некоторые ученые в условиях искусственной инокуляции осуществляли передачу данной формы с семенным материалом [52, 56, 62].

Завершается развитие гриба образованием псевдотеций на стерне, остатках соломы или сорных растениях, где в таком виде он сохраняется до следующего вегетационного сезона [22, 38, 53].

Факторы влияющие на развитие заболевания. Капельно-жидкая влага и температура являются важнейшими факторами, влияющими на развитие гриба. По данным Ю.А. Сушевич в Беларуси, коэффициент корреляции (r) между суммой выпавших осадков (в I декаде июня) и развитием заболевания составляет 0,96–0,99, что говорит о прямой корреляции, а между температурой воздуха и развитием варьируется от –0,48 до –0,62 (обратная корреляция) [35].

Аналогичные результаты были получены и Т. К. Шешеговой (Россия). Исходя из ее многолетних данных, развитие сетчатой пятнистости в большей степени зависело от погоды в июне. Так, установлена обратная корреляция между развитием гриба и температурой ($r = -0,48$) [19].

В РБ изучением влияния гидротермических условий на развитие сетчатой пятнистости занималась С. Ф. Буга. В ходе исследований было установлено, что наибольшее влияние на развитие заболевания оказывают погодные условия, а именно прохладная и дождливая погода в периоды посев-всходы-трубкование ($ГТК > 1,9$) [9].

Интегрированная система защиты. Одним из основных элементов современной технологии возделывания ярового ячменя является интегрированная защита от вредных организмов, в частности сетчатой пятнистости. Она включает в себя: организационно-хозяйственные, селекционные, агротехнические, химические и другие мероприятия [41].

Понимание цикла развития сетчатой пятнистости, ее сохранения и способа передачи являются определяющими в формировании системы защиты. Так, основными источниками инфекции являются: семена (внутри сохраняется мицелий, на поверхности – конидии); растительные остатки (зимует мицелий и конидии), псевдотеции на стерне; озимый ячмень и другие дикорастущие злаковые травы, на которых гриб сохраняется в виде мицелия [23, 53, 55, 60].

Влияние обработки почвы. Проанализированные данные о влиянии обработки почвы на развитие сетчатой пятнистости противоречивы. Исследования Т. К. Turkington и соавторов свидетельствуют, что традиционный способ обработки по сравнению с минимальным и безотвальным является более эффективным в снижении развития заболевания. Так, при традиционной обработке развитие в среднем составляло 3,9 %, при минимальной – 4,2 %, при безотвальной – 6,3 % [48].

Согласно другим исследованиям, различные способы обработки почвы не оказывают существенного влияния на развитие и распространение *P. teres* [1, 11, 40].

Размещение культуры играет существенную роль в ограничении распространения и развития болезни. По данным Шпанева А.М., нежелательно размещать производственные посевы ячменя рядом с полями этой же культуры, а также озимой ее формы, так как это может привести к большему распространению патогена [36].

Севооборот. При размещении ярового ячменя в севообороте после таких культур, как горох, кукуруза, овес, донник и др., значительно уменьшается пораженность посевов культуры сетчатой пятнистостью [2, 5].

В системе севооборота возврат ячменя на прежнее место должен осуществляться не ранее чем через 2 года для снижения вероятности заражения [38].

Срок сева также играет определенную роль в развитии сетчатой пятнистости. По данным Щенниковой И.Н., более медленное развитие патогена наблюдалось при запаздывании с севом (в годы с достаточным увлажнением), а в случае раннего срока сева (при таких же условиях) растения ячменя сильнее поражались *P. teres*. [37]

Норма высева. По данным Долгополовой Н.В., наименьшее поражение сетчатой пятнистостью наблюдалось в случаях, когда нормы высева семян составляли 4,0 и 5,0 млн/га. При увеличении нормы до 6,0 млн развитие болезни было в 2 раза сильнее, чем в варианте, где норма высева составляла 5,0 млн зерен на гектар. Сильное развитие патогена было связано, в первую очередь с загущением посевов, что приводило к более интенсивному поражению растений [15].

Выбор сорта. Возделывание устойчивых сортов является наиболее перспективным методом защиты культуры от болезни. По данным Лашиной Н.М., многолетний мониторинг болезней ярового ячменя позволил установить сорта, наиболее устойчивые к сетчатой пятнистости. Так, в группе устойчивых растений (развитие *P. teres* составляло менее 5,0 %) находились сорта: КВС Аста, Мелиус и Фэст. К группе слабо поражаемых (до 20,0 %) сетчатой пятнистостью ячменя были включены следующие сорта: Автограф, Даниэлле, Зу Сурен, КВС Тесса, Изумруд [26].

В Беларуси на протяжении 2012–2021 гг. Сушевич Ю.А. занималась изучением устойчивости сортов ярового ячменя к сетчатой пятнистости. В результате исследований было установлено 6 высокоустойчивых сортов (Linus, Нутанс 3291, Челябинский 95, Мик 1, Беркут, Дзівосны) и 26 относительно устойчивых (Баган, Березинский, Визит, Виктор, Гастинец, Добрый, Зазерский 85, Зубр, Идеал, Ладны, Прима Беларуси, Талер, Кузнецкий, Натали, Сож и др.). Из всех вышеперечисленных сортов ярового ячменя, в «Государственный реестр сортов» включены Мелиус, Фэст, Дзівосны, Добры, Зубр, Ладны, Зазерский 85 [13, 34].

Удобрения. Согласно данным ряда авторов, различные дозы вносимых азотных удобрений не оказывали существенного влияния на пораженность ячменя сетчатой пятнистостью, поскольку развитие патогена в основном зависело от погодных условий [30, 43, 59].

По информации Шпанева А.М., органические удобрения непосредственно под ячмень вносить не рекомендуется, так как возрастает процент развития корневых гнилей, что приводит к ослаблению растений и как следствие более высокому поражению листовыми болезнями. Поэтому их следует вносить под предшествующую культуру [36].

Химический метод защиты включает протравливание и обработку фунгицидами и является важным элементом в интегрированной системе защите от сетчатой пятнистости [56]. Эффективность данного метода в значительной степени зависит от правильного выбора фунгицида и сроков его применения [8, 14, 32].

Поскольку возбудитель сетчатой пятнистости сохраняется на семенах, эффективная защита культуры от болезни начинается с выбора протравителя, что целесообразно проводить на основе результатов фитоэкспертизы семян [18, 48]. Протравливание позволяет снизить распространение сетчатой пятнистости на начальных этапах роста растений [17]. В то же время в годы с благоприятными для болезни условиями необходимо применять фунгициды.

Исследования, проведенные С.Ф. Буга, позволили выявить критерий для применения фунгицидов с целью защиты культуры от болезни – наступление биологического порога вредоносности [10].

На сегодняшний день основными классами действующих веществ фунгицидов, используемых во всем мире для ограничения развития *P. teres* являются карбоксамиды (SDHI), азолы (DMI) и стробилурины (QoI) и др., а также их комбинации [56].

Таким образом, для эффективной защиты ярового ячменя от сетчатой пятнистости необходимо: соблюдать севооборот и не допускать повторного посева культуры на том же участке; проводить запахивание растительных остатков; осуществлять посев с рекомендованной нормой высева в оптимальные сроки; использовать районированные

непоражаемые сорта; протравливать семенной материал, а также проводить обработку посевов в период вегетации фунгицидами на основе действующих веществ из различных химических классов (карбоксамиды, азолы, стробилурины и др.) [5, 9, 49].

Заключение. В результате анализа зарубежной и отечественной литературы было установлено, что сетчатая пятнистость, вызываемая грибом *P. teres*, является одной из основных болезней листьев ярового ячменя во всем мире. Она вызывает значительные потери урожая зерна и вместе с тем снижает его качество. Сетчатая пятнистость быстро развивается при оптимальных условиях окружающей среды – длительных периодах повышенной влажности (100 %) и температуры воздуха (+20...+25 °С). Для защиты посевов от болезни широко используются агротехнический, селекционно-генетический и химический методы защиты. Химический способ является одним из самых эффективных и включает в себя как протравливание семенного материала, так и применение фунгицидов в период вегетации.

Список литературы

1. Акимов, Т. М. Развитие грибных болезней и защита зерновых культур при разных технологиях возделывания в ЦР НЧЗ: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07 / Т. М. Акимов. – Москва, 2016. – 156 л.
2. Анисимов, А. И. Борьба с сетчатой пятнистостью ячменя с помощью биопрепаратов в системе органического земледелия / А. И. Анисимова, Н. В. Чернявина, С. А. Доброхотов // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК : сб. науч. тр. по Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов, Санкт-Петербург-Пушкин, 25-27 февр. 2016 г. / М-во сел. хоз-ва РФ, С.-Петерб. гос. аграр. ун-т ; гл. ред. С. Н. Широков. – СПб : СПбГАУ, 2016. – С. 3–6.
3. Анисимова, А. В. Первая находка гриба *Pyrenophora teres* f. *maculate* в Краснодарском крае / А. В. Анисимова, Н. В. Мироненко, С. А. Левшатанов // Вестн. защиты растений. – 2011. – № 3. – С. 53–56.
4. Астапчук, И. Л. Возбудитель сетчатой пятнистости листьев ячменя: биология, этиология, вирулентность, устойчивость растения-хозяина (краткий обзор) / И. Л. Астапчук // Науч. журнал КубГАУ. – 2017. – № 127 (3). – С. 1–24.
5. Астапчук, И. Л. Оценка исходного материала для селекции озимого ячменя на устойчивость к сетчатой пятнистости листьев *Pyrenophora teres* drechsler и вредоносность патогена в условиях Северного Кавказа: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05 / И. Л. Астапчук. – Краснодар, 2019. – 157 л.
6. Сельское хозяйство Республики Беларусь : статистический буклет [Электронный ресурс] / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск, 2023. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/5d1/nk4xm0sagyz688t64qowzxa74znfj.pdf>. – Дата доступа 08.10.2023 г
7. Биологическая эффективность бактериального агента рода *Bacillus* в отношении *Drechslera teres* на озимом ячмене на стадии проростков / А. М. Асатурова [и др.] // Растения и микроорганизмы : биотехнология будущего : материалы междунар. науч. конф. PLAMIC 2018, Уфа, 13-17 июня, 2018 г. : тез. доклад. / АНО «Центр поддержки академических инициатив»; ред.: И. А. Тихонович [и др.]. – Уфа, 2018. – С. 93.
8. Буга, С. Ф. Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси : монография / С. Ф. Буга ; РУП «Ин-т защиты растений». – Несвиж : Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2013. – 239 с.

9. Буга, С. Ф. Интегрированная система защиты ячменя от болезней : монография / С. Ф. Буга. – Минск : Ураджай, 1990. – 152 с.
10. Буга, С. Ф. Особенности формирования эпифитотий наиболее вредоносных болезней ячменя и обоснование системы защиты в условиях Лесостепи и Полесья белорусской ССР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.11/ С. Ф. Буга ; Укр.с.-х. акад. – Киев, 1988. – 48 с.
11. Влияние минимизации основной обработки почвы на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность ярового ячменя / А. Н. Морозов [и др.] // Междунар. с.-х. журнал. – 2023. – Т.66, № 4 (394). – С. 418-423.
12. Гибридизация между формами *Puccinia teres* в природных популяциях России и Республики Беларусь / Н. В. Мироненко [и др.] // Микология и фитопатология. – 2021. – Т. 55, № 1. – С. 51-58.
13. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране растений» ; отв. ред. В. А. Бейня. – Минск : [б. и.], 2022. – 303 с.
14. Гришечкина, Л. Д. Эффективность и экологическая безопасность современных фунгицидов для защиты зерновых культур / Л. Д. Гришечкина, В. И. Долженко // Агрохимия. – 2013. – № 12. – С. 28–33.
15. Долгополова, Н. В. Приемы защиты ячменя от гельминтоспориоза / Н. В. Долгополова, А. А. Воронина, А. В. Нагорных // Вестн. Курской гос. с.-х. академии. – 2021. – № 8. – С. 90–95.
16. Донцова, А. А. Использование молекулярных методов селекции на устойчивость к сетчатой пятнистости ячменя (Обзор) / А. А. Донцова // Науч. журнал КубГАУ. – 2015. – № 113 (09). – С. 1–11.
17. Дуктов, В. П. Биологическая эффективность химических средств защиты растений в посевах пивоваренного ячменя / В. П. Дуктов, Д. А. Соладатенко // Современные технологии с.-х. производства : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 18 мая 2012 г. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, УО «Гродн. гос. аграр. ун-т». – Гродно, 2012. – Ч. 1: Агрономия. Защита растений. Зоотехния. Ветеринария. – С. 142–143.
18. Душкин, Н. Д. Роль фитопатологического анализа семян на оздоровление ячменя [Электронный ресурс] / Н. Д. Душкин, Д. Д. Букреев // Аграрная наука – сельскому хозяйству : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Курск, 27-28 янв. 2009 г. / Курск. гос. с.-х. акад. ; редкол.: В. А. Семькин (пред.) [и др.]. – Курск : КГСХА, 2009. – Ч. 3. – С. 250–252. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_24982540_42453286.pdf. – Дата доступа: 05.04.2024.
19. Зависимость развития грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов [Электронный ресурс] / Т. К. Шешегова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 4. – С. 58 – 61. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zavisimost-razvitiya-gribnoy-infektsii-zernovyh-kultur-ot-sezonnnoy-dinamiki-klimaticheskikh-faktorov/viewer>. – Дата доступа: 05.04.2024.
20. Зубкович, А. А. Современное состояние и приоритетные направления селекции ячменя для условий Республики Беларусь / А. А. Зубкович, С. И. Гриб // Стратегии и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня основания РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию» (5-6 июля 2017 г., Жодино) / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск, 2017. – С. 220–224.
21. Изменение видового состава возбудителей листовых болезней ячменя в России и Беларуси / О. С. Афанасенко [и др.] // Современная микология в России. – 2015. – Т. 5. – С. 5–7.
22. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам / Е. Е. Радченко [и др.] ; под ред.: Е. Е. Радченко ; Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. центр Рос. Федерации, Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. – М. : Россельхозакадемия, 2008. – 433 с.

23. Коготько, Л. Г. Видовой состав возбудителей болезней озимого ячменя / Л. Г. Коготько [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2019. – № 4. – С. 12–18.
24. Крупенько, Н. А. Сетчатая пятнистость в посевах ярового ячменя / Н. А. Крупенько, А. Н. Халаев // Белорус. сел. хоз-во. – 2022. – № 5 (241). – С. 70–71.
25. Крупенько, Н. А. Фитопатологическая ситуация в посевах зерновых культур в Беларуси / Н. А. Крупенько [и др.] // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: С. В. Сорока (гл. ред.) [и др.]. – 2023. – № 47. – С. 86–93.
26. Лашина, Н. М. Создание дигаплоидов ячменя как исходного материала для селекции сортов с групповой устойчивостью к болезням : дис. ... канд. биол. наук : 06.01.07 / Н. М. Лашина. – СПб., 2015. – 207 л.
27. Мезенцева, Е. Г. Оценка эффективности систем удобрения ярового ячменя в зависимости от целевого назначения зерна / Е. Г. Мезенцева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 108–115.
28. Мироненко, Н. В. Методические особенности генетического анализа признака вирулентности у *Pyronophora teres* / Н. В. Мироненко, О. С. Афанасенко // Микология и фитопатология. – 2017. – Том 45, вып. 1. – С. 82.
29. Основные результаты и ближайшие перспективы селекции ячменя в Беларуси / А. А. Зубкович [и др.] // Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции с.-х. растений в Беларуси : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию Науч.-практ. центра НАН Беларуси по земледелию (7-8 июля 2022 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск, 2022. – С. 168–170.
30. Рогожникава, Е. С. Влияние удобрений на поражение ярового ячменя болезнями в IV агроклиматической зоне ленинградской области / Е. С. Рогожникава, А. М. Шпанев, М. А. Фесенко // Вестн. защиты растений. – 2016. – № 4 (90). – С. 56–61.
31. Сельскохозяйственная фитопатология : учеб. пособие / Г. А. Зезюлина [и др.]. — Минск : ИВЦ Минфина, 2017. — 584 с.
32. Степановских, А. С. Химическая защита растений : проблемы и перспективы / А. С. Степановских, С. Ю. Жернова, Г. О. Жернов // Актуальные проблемы медицины и биологии. – 2019. – № 1. – С. 28–34.
33. Сушевич, Ю. А. Изучение биологического разнообразия и особенностей культивирования возбудителя сетчатой пятнистости ячменя *Pyronophora teres* f. *teres* Dreshler в Республике Беларусь / Ю. А. Сушевич, Ю. К. Шашко // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 2. – С. 28–30.
34. Сушевич, Ю. А. Изучение наследования признака устойчивости ячменя к сетчатой пятнистости и создание источников устойчивости с комплексом селекционно-ценных признаков / Ю. А. Сушевич. – Вестн. БГСХА. – 2021. – № 1. – С. 77–81.
35. Сушевич, Ю. А. Соответствие лабораторного и полевого метода оценки коллекции ярового ячменя на устойчивость к сетчатой пятнистости / Ю. А. Сушевич, Ю. К. Шашко // Земледелие и растениеводство. – 2021. – № 2. – С. 40–43.
36. Шпанев, А. М. Интегрированная защита ячменя ярового на северо-западе России / А. М. Шпанев [и др.] // Защита и карантин растений. – 2020. – № 6. – С. 30–36.
37. Щенникова, И. Н. Влияние сроков сева ячменя на урожайность, качество семян и фитосанитарное состояние посевов / И. Н. Щенникова, Т. К. Шешегова, Ю. Е. Ведерников // Защита и карантин растений. – 2018. – № 10. – С. 17–19.
38. Abede, W. Barley net blotch disease management: A review [Electronic resource] / W. Abede // International J. of environmental & agriculture research. – 2021. – Vol. 7, iss. 9. – Mode of access: https://ijoe-ar.com/assets/articles_menuscripts/file/IJOEAR-SEP-2021-20.pdf. – Date of access: 01.06.2023.
39. Baig, M. N. The Economic, Agronomic and Environmental Impact of No-Till on the Canadian Prairies [Electronic resource] / M. N. Baig, P. M. Gamache. – Edmonton, AB, Canada, 2009. – 134 p. – Mode of access: <https://archive.iwlearn.net/nutrients/whats-new/>

the-economic-agronomic-and-environmental-impact-of-no-till-on-the-canadian-prairies.pdf. – Date of access: 05.04.2024.

40. Brien, O. E. Biological control of *pyrenophora teres* [Electronic resource] / O. E. Brien // Atlantic Technological University. – Mode of access: <https://research.thea.ie/handle/20.500.12065/1201>. – Date of access: 01.06.2023.

41. Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach [Electronic resource] / D. R. Walters [et al.] // European J. of Plant Pathology. – 2012. – Vol. 133 (1). – Mode of access: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-012-9948-x>. – Date of access: 05.04.2024.

42. Dhakal, R. Isolation, protocol optimization and screening of genotypes against net blotch and scald of barley in controlled condition [Electronic resource] / R. Dhakal // SLU university library. – Mode of access: <https://stud.epsilon.slu.se/17798/>. – Date of access: 01.06.2023.

43. Effect of crop residue, nitrogen rate and fungicide application on malting barley productivity, quality, and foliar disease severity [Electronic resource] / T. K. Turkington [et al.] // Canadian J. of Plant Science. – 2012. – Vol. 92 (3). – Mode of access: <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjps2011-216>. – Date of access: 05.04.2024.

44. Effectiveness of fungicides with different modes of action against net blotch disease of two-rowed spring barley / L. A. Suciú [et al.] // Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine. – 2021. – Vol. 78, № 2. – P. 47–58.

45. Evolution of three *Pyrenophora teres* cereal pathogens: Recent divergence, speciation and evolution of non-coding DNA [Electronic resource] / S. R. Ellwood [et al.] // Fungal Genetics and Biology. – 2012. – Vol. 49 (10). – Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1087184512001363?via%3Dihub>. – Date of access: 05.04.2024.

46. Fowler, R. A. Occurrence and genetic and pathogenic characterisation of *Pyrenophora teres* f. *teres*, *P. teres* f. *maculata* and their hybrids [Electronic resource] / R. A. Fowler // The University of Queensland's institutional repository. – Mode of access: <https://research.usq.edu.au/item/q4x25/occurrence-and-genetic-and-pathogenic-characterisation-of-pyrenophora-teres-f-teres-p-teres-f-maculata-and-their-hybrids>. – Date of access: 01.06.2023.

47. House, G. L. Ecology of low-input, no-tillage agroecosystems [Electronic resource] / G. L. House, G. E. Brust // Agriculture, ecosystems & environment. – 1989. – Vol. 27, iss. 1. – Mode of access: [https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1989AgEE...27..331H/doi:10.1016/0167-8809\(89\)90096-0](https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1989AgEE...27..331H/doi:10.1016/0167-8809(89)90096-0). – Date of access: 05.04.2024.

48. Impact of crop management on leaf diseases in Alberta barley fields, 1995–1997 [Electronic resource] / T. K. Turkington [et al.] // Canadian J. of Plant Pathology. – 2006. – Vol. 28, iss. 3. – Mode of access: <https://doi.org/10.1080/07060660609507318>. – Date of access: 05.04.2024.

49. Jebbouj, R. Barley yield losses due to defoliation of upper three leaves either healthy of infected at boot stage by *Pyrenophora teres* f. *teres* [Electronic resource] / R. Jebbouj, B. E. Yousfi // European J. of Plant Pathology. – 2009. – Vol. 125. – Mode of access: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-009-9483-6>. – Date of access: 05.04.2024.

50. Jordan, V. W. L. Aetiology of barley net blotch caused by *Pyrenophora teres* and some effects on yield / V. W. L. Jordan // Plant pathology. – 1981. – Vol. 30, iss. 2. – P. 77–87.

51. Lightfoot, D. J. Growth of *Pyrenophora teres* in planta during barley net blotch disease [Electronic resource] // D. J. Lightfoot, A. J. Able // Australian plant pathology. – 2010. – Vol. 39. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.1071/AP10121>. – Date of access: 05.04.2024.

52. Louw, J. P. J. Relative importance of the barley net blotch pathogens *Pyrenophora teres* f. *teres* (net-type) and *P. teres* f. *maculata* (spot-type) in South Africa [Electronic resource] / J. P. J. Louw, P. W. Crous, G. Holz // African plant protection. – 1996. – Vol. 2. – Mode of access: <https://pure.knaw.nl/ws/files/531944/14677.pdf>. – Date of access: 05.04.2024.

53. Marzani, Q. A. Fungicide resistance and efficacy for control of *pyrenophora teres* and *mycosphaerella graminicola* on barley and wheat [Electronic resource] / Q. A. Marzani // University of Nottingham. – Mode of access: <https://eprints.nottingham.ac.uk/12633/s>. – Date of access: 01.06.2023.

54. *Pyrenophora teres*: Taxonomy, morphology, interaction with barley, and Mode of control [Electronic resource] / A. Backes [et al.] // *Frontiers in plant science*. – 2021. – V. 12. – Mode of access: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.614951>. – Date of access: 05.04.2024.
55. Mclean, M.S. Epidemiology and control of spot form of net blotch (*Pyrenophora teres f. maculata*) of barley: a review [Electronic resource] / M. S. Mclean, B. J. Howlett, G. L. Hollaway // *Crop & Pasture Science*. – 2009. – Vol. 60, iss. 4. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.1071/CP08173>. – Date of access: 05.04.2024.
56. Net blotch (*Pyrenophora teres* Drechsler): An increasingly significant threat to barley production [Electronic resource] / A. Tomic [et al.] // *Plant protection science*. – 2024. – V. 60. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.17221/122/2023-PPS>. – Date of access: 05.04.2024.
57. Occurrence and frequency of spot form and net form of net blotch disease of barley in Algeria [Electronic resource] / H. I. Lammari [et al.] // *Journal of Plant Diseases and Protection*. – 2020. – Vol. 127, № 10. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.1007/s41348-019-00278-w>. – Date of access: 05.04.2024.
58. Petta, A. Net blotch of barley (*Hordeum vulgare*), caused by *Drechslera teres* and its effect on yield [Electronic resource] / A. Petta, M. Lavilla // *Agronomía Mesoamericana*. – 2023. – Vol. 34 (1). – Mode of access: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/50620/54075>. – Mode of access: 05.04.2024.
59. *Pyrenophora teres* and *Rhynchosporium secalis* infections in malt barley as influenced by genotype, spatial and temporal effects and nitrogen fertilization [Electronic resource] / P. Vahamidis [et al.] // *bioRxiv*. – 2019. – Mode of access: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/649475v1.full>. – Date of access: 05.04.2024.
60. *Pyrenophora teres*: profile of an increasingly damaging barley pathogen [Electronic resource] / Z. Liu [et al.] // *Molecular Plant Pathology*. – 2011. – Vol. 12, iss. 1. – Mode of access: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00649.x>. – Date of access: 05.04.2024.
61. Sharma, H. S. S. Assessment of the reaction of some spring barley cultivars to *Pyrenophora teres* using whole plants detached leaves and toxin bioassay [Electronic resource] / H. S. S. Sharma // *Plant Pathology*. – 1984. – Vol. 3, iss. 3. – Mode of access: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1984.tb01332.x>. – Mode of access: 05.04.2024.
62. Shipton, W. A. Net blotch of barley [Electronic resource] / W. A. Shipton // *J. of the Department of Agriculture*. – 1966. – Vol. 7, № 3. – Mode of access: https://library.dpird.wa.gov.au/journal_agriculture4/vol7/iss3/8?utm_source=library.dpird.wa.gov.au%2Fjournal_agriculture4%2Fvol7%2Fiss3%2F8&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages. – Mode of access: 05.04.2024.
63. Shipton, W. A. Net blotch of barley [Electronic resource] / W. A. Shipton, T. N. Khan, W. J. R. Boyd // *Review of plant pathology*. – 1973. – Vol. 52, № 5. – Mode of access: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20063049490>. – Mode of access: 05.04.2024.
64. Barley diseases and their management: An Indian perspective [Electronic resource] / O. P. Gangwar [et al.] // *Society for Advancement of Wheat and Barley Research*. – 2018. – Vol. 10. – P. 138–150.
65. Smedegard-Petersen, V. Isolation of two toxins produced by *Pyrenophora teres* and their significance in disease development of net-spot blotch of barley [Electronic resource] / V. Smedegard-Petersen // *Physiological Plant Pathology*. – 1977. – Vol. 10, iss. 3. – Mode of access: [https://doi.org/10.1016/0048-4059\(77\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0048-4059(77)90024-8). – Mode of access: 05.04.2024.
66. Fowler, R. A. Pathogenic variation of *Pyrenophora teres f. teres* on *Hordeum vulgare* in Australia and identification of genomic regions for resistance and susceptibility to net form net blotch [Electronic resource] / R. A. Fowler // *UQ eSpace*. – Mode of access: <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:9ced284>. – Date of access: 27.08.2023.
67. Van den Berg, C. G. J. Effects of temperature and leaf wetness period on conidium germination and infection of barley by *Pyrenophora teres* [Electronic resource] / C. G. J. Van den Berg, B. G. Rossnagel // *Canadian j. of plant pathology*. – 1990. – Vol. 12, iss. 3. – Mode of access: <https://doi.org/10.1080/07060669009500997>. – Date of access: 05.04.2024.

68. Van der Plank, J. E. Plant diseases: epidemics and control [Electronic resource] / J. E. Vanderplank // CABI Digital Libraryhttps. – Mode of access: www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19641101818. – Date of access: 05.04.2024.

69. Yield reduction in barley in relation to spot-type net blotch [Electronic resource] / K. W. Jayasena [et al.] // Australasian Plant Pathology. – 2007. – Vol. 36 (5). – Mode of access: <https://link.springer.com/article/10.1071/AP07046>. – Date of access: 05.04.2024.

E. I. Rozhko, N. A. Krupenko

RUE «Institute of Plant Protection», Priluki, Minsk region

NET BLOTCH OF SPRING BARLEY (*PYRENOPHORA TERES* DRECHSLER) (LITERATURE REVIEW)

Annotation. Net blotch (*Pyrenophora teres* Drechsler) is one of the dominant diseases on the leaf apparatus of spring barley. The article provides a review of literature data on the prevalence, harmfulness, biological and environmental characteristics of the pathogen.

Key words: net blotch, spring barley, prevalence, harmfulness, life cycle.