

в норме внесения 1,5–2,0 л/га при применении в фазе 3–5 листьев культуры. На основании проведенных исследований препарат включен в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь».

Литература

1. Алтухова, Т. В. Борьба с просом куриным в посевах кукурузы / Т. В. Алтухова, А. В. Костюк // Земледелие. – 2005. – № 6. – С. 32–33.
2. Быцкевич, Л. Ф. Порог вредоносности естественного набора сорняков в посевах овса / Л. Ф. Быцкевич // Вопросы агротехники, семеноводства и селекции полевых культур. – Жодино, 1982. – Вып. 2. – С. 161–164.
3. Крот, П. П. Борьба с сорняками на торфяных почвах / П. П. Крот. – Минск, 1982. – С. 4–11.
4. Мелеце, Л. П. Изучение видового состава и сезонной динамики сорняков на посевах зерновых в условиях Латвийской ССР / Л. П. Мелеце // Бюл. ВИЗР. – Л., 1983. – № 57. – С. 27–29.
5. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; Институт защиты растений; составители: С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская. – Несвиж: МОУП «Несвижская укрупненная типография им. С. Будного». – 2007. – 58 с.

6. Николаева, Н. Г. Токсичность почвы, ее генезис и способы преодоления / Н. Г. Николаева // Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты сельскохозяйственных культур от сорной растительности: материалы Всерос. науч.-произв. совещ. – Пушкино, 1995. – С. 15–18.
7. Симонович, Л. Г. Краткий определитель сорных растений Белоруссии / Л. Г. Симонович, В. А. Михайловская, Н. В. Козловская. – Минск: Наука и техника, 1969. – 232 с.
8. Спиридонов, Ю. Я. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве / Ю. Я. Спиридонов, Г. Е. Ларина, В. Г. Шестаков. – Голицино: РАСХН-ВНИИФ, 2004. – 243 с.
9. Спиридонов, Ю. Я. Особенности видового состава сорной растительности в современных агроценозах Российского Нечерноземья / Ю. Я. Спиридонов // Вестник защиты растений. – 2004. – № 2. – С. 15–24.
10. Сташкевич, А. В. Гербициды на страже урожая кукурузы / А. В. Сташкевич, С. В. Сорока, С. А. Колесник // Земледелие и защита растений. – 2017. – Приложение № 2. – С. 31–32.
11. Туликов, А. М. Конкурентоспособность культур и засоренность их посевов / А. М. Туликов // Земледелие. – 1985. – № 6. – С. 40–43.
12. Фисюнов, А. В. Справочник по борьбе с сорняками / А. В. Фисюнов. – М.: Колос, 1976. – 254 с.
13. Doll, J. D. Quackgrass. Alive and welle / J. D. Doll // Crops + Soil Mag. – 1986. – Vol. 38, № 10. – P. 13–14.
14. Radosevich, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds / S. R. Radosevich // Weed Technol. – 1987. – Vol. 1, № 3. – P. 190–198.

УДК 633.16«321»:632.48:631[527+524.86]

Соответствие лабораторного и полевого метода оценки коллекции ярового ячменя на устойчивость к сетчатой пятнистости

Ю. А. Суцкевич, соискатель, Ю. К. Шашко, кандидат с.-х. наук
 Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 08.01.2021 г.)

В статье представлены результаты изучения устойчивости коллекции ярового ячменя к сетчатой пятнистости (*Pyrenophora teres* Drechsler). Установлена прямая зависимость развития болезни от количества выпавших осадков и температуры воздуха. Коэффициент корреляции (*r*) между количеством выпавших осадков и развитием болезни в первой декаде июня составил 0,96–0,99 (прямая связь), а между температурой воздуха и развитием болезни – в пределах от –0,48 до –0,62 (обратная связь). Установлена достоверная прямая корреляционная связь между лабораторной (бензимидазольный метод) и полевой (инфекционный фон) оценкой. Коэффициент корреляции находился в пределах 0,59–0,88, что свидетельствует о высокой достоверности связи. Выделены источники устойчивости к сетчатой пятнистости ячменя: *Linus*, *Нутанс 3291*, *Челябинский 95*, *Мик 1*, *Беркут*, *Дзівосны*, сохраняющие признак устойчивости как на начальных этапах, так и на протяжении всего онтогенеза.

Введение

Одной из важнейших причин недобора урожая зерновых культур в условиях Беларуси являются болезни. В посевах ячменя ярового наиболее распространены и вредоносны пятнистости листьев, корневые гнили,

*The article presents the results of studying the resistance of the collection of spring barley to netted spotting (*Pyrenophora teres* Drechsler). A direct dependence of the development of the disease on the amount of precipitation and air temperature has been established. The correlation coefficient (*r*) between the amount of precipitation and the development of the disease was 0,96–0,99 (direct relationship), and between the air temperature and the development of the disease in the range –0,48 – –0,62 (feedback). A reliable direct correlation was established between laboratory (benzimidazole method) and field (infectious background) assessment. The correlation coefficient was in the range 0,59–0,88, which indicates a high reliability of the relationship. Sources of resistance to barley netting are identified: *Linus*, *Nutans 3291*, *Chelyabinskiy 95*, *Mik 1*, *Berkut*, *Dzivosny*, which retain the resistance trait both at the initial stages and throughout ontogenesis.*

болезни колоса. Среди заболеваний листового аппарата растений ячменя лидирующие позиции занимает сетчатая пятнистость (*Pyrenophora teres* Drechsler). При благоприятных погодных условиях наблюдается интенсивное развитие болезни, и потери зерна могут достигать

более 50 % [2, 4, 7]. Ранняя инокуляция ячменя приводит к поражению почти 90 % поверхности листьев и к уменьшению числа зерен в колосе на 1–6 % [6]. В условиях Беларуси сетчатая пятнистость в посевах ярового ячменя наблюдается повсеместно, а при отсутствии защитных мероприятий часто носит эпифитотийный характер. Целью нашей работы являлось создание инфекционных фонов и оценка коллекционного материала ярового ячменя на устойчивость к сетчатой пятнистости в полевых и лабораторных условиях. Необходимо было установить корреляционную связь полевого и лабораторного метода оценки устойчивости к патогену и выделить источники устойчивости ячменя к сетчатой пятнистости.

Материалы и методы исследований

Для проведения исследований лабораторным бензимидазольным методом растения каждого сорта ячменя выращивали в кюветах на вате, смоченной водой, в течение 8 суток. Для заражения использовали первый лист проростка, который разрезали на отрезки 4–5 см и раскладывали в кювету на фильтровальную бумагу, смоченную 0,004%-ным раствором бензимидазола.

Для инокуляции ячменя использовали культуру гриба 7–10-дневного возраста. Изоляты возбудителя выращивали на предварительно подобранной среде ЧЛМ (модифицированная среда Чапека) при постоянном освещении и температуре 25 °С [5]. За 2 суток перед инокуляцией чашки с грибом помещали в темное место с понижением температуры до 15 °С с целью усиления спороношения. Затем для приготовления суспензии культуру гриба с поверхности агара соскабливали микробиологической лопаткой и суспензировали в стерильной воде. Полученную суспензию фильтровали через один слой марли и разводили водой до концентрации $5-7 \times 10^3$ спор/мл [3]. Инокуляцию отрезков листьев ячменя проводили путем капельного нанесения суспензии гриба *Pyrenophora teres* f. *teres* с помощью микропипетки. Кювету помещали в затемненное место на 12–16 ч (при температуре 18–20 °С), а затем переносили под светоустановку с 12-часовым режимом освещения и температурой 21–26 °С. Учет типов реакций проводили на 5 сутки после инокуляции по шкале О. С. Афанасенко [1].

При создании искусственного инфекционного фона в полевых условиях через каждые 2 рядка испытуемых образцов ячменя высевали 1 рядок высоковосприимчивого сорта Тюрингия без разделения делянок дорожками. Для заражения растений применяли споровую суспензию из изолятов, собранных в предыдущий вегетационный сезон.

Инокуляцию проводили в фазе проростков (один – два листа) путем опрыскивания конидиальной суспензией *P. teres* с концентрацией $5-7 \times 10^4$ спор/мл [4], предварительно увлажнив листовую поверхность образцов ячменя водой при помощи ранцевого опрыскивателя. Концентрация споровой суспензии была выше, чем в суспензии, используемой в лабораторных условиях, что связано с большей площадью заражения. После инокуляции растения накрывали полиэтиленовой пленкой на 24 часа. Первый учет типов реакции растений проводили через 14 дней после заражения, второй – в фазе молочной спелости. При втором учете учитывали не только тип реакции, но и развитие болезни в %. Тип реакции в полевых условиях оценивали по той же шкале, что и в лабораторных условиях [1].

Для определения развития болезни на метровой делянке каждого образца произвольно отбирали 30 растений и каждое оценивали по шкале, которая включает следующие градации, балл: 0 – пораженность отсутствует; 1 – единичные пятна на нижних листьях; 2 – поражено более 50 % листовой поверхности нижних листьев и единичные пятна на листьях 2-го яруса; 3 – нижние листья отмирают, поражено более 50 % листовой поверхности листьев 2-го яруса и единичные пятна на верхних листьях; 4 – нижние листья отмирают, листовая поверхность листьев всех ярусов поражена более чем на 50 %.

Развитие болезни в процентах рассчитывали по общепринятой формуле:

$$R = \frac{\sum(a \times b)}{n \times 4} 100 \%, \text{ где}$$

- a* – количество больных растений;
- b* – соответствующий балл поражения;
- n* – количество растений в пробе;
- 4 – высший балл шкалы учета.

Результаты исследований и их обсуждение

Материалом для изучения устойчивости ячменя к возбудителю сетчатой пятнистости послужили 182 сорта-образца коллекции ВИР, а также отечественные сорта, предоставленные Национальным банком семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений.

Первоначальным изучением коллекционных образцов в лабораторных условиях выявлена большая дифференциация их по устойчивости. Из изучаемых образцов абсолютно устойчивых к болезни не выявлено, высокоустойчивых образцов – 17 (9 %), относительно устойчивых – 90 (50 %), восприимчивых – 51 (28 %) и высоковосприимчивых – 24 (13 %).

В полевых условиях на искусственном инфекционном фоне изучали те же 182 коллекционных сорта-образца.

Первый учет был проведен через 7–10 дней после инокуляции, второй – в фазе молочной спелости.

В результате полевой оценки в фазе кущения выявлено: высокоустойчивых образцов – 16 (9 %), относительно устойчивых – 114 (63 %), восприимчивых – 32 (17 %), высоковосприимчивых – 20 (11 %); в фазе молочной спелости – высокоустойчивых образцов – 6 (3 %), относительно устойчивых – 26 (14 %), восприимчивых – 111 (61 %), высоковосприимчивых – 39 (22 %).

Установлено, что существует прямая связь между результатами оценки в лабораторных и полевых условиях, коэффициент корреляции (*r*) за 2 года находился в пределах 0,59–0,88, что свидетельствует о высокой достоверности связи. При этом наиболее тесная связь между лабораторной и полевой оценками наблюдалась в фазе кущения (*r* = 0,72–0,88). Достоверные результаты взаимосвязи получены также по лабораторной и полевой оценке в фазе молочной спелости, а также между учетами по фазам развития растений в полевых условиях. Оценка в фазе молочной спелости, возможно, искажается наличием других болезней, а также физиологических пятнистостей, что объясняет более низкий коэффициент корреляции между показателями. Выявленная тесная связь между полевой оценкой в фазе кущения и фазе молочной спелости позволяет предположить, что, скорее всего, данный признак контролируется одними и теми же генами (таблица 1).

Полученные данные показывают, что первичный скрининг по устойчивости бензимидазольным методом может быть использован в селекционной работе, однако наиболее достоверным является оценка материала в полевых условиях. Поэтому лабораторный метод оценки должен применяться как предварительный, его можно проводить в зимний период. Это позволит выбраковать весь неустойчивый материал, сократив, таким образом, объем полевых исследований.

В результате лабораторной и полевой оценки выделено 6 сортов (Linus, Дина, Челябинский 95, Мик 1, Беркут, Дзівосны), которые проявили себя как высокоустойчивые и могут служить в качестве источников устойчивости к сетчатой пятнистости ячменя в селекционном процессе.

Необходимо отметить, что степень поражения растений сетчатой пятнистостью в полевых условиях находится в прямой зависимости от складывающихся погодных условий. Анализ зависимости развития сетчатой пятнистости ячменя от количества выпавших осадков и температуры воздуха показал, что между ними существует очень тесная связь. Коэффициент корреляции между количеством выпавших осадков в первой декаде июня и развитием болезни в зависимости от года составил 0,96–0,99, а между температурой воздуха и развитием болезни –0,53 (таблица 2).

Развитие сетчатой пятнистости на сорте-эталоны Тюрингия в зависимости от количества осадков, выпавших в 1–2 декаде июня, описывается уравнением линейной регрессии:

$$y = 0,1271x - 0,1961; R^2 = 0,97 \quad (1),$$

где x – количество осадков (в течение первой декады июня), а y – балл степени поражения.

Таким образом, при увеличении количества осадков на 10 мм развитие болезни увеличивается на 1,3 балла (рисунок). Подобная зависимость наблюдается и в среднем по всей коллекции:

$$y = 0,0689x - 0,0832; R^2 = 0,93 \quad (2).$$

При изучении влияния температуры воздуха на развитие болезни выявлена обратная зависимость: чем выше температура воздуха во второй декаде июня, тем ниже степень поражения сетчатой пятнистостью. Однако данная зависимость не так сильно выражена и свидетельствует о том, что ведущим фактором, определяющим развитие сетчатой пятнистости ячменя, является количество осадков в анализируемый период.

Признак устойчивости к сетчатой пятнистости не сколько различается в зависимости от фазы развития растений, условий проведения опытов и по годам исследований. Рассчитанный коэффициент вариации показывает, что признак устойчивости варьирует в пределах 0,16–0,32 (таблица 3).

Показатель снижается в фазе молочной спелости ячменя из-за повышения степени поражения отдельных образцов. Выше коэффициент вариации в начальных фазах развития как при лабораторной, так и полевой оценке. Показатель $C_v \geq 0,2$ свидетельствует о возможности более эффективного целенаправленного отбора растений по устойчивости к сетчатой пятнистости на

Таблица 1 – Корреляционный анализ результатов оценки устойчивости к *P. teres* коллекции ячменя в лаборатории и полевых условиях

Вариант	Коэффициент корреляции, r		
	лабораторная оценка	полевая оценка	
		кущение	молочная спелость
<i>2012 г.</i>			
Оценка лабораторная (бензимидазол)	1,00		
Оценка на инфекционном фоне (фаза кущения)	0,88**	1,00	
Оценка на инфекционном фоне (фаза молочной спелости)	0,72**	0,86**	1,00
<i>2013 г.</i>			
Оценка лабораторная (бензимидазол)	1,00		
Оценка на инфекционном фоне (фаза кущения)	0,72**	1,00	
Оценка на инфекционном фоне (фаза молочной спелости)	0,59**	0,78**	1,00

Примечание – **Статистически достоверный коэффициент корреляции при уровне значимости $P = 0,01$.

Таблица 2 – Влияние погодных условий на развитие сетчатой пятнистости ячменя (корреляционный анализ)

Показатель	Коэффициент корреляции, r			
	май, декада	июнь, декады		
		3	1	2
<i>Осадки, мм</i>				
Степень поражения коллекционных сортообразцов (среднее, балл)	0,29	0,96**	–0,25	0,49
Степень поражения сорта Тюрингия, балл	0,26	0,99**	–0,38	0,50
<i>Температура, °C</i>				
Степень поражения коллекционных сортообразцов (среднее, балл)	0,02	–0,53	–0,62	–0,43
Степень поражения сорта Тюрингия, балл	–0,11	–0,51	–0,48	–0,15

Примечание – **Статистически достоверный коэффициент корреляции при уровне значимости $P = 0,01$.

ранних этапах их развития. Отбор в более поздних фазах затруднен проявлением других видов пятнистостей листьев инфекционной и физиологической этиологии.

Заключение

1. Высокая корреляция ($r = 0,59-0,88$) междулевой оценкой (инфекционный фон) и лабораторной (бензимидазольный метод) дает возможность проводить первичный скрининг исходного материала ячменя в лабораторных условиях и при этом ускорить отбор устойчивых образцов.

2. Развитие сетчатой пятнистости в посевах ячменя находится в прямой зависимости от количества выпавших осадков и температуры воздуха. Коэффициент корреляции между количеством выпавших осадков в первой декаде июня и развитием болезни составил $0,96-0,99$ (прямая связь), а между температурой воздуха и развитием болезни в пределах от $-0,48$ до $-0,62$ (обратная связь).

3. Коэффициент вариации по признаку устойчивости сортообразцов к сетчатой пятнистости в фазе кущения находился в пределах $0,25-0,31$, что свидетельствует о предпочтительности целенаправленного отбора по устойчивости к сетчатой пятнистости на ранних этапах развития растений.

4. В качестве источников устойчивости к сетчатой пятнистости (*P. teres*) можно рекомендовать сорта ярового ячменя Linus, Нутанс 3291, Челябинский 95, Мик 1, Беркут, Дзівосны, сохраняющих признак устойчивости как на начальных этапах, так и на протяжении всего онтогенеза.

Литература

1. Афанасенко, О. С. Лабораторный метод оценки устойчивости сортообразцов ячменя к возбудителю сетчатого гельминтоспориоза / О. С. Афанасенко // С.-х. биология. – 1977. – Т. 12, № 2. – С. 297–299.

2. Никитина, Е. В. Диагностика грибных пятнистостей зерновых культур в интенсивном земледелии: метод. указания / Всесоюз. акад. с.-х. наук, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т защиты растений; подгот. Е. В. Никитиной, Н. Л. Полозовой. – Л., 1990. – 69 с.

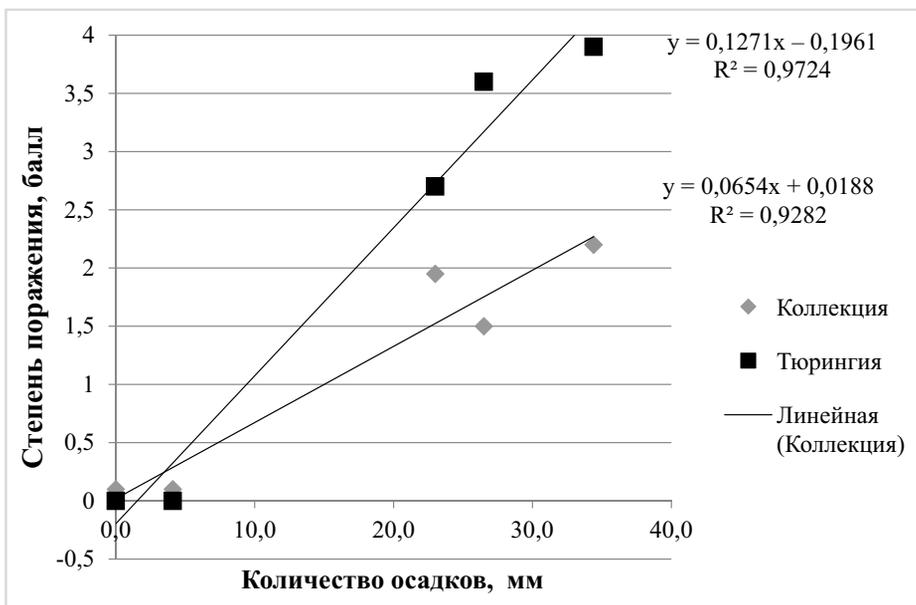
3. Радченко, Е. Е. Методы работы с чистыми культурами грибов / Е. Е. Радченко, И. Г. Одинцова // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства; [Е. Е. Радченко и др.]. – М., 2008. – С. 106–109.

4. Современная микология в России / Нац. акад. микологии Общерос. обществ. орг. – М., 2015. – Т. 4: Материалы III Международного микологического форума. – 366 с.

5. Сушевич, Ю. А. Изучение биологического разнообразия и особенностей культивирования возбудителя сетчатой пятнистости ячменя *Pyrenophora teres f. teres* Dreshler. в Республике Беларусь / Ю. А. Сушевич, Ю. К. Шашко // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 2. – С. 28–30.

6. Deimel, L. Grundlagen der Schadenswirkung der Netzfleckenkrankheit (Erreger: *Drechslera teres* (Sacc.) Shoemaker) an Gerste: Dissertation / L. Deime. – München, 1988. – 148 Bl.

7. Jayasena, K. W. Yield reduction in barley in relation to spot-type net blotch / K. W. Jayasena // Australasian Plant Pathology. – 2007. – Vol. 36, № 5. – P. 429–433.



Влияние осадков на развитие сетчатой пятнистости ячменя

Таблица 3 – Варьирование признака устойчивости ячменя к сетчатой пятнистости в зависимости от фазы развития растений и года исследования

Показатель	Лабораторная оценка	Полевая оценка	
		фаза кущения	фаза молочной спелости
2012 г.			
Степень поражения эталонного сорта Тюрингия, балл	3,9	3,9	3,9
Степень поражения сортообразцов коллекции (среднее по 182), балл	2,1	2,2	2,6
C_v (коэффициент вариации)	0,32	0,28	0,22
2013 г.			
Степень поражения эталонного сорта Тюрингия, балл	3,3	2,7	3,1
Степень поражения сортообразцов коллекции (среднее по 182), балл	2,1	1,5	2,3
C_v (коэффициент вариации)	0,26	0,25	0,16
Среднее, 2012–2013 гг.			
Степень поражения сортообразцов коллекции (среднее по 182), балл	2,1	1,7	2,4
C_v (коэффициент вариации)	0,28	0,31	0,19