

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 (бензимидазолный 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.

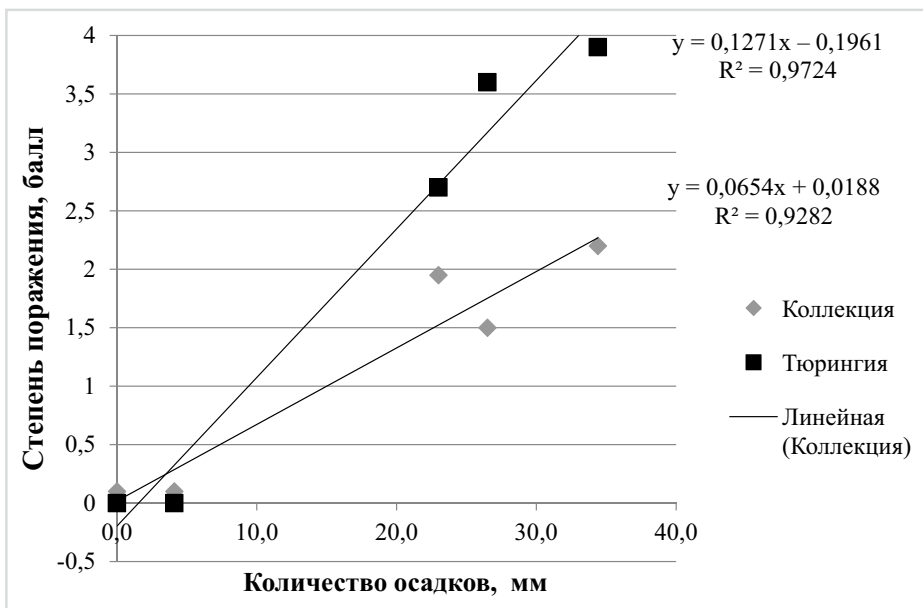
3. Радченко, Е. Е. Методы работы с чистыми культурами грибов / Е. Е. Радченко, И. Г. Одинцова // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства; [Е. Е. Радченко и др.]. – М., 2008. – 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
<b>2012 г.</b>			
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
<b>2013 г.</b>			
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
<b>Среднее, 2012–2013 гг.</b>			
Степень поражения сортообразцов коллекции (среднее по 182), балл	2,1	1,7	2,4
$C_v$ (коэффициент вариации)	0,28	0,31	0,19