

- М. В. Подорский, О. В. Мядель [и др.] // Молодежь в науке: тезисы докладов XVI Международной научной конференции молодых ученых, 14–17 октября 2019г., г. Минск / НАН Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2019. – С. 74–75.
6. Мядель, О. В. Лабораторный метод оценки агрессивности возбудителей корневых гнилей овса / О. В. Мядель // Стратегия,

приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси: мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2022. – С. 47–50.

УДК 633.13:631.527:631.524.86:632.48

Оценка образцов и сортов овса на устойчивость к красно-бурой пятнистости на инфекционном фоне

О.В. Мядель, научный сотрудник,
Ю.А. Дашкевич, научный сотрудник

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 29.11.2024)

В статье изложены результаты оценки коллекции овса и селекционных образцов по устойчивости к красно-бурой пятнистости на инфекционных фонах в полевых и лабораторных условиях. В 2020 г. и 2021 г. оценено 72 сортообразца различных видов овса – посевного, голозерного, византийского и песчаного. Установлена прямая связь между оценкой в лабораторных условиях бензимидазольным методом и полевой на инфекционном фоне, коэффициенты корреляции составили 0,83; 0,89 и 0,81. Выделено 27 устойчивых генотипов: Деснянский, Стригунок, Neiyen 2, Rollo, 76Q:225, Sunland, Никола, Fongueuse, Nigra, Fulghum k-4929, Kond 042, Местный k-4662, Местный k-4482, Местный k-5131, Q444, Cc7121, PI-51758, CJ9038, Kleiner Nackhafer, Местный k-5255, Дебют, Запавет, Шишлова 403-1, Fulgnum pedigree, Местный k-7710, Местный k-4681, Шишлова-ОвСтр73.

The article presents the results of the assessment of the oat collection and breeding samples for resistance to *helminthosporium leaf blotch* against infectious backgrounds under field and laboratory conditions. In 2020 and 2021 72 varieties of different types of oats – common, hulless, red and sand – were evaluated. A direct relation was established between the assessment under laboratory conditions using the benzimidazole method and the field one against the infectious background; the correlation coefficients were 0.83; 0.89 and 0.81. 27 resistant genotypes were identified: Desnyansky, Strigunok, Neiyen 2, Rollo, 76Q:225, Sunland, Nikola, Fongueuse, Nigra, Fulghum k-4929, Kond 042, Mestny k-4662, Mestny k-4482, Mestny k-5131, Q444, Cc7121, PI-51758, CJ9038, Kleiner Nackhafer, Mestny k-5255, Debiut, Zapavet, Shishlova 403-1, Fulgnum pedigree, Mestny k-7710, Mestny k-4681, ShishlovaOvStr73.

Введение

Овес является одной из основных зернофуражных культур во всем мире и занимает 5-е место по площади возделывания. Как и все зерновые культуры, овес подвержен различным заболеваниям. Широкому развитию и распространению грибных болезней зерновых культур способствует целый комплекс определенных факторов: несоблюдение правил севооборотов, перенасыщение их зерновыми культурами, минимальная обработка почвы, которая не справляется с заделкой растительных остатков и частые весенне-летние засухи.

Красно-бурая пятнистость (*Pyrenophora chaetomioides*) является одним из вредоносных заболеваний овса. Гриб способен поражать основные части растения от проростков до метелки, вызывая щуплость зерновки. При этом уменьшается масса зерна и, как следствие, снижается урожайность, а в отдельные эпифитотийные годы потери урожая достигают 50 %. Поражение на ранних этапах развития растений овса приводит к гибели проростков, а на выживших растениях возникают стерильные метелки [1]. Возделывание устойчивых к болезням сортов является самым простым и экономически выгодным методом

защиты растений. Изучение устойчивости растений к болезням является неотъемлемой частью селекционного процесса. Для оценки резистентности исходного и селекционного материала к возбудителю красно-бурой пятнистости используют инфекционные фоны, на которых определяется степень поражаемости образцов овса. Это позволяет выделить источники устойчивости, в дальнейшем провести гибридизацию и на начальных этапах селекции исключить восприимчивые генотипы [2].

Для создания качественного инфекционного фона необходимо сформировать набор восприимчивых и устойчивых стандартов, которые служат дифференциаторами восприимчивости и устойчивости. Главным фактором для получения достоверных результатов служит оптимальная инфекционная нагрузка. При низкой нагрузке может не состояться процесс заражения, а при высокой может наблюдаться взаимное подавление возбудителей, в результате чего поражение опять будет низким [3]. Обследование сортовых и видовых коллекций овса позволяет выделить и использовать в селекционном процессе новые источники устойчивости к возбудителям болезни для создания новых конкурентоспособных сортов.

Методическая часть

Исследования проводили в лаборатории иммунитета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в лабораторных и полевых условиях, а также в фитотронно-тепличном комплексе (ФТК). Материалом для изучения устойчивости к *P. chaetomioides* служила коллекция сортов образцов овса, которая была получена из Национального банка семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений. Коллекция включает сорта и образцы различного географического происхождения и состоит из разных видов овса: посевого *Avena sativa* L. – 36 образцов и 15 сортов белорусской селекции, визан-

тийского *Avena byzantine* C. Koch – 8, песчаного *Avena strigosa* – 13.

Погодные условия 2020 г. и 2021 г. характеризовались разнообразием среднесуточных температур воздуха и количеством выпавших атмосферных осадков.

Весенняя часть вегетационного периода (апрель-май) 2020 г. отличалась пониженной температурой воздуха со значительным дефицитом осадков (рисунки 1, 2). На протяжении июня среднесуточная температура воздуха была выше на 1,3–4,6 °С, во второй декаде выпало максимальное количество осадков – 353 % от среднееголетней нормы, что способствовало формированию благоприятных условий для развития листовых пятнистостей.

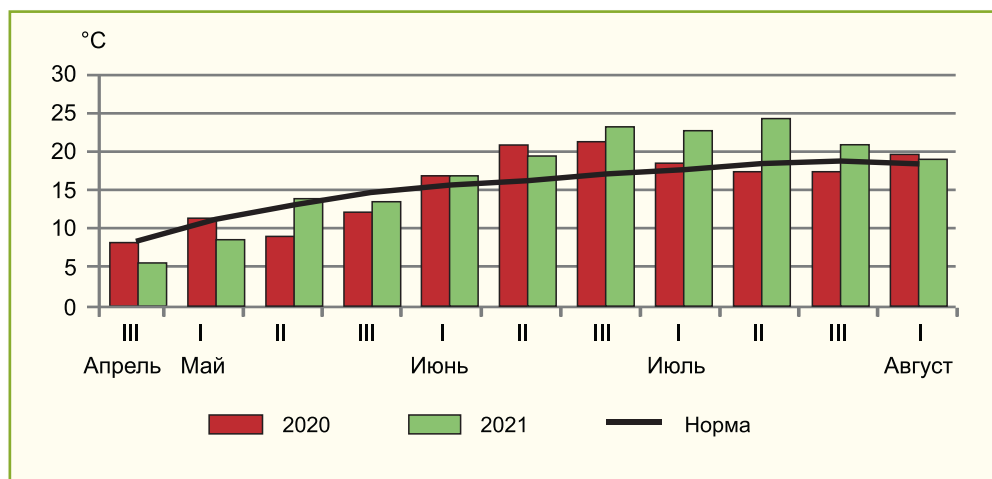


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха в 2020–2021 гг.

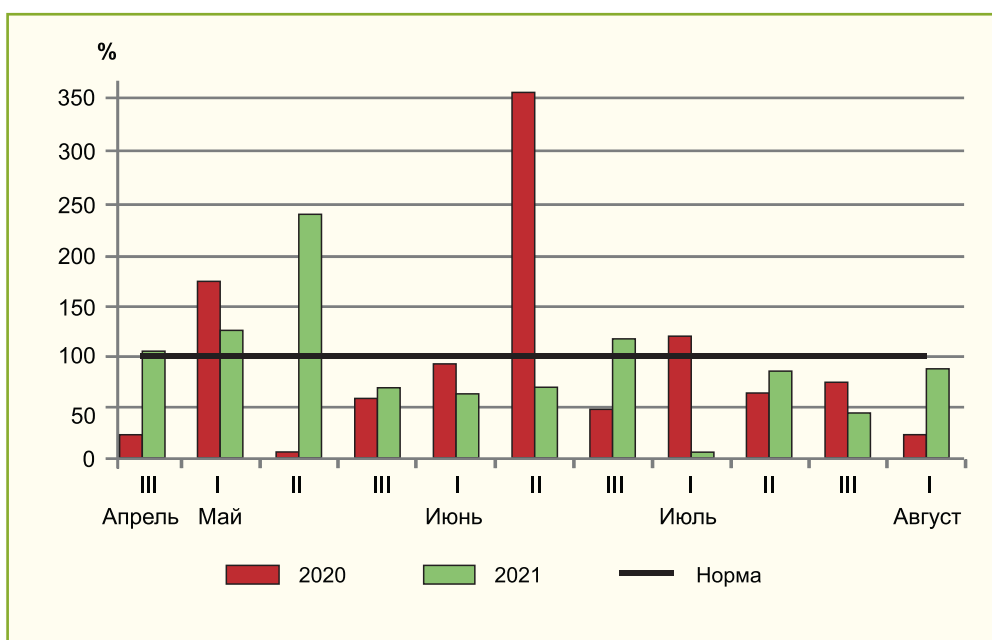


Рисунок 2 – Количество атмосферных осадков, % от нормы в 2020–2021 гг.

Первая и третья декады мая 2021 г. характеризовались пониженной температурой воздуха, ниже нормы на 2,8 и 1,2 °С. Количество атмосферных осадков было выше среднееголетнего уровня (на 23,5 %) только в первой декаде, далее отмечался

их недостаток. На протяжении июня отмечена повышенная температура воздуха, при этом в первых двух декадах сумма атмосферных осадков была ниже среднееголетнего уровня на 38,0 и 31,3 % соответственно. Вторая и третья декады июля было

теплее нормы на 5,9 и 2,2 °С, а количество атмосферных осадков ниже на 16,3 и 56,3 %. Сложившиеся погодные условия 2021 г. способствовали развитию болезней, отмечено максимальное развитие и распространение пятнистостей, которое носило эпифитотийный характер.

Оценка сортов и образцов на устойчивость к возбудителю красно-бурой пятнистости в лабораторных условиях проводилась бензимидазольным методом. Семена оцениваемых сортов и образцов высевали в сосуды в условиях фитотронно-тепличного комплекса и при достижении растениями фазы 2-х настоящих листьев срезали. Отрезки листьев помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную 0,004%-м раствором бензимидазола. Нижнюю часть срезанных листьев (срезы) укрывали ватными валиками, смоченными этим же раствором [4]. Использование бензимидазола обеспечивало поддержание метаболизма в отрезках листьев на протяжении 7 суток.

В каждой чашке размещался один образец по 10 отрезков листьев, взятых из отдельных растений одного образца. Инокуляция проводилась путем опрыскивания отрезков листьев водной суспензией патогена с титром не менее $3 \cdot 10^4$ спор/мл с добавлением детергента Твин 80 (0,0001 %). Для приготовления суспензии использовали десятидневную спорулирующую культуру патогена. Обработанные чашки помещали в термостат на сутки, затем переносили под светостановку. Тип реакции учитывали на 7-е сутки после инокуляции по шкале в баллах [5]:

- 1 – высокая устойчивость (точечные некрозы без хлороза);
- 2 – устойчивость (мелкие некротические пятна без или со слабым хлорозом);
- 3 – восприимчивость (некротические пятна крупные, сливающиеся);
- 4 – высокая восприимчивость (некроз или хлороз занимают весь отрезок) (рисунок 3).

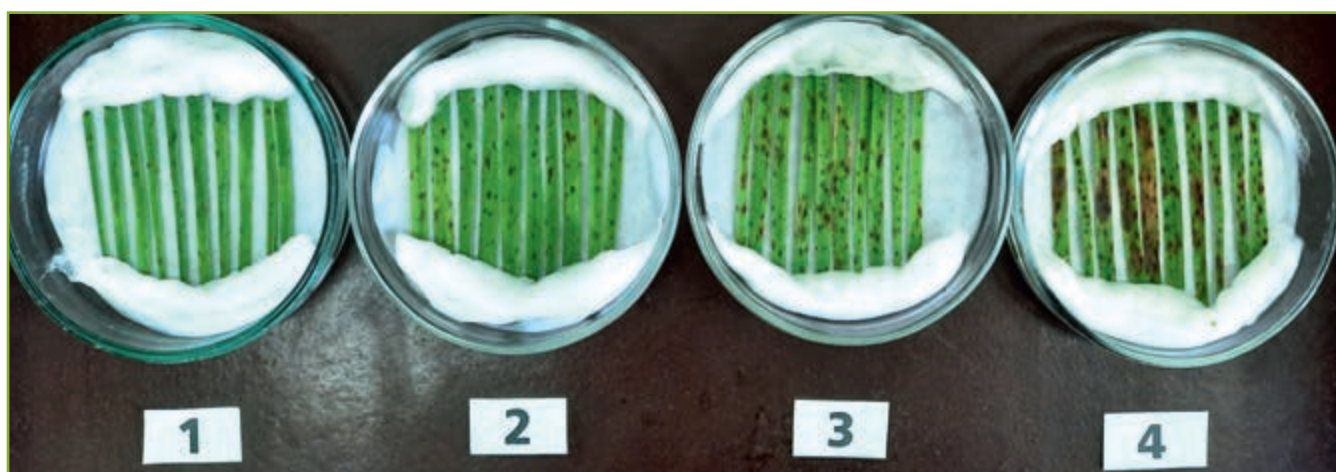


Рисунок 3 – Шкала оценки устойчивости овса к красно-бурой пятнистости бензимидазольным методом

В полевых условиях инокуляция возбудителем красно-бурой пятнистости проводилась путем опрыскивания спорным материалом в фазу начала кущения овса из расчета 100 мл готовой суспензии на 1 м². Посевы овса заражались вечером, под росу. Учет поражения возбудителем красно-бурой пятнистости проводился в динамике: период кущения, выметывания метелки и в фазу молочной спелости.

Тип реакции определялся по 5-бальной шкале [5]:

- 1 – иммунный (пятна отсутствуют);
- 2 – высокоустойчивый (пятна мелкие, без хлороза);
- 3 – среднеустойчивый (пятна мелкие, с хлорозом или без него);
- 4 – восприимчивый (типичные пятна с хлорозом или без него);
- 5 – высоковосприимчивый (пятнистость по всей поверхности).

Результаты исследований

Результаты лабораторной оценки сортов белорусской селекции показывают, что только два из 15 являются высокоустойчивыми к патогену, имеют второй балл устойчивости – Дебют и Запавет. Восприимчивыми сортами являются Стралец, Королек, Фатон, Фри-

стайл и Факс – четыре балла. В группе среднеустойчивых оказалась половина сортов из коллекции (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка сортов белорусской селекции к *Pyrenophora chaetomioides* в лабораторных условиях, 2021 г.

Сорт	Поражение, балл			
	повторность			общий
	1	2	3	
Асиллак	2	3	3	3
Дебют	2	2	2	2
Запавет	2	2	2	2
Золак	3	3	3	3
Королек (голозерный)	4	3	4	4
Крепыш (голозерный)	2	3	3	3
Лидия	3	3	3	3
Реверанс	2	3	3	3
Мирт	3	3	3	3
Полонез	3	3	3	3
Стралец	4	4	4	4
Факс	3	4	3	4
Фатон	4	4	4	4
Фристайл	3	4	4	4
Шанс	3	3	3	3

Оценка сортообразцов коллекции овса к красно-бурой пятнистости на инфекционном фоне в полевых условиях проводилась в динамике: фаза кущения (ДК 25,

на 7-е сутки после заражения), фаза выхода в трубку (ДК 39), в фазу формирования метелки (ДК 58) (рисунок 4).



ДК 25



ДК 39



ДК 58

Рисунок 4 – Поражение овса красно-бурой пятнистостью по фазам роста и развития растений

В результате проведения исследований установлено, что возбудитель красно-бурой пятнистости являлся высокоагрессивным патогеном, поражение растений

овса наблюдалось с фазы кущения и быстро набирало высокую интенсивность развития, часто максимальную в фазу выхода в трубку (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка сортов белорусской селекции к *Pyrenophora chaetomioides* на инфекционном фоне в полевых условиях

Сорт	Поражение, балл								
	2020 г.				2021 г.				Среднее за 2 года
	фаза развития овса			общий	фаза развития овса			общий	
	ДК 25	ДК 39	ДК 58		ДК 25	ДК 43	ДК 58		
Асилак	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Дебют	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Запавет	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Золак	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Королек, голозерный	2,5	3	3	3	4	4	4	4	4
Крепыш голозерный	2,5	3	3	3	3	3	3	3	3
Лидия	4	3	3	3	3	3	3	3	3
Реверанс	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Мирт	2	3	3,5	3	3	3	3	3	3
Полонез	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Стралец	2,5	4	4	4	4	5	5	5	5
Факс	3	3	3	3	4	3	3	3	3
Фатон	2	3	3,5	3	3	4	4	4	4
Фристайл	2	3	3	3	3	4	3	4	4
Шанс	2	3	3	3	3	3	3	3	3

Полевая оценка сортов практически полностью совпадала с лабораторной, однако имеются некоторые различия устойчивости по годам исследований. Сорта Дебют и Запавет подтвердили свою устойчивость к патогену (балл 2), а сорт Стралец свою восприимчивость. В 2021 г. в связи с благоприятными погодными условиями для развития болезни отмечалось сильное поражение растений овса красно-бурой пятнистостью.

По итоговой оценке за годы исследований был выделен один иммунный образец – Местный к-5255 (*Avena strigosa*), высоко- и среднеустойчивых – 27 и 35 соответственно – 37,5 и 48,6 %, преимущественно это виды *Avena byzantine* C. Koch и *Avena strigosa*. Восприимчивых – семь сортов 9,7 % (Скорпион, Goodyield, Neiyang 3, Belmont, Вятский голозерный, Королек, Borrus), высоко восприимчивых два сорта –

2,8 % (Tifton 6028 и Стралец), все сорта являются видом *Avena sativa* L (таблица 3; рисунок 5).

Интерес представляют сорта овса посевного пленчатого и голозерного, обладающие повышенной устойчивостью к пятнистости, которые можно непосредственно применять в селекционном процессе, а дикие формы пригодны для использования в гибридизации для межвидовых скрещиваний.

Таблица 3 – Поражение сортов и коллекционных образцов зарубежной селекции красно-бурой пятнистостью по комплексной оценке в полевых и лабораторных условиях

Сорт/образец	Происхождение	Оценка, балл		
		поле	лаборатория	общая
Деснянский	UKR	2,5	2	2,5
Стригунок	RUS	2	2	2
Neiyan 2	CHN	2	2	2
Rollo	GBR	2	2	2
76Q:225	AUS	2	2	2
Sunland	USA	2	2	2
Никола	KAZ	2	2	2
Fongueuse	FRA	2	2	2
Nigra	USA	2	2	2
Fulghum k-4929	USA	2	2	2
Kond 042	USA	2	2	2
Местный k-4662	TUR	2	2	2
Местный k-4482	GBR	2	2	2
Местный k-5131	ITA	2	1	2
QA44	CAN	2	2	2
Cc7121		2	2	2
PL-51758	POL	2	2	2
CJ9038	GBR	2	2	2
Kleiner Nackhafer	TUR	2	1	2
Fulghum pedigree	USA	2	2	2
Местный k-7710	TUR	2	2	2
Местный k-4681	TUR	2	2	2
Местный k-5255	PRT	1	1	1

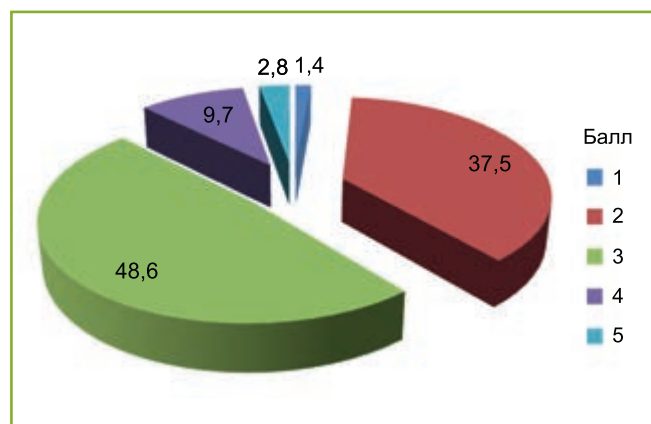


Рисунок 5 – Распределение коллекционных образцов овса по степени устойчивости к красно-бурой пятнистости, %

По результатам исследований 2020 г. и 2021 г. был проведен корреляционный анализ, который продемонстрировал тесную связь между проведенными оценками. Корреляционная связь между полевыми оценками 2020 г. и 2021 г. составила $r = 0,83$, между полевой 2020 г. и лабораторной – $r = 0,89$ и между полевой 2021 г. и лабораторной оценкой $r = 0,81$ (таблица 4). Высокая корреляционная связь между лабораторной и полевой оценкой говорит о достоверности проведенных исследований. Бензимидазольный метод не

уступает полевому и пригоден для оценки устойчивости образцов овса к красно-бурой пятнистости в осенне-зимний период, что дает возможность сократить время исследований.

Таблица 4 – Корреляционный анализ между лабораторными и полевыми экспериментами (среднее за 2020–2021 гг.)

Год	Полевая оценка (2021 г.)	Лабораторная оценка
2020	0,83	0,89
2021	1	0,81

Ежегодно на полевом инфекционном фоне проводилась оценка селекционного материала овса на устойчивость к листовым пятнистостям, что обеспечивало комплексное изучение растений. В основном это образцы конкурсного, предварительного сортоиспытания и контрольного питомников. В 2020 г. и 2021 г. растения оценивались по устойчивости к возбудителям, вызывающим красно-бурую пятнистость и септориоз (*Parastagonospora avenae*). Учет проводился по селекционной 9-бальной шкале [6], в которой сортообразец оценивался как:

9 – иммунный или высокоустойчивый (признаки поражения отсутствуют);

7 – устойчивый (поражение листовой поверхности до 10 %);

5 – умеренно устойчивый (поражение листовой поверхности 11–25 %);

3 – умеренно восприимчивый (поражение листовой поверхности до 50 %);

1 – восприимчивый (поражение листовой поверхности более 50 %).

За годы исследований на инфекционном фоне к пятнистостям был оценен 121 селекционный образец (таблица 5). Выделено умеренно устойчивых и восприимчивых 57 и 48 образцов соответственно, устойчивых – 6 или 5 %, а иммунных всего 1, что составило меньше процента от всех учтенных.

Таблица 5 – Оценка селекционных образцов овса на устойчивость к пятнистостям (2020–2021 гг.)

Год	Количество образцов	Красно-бурая пятнистость					Септориоз				
		Балл поражения, шт									
		9	7	5	3	1	9	7	5	3	1
2020	71	1	4	24	33	9	—	6	26	29	10
2021	50	—	2	33	15	—	—	—	15	30	5
Всего	121	1	6	57	48	9	—	6	41	59	15
	%	0.8	5.0	47.1	39.7	7.4	—	5.0	33.9	48.7	12.4

Выводы

Адаптирован бензимидазольный метод оценки устойчивости овса к красно-бурой пятнистости. Установлена прямая связь между оценкой сортов и образцов овса в лабораторных условиях бензимидазольным методом и полевых условиях на инфекционном фоне, коэффициенты корреляции – 0,83; 0,89 и 0,81.

Выделены генотипы овса, устойчивые к красно-бурой пятнистости: Деснянский, Стригунок, Neiyun 2, Rollo, 76Q:225, Sunland, Никола, Fongueuse, Nigra, Fulghum k-4929, Kond 042, Местный k-4662, Местный k-4482, Местный k-5131, QA44, Cc7121, PI-51758, CJ9038, Kleiner Nackhafer, Местный k-5255, Дебют, Запавет, Шишлова 403-1, Fulgnum pedigree, Местный k-7710 Местный k-4681, ШишловаОвСтр73.

Литература

1. Баталова, Г.А. Формирование урожая и качества зерна овса / Г. А. Баталова // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 10-13.
2. Коновалов, Ю. Б. Селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям. – М.: Колос, 1999. – 136 с.
3. Гешеле, Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений / Э.Э. Гешеле. – М.: Колос, 1976. – 206 с.
4. Михайлова, Л. А. Применение отсеченных листьев в исследованиях устойчивости злаков к болезням / Л. А. Михайлова, О. С. Афанасенко // Микология и фитопатология. – 2005. – Т. 39, № 6. – С. 100–106.
5. Радченко, Е. Е. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам / Методическое пособие. – М: Россельхоз академия, 2008. – 417 с.
6. Унифицированный классификатор овса Avena L.spp. / И. С. Матыс, Ф. И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2012. – 39 с.

УДК 631.84:633.14

«Экстра»-азот почвы в питании растений (результаты исследований $C^{15}N$)

Н. Н. Цыбулько, доктор с.-х. наук, профессор

Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета

(Дата поступления статьи в редакцию 25.09.2024)

Азотные удобрения повышают потребление растениями почвенного азота по отношению к фосфорно-калийным фонам на 15–89 % в зависимости от их доз, форм и сроков внесения, гранулометрического состава почв, степени их гидроморфизма и эродированности. Абсолютные величины «экстра»-азота колеблются от 18 до 90 кг/га за вегетационный период. Они возрастают при увеличении доз азотных удобрений. Не установлено достоверного влияния однократного и дробного применения азотных удобрений на мобилизацию почвенного азота. Из форм азотных удобрений лучшим мобилизующим эффектом характеризуется КАС. Абсолютная величина «экстра»-азота на эродированных почвах ниже по сравнению с неэродированными почвами. Мобилизирующее действие азотных удобрений повышается с увеличением уровней фосфорного и калийного питания растений.

Nitrogen fertilizers increase the consumption of soil nitrogen by plants in relation to phosphorus-potassium backgrounds by 15–89 %, depending on their rates, forms and time of application, granulometric composition of soils, the degree of their hydromorphism and erosion. Absolute values of «extra»-nitrogen vary from 18 to 90 kg/ha during the vegetation period. They increase with increasing the rates of nitrogen fertilizers. No reliable effect of single and fractional application of nitrogen fertilizers on the mobilization of soil nitrogen is established. Out of the forms of nitrogen fertilizers UAN has the best mobilizing effect. The absolute value of «extra»-nitrogen on eroded soils is lower compared to non-eroded soils. The mobilizing effect of nitrogen fertilizers increases with increasing the levels of phosphorus and potassium nutrition of plants.