

Мониторинг развития болезней на сортах озимой пшеницы Центрального Нечерноземья. Научные и практические аспекты

* САНИН С.С.¹, САНДУХАДЗЕ Б.И.², МАМЕДОВ Р.З.³, КАРЛОВА Л.В.⁴, КОРНЕВА Л.Г.⁵, РУЛЕВА О.М.⁶

^{1, 4, 5, 6} ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» (ФГБНУ ВНИИФ), р. п. Большие Вяземы, Одинцовский р-н, Московская обл., Россия, 143050
^{2, 3} ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка») г. Москва, Россия, 121205

¹ e-mail: sanin@vniif.ru

² e-mail: sanduchadze@mail.ru

³ e-mail: mam-ramin@yandex.ru

⁴ e-mail: lkarlova@vniif.ru

⁵ e-mail: korneva.lubov@yandex.ru

⁶ e-mail: rulyova@vniif.ru

АННОТАЦИЯ

Разработана и более 20 лет эксплуатируется система мониторинга болезней озимой пшеницы в Центральной Нечерноземной зоне России. Изучен состав патогенных комплексов. Посевы пшеницы в регионе поражают более 20 болезней грибной, вирусной и бактериальной этиологии. Наибольшее распространение имеют корневые и прикорневые гнили фузариозной этиологии (*Fusarium* spp.), септориоз листьев (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous), бурая ржавчина (*Puccinia tritici* (Erikss.), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (D) Speer.), септориоз колоса (*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvlieg, Verkley & Crous). Они проявляются практически ежегодно. Несколько меньшее распространение имеют снежная плесень (*Microdochium nivale* (Fries) Samuels & I.C. Hallett), гельминтоспориозные корневые гнили (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.), пиренофороз листьев (*Pyrenophora tritici-repentis* (Drechs) Roberge ex), фузариоз (*Fusarium* spp.) и чернь колоса (*Alternaria* spp., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link). На мониторинговых тестовых участках (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка») по специально разработанной методике изучались особенности развития наиболее опасных листостебельных и колосовых инфекций на районированных в регионе сортах озимой пшеницы. Определялись частота проявления разных классов (уровней) развития болезней: эпифитотии, умеренное развитие, депрессии; рассчитывались числовые индексы классов развития – количество проявлений за 10 лет наблюдений. Сорта характеризовались разной «сопротивляемостью»

Monitoring the development of diseases on winter wheat varieties of the Central Non-Black Earth Region. Scientific and practical aspects.

* SERGEY S. SANIN¹, BAGRAT I. SANDUKHADZE², RAMIN Z. MAMEDOV³, LARISA V. KARLOVA⁴, LIUBOV G. KORNEVA⁵, OLGA M. RULEVA⁶

^{1, 4, 5, 6} All-Russian Research Institute of Phytopathology (FGBNU “VNIIF”), Bolshiye Vyazemy, Odintsovsky District, Moscow Oblast, Russia, 143050

^{2, 3} Federal Research Center “Nemchinovka” (FRC “Nemchinovka”) Moscow, Russia, 121205

¹ e-mail: sanin@vniif.ru

² e-mail: sanduchadze@mail.ru

³ e-mail: mam-ramin@yandex.ru

⁴ e-mail: lkarlova@vniif.ru

⁵ e-mail: korneva.lubov@yandex.ru

⁶ e-mail: rulyova@vniif.ru

ABSTRACT

A system for monitoring winter wheat diseases in the Central Non-Black Earth Zone of Russia has been developed and has been in operation for over 20 years. The composition of pathogenic complexes has been studied. Wheat crops in the region are affected by over 20 diseases of fungal, viral and bacterial etiology. The most widespread are root and basal rots of fusarium etiology (*Fusarium* spp.), septoria leaf spot (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous), brown rust of wheat (*Puccinia tritici* (Erikss.), powdery mildew of cereals (*Blumeria graminis* (D) Speer.), glume blotch of wheat (*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvlieg, Verkley & Crous). They occur almost every year. Somewhat less common are snow mould of cereals (*Microdochium nivale* (Fries) Samuels & I.C. Hallett), root rot of cereals (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.), tan spot of wheat (*Pyrenophora tritici-repentis* (Drechs) Roberge ex), *Fusarium* spp. and black mould of cereals (*Alternaria* spp., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link). On monitoring test plots (All-Russian Research Institute of Phytopathology, Federal Research Center “Nemchinovka”), using a specially developed methodology, the features of the development of the most dangerous leaf-stem and ear infections on winter wheat varieties zoned in the region were studied. The frequency of manifestation of different classes (levels) of disease development was determined: epiphytotic, moderate development,

эпифитотийному развитию болезней. У септориоза листьев эпифитотийный индекс варьировал от 2 (Немчиновская-85) до 10 (Инна), у бурой ржавчины – от 0 (Немчиновская-24 и др.) до 6 (Памяти Федина и др.), у септориоза колоса – от 0 (Московская-27 и др.) до 2 (Инна и др.). В связи с разной подверженностью того или иного сорта эпифитотийному развитию болезней необходима и разная интенсивность его защиты. С использованием разработанных математических моделей рассчитаны потери урожая зерна от болезней. Потери урожая в среднем по сортам составляли от 9,8 (Московская-82) до 17,2% (Памяти Федина); при варьировании в годы испытаний – от 2,0 до 29,0%. Составлены рейтинги сортов, районированных в Центральном Нечерноземье, по урожаю, пораженностью наиболее опасными болезнями и потерями урожая зерна. Наиболее высокую и стабильную урожайность в годы исследований показали сорта Московская-27, Немчиновская-57, Московская-82, Немчиновская-85, Немчиновская-24. Средний урожай этих сортов составлял от 67,3 до 75,3 ц/га; в отдельные годы он достигал 100 ц/га и более. Эти сорта характеризовались более низкой пораженностью болезнями и потерями урожая. Их возделывание в составе многосортных полигенных ценозов (мозаики сортов) позволит снижать риск эпифитотийного развития как эндемичных (местных), так и экзодемичных инфекций, привносимых из других регионов страны или из других стран.

Ключевые слова. Индекс развития болезни, эпифитотия, пораженность, устойчивость, рейтинг, толерантность.

ВВЕДЕНИЕ



Проблемы мониторинга окружающей среды и сам термин «мониторинг» впервые получили широкое мировое обсуждение в 1971 г. на Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде. Под мониторингом предлагалось понимать наблюдения за одним или

несколькими элементами окружающей природной среды во времени и в пространстве с определенными целями в соответствии с определенными программами. С этого времени мониторинг как система слежения за состоянием объектов среды получил широкое распространение и применение во многих сферах человеческой деятельности и, в частности, в сельскохозяйственной науке и сельскохозяйственном производстве.

Центральная Нечерноземная зона РФ с начала 70-х годов прошлого столетия стала входить в число ведущих производителей зерна озимой пшеницы в России. Этому способствовали успехи ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка»), где под руководством академика Б. И. Сандухадзе и заведующего лабораторией селекции озимой пшеницы Р. З. Мамедова создаются высокоурожайные сорта

depression; numerical indices of development classes were calculated – the number of manifestations over 10 years of observations. The varieties were characterized by different “resistance” to epiphytotic development of diseases. The epiphytotic index of leaf septoria varied from 2 (Nemchinovskaya-85) to 10 (Inna), of brown rust – from 0 (Nemchinovskaya-24, etc.) to 6 (Pamyati Fedin, etc.), of ear septoria – from 0 (Moskovskaya-27, etc.) to 2 (Inna, etc.). Different susceptibility of a particular variety to epiphytotic development of diseases requires different intensity of its protection. Using the developed mathematical models, grain yield losses due to diseases were calculated. Average yield losses by variety ranged from 9.8 (Moskovskaya-82) to 17.2% (Pamyati Fedin); with variations in the testing years – from 2.0 to 29.0%. Ratings of varieties zoned in the Central Non-Black Earth Region were compiled based on yield, incidence of the most dangerous diseases, and grain yield losses. The highest and most stable yields during the years of research were shown by the varieties Moskovskaya-27, Nemchinovskaya-57, Moskovskaya-82, Nemchinovskaya-85, Nemchinovskaya-24. The average yield of these varieties was from 67.3 to 75.3 c/ha; in some years it reached 100 c/ha and more. These varieties were characterized by lower disease incidence and yield losses. Their cultivation as part of multi-varietal polygenic cenoses (variety mosaics) will reduce the risk of epiphytotic development of both endemic (local) and exodemic infections brought from other regions of the country or from other countries.

Key words. Disease development index, epiphytoty, prevalence, resistance, rating, tolerance.

INTRODUCTION



The problems of environmental monitoring and the term “monitoring” itself were first widely discussed worldwide in 1971 at the UN Stockholm Environment Conference.

Monitoring was proposed to be understood as observations of one or more elements of the natural environment in time and space with specific goals in accordance with specific programs. Since then, monitoring as a system for tracking the state of environmental objects has become widespread and applied in many areas of human activity, and in particular in agricultural science and agricultural production.

Since the early 1970s, the Central Non-Black Earth Zone of the Russian Federation has become one of the leading producers of winter wheat grain in Russia. This was facilitated by the successes of the Federal Research Center “Nemchinovka”, where, under the leadership of Academician B. I. Sandukhadze and the head of the winter wheat selection laboratory R. Z. Mamedov, high-yielding varieties of an intensive type

интенсивного типа с высоким качеством зерна. Такие сорта, как Московская-39, Московская-40, Московская-56, Московская-82, Немчиновская-85 позволяют стабильно получать урожай 80–100 ц/га; потенциальная урожайность может составлять 140–150 ц/га (Сандухадзе, 2020). Реализовать такую высокую продуктивность зачастую мешает воздействие негативных факторов окружающей среды и в первую очередь развитие болезней, вредителей, сорных растений.

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (ФГБНУ ВНИИФ) многие годы сотрудничает с ФИЦ «Немчиновка» в проведении ряда исследований и, в частности, мониторинга пораженности сортов озимой пшеницы распространенными в регионе опасными заболеваниями. Необходимость многолетних постоянных наблюдений за пораженностью сортов объединяется, во-первых, тем, что в разные годы при разных погодных условиях болезни проявляются неодинаково и для объективной оценки требуются многократные наблюдения; во-вторых, в результате постоянно протекающих в природе формообразовательных процессов внутривидовые структуры популяции патогенов постоянно меняются, что отражается на состоянии биоценоза и пораженности сортов.

Цель исследований – оптимизация защиты озимой пшеницы от болезней в Центральной Нечерноземной зоне РФ на основе мониторинга пораженности возделываемых сортов.

Для ее достижения решались следующие задачи: изучение состава патогенных комплексов озимой пшеницы на разных этапах ее онтогенеза, определение наиболее опасных патогенов, частоты вспышек их массового развития (эпифитотий) и потерь урожая, сравнительное изучение пораженности возделываемых сортов болезнями и теряемого от них урожая, обоснование сортового состава агроценоза озимой пшеницы и технологий их использования, обеспечивающих длительную устойчивость к комплексу опасных патогенов в Центральном Нечерноземье.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Фитосанитарные мониторинговые исследования ФГБНУ ВНИИФ и ФИЦ «Немчиновка» проводили с 2001 г. Объектами исследований служили сорта озимой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка», которые составляют основу производственных посевов региона. Элементами мониторинга являлись интенсивность развития болезней, потери урожая зерна от болезней, частота вспышек массового развития (эпифитотий). Местом проведения работ являлись опытные поля отдела полевых испытаний ФГБНУ ВНИИФ (Московская обл., Одинцовский р-н, пос. Летний Отдых) и посевы конкурсного сортоиспытания ФИЦ «Немчиновка» (г. Москва, Новомосковский административный округ, д. Соколово). Почвы полей – дерново-подзолистые, суглинистые. Предшественниками служили чистый пар, озимая или яровая пшеница одного года возделывания. Обработка почвы – зяблевая вспашка на глубину 20–25 см и предпосевная культивация на глубину 5–8 см. Посев – в оптимальные для региона сроки – с 25 августа по 10 сентября. Норма высева

with high grain quality are being created. Such varieties as Moskovskaya-39, Moskovskaya-40, Moskovskaya-56, Moskovskaya-82, Nemchinovskaya-85 allow you to consistently get a yield of 80-100 c/ha; the potential yield can be 140-150 c/ha (Sandukhadze, 2020). The implementation of such high productivity is often hampered by the impact of negative environmental factors, primarily the development of diseases, pests, and weeds.

The All-Russian Research Institute of Phytopathology has been cooperating with the Federal Research Center “Nemchinovka” for many years in conducting studies, in particular monitoring the incidence of winter wheat varieties with dangerous diseases common in the region. The need for long-term continuous observations of the incidence of varieties is united, firstly, by the fact that in different years under different weather conditions, diseases manifest themselves differently and repeated observations are required for an objective assessment; secondly, as a result of the formative processes constantly occurring in nature, the intraspecific structures of the pathogen population are constantly changing, which affects the state of the biocenosis and the incidence of varieties.

The aim of the research is to optimize the protection of winter wheat from diseases in the Central Non-Black Earth Zone of the Russian Federation based on monitoring the incidence of cultivated varieties.

To achieve this, the following tasks were solved: studying the composition of pathogenic complexes of winter wheat at different stages of its ontogenesis, determining the most dangerous pathogens, the frequency of their outbreaks (epiphytoticities) and crop losses, comparative study of the incidence of cultivated varieties by diseases and the crop lost from them, substantiation of the varietal composition of the agroecocenosis of winter wheat and technologies for their use, ensuring long-term resistance to a complex of dangerous pathogens in the Central Non-Black Earth Region.

MATERIALS AND METHODS

Phytopathological monitoring studies of the All-Russian Research Institute of Phytopathology and the Federal Research Center “Nemchinovka” have been conducted since 2001. The objects of the studies were winter wheat varieties bred by the Federal Research Center “Nemchinovka”, which form the basis of industrial crops in the region. The monitoring elements were the intensity of disease development, grain yield losses from diseases, and the frequency of outbreaks (epiphytoticities). The work was carried out on the experimental fields of the Field Testing Department of the All-Russian Research Institute of Phytopathology and Phytochemistry (Moscow Oblast, Odintsovo District, Letniy Otdykh settlement) and the crops of competitive variety testing of the Federal Research Center “Nemchinovka” (Moscow, Novomoskovsky Administrative District, Sokolovo village). The field soils are sod-podzolic and loamy. The predecessors were bare fallow, winter or spring wheat of one year of cultivation. Soil cultivation – autumn plowing to a depth of 20–25 cm and pre-sowing

семян – 5 млн/га; нормы внесения минеральных удобрений – $N_{48}P_{48}K_{48}$ под предпосевную культивацию и подкормка аммиачной селитрой в фазу кущения (ф. 29–31) из расчета 34,4 кг д. в. / га. Протравливание семян и опрыскивание посевов фунгицидами не проводили. Инфекционный фон болезней – естественный.

Сорта выращивали на делянках 10 м², повторность опыта – четырехкратная.

В фазу молочной спелости зерна (ф. 75) учитывали интенсивность поражения сортов листостебельными инфекциями, а в фазу молочно-восковой спелости (ф. 80) – колосовыми. В эти фазы развитие болезней достигает, как правило, максимального уровня. Определение фаз развития растений проводили по шкале Цадокса-Еукарпия (Zadoks J.C et al., 1974).

При учете болезней на каждой делянке в 4 точках осматривали по 20 растений (80 растений каждого сорта). Интенсивность развития листовых инфекций оценивали по средней пораженности 3 листьев верхнего яруса – флагового (F-1), подфлагового (F-2) и третьего сверху (F-3). Развитие стеблевых и колосовых инфекций определяли по средней пораженности соответственно стеблей и колоса. Интенсивность развития болезней (интенсивность поражения) оценивали по проценту площади поверхности того или иного органа растения, на котором отмечены признаки заболевания. Для этого применяли используемые в международной практике методы и шкалы (Санин и др., 2010).

В фазу полного созревания (ф. 91–92) проводили уборку урожая отдельно по каждой опытной делянке с помощью малогабаритных комбайнов.

Для определения потерь урожая от болезней применяли разработанные во ВНИИ фитопатологии математические модели, характеризующие зависимость величины теряемого урожая от интенсивности развития того или иного заболевания (Санин и др., 2018).

На основании данных о пораженности растений и потерь урожая проводили классификацию уровней развития болезней при той или иной складывающейся фитосанитарной ситуации.

Развитие болезней на той или иной агротерритории в практике защиты растений чаще всего классифицируется на три уровня: эпифитотия (эпидемия), умеренное развитие, депрессия. Каждый из этих классов, в зависимости от поражаемой культуры, болезни, назначения исследований, имеет свои определенные характеристические показатели. В табл. 1 представлена разработанная нами классификация уровней развития болезней озимой и яровой пшеницы.

Классификация разработана на основе многолетних экспериментов по оценке экономической эффективности средств и методов защиты пшеницы от болезней. Основу этой оценки составляет такой показатель, как зерновой эквивалент защиты, представляющий собой количество урожая (кг, ц, т/га), который следует сохранить, чтобы окупить затраты на его защиту (Буга, 2013; Санин и др., 2022).

Зерновые эквиваленты (как и определенные на их основе классы уровней развития болезней)

cultivation to a depth of 5–8 cm. Sowing – at the optimal time for the region – from August 25 to September 10. Seed seeding rate – 5 million/ha; mineral fertilizer application rates – $N_{48}P_{48}K_{48}$ for pre-sowing cultivation and ammonium nitrate fertilization in the tillering phase (form. 29–31) at the rate of 34.4 kg active ingredient/ha. Seed treatment and crop spraying with fungicides were not carried out. Infectious disease background – natural.

The varieties were grown on plots of 10 m², the experiment was repeated four times.

In the milky ripeness phase of grain (f. 75), the intensity of damage to varieties by leaf-stem infections was taken into account, and in the milky-wax ripeness phase (f. 80), by ear infections. In these phases, the development of diseases usually reaches its maximum level. The phases of plant development were determined according to the Zadoks growth scale (Zadoks J.C et al., 1974).

When recording diseases, 20 plants (80 plants of each variety) were examined in each plot at 4 points. The intensity of leaf infection development was assessed by the average damage of 3 leaves of the upper tier – flag (F-1), subflag (F-2) and the third from the top (F-3). The development of stem and ear infections was determined by the average damage of stems and ears, respectively. The intensity of disease development (damage intensity) was assessed by the percentage of the surface area of a particular plant organ on which signs of the disease were noted. For this purpose, methods and scales used in international practice were used (Sanin et al., 2010).

In the full ripening phase (f. 91–92), harvesting was carried out separately for each experimental plot using small-sized combines.

To determine crop losses due to diseases, mathematical models developed at the All-Russian Research Institute of Phytopathology were used, characterizing the dependence of the amount of lost crop on the intensity of development of a particular disease (Sanin et al., 2018).

Based on data on plant damage and crop losses, a classification of disease development levels was carried out for a given phytosanitary situation.

The development of diseases in a particular agricultural territory in plant protection practice is most often classified into three levels: epiphytoty (epidemic), moderate development, depression. Each of these classes, depending on the affected crop, disease, and purpose of the research, has its own specific characteristic indicators. Table 1 presents our classification of the levels of development of diseases of winter and spring wheat.

The classification was developed on the basis of many years of experiments to assess the economic efficiency of means and methods of protecting wheat from diseases. The basis of this assessment is such an indicator as the grain equivalent of protection, which is the amount of crop (kg, c, t/ha) that should be preserved in order to recoup the costs of its protection (Buga, 2013; Sanin et al., 2022).

Табл. 1. Классификация уровней развития болезней озимой и яровой пшеницы по степени поражения растений (%) и потерям урожая зерна (%)

Table 1. Classification of the levels of development of diseases of winter and spring wheat by the degree of damage to plants (%) and grain yield losses (%)

Класс уровня развития болезни Disease development level class	Урожайность, ц/га Productivity, c/ha					
	21–40		41–60		61–80	
	Степень поражения растений, % Plants damage degree, %	Потери урожая, % Crop losses, %	Степень поражения растений, % Plants damage degree, %	Потери урожая, % Crop losses, %	Степень поражения растений, % Plants damage degree, %	Потери урожая, % Crop losses, %
Эпифитотия (эпидемия)* Epiphytoty (epidemic)*	> 40	> 20	> 30	> 10	> 20	> 5
Умеренное развитие Moderate development	20–40	10–20	10–30	5–10	5–20	3–5
Депрессия Depression	< 20	< 10	< 10	< 5	< 5	< 3

* Принят за рубежом * Accepted abroad

зависят от урожая, его качества, ценовых показателей урожая, затрат на защиту и др.

С позиции фитосанитарии под эпифитотией (эпидемией) следует понимать массовое развитие болезней растений на той или иной территории, приводящее к снижению урожая или/и его качества, когда требуется проведение защитных мероприятий и они являются экономически оправданными.

На основе данных многолетнего мониторинга пораженности рассчитывали числовые индексы уровней (классов) развития болезней. Индексы представляют собой количество лет из каждых 10 с тем или иным классом пораженности (эпифитотия, умеренное развитие, депрессия).

Индекс развития определяется по формуле:

$$I_R = \frac{R \cdot 10}{n},$$

где I_R – индекс развития;

R – количество лет того или иного класса пораженности за годы наблюдений;

n – количество лет наблюдений.

Индекс развития болезни является важным показателем, характеризующим фитосанитарную ситуацию, складывающуюся в том или ином регионе, и фитосанитарные особенности возделываемых сортов.

Результаты учетов пораженности, оценки урожая и потерь урожая подвергали статистической обработке. Определяли средние значения показателей, варьирования или ошибки средних для заданного уровня вероятности, рассчитывали коэффициенты корреляции и другие статистические показатели (Доспехов, 2015).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе маршрутных обследований производственных посевов, ежегодно проводимых сотрудниками ФГБНУ ВНИИФ, установлено, что озимую пшеницу в Центральном Нечерноземье поражают более 20 болезней грибной, вирусной и бактериальной этиологии (см. табл. 2).

Наибольшее распространение в регионе имеют корневые и прикорневые гнили фузариозной

Grain equivalents (as well as classes of disease development levels determined on their basis) depend on the harvest, its quality, price indicators of the harvest, costs of protection, etc.

From the standpoint of phytosanitary, epiphytoty (epidemic) should be understood as the mass development of plant diseases in a particular territory, leading to a decrease in the yield and/or its quality, when protective measures are required and they are economically justified.

Based on the data of long-term monitoring of infestation, numerical indices of the levels (classes) of disease development were calculated. The indices represent the number of years out of every 10 with a particular class of infestation (epiphytoty, moderate development, depression).

The development index is determined by the formula:

$$I_R = \frac{R \cdot 10}{n},$$

where I_R – development index;

R – the number of years of a particular class of infestation over the years of observation;

n – observation years number.

The disease development index is an important indicator characterizing the phytosanitary situation in a particular region and the phytosanitary characteristics of cultivated varieties.

The results of the infestation counts, yield assessments and yield losses were subjected to statistical processing. The average values of the indicators, variations or errors of the averages for a given level of probability were determined, correlation coefficients and other statistical indicators were calculated (Dospikhov, 2015).

RESULTS AND DISCUSSION

During route surveys of production crops, annually conducted by specialists of the FGBNU "VNIIF", it was

Табл. 2. Болезни озимой пшеницы Центрального района Нечерноземной зоны России (2001–2024)
Table 2. Winter wheat diseases of in the Central region of the Non-Black Earth zone of Russia (2001–2024)

Название Name	Возбудители Agent		Распро- странение* Distribution*
БОЛЕЗНИ ВСХОДОВ НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА DISEASES OF SEEDLINGS AT EARLY STAGES OF ONTOGENESIS			
Фузариозная корневая гниль	Fusarium root rot	<i>Fusarium</i> spp.	***
Гельминтоспориозная корневая гниль	Root rot of cereals	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.)	*
Офиоболезная корневая гниль	Crown sheath rot of rice	<i>Ophiobolus graminis</i> (Sacc.)	*
Церкоспоррелезная прикорневая гниль	Eyespot of cereals	<i>Oculimacula yallundae</i> (Walker & Spooner) Crous & Bams	*
Ризоктониозная прикорневая гниль	Sharp eye-spot of cereals	Rhizoctonia cerealis van der Hoeven	*
Фузариозная прикорневая гниль	Fusarium root rot	<i>Fusarium</i> spp.	***
БОЛЕЗНИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ (ЛИСТЬЯ, СТЕБЛИ) DISEASES OF VEGETATIVE ORGANS (LEAVES, STEMS)			
Снежная плесень	Snow mould of cereals	<i>Microdochium nivale</i> (Fries) Samuels & I.C. Hallett	**
Септориоз листьев	Septoria leaf spot	<i>Zymoseptoria tritici</i> (Desm.) Quaedylieg & Crous	***
Пиренофороз листьев	Tan spot of wheat	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (Drechs) Roberge ex	*
Бурая ржавчина	Brown rust of wheat	<i>Puccinia triticina</i> (Erikss.)	***
Желтая ржавчина	Yellow rust of wheat	<i>Puccinia striiformis</i> (West).	*
Стеблевая ржавчина	Black stem rust of cereals	<i>Puccinia graminis</i> (Pers.)	*
Мучнистая роса	Powdery mildew of cereals	<i>Blumeria graminis</i> (D) Speer.	***
БОЛЕЗНИ КОЛОСА EAR DISEASES			
Септориоз колоса	Glume blotch of wheat	<i>Parastagonospora nodorum</i> (Berk.) Quaedvlieg, Verkley & Crous	***
Фузариоз колоса	Fusarium head blight	<i>Fusarium</i> spp.	**
Чернь колоса	Black mould of cereals	<i>Alternaria</i> spp., <i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link	**
Головня (твердая, пыльная)	Common bunt of wheat	<i>Tilletia tritici</i> , <i>Ustilago tritici</i> (Pers.) C.N. Jensen, Kellerm & Swingle	*
Желтая карликовость ячменя – ВЖКЯ	Barley yellow dwarf virus	<i>Barley yellow dwarf virus</i> (BYDV)	*
Штриховатая мозаика ячменя	Barley stripe mosaic virus	<i>Barley stripe mosaic virus</i> – BSMV	*
Базальный бактериоз	Basal glume rot of wheat	<i>Pseudomonas syringae</i> p v. <i>atro faciens</i> (Mc Culluch) Young, Dye & Wilkie	*
Черный бактериоз	Bacterial leaf streak of barley	<i>Xanthomonas campestris</i> p v. <i>translucens</i> (Jones, Jonson and Reddy) Dye	*
* На отдельных полях редко		* Rarely in seperate fields	
** Повсеместно в отдельные годы		** Everywhere in some years	
*** Повсеместно ежегодно		*** Everywhere annually	

этиологии (*Fusarium* spp.), септориоз листьев (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous), бурая ржавчина (*Puccinia triticina* (Erikss.), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (D) Speer.), септориоз колоса (*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvlieg, Verkley & Crous). Они отмечаются повсеместно практически ежегодно, принимая зачастую характер эпифитотий.

Несколько меньшее распространение и более слабое развитие имеют снежная плесень (*Microdochium nivale* (Fries) Samuels & I.C. Hallett), гельминтоспориозные корневые гнили (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.), пиренофороз листьев (*Pyrenophora tritici-repentis* (Drechs) Roberge ex), фузариоз (*Fusarium* spp.) и чернь колоса (*Alternaria* spp., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link).

Другие заболевания, отмеченные в таблице, встречаются эпизодически в отдельные годы на отдельных полях и не причиняют хозяйственно значимый урон урожаю.

Годы наблюдений существенно различались по погодным факторам, влияющим на развитие болезней. Неодинаковыми были условия как в осенне-зимний период, когда формируются потенциалы (запасы) инфекций, так и в весенне-летний, когда эти потенциалы реализовываются.

Годы различались температурой воздуха зимой, высотой снежного покрова, температурой и относительной влажностью воздуха в весенне-летние месяцы, количеством осадков, частотой выпадения осадков и другими факторами. Это, естественно, сказывалось на представленности болезней по годам и интенсивности их развития на возделываемых в регионе сортах.

В качестве подтверждения сказанному, на рис. 1 показаны данные мониторинга развития листостебельных и колосовых болезней озимой пшеницы на сорте Московская-39 за период с 2015 по 2024 г.

Сорт Московская-39 широко распространен в Нечерноземной зоне России, характеризуется

established that winter wheat in the Central Non-Black Earth Region is affected by more than 20 diseases of fungal, viral and bacterial etiology (see Table 2).

The most widespread diseases in the region are root and basal rots of fusarium etiology (*Fusarium* spp.), septoria leaf spot (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous), brown rust of wheat (*Puccinia triticina* (Erikss.), powdery mildew of cereals (*Blumeria graminis* (D) Speer.), glume blotch of wheat (*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvlieg, Verkley & Crous). They are observed everywhere almost every year, often taking the form of epiphytotes.

Less widespread and less developed are snow mould of cereals (*Microdochium nivale* (Fries) Samuels & I.C. Hallett), root rot of cereals (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.), tan spot of wheat (*Pyrenophora tritici-repentis* (Drechs) Roberge ex), *Fusarium* spp. and black mould of cereals (*Alternaria* spp., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link).

Other diseases noted in the table occur sporadically in individual years in individual fields and do not cause economically significant damage to the crop.

The years of observation differed significantly in weather factors influencing the development of diseases. The conditions were different both in the autumn-winter period, when the potential (reserves) of infections are formed, and in the spring-summer, when these potentials are realized.

The years differed in winter air temperature, snow depth, temperature and relative humidity in the spring and summer months, amount of precipitation, frequency of precipitation and other factors. This naturally affected the prevalence of diseases by year and the intensity of their development on the varieties cultivated in the region.

As confirmation of the above, Fig. 1 shows data on monitoring the development of leaf and ear diseases of winter wheat on the Moskovskaya-39 variety for the period from 2015 to 2024.

The Moskovskaya-39 variety is widely distributed in the Non-Black Earth Zone of Russia, characterized by high yield and high grain quality (protein 14–15%, gluten 30–35%). For many years it was the standard variety in competitive variety trials.

During the years of research on this variety, leaf septoria had the greatest development. It was observed annually, the incidence varied from 3.2 to 59.0%. Then, in order of decreasing intensity of development, followed: brown rust – from 0.5 to 41.0%, glume blotch – from 0.01 to 40.0%.

In some years, powdery mildew and fusarium head blight were observed, but the intensity of their development was insignificant.

The objective of this work did not include determining the

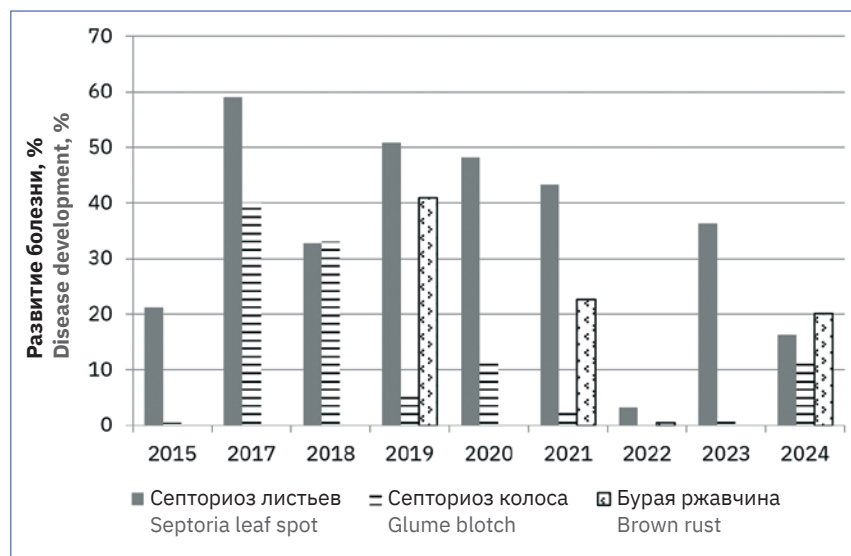


Рис. 1. Развитие листостебельных инфекций на озимой пшенице сорта Московская-39 (Московская область, ФИЦ «Немчиновка», 2015–2024 гг.)

Fig. 1. Development of leaf-stem infections on winter wheat variety Moskovskaya-39 (Moscow Oblast, Federal Research Center "Nemchinovka", 2015–2024)

высокой урожайностью и высоким качеством зерна (белок 14–15%, клейковина 30–35%). Многие годы он являлся сортом – стандартом при проведении конкурсных сортоиспытаний.

Наибольшее развитие в годы исследований на этом сорте имел септориоз листьев. Он наблюдался ежегодно, пораженность варьировала от 3,2 до 59,0%. Далее в порядке убывания интенсивности развития следовали: бурая ржавчина – от 0,5 до 41,0%, септориоз колоса – от 0,01 до 40,0%.

В отдельные годы отмечались мучнистая роса и фузариоз колоса, однако интенсивность их развития была незначительной.

В задачу настоящей работы не входило определение влияния погодных факторов на развитие

influence of weather factors on the development of diseases. This is the subject of independent studies that have been and are being conducted by many authors (Stepanov, 1962; Strizhekozin, 2005; Van der Plank, 1962; Filippov et al, 2018).

In the process of long-term phytosanitary monitoring, carried out according to a unified methodology, we sought to determine the frequency of mass development of certain dangerous diseases on winter wheat varieties cultivated in the Central Non-Black Earth Region of the Russian Federation. The solution to this problem is important for substantiating the phytosanitary position of the varietal structure of crops, the need and nature of protective measures.

Табл. 3. Индексы уровней развития листостебельных и колосовых инфекций на сортах озимой пшеницы, возделываемой в Центральном Нечерноземье (Московская область, ФИЦ «Немчиновка», 2015–2024 гг.)

Table 3. Indices of the levels of development of leaf-stem and ear infections on winter wheat varieties cultivated in the Central Non-Black Earth Region (Moscow Oblast, Federal Research Center “Nemchinovka”, 2015–2024)

Сорта Varieties	Септориоз листьев Septoria leaf spot			Бурая ржавчина Brown rust			Септориоз колоса Glume blotch			Мучнистая роса Powdery mildew			Фузариоз колоса Fusarium		
	Эпифитотия Epihytoty			Эпифитотия Epihytoty			Эпифитотия Epihytoty			Эпифитотия Epihytoty			Эпифитотия Epihytoty		
	Умеренное развитие Moderate development	Депрессия Depression		Умеренное развитие Moderate development	Депрессия Depression		Умеренное развитие Moderate development	Депрессия Depression		Умеренное развитие Moderate development	Депрессия Depression		Умеренное развитие Moderate development	Депрессия Depression	
Московская-27 Moskovskaya-27	6	4	0	0	2	8	0	0	10	0	0	10	0	0	10
Немчиновская-57 Nemchinovskaya-57	6	4	0	2	0	8	0	2	8	0	0	10	0	0	10
Московская-82 Moskovskaya-82	6	2	2	2	4	4	0	2	8	0	0	10	0	0	10
Немчиновская-85 Nemchinovskaya-85	2	8	0	2	2	6	0	2	8	0	0	10	0	0	10
Немчиновская-24 Nemchinovskaya-24	4	4	2	0	2	8	0	4	6	0	2	8	0	0	10
Московская-56 Moskovskaya-56	6	4	0	2	0	8	0	4	6	0	0	10	0	0	10
Немчиновская-17 Nemchinovskaya-17	6	2	2	0	0	10	0	2	8	0	0	10	0	0	10
Инна Inna	10	0	0	6	0	4	2	0	8	0	0	10	0	2	8
Московская-40 Moskovskaya-40	6	2	2	2	0	8	0	2	8	0	0	10	0	0	10
Московская-39 Moskovskaya-39	6	2	2	0	4	6	0	4	6	0	0	10	0	0	10
Памяти Федина Pamyati Fedina	6	2	2	6	0	4	2	4	4	0	0	10	0	0	10

Табл. 4. Степень поражения (%), потери урожая (%) и урожай (ц/га) сортов озимой пшеницы, районированных в Центральных районах Нечерноземной зоны (Московская область, ФГБНУ ВНИИФ, ФИЦ «Немчиновка», 2020–2024 гг.)

Table 4. The degree of damage (%), yield losses (%) and yield (c/ha) of winter wheat varieties zoned in the Central regions of the Non-Chernozem zone (Moscow Oblast, FGBNU “VNIIF”, FRC “Nemchinovka”, 2020–2024)

Сорт	Variety	Степень поражения, %* Damage level, %*				Потери урожая, % Yield losses, %	Урожай, ц/га Yield, c/ha
		Септориоз листьев Septoria leaf spot	Бурая ржавчина Brown rust	Септориоз колоса Glume blotch	Мучнистая роса Powdery mildew		
Московская-27	Moskovskaya-27						
Варьирование	Variation	11,4–45,3	0,0–7,7	0–5,4	0,0–3,0	4,8–20,0	55,1–88,1
Ср.	Avg.	29,2	2,4	2,3	0,6	11,9	75,3
Немчиновская-57	Nemchinovskaya-57						
Варьирование	Variation	14,4–40,6	0,0–59,3	0,0–15,0	0,0–2,5	4,8–19,0	48,3–102,2
Ср.	Avg.	27,8	13,6	5,2	0,5	12,2	70,2
Московская-82	Moskovskaya-82						
Варьирование	Variation	13,7–26,8	0,0–27,6	0,1–26,0	0,0–2,2	4,8–15,0	34,5–101,4
Ср.	Avg.	19,3	12,9	7,4	0,6	9,8	69,8
Немчиновская-85	Nemchinovskaya-85						
Варьирование	Variation	9,2–44,7	0,0–34,5	0,0–5,6	0,0–1,2	4,7–17,0	40,6–89,1
Ср.	Avg.	24,4	9,5	2,6	0,3	10,4	68,5
Немчиновская-24	Nemchinovskaya-24						
Варьирование	Variation	8,6–55,0	0,0–13,1	0,0–21,0	0,0–8,8	9,1–29,0	12,8–101,8
Ср.	Avg.	27,6	4,3	8,3	2,4	15,5	67,3
Московская-56	Moskovskaya-56						
Варьирование	Variation	10,5–55,4	0,0–46,7	0,0–14,3	0,0–3,0	5,6–25,0	50,1–98,1
Ср.	Avg.	28,3	11,1	5,5	0,6	12,2	64,2
Немчиновская-17	Nemchinovskaya-17						
Варьирование	Variation	16,7–58,2	0,0–0,7	0–14,0	0,0–1,6	9,0–25,0	26,7–94,5
Ср.	Avg.	30,5	0,1	5,7	0,4	13,4	64,1
Инна	Inna						
Варьирование	Variation	25,2–33,3	3,3–68,3	0,0–4,3	0	11,5–21,4	56,6–73,9
Ср.	Avg.	29,0	39,7	1,9	0	15,6	63,9
Московская-40	Moskovskaya-40						
Варьирование	Variation	4,5–52,0	0,0–41,0	0,1–13,0	0,0–2,0	1,9–22,0	47,4–85,3
Ср.	Avg.	26,5	9,8	4,7	0,4	10,8	63,5
Московская-39	Moskovskaya-39						
Варьирование	Variation	3,2–48,3	0,0–22,7	0,0–12,0	0,0–3,5	2,0–22,0	45,6–89,1
Ср.	Avg.	29,5	8,7	3,0	0,7	12,9	61,8
Памяти Федина	Pamyati Fedina						
Варьирование	Variation	28,0–46,3	53,7–70,1	1,9–13,0	0	16,7–17,7	33,5–54,5
Ср.	Avg.	37,1	61,9	7,4	0	17,2	44,0

* Среднегодовые значения для $P_{0,9}$ * Average annual indices for $P_{0,9}$

болезней. Это является предметом самостоятельных исследований, которые проводились и проводятся многими авторами (Степанов, 1962; Стрижекозин, 2005; Ван дер Планк, 1962; Filippov et al, 2018).

В процессе многолетнего фитосанитарного мониторинга, выполняемого по унифицированной методике, мы стремились определять частоту массового развития тех или иных опасных болезней на сортах озимой пшеницы, возделываемых в ЦНЗ РФ. Решение этой задачи важно для обоснования с фитосанитарных позиций сортовой структуры посевов, необходимости и характера защитных мероприятий.

В табл. 3 приведены числовые индексы уровней развития наиболее опасных листостебельных

Table 3 shows the numerical indices of the levels of development of the most dangerous leaf-stem and ear infections on winter wheat varieties zoned in the region over 10 years.

By epiphytoty, as stated above, we mean the level of disease development when there is economically significant damage to the crop, the use of protective measures is necessary and they are economically justified. The highest index of epiphytoty development was noted for leaf septoria, significantly lower for brown rust and ear septoria. The development of powdery

и колосовых инфекций на районированных в регионе сортах озимой пшеницы за 10 лет.

Под эпифитотией, как указывалось выше, мы понимаем уровень развития болезни, когда имеет место хозяйственно значимый урон урожаю, необходимо применение мер защиты и они экономически оправданы. Наиболее высокий индекс развития эпифитотий отмечался у септориоза листьев, значительно ниже у бурой ржавчины и септориоза колоса. Развитие мучнистой росы в годы наблюдений не достигало эпифитотийного уровня; эпифитотия фузариоза колоса отмечена только один раз.

Сорта характеризовались разной «сопротивляемостью» эпифитотийному развитию болезней. У септориоза листьев эпифитотийный индекс варьировал от 2 (Московская-85) до 10 (Инна); у бурой ржавчины – от 0 (Немчиновская-24 и др.) до 6 (Памяти Федина и др.); у септориоза колоса – от 0 (Московская-27 и др.) до 2 (Инна и др.).

Наибольшую «сопротивляемость» эпифитотийному развитию септориоза листьев (наименьшее число лет эпифитотийного и умеренного развития) проявили Немчиновская-85, Немчиновская-24, Московская-82; бурой ржавчине – Немчиновская-17, Немчиновская-24 и Московская-27; септориозу колоса – Немчиновская-57, Немчиновская-17, Немчиновская-85.

В связи с разной подверженностью того или иного сорта эпифитотийному развитию болезней необходима разная интенсивность его защиты. Если принять предложенную нами классификацию уровней развития болезней на основе зерновых эквивалентов (см. табл. 1), то сорт Немчиновская-85 подлежал защите от септориоза листьев два года, Немчиновская-24 – четыре года, остальные – от 6 до 10 лет из 10. Аналогичная картина наблюдалась и по другим заболеваниям.

В табл. 4 приведены фактические данные интенсивности поражения этих сортов, потери урожая от болезней и урожай. Сорта в таблице расположены в порядке уменьшения урожайности.

Урожай является главным показателем, которым руководствуется селекционер при создании нового сорта и сельхозтоваропроизводитель, приобретая его для возделывания. Стабильно высокая урожайность сорта при различных фитосанитарных ситуациях является характеристикой не только генетически заложенной в нем продуктивности,

mildew during the years of observation did not reach the epiphytoty level; epiphytoty of fusarium ear blight was noted only once.

The varieties were characterized by different “resistance” to the epiphytotic development of diseases. For septoria leaf spot, the epiphytotic index varied from 2 (Moskovskaya-85) to 10 (Inna); for brown rust – from 0 (Nemchinovskaya-24, etc.) to 6 (Pamyati Fedina, etc.); for glume blotch – from 0 (Moskovskaya-27, etc.) to 2 (Inna, etc.).

The largest “resistance” to the epiphytotic development of septoria leaf spot (the smallest number of years of epiphytotic and moderate development) was demonstrated by Nemchinovskaya-85, Nemchinovskaya-24, Moskovskaya-82; to brown rust – Nemchinovskaya-17, Nemchinovskaya-24 and Moskovskaya-27; to glume blotch – Nemchinovskaya-57, Nemchinovskaya-17, Nemchinovskaya-85.

Due to the different susceptibility of a particular variety to epiphytotic development of diseases, different intensity of its protection is required. If we accept the classification of disease development levels proposed by us based on grain equivalents (see Table 1), then the Nemchinovskaya-85 variety was subject to protection from septoria leaf spot for two years, Nemchinovskaya-24 – four years, the rest – from 6 to 10 years out of 10. A similar picture was observed for other diseases.

Table 4 shows the actual data on the intensity of damage to these varieties, crop losses from diseases and yield. The varieties in the table are arranged in order of decreasing yield.

The yield is the main indicator that a breeder uses when creating a new variety and an agricultural producer uses when purchasing it for cultivation. A consistently high yield of a variety under various phytosanitary situations is a characteristic not only of its genetically inherent productivity, but also serves as an indicator of its tolerance (disease resistance) to biogenic stress effects.

The controlled parameters varied significantly among the tested varieties: yield – from 44.0 (Pamyati Fedin) to 75.3 c/ha (Moskovskaya-27), infestation with septoria leaf spot – from 19.3 (Moskovskaya-82) to 37.1% (Pamyati Fedina), glume blotch – from 1.9 (Inna) to 8.3% (Nemchinovskaya-24).

Table 5 shows the correlation coefficients between the intensity (degree) of damage to varieties by diseases, crop losses from diseases and crop yield.

Табл. 5. Коэффициенты корреляции урожая сортов озимой пшеницы, возделываемых в Центральной зоне Нечерноземья, с интенсивностью развития листостебельных инфекций и потерями урожая от болезней

Table 5. Correlation coefficients of the yield of winter wheat varieties cultivated in the Central zone of the Non-Black Earth Region with the intensity of leaf-stem infections and yield losses from diseases

Септориоз листьев Septoria leaf spot	Бурая ржавчина Brown rust	Септориоз колоса Glume blotch	Мучнистая роса Powdery mildew	Потери урожая Yield losses
-0,79	-0,65	-0,74	-0,33	-0,66

Табл. 6. Рейтинги сортов озимой пшеницы, возделываемых в Центральной Нечерноземной зоне РФ, по пораженности наиболее опасными болезнями, потерям урожая от болезней и урожаю (Московская область, ФГБНУ ВНИИФ, 2020–2024 гг.)

Показатели Сорта	
Септориоз листьев*	Московская-82 → Немчиновская-85 → Московская-40 → Немчиновская-24 → Немчиновская-57 → Московская-56 → Инна → Московская-27 → Московская-39 → Немчиновская-17 → Памяти Федина
Септориоз колоса	Инна → Московская-27 → Немчиновская-85 → Московская-39 → Московская-40 → Немчиновская-57 → Московская-56 → Немчиновская-17 → Московская-82 → Памяти Федина → Немчиновская-24
Бурая ржавчина	Немчиновская-17 → Московская-27 → Немчиновская-24 → Московская-39 → Немчиновская-85 → Московская-40 → Московская-56 → Московская-82 → Немчиновская-57 → Инна → Памяти Федина
Мучнистая роса	Инна → Памяти Федина → Немчиновская-85 → Немчиновская-17 → Московская-40 → Немчиновская-57 → Московская-82 → Московская-56 → Московская-39 → Немчиновская-24
Потери урожая, %**	Московская-82 → Немчиновская-85 → Московская-40 → Московская-27 → Немчиновская-57 → Московская-56 → Московская-39 → Немчиновская-17 → Немчиновская-24 → Инна → Памяти Федина
Урожай, ц/га***	Московская-27 → Немчиновская-57 → Московская-82 → Немчиновская-85 → Немчиновская-24 → Московская-56 → Немчиновская-17 → Инна → Московская-40 → Московская-39 → Памяти Федина

* В порядке возрастания пораженности
** В порядке возрастания потерь урожая
*** В порядке снижения урожая

но и служит показателем его толерантности (болезневыносливости) к биогенным стрессовым воздействиям.

Контролируемые показатели в значительной степени варьировали по испытываемым сортам: урожай – от 44,0 (Памяти Федина) до 75,3 ц/га (Московская-27), пораженность септориозом листьев – от 19,3 (Московская-82) до 37,1% (Памяти Федина), септориозом колоса – от 1,9 (Инна) до 8,3% (Немчиновская-24).

В табл. 5 приведены коэффициенты корреляции между интенсивностью (степенью) поражения сортов болезнями, потерями урожая от болезней и урожаем.

Наиболее высокие отрицательные коэффициенты корреляции отмечены между урожаем и поражением сортов септориозом листьев и колоса. Несколько меньший коэффициент корреляции имел место с пораженностью бурой ржавчиной и мучнистой росой. Это свидетельствует о том, что болезни озимой пшеницы, распространенные в Центральном Нечерноземье, оказывают существенное воздействие на формирование урожая.

В табл. 6 показаны рейтинги сортов по пораженности болезнями, потерям урожая и урожаю, составленные на основе данных, приведенных в табл. 4. Рейтинговые оценки являются более наглядными, когда сравнивается большее количество объектов наблюдений и их показателей.

The highest negative correlation coefficients were noted between the yield and the damage of varieties by septoria leaf spot and glume blotch. A slightly lower correlation coefficient was observed with the damage by brown rust and powdery mildew. This indicates that winter wheat diseases common in the Central Non-Black Earth Region have a significant impact on yield formation.

Table 6 shows the ratings of varieties by disease incidence, yield losses and yield, compiled on the basis of the data presented in Table 4. The rating assessments are more visual when a larger number of observation objects and their indicators are compared.

We have previously published similar ratings for previous periods (Sanin et al., 2012). The need for periodic adjustment of ratings is explained, firstly, by the fact that as a result of the constantly occurring formative processes in nature, the virulence potentials of pathogenic complexes change and previously resistant varieties become susceptible; secondly, new varieties with new properties of resistance and productivity are constantly being introduced into production.

The varieties Moskovskaya-82, Nemchinovskaya-85, Moskovskaya-40 were characterized by the least damage from septoria leaf spot; glume blotch – Inna, Moskovskaya-27, Nemchinovskaya-85; brown rust – Nemchinovskaya-17, Moskovskaya-27, Nemchinovskaya-24; powdery mildew – Pamyati Fedina, Inna, Nemchinovskaya-85.

The highest and most stable productivity during the testing years was demonstrated by the varieties Moskovskaya-27, Nemchinovskaya-57, Moskovskaya-82, Nemchinovskaya-85, Nemchinovskaya-24. The average yield of these varieties was from 67.3 to 75.3 c/ha. In some years it reached, and in some cases exceeded 100 c/ha. The consistently high yield of varieties in this group is largely explained by their lower incidence of epiphytotic diseases common in the region: septoria leaf spot, brown rust, glume blotch, powdery mildew. These varieties can serve as the basis for industrial crops of winter wheat in the Central Non-Black Earth Zone of the Russian Federation.

Due to the lack of high-yielding varieties with complex resistance to diseases, in international practice and in certain regions of Russia, such a method of selection and genetic protection as the cultivation of polygenic (multi-varietal) crops – a mosaic of varieties – is used (Shpaar, 2004; Romanenko et al., 2005; Zhuchenko, 2009–2011; Sanin et al., 2012).

Phytosanitary mosaic involves the cultivation of 4–5 varieties at the same time on a farm (agricultural

Ранее мы публиковали подобные рейтинги за предыдущие периоды (Санин и др., 2012). Необходимость периодической корректировки рейтингов объясняется, во-первых, тем, что вследствие постоянно происходящих в природе формообразовательных процессов меняются вирулентные потенциалы патогенных комплексов и ранее устойчивые сорта становятся восприимчивыми; во-вторых, в производство постоянно вводятся новые сорта, обладающие новыми свойствами устойчивости и урожайности.

Наименьшим поражением септориозом листьев характеризовались сорта Московская-82, Немчиновская-85, Московская-40; септориозом колоса – Инна, Московская-27, Немчиновская-85; бурой ржавчиной – Немчиновская-17, Московская-27, Немчиновская-24; мучнистой росой – Памяти Федина, Инна, Немчиновская-85.

Наиболее высокую и стабильную продуктивность в годы испытаний показали сорта Московская-27, Немчиновская-57, Московская-82, Немчиновская-85, Немчиновская-24. Средний урожай этих сортов составлял от 67,3 до 75,3 ц/га. В отдельные годы он достигал, а в ряде случаев превышал 100 ц/га. Стабильно высокая урожайность сортов данной группы в значительной мере объясняется их меньшей пораженностью распространенными в регионе эпифитотийно опасными болезнями: септориозом листьев, бурой ржавчиной, септориозом колоса, мучнистой росой. Эти сорта могут служить основой производственных посевов озимой пшеницы в Центральной Нечерноземной зоне РФ.

В связи с отсутствием высокоурожайных сортов, обладающих комплексной устойчивостью к болезням, в зарубежной практике и в отдельных районах нашей страны находит применение такой прием селекционно-генетической защиты, как возделывание полигенных (многосортовых) посевов – мозаики сортов (Шпаар, 2004; Романенко и др., 2005; Жученко, 2009–2011; Санин и др., 2012).

Фитосанитарная мозаика предполагает возделывание в хозяйстве (агрофирме) одновременно 4–5 сортов, каждый из которых обладает устойчивостью к тем или иным болезням, чем компенсирует этот недостаток в других сортах. Аналогичную фитосанитарную роль выполняет, как известно, применение в агротехнологиях сортосмесей и многолинейных сортов (Жученко, 2004; Шпаар, 2004). Однако их использование при масштабном зернопроизводстве более сложно и менее оперативно, чем сортовая мозаика.

Table 6. Ratings of winter wheat varieties cultivated in the Central Non-Black Earth Zone of the Russian Federation by prevalence of the most dangerous diseases, crop losses from diseases and yield (Moscow Oblast, FGBNU “VNIIF”, 2020–2024)

Indices	Varieties
Septoria leaf spot*	Moskovskaya-82 → Nemchinovskaya-85 → Moskovskaya-40 → Nemchinovskaya-24 → Nemchinovskaya-57 → Moskovskaya-56 → Inna → Moskovskaya-27 → Moskovskaya-39 → Nemchinovskaya-17 → Pamyati Fedina
Glume blotch	Inna → Moskovskaya-27 → Nemchinovskaya-85 → Moskovskaya-39 → Moskovskaya-40 → Nemchinovskaya-57 → Moskovskaya-56 → Nemchinovskaya-17 → Moskovskaya-82 → Pamyati Fedina → Nemchinovskaya-24
Brown rust	Nemchinovskaya-17 → Moskovskaya-27 → Nemchinovskaya-24 → Moskovskaya-39 → Nemchinovskaya-85 → Moskovskaya-40 → Moskovskaya-56 → Moskovskaya-82 → Nemchinovskaya-57 → Inna → Pamyati Fedina
Powdery mildew	Inna → Pamyati Fedina → Nemchinovskaya-85 → Nemchinovskaya-17 → Moskovskaya-40 → Nemchinovskaya-57 → Moskovskaya-82 → Moskovskaya-56 → Moskovskaya-39 → Nemchinovskaya-24
Yield losses, %**	Moskovskaya-82 → Nemchinovskaya-85 → Moskovskaya-40 → Moskovskaya-27 → Nemchinovskaya-57 → Moskovskaya-56 → Moskovskaya-39 → Nemchinovskaya-17 → Nemchinovskaya-24 → Inna → Pamyati Fedina
Yield, c/ha***	Moskovskaya-27 → Nemchinovskaya-57 → Moskovskaya-82 → Nemchinovskaya-85 → Nemchinovskaya-24 → Moskovskaya-56 → Nemchinovskaya-17 → Inna → Moskovskaya-40 → Moskovskaya-39 → Pamyati Fedina

* In order of increasing prevalence

** In order of increasing yield losses

*** In order of decreasing yield

firm), each of which is resistant to certain diseases, thereby compensating for this deficiency in other varieties. As is known, a similar phytosanitary role is performed by the use of variety mixtures and multi-line varieties in agricultural technologies (Zhuchenko, 2004; Shpaar, 2004). However, their use in large-scale grain production is more complex and less efficient than variety mosaic.

Winter wheat varieties identified in the course of long-term monitoring studies, characterized by high productivity and resistance to diseases, can serve as a basis for constructing polygenic multi-varietal cenoses (variety mosaics) in the Central Non-Black Earth Zone of Russia.

Such crops, in addition to increasing resistance to diseases, will help reduce the virulent potential of endemic pathogen populations and thereby extend the “life” of cultivated varieties. Pathogen populations in mosaics are more diverse in genetic composition, but less virulent.

Cultivation of multivarietal crops will reduce the risk of epiphytotic development of not only endemic (local), but also exodemic infections brought in from other regions of Russia or from other countries.

Выявленные в процессе многолетних мониторинговых исследований сорта озимой пшеницы, характеризующиеся высокой продуктивностью и устойчивостью к болезням, могут служить базой для конструирования полигенных многосортных ценозов (мозаики сортов) в Центральной Нечерноземной зоне России.

Такие посевы, помимо повышения устойчивости к болезням, будут способствовать снижению вирулентных потенциалов эндемичных популяций возбудителей и тем самым продлению «жизни» возделываемых сортов. Популяции возбудителей при мозаике более разнообразны по генетическому составу, но менее вирулентны.

Возделывание многосортных посевов снижает риск эпифитотийного развития не только эндемичных (местных), но и экзотических инфекций, привносимых из других регионов страны или из других стран.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана система фитосанитарного мониторинга развития болезней озимой пшеницы на сортах, районированных в Центральной Нечерноземной зоне РФ. Мониторинг ведется совместно Всероссийским научно-исследовательским институтом фитопатологии и Федеральным исследовательским центром «Немчиновка».

За годы исследований выявлено более 20 болезней грибной, вирусной и бактериальной этиологии, поражающих растения пшеницы во все фазы их онтогенеза. Наибольшее распространение и развитие имели септориоз листьев, бурая ржавчина, септориоз колоса, мучнистая роса, фузариозная корневая гниль. Несколько меньшее распространение имели снежная плесень, гельминтоспориозная корневая гниль, пиренофороз листьев, фузариоз и чернь колоса. Другие болезни (стеблевая и желтая ржавчина, головня, вирусные и бактериальные заболевания) отмечались эпизодически на отдельных полях.

На тестовых полях институтов в ходе многолетних мониторинговых наблюдений изучены особенности развития наиболее опасных листовых и колосовых инфекций на районированных сортах озимой пшеницы: эпифитотии, умеренное развитие, депрессии. Рассчитаны цифровые индексы этих классов – количество повторений за 10 лет наблюдений. Индексы эпифитотий варьировали от 0 до 10 в зависимости от сорта и заболевания.

Определены коэффициенты корреляции между интенсивностью поражения сортов, потерями урожая и урожаем. Наиболее высокие отрицательные коэффициенты корреляции отмечены между урожаем и пораженностью сортов септориозом листьев и колоса, несколько меньшие – урожаем и развитием бурой ржавчины и мучнистой росы.

Многолетние фитосанитарные мониторинговые данные позволили составить рейтинги возделываемых в регионе сортов по пораженности болезнями, потерями урожая и урожаю. На основании рейтинговых оценок определены сорта с высокой стабильной продуктивностью и характеризующиеся устойчивостью к болезням. Они могут служить основой производственных посевов

CONCLUSION

A system of phytosanitary monitoring of the winter wheat diseases development on varieties zoned in the Central Non-Black Earth Zone of the Russian Federation has been developed. Monitoring is carried out jointly by the All-Russian Research Institute of Phytopathology and the Federal Research Center “Nemchinovka”.

Over the years of research, more than 20 diseases of fungal, viral and bacterial etiology have been identified that affect wheat plants in all phases of their ontogenesis. The most widespread and developed were septoria leaf spot, brown rust, glume blotch, powdery mildew, and fusarium root rot. Snow mould of cereals, root rot of cereals, tan spot of wheat, fusarium and black mould of cereals were somewhat less widespread. Other diseases (stem and yellow rust, smut, viral and bacterial diseases) were observed sporadically in individual fields.

In the test fields of the institutes, during long-term monitoring observations, the development features of the most dangerous leaf-stem and ear infections on zoned varieties of winter wheat were studied: epiphytoses, moderate development, depressions. Digital indices of these classes were calculated – the number of repetitions over 10 years of observations. Epiphytosis indices varied from 0 to 10 depending on the variety and disease.

The correlation coefficients between the intensity of varieties' damage, yield losses and yield were determined. The highest negative correlation coefficients were noted between yield and the damage of varieties to septoria leaf spot and glume blotch, and slightly lower ones – between yield and the development of brown rust and powdery mildew.

Long-term phytosanitary monitoring data allowed us to compile ratings of varieties cultivated in the region by disease incidence, yield losses and yield. Based on the rating assessments, varieties with high stable productivity and characterized by resistance to diseases were identified. They can serve as the basis for industrial winter wheat crops in the Central Non-Black Earth Region, as well as the basis for constructing multi-varietal (polygenic) crops – a mosaic of varieties.

Research has shown that long-term systemic monitoring of disease development is an effective tool for assessing the phytosanitary condition of winter wheat crops, determining the need for protective measures, and the strategy and tactics for their implementation.

Acknowledgements. We express our gratitude to the administration of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center “Nemchinovka” for the opportunity to conduct long-term phytosanitary monitoring studies on crops of competitive variety testing of winter wheat.

REFERENCES

1. Buga S.F. Theoretical and practical foundations of chemical protection of grain crops from diseases in

озимой пшеницы в Центральном Нечерноземье, а также базой конструирования многосортных (полигенных) посевов – мозаики сортов.

Исследования показали, что многолетний системный мониторинг развития болезней является эффективным инструментом оценки фитосанитарного состояния посевов озимой пшеницы, определения необходимости защитных мероприятий, стратегии и тактики их проведения.

Благодарность. Выражаем благодарность администрации ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» за представленную возможность проведения многолетних фитосанитарных мониторинговых исследований на посевах конкурсного сортоиспытания озимой пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буга С.Ф. Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Белоруссии. Минск (Несвиж: Несвижская укрупненная типография), 2013, 239 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (5 издание). М.: Агропромиздат, 2015, 351 с.
3. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. //М.: ООО «Изд-во Агрорус», 2004, 1109 с.
4. Жученко А.А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. Том 2. М: ООО «Изд-во Агрорус», 2009–2011. С. 410–411.
5. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Кудряшов И.Н., Аблова И.В. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы. Краснодар, 2005, 221 с.
6. Сандухадзе Б.И. Селекция озимой пшеницы в Центральном регионе Нечерноземной зоны России. М.: 2020, 501 с.
7. Санин С.С., Соколова Е.А., Черкашин В.И., Назарова Л.Н., Стрижекозин Ю.А., Ибрагимов Т.З., Неклеса Н.П. Болезни зерновых культур (рекомендации по проведению фитосанитарного мониторинга), М: ФГНУ «Росинформагротех», 2010, 138 с.
8. Санин С.С., Ибрагимов Т.З., Стрижекозин Ю.А. Метод расчета потерь урожая пшеницы от болезней // Защита и карантин растений, 2018. № 1. С. 11–15.
9. Санин С.С., Карлова Л.В., Корнева Л.Г., Кашчев А.В., Рулева О.М., Ибрагимов Т.З., Никифоров Е.В., Санин Ст.С. Экономические и агроэкологические аспекты химической защиты зерновых культур от вредных организмов // Защита и карантин растений, 2022. № 5. С. 3–11.
10. Санин С.С., Корнева Л.Г. Фитосанитарная мозаика сортов: иммунологическое и эпифитотологическое обоснование // Защита и карантин растений, 2012. № 4. С. 28–32.
11. Степанов К.М. Грибные эпифитотии. М.: Изд-во Сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1962, 471 с.
12. Стрижекозин Ю.А. Регламентация фунгицидных обработок на основе моделей // Сборник «Фитосанитарное оздоровление экосистем». Материалы II съезда по защите растений, Санкт-Петербург, 2005. С. 497–499.

Belarus [Teoreticheskiye i prakticheskiye osnovy khimicheskoy zashchity zernovykh kultur ot bolezney v Belorussii]. Minsk (Nesvizh: Nesvizh enlarged printing house), 2013, 239 p. (In Russ.)

2. Dospikhov B.A. Methodology of field experiment (5th edition) [Metodika polevogo opyta]. Moscow: Agropromizdat, 2015, 351 p. (In Russ.)

3. Zhuchenko A.A. Resource potential of grain production in Russia [Resursnyy potentsial proizvodstva zerna v Rossii] //M.: ООО «Izd-vo Agrorus», 2004, 1109 p. (In Russ.)

4. Zhuchenko A.A. Adaptive strategy for sustainable development of Russian agriculture in the 21st century. Theory and practice. Vol. 2. [Adaptivnaya strategiya ustoychivogo razvitiya selskogo khozyaystva Rossii v XXI stoletii] / Moscow: ООО Izd-vo Agrorus, 2009–2011: 410–411. (In Russ.)

5. Romanenko A.A., Bepalova L.A., Kudryashov I.N., Ablova I.V. New varietal policy and varietal agricultural technology of winter wheat [Novaya sortovaya politika i sortovaya agrotehnika ozimoy pshenitsy]. Krasnodar, 2005, 221 p. (In Russ.)

6. Sandukhadze B.I. Breeding of winter wheat in the Central region of the Non-Black Earth Zone of Russia [Selektsiya ozimoy pshenitsy v Tsentralnom regione Nечерноземной зоны Rossii]. Moscow: 2020, 501 p. (In Russ.)

7. Sanin S.S., Sokolova E.A., Cherkashin V.I., Nazarova L.N., Strizhekozina Yu.A., Ibragimov T.Z., Neklesa N.P. Diseases of grain crops (recommendations for phytosanitary monitoring) [Bolezni zernovykh kultur (rekommendatsii po provedeniyu fitosanitarnogo monitoringa)], M: FGNU «Rosinformagrotech», 2010, 138 p. (In Russ.)

8. Sanin S.S., Ibragimov T.Z., Strizhekozina Yu.A. Method for calculating wheat yield losses from diseases [Metod rascheta poter' urozhaya pshenitsy ot bolezney] // Plant protection and quarantine, 2018; 1: 11–15. (In Russ.)

9. Sanin S.S., Karlova L.V., Korneva L.G., Kashchev A.V., Ruleva O.M., Ibragimov T.Z., Nikiforov E.V., Sanin St.S. Economic and agroecological aspects of chemical protection of grain crops from pests [Ekonicheskiye i agroekologicheskiye aspekty khimicheskoy zashchity zernovykh kultur ot vrednykh organizmov] // Plant protection and quarantine, 2022. No. 5. P. 3–11. (In Russ.)

10. Sanin S.S., Korneva L.G. Phytosanitary mosaics of varieties: Immunological and epiphytological justification [Fitosanitarnaya mozaika sortov: immunologicheskoye i epifitotologicheskoye obosnovaniye] // Plant protection and quarantine, 2012; 4: 28–32. (In Russ.)

11. Stepanov K.M. Fungal epiphytoses [Gribnyye epifitotii]. Moscow: Publishing House of Agricultural Literature, Magazines and Posters, 1962, 471 p. (In Russ.)

12. Strizhekozina Yu.A. Regulation of fungicide treatments based on models [Reglamentatsiya fungitsidnykh obrabotok na osnove modeley] // Collection «Phytosanitary improvement of ecosystems». Proceedings of the II Congress on Plant Protection, St. Petersburg, 2005. Pp. 497–499. (In Russ.)

13. Шпаар Д. Защита растений в устойчивых системах землепользования. Книга 3, Берлин, 2004. – ELLER GmbH, 336 с.

14. Я. Ван дер Планк. Болезни растений (эпифитотии и борьба с ними). М.: Колос, 1966, 360 с.

15. Filippov A.V., Kuznetsova M.A., Rogozhin A.N., Yakusheva O.I., Demidova V.N., Statsyuk N.V. Development and testing of a weather-based model to determine potential yield losses caused by potato late blight and optimise fungicide application *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*. 2018. T. 5. № 4. С. 462–468.

16. Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Eucarpia Bull* 7. 1974.– 14 (6). – P. 415–421.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Санин Сергей Степанович, академик РАН, доктор биологических наук, главный специалист, заведующий отделом эпидемиологии и фитосанитарии болезней зерновых культур ФГБНУ ВНИИФ, р. п. Большие Вяземы, Одинцовский р-н, Московская обл., Россия; *e-mail: sanin@vniif.ru*

Сандухадзе Баграт Исменович, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник ФИЦ «Немчиновка», г. Москва, Россия; *e-mail: sanduchadze@mail.ru*

Мамедов Рамин Закирович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы ФИЦ «Немчиновка», г. Москва, Россия; *e-mail: mam-ramin@yandex.ru*

Карлова Лариса Викторовна, кандидат химических наук, научный сотрудник ФГБНУ ВНИИФ, г. Голицыно, Одинцовский р-н, Московская обл., Россия; *e-mail: lkarlova@vniif.ru*

Корнева Любовь Георгиевна, научный сотрудник ФГБНУ ВНИИФ, р. п. Большие Вяземы, Одинцовский р-н, Московская обл., Россия; *e-mail: korneva.lubov@yandex.ru*

Рулева Ольга Михайловна, научный сотрудник ФГБНУ ВНИИФ, г. Голицыно, Одинцовский р-н, Московская обл., Россия; *e-mail: rulyova@vniif.ru*

13. Spaar D. Plant protection in sustainable land management systems. Book 3, Berlin, 2004. – ELLER GmbH, 336 p.

14. J. van der Planck. Plant diseases (epiphytoticies and their control). Moscow: Kolos, 1966, 360 p.

15. Filippov A.V., Kuznetsova M.A., Rogozhin A.N., Yakusheva O.I., Demidova V.N., Statsyuk N.V. Development and testing of a weather-based model to determine potential yield losses caused by potato late blight and optimise fungicide application *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*. 2018. T. 5. № 4. С. 462–468.

16. Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Eucarpia Bull* 7. 1974.– 14 (6). – P. 415–421.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergey Sanin, Academician of the Russian Academy of Sciences, Advanced Doctor of Biology, Leading Specialist, Head of the Department of Epidemiology and Phytosanitary Diseases of Grain Crops, FGBNU “VNIIF”, Bolshiye Vyazemy, Odintsovsky District, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: sanin@vniif.ru*

Bagrat Sandukhadze, Academician of the Russian Academy of Sciences, Advanced Doctor of Agriculture, Leading Researcher of the Federal Research Center “Nemchinovka”, Moscow, Russia, *e-mail: sanduchadze@mail.ru*

Ramin Mamedov, PhD in Agriculture, Head of the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Winter Wheat, Federal Research Center “Nemchinovka”, Moscow, Russia, *e-mail: mam-ramin@yandex.ru*

Larisa Karlova, PhD in Chemistry, Researcher, FGBNU “VNIIF”, Bolshiye Vyazemy, Odintsovsky District, Moscow Oblast, Russia, *e-mail: lkarlova@vniif.ru*

Liubov Korneva, Researcher, FGBNU “VNIIF”, Bolshiye Vyazemy, Odintsovsky District, Moscow Oblast, Russia, *e-mail: korneva.lubov@yandex.ru*

Olga Ruleva, Researcher, FGBNU “VNIIF”, Bolshiye Vyazemy, Odintsovsky District, Moscow Oblast, Russia, *e-mail: rulyova@vniif.ru*