

Научная статья

Original article

УДК 633.11:632.1/4:632.913

DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_37

**ЖЕЛТАЯ ПЯТНИСТОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ: К ВОПРОСУ О
МЕТОДОЛОГИИ ФИТОСАНИТАРНОГО МОНИТОРИНГА
WINTER WHEAT YELLOW SPOT: TOWARDS THE QUESTION OF
PHYTOSANITARY MONITORING METHODOLOGY**



Шутко Анна Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой химии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7 (903) 418-61-99, ORCID: 0000-0002-3517-257X, E-mail: schutko.an@yandex.ru

Ситников Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ректор Ставропольского государственного аграрного университета, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. 8(8652) 35-22-82, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, E-mail: rector@stgau.ru

Есаулко Александр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор института агробиологии и природных ресурсов, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7 (962) 400-41-95, ORCID: 0000-0003-0441-9055, E-mail: aesaulko@yandex.ru

Одинцов Станислав Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастра, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7 (928) 955-73-26, ORCID: 0000-0001-9576-5230, E-mail: qwer20052008@mail.ru

Иванников Дмитрий Игоревич, старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастра, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +79187519569, ORCID: 0000-0002-3235-0959, E-mail: dima.ivannikov91@bk.ru

Shutko Anna Petrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry and Plant Protection, Stavropol State Agrarian University, (355017, Russia, Stavropol, lane. Zootechnical, 12), tel. +7 (903) 418-61-99, ORCID: 0000-0002-3517-257X, E-mail: schutko.an@yandex.ru

Sitnikov Vladimir Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Rector of the Stavropol State Agrarian University, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University" (355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskiiy Lane, 12), tel. 8(8652) 35-22-82, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, E-mail: rector@stgau.ru

Esaulko Alexander Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, (355017, Russia, Stavropol, lane. Zootechnical, 12), tel. +7 (962) 400-41-95, ORCID: 0000-0003-0441-9055, E-mail: aesaulko@yandex.ru

Odintsov Stanislav Vladimirovich, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastre, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian

University”, (355017, Russia, Stavropol, Zootekhnichesky Lane, 12), tel. +7 (928) 955-73-26, ORCID: 0000-0001-9576-5230, E-mail: qwer20052008@mail.ru

Ivannikov Dmitry Igorevich, Senior Lecturer, Department of Land Management and Cadastre, Stavropol State Agrarian University (355017, Russia, Stavropol, Zootekhnichesky Lane, 12), tel. +79187519569, ORCID: 0000-0002-3235-0959, E-mail: dima.ivannikov91@bk.ru

Аннотация. Новые технологии фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, разработанные на основе методов дистанционного зондирования и оценки отражательных характеристик растений, дают возможность разработать новые подходы к выявлению и количественной оценке поражения и повреждения растений фитопатогенами и фитофагами. Исходя из доли влияния флагового и первого подфлагового листьев в формировании урожая озимой пшеницы, очень важно грамотно применить фунгициды профилактически в период развертывания флагового листа. В эту фазу наиболее вредоносной пятнистостью озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения выступает пиренофороз. Традиционные методы фитосанитарного мониторинга методом маршрутных обследований и визуального осмотра растений позволяют сделать выводы о фитосанитарном состоянии посевов сельскохозяйственных культур для принятия технологического решения в части защиты культуры от болезней. Однако зачастую они бывают слишком трудоемкими. Исследования, проведенные с использованием квадрокоптера, оснащенного мультиспектральной камерой DJI Phantom 4 Multispectral, с анализом основных участков спектра, в которых возможны изменения на разных этапах протекания пиренофороза, показал, что по мере увеличения развития болезни и некротизации тканей фотосинтетическая деятельность замедляется из-за разрушения хлорофилла. Связанные с этим изменения в мезофилле листовой пластинки сказываются на отражательной способности растений, а именно: по мере увеличения показателя интенсивности болезни увеличивается значение коэффициента спектральной яркости. Более варибельным участком спектра для

изучения пиренофороза является красный диапазон. Процессы изменения спектральных образов требуют дальнейшего изучения.

Abstract. New technologies of phytosanitary monitoring of agroecosystems, developed on the basis of remote sensing methods and assessment of reflective characteristics of plants, make it possible to develop new approaches to identifying and quantifying damage and injury to plants by phytopathogens and phytophages. Based on the share of influence of the flag and first subflag leaves in the formation of the winter wheat yield, it is very important to competently apply fungicides prophylactically during the period of flag leaf unfolding. During this phase, the most harmful spotting of winter wheat in the moderate moisture zone is yellow spot. Traditional methods of phytosanitary monitoring by route surveys and visual inspection of plants allow us to draw conclusions about the phytosanitary condition of agricultural crops to make a technological decision on protecting the crop from diseases. However, they are often too labor-intensive. Research conducted using a quadcopter equipped with a DJI Phantom 4 Multispectral camera, with an analysis of the main sections of the spectrum in which changes are possible at different stages of the course of yellow spot, showed that as the development of the disease and tissue necrosis increases, photosynthetic activity slows down due to the destruction of chlorophyll. The associated changes in the mesophyll of the leaf blade affect the reflectivity of plants, namely: as the disease intensity indicator increases, the value of the spectral brightness coefficient increases. A more variable section of the spectrum for studying yellow spot is the red range. The processes of changing spectral images require further study.

Ключевые слова: озимая пшеница, желтая пятнистость, фитосанитарный мониторинг, распространенность и развитие болезни, коэффициент спектральной яркости.

Key words: winter wheat, yellow spot, phytosanitary monitoring, prevalence and development of the disease, spectral radiance coefficient.

В последние годы в растениеводстве активно развиваются приемы

дистанционного зондирования в целях разработки новых универсальных методов фитосанитарного мониторинга, позволяющих получать достоверные показатели развития вредных организмов для принятия своевременных и обоснованных решений по защите растений. В современных условиях широкого внедрения технологий точного земледелия исследования в данном направлении развиваются весьма интенсивно. Наиболее детально на сегодняшний день в Российской Федерации изучены оптические свойства сорных растений в зависимости от видовой принадлежности и засоренности посевов. Исследования проводились как с помощью космических летательных аппаратов (спутниковая съемка), так и с использованием беспилотных летательных аппаратов, а также наземных приборов, работающих в ручном режиме. Обзор литературных источников свидетельствует, что наиболее широко в растениеводстве для оптической характеристики посевов сельскохозяйственных культур, в том числе с точки зрения засоренности, применяется показатель (индекс), который называется индекс NDVI или, в переводе с английского - нормализованный вегетационный индекс [1].

Что касается изменения отражательных характеристик посевов полевых культур в зависимости от поражения болезнями и повреждения вредителями, то эта область еще мало изучена. Например, Бекмухамедов Н.Э., Карабкина Н.Н. [2] установили, что некротические изменения листовой поверхности под влиянием грибных болезней (виды пятнистостей, ржавчины) приводят к изменению спектра отражения растений яровой пшеницы. Причем изменения находятся во взаимосвязи с интенсивностью заболевания. По спектральным характеристикам ученые описали динамику протекания вышеуказанных болезней яровой пшеницы.

Р.Ю. Данилов и др. [3] при исследовании бурой ржавчины озимой пшеницы установили, что при различной степени развития болезни отмечается изменение коэффициентов отражения на различных участках спектра. Зеленый пик отражения сглаживается в силу снижения площади ассимиляционной поверхности и происходит смещение в красную часть спектра. Аналогичная

закономерность установлена на посевах ярового ячменя при повреждении личинками хлебной пьявицы.

Т.А. Гурова и др. применили индексы NDVI, VOG2 и VOG3 для разработки методики ранней диагностики устойчивости злаков к гельминтоспориозной корневой гнили. В условиях искусственного инфекционного фона у проростков пшеницы (возраст - 12 суток) изучали спектральные характеристики по нескольким показателям: NDVI (нормализованный разностный вегетационный индекс), RNDVI (индекс в крайнем красном спектре), mNDVI (модифицированный индекс), индексы для области ближнего инфракрасного склона (VOG1, VOG2, VOG3), а также индекс воды (WI) [4]. Исследователи установили, что в зависимости от степени инфицирования происходили изменения в спектральных областях в диапазонах от 550 до 680 нм и от 730 до 900 нм. Однако эта методика неприменима в полевых условиях, она может рассматриваться как экспресс-методика в области селекционно-генетических исследований.

Таким образом, новые технологии фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, разработанные на основе методов дистанционного зондирования и оценки отражательных характеристик растений, дают возможность разработать новые подходы к выявлению и количественной оценке поражения и повреждения растений фитопатогенами и фитофагами.

В связи с вышеизложенным **цель наших исследований** заключалась в повышении эффективности фитосанитарного мониторинга желтой пятнистости (пиренофороза) озимой пшеницы путем разработки неинвазивных (дистанционных) методов проведения учетов болезни при одновременном сокращении продолжительности операции обследования.

Исследования проводили в 2023-2024 сельскохозяйственных годах в зоне умеренного увлажнения в условиях опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Почва опытного участка - чернозем выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый с нейтральной реакцией почвенного раствора. Обеспечение органическим веществом

составляет 4,28%, подвижными формами фосфора - 29,3 мг/кг, калия - 248,0 мг/кг.

Погодные условия в период проведения исследований представлены на рисунке 1.

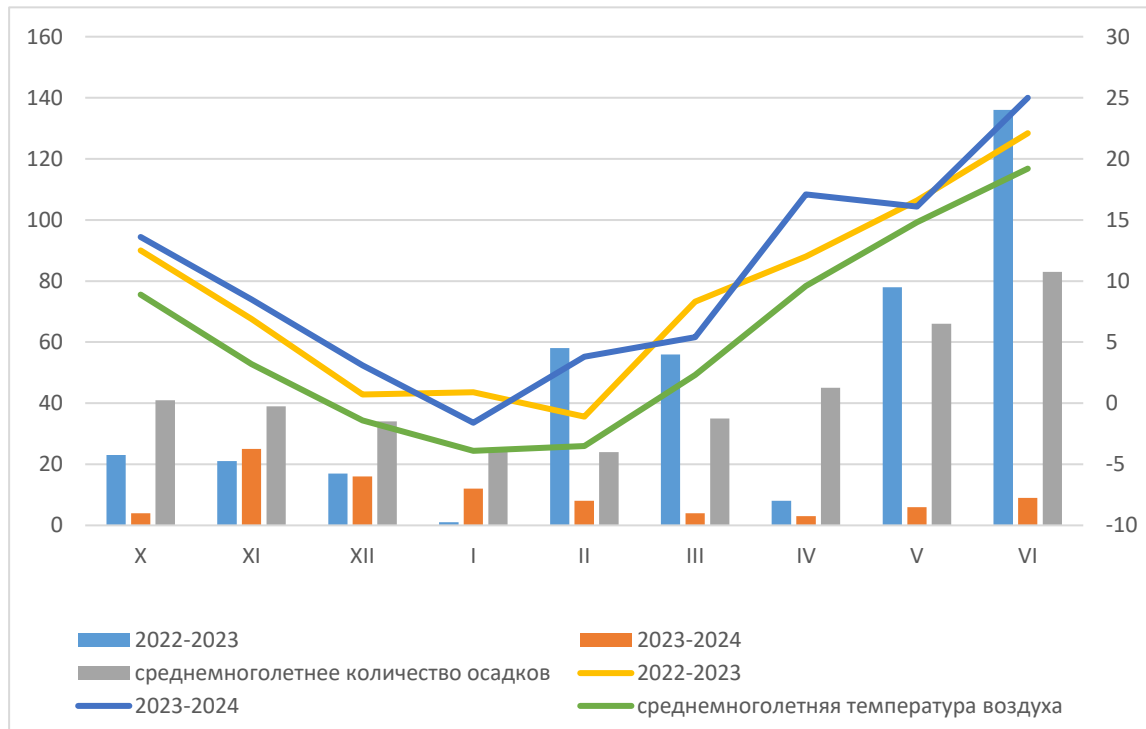


Рисунок 1 – Погодные условия в период проведения исследований (опытная станция Ставропольского ГАУ)

Как видно из рисунка, годы проведения исследований отличались теплой и засушливой осенью, теплой зимой с неустойчивым увлажнением, дефицитом влаги в период возобновления весенней вегетации. Это негативно сказывалось на общем состоянии растений, снижало их общий иммунный статус. Для возбудителей болезней, сохраняющихся на растительных остатках, в том числе для возбудителя желтой пятнистости, складывались благоприятные условия для выживания в осенне-зимний период и формирования устойчивого инфекционного фона в агроценозе озимой пшеницы.

Объект исследований - сорт озимой пшеницы Алексеич. **Предмет исследований** – поражаемость озимой пшеницы желтой пятнистостью.

Фитосанитарный мониторинг проводился в условиях опыта по изучению эффективности различных доз азота в ранне-весеннюю подкормку: контроль; N35; N51; N70; N87.

Исследования проводились на фоне минерального питания $N_{13}P_{60}$. Предшественник - горох. Опыты были заложены в производственных условиях, повторность трехкратная. Общая площадь делянки – 0,2 га.

Фитосанитарный мониторинг проводили традиционными методами визуального осмотра растений по методике ВИЗР [5], суть которого заключается в весьма трудоемком осмотре значительной выборки растений с конкретного поля на предмет оценки поражения каждого из листьев, начиная с верхнего листа (сверху вниз). Для определения степени поражения используется специальная шкала, позволяющая оценить пораженность каждого листа в баллах. Затем в условиях лаборатории происходит камеральная обработка полученных данных с вычислением двух показателей: распространенности и развития болезни. Именно они сравниваются с показателем ЭПВ (экономический порог вредоносности) для принятия решения о необходимости проведения защитных мероприятий. В качестве недостатков данного метода можно назвать прежде его высокую погрешность с силу субъективной ошибки исследователя (в связи с уровнем образования, опыта, личностных характеристик, таких как внимательность, аккуратность и др.), а также высокие затраты труда и времени на его проведение. Соответственно, в рамках поставленной цели, решались следующие задачи: провести мониторинг желтой пятнистости озимой пшеницы традиционным инвазивным методом с расчетом соответствующих показателей и оценки фитосанитарной ситуации в поле; а также провести исследование отражательной характеристики растений с различным уровнем развития болезни. С этой целью мы использовали комплекс DJI Phantom 4 Multispectral.

Результаты. Желтая пятнистость озимой пшеницы или пиренофороз (возбудитель - гриб *Drechslera tritici-repentis* (Died.)) - очень вредоносное заболевание. Фитопатоген перешел к паразитированию на культурных

растениях, тогда как прежде поражал исключительно злаковые сорные растения, то есть произошел процесс приспособления возбудителя к ценозам антропогенного происхождения [6]. Кроме того, в связи с выведением сортов, устойчивых к видам ржавчины, освободилась новая экологическая ниша, которую с удовольствием занимают ранее не имевшие экономического значения патогены.

Анализ результатов фитосанитарного мониторинга, проведенного специалистами краевого филиала ФГБУ «Россельхозцентр» свидетельствует, что за период 2019-2023 гг. в Ставропольском крае листовые пятнистости интенсивно развивались на посевах озимой пшеницы. Распространенность септориоза и пиренофороза ежегодно достигает 30% и выше. Средневзвешенная интенсивность болезней в среднем составляет 5%. (рис. 2)

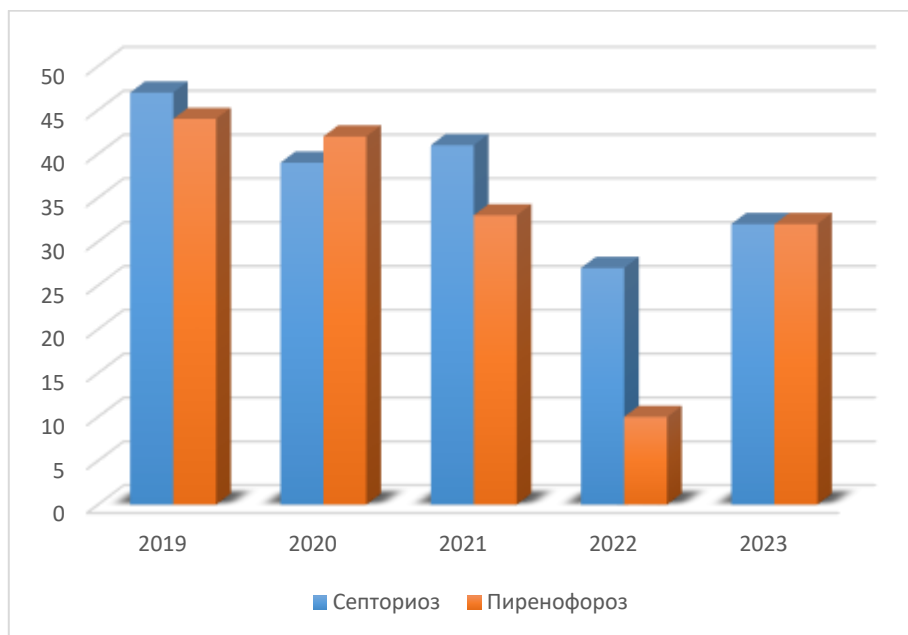


Рисунок 2 – Динамика распространенности листовых пятнистостей на посевах озимой пшеницы в Ставропольском крае, %

Иногда присутствует смешанная инфекция двух агрессивных возбудителей на растениях, которые вытесняют друг друга. Соответственно, если септориоз первый появился на поле и активно развивается, то он вытеснит пиренофороз и наоборот. Установлено, что инкубационный период у

возбудителя желтой пятнистости вдвое короче и составляет семь дней, поэтому за одно и то же время у него формируется два поколения спор, а у септориоза – одно. Более того, в отличие от последнего пиренофороз плохо контролируется современными фунгицидами.

Исходя из доли влияния флагового и первого подфлагового листьев в формировании урожая озимой пшеницы, 43% и 23%, соответственно, очень важно грамотно применить фунгициды профилактически в период развертывания флагового листа. В эту фазу наиболее вредоносной пятнистостью на опытном участке озимой пшеницы выступил пиренофороз. Распространенность болезни составила от 86,0 % до 96,9 % при развитии - от 2,2 % до 15,6 % (рис. 3).

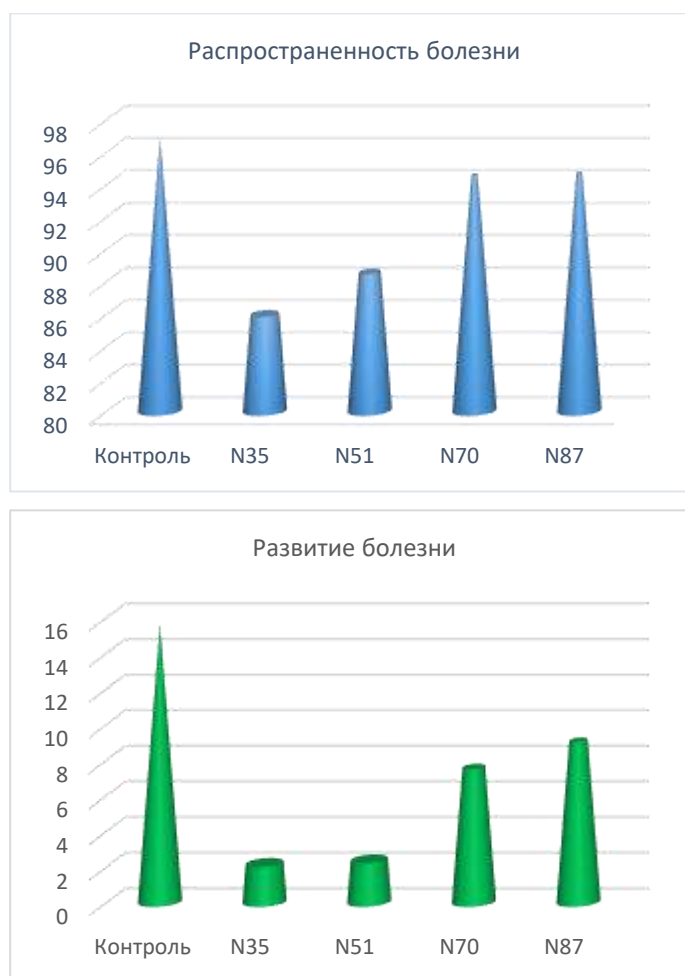


Рисунок 3 - Распространенность и развитие пиренофороза озимой пшеницы в зависимости от дозы азотной подкормки, % (среднее за 2 года)

Максимальное развитие отмечалось на контрольном варианте. В контроле нижние ярусы листьев интенсивно поражены, что вызвало отмирание и обесцвечивание нижних листьев.

Обеспечение растений достаточным количеством азота в ранне-весенний период позволило сформировать хорошо развитый листовой аппарат, повысить общий иммунный статус растений, о чем свидетельствуют показатели распространенности и развития пиренофороза при внесении N_{35} и N_{51} .

Однако увеличение дозы удобрений до N_{70} - N_{87} привело к формированию слишком густого стеблестоя, в результате в них сформировались специфические условия микроклимата, благоприятные для развития аэрогенных болезней. Прежде всего, речь идет о повышенной влажности воздуха. Более того, созревающие на растительных остатках сумкоспоры в условиях мощного стеблестоя сразу оседают на поверхность листьев и начинают прорастать.

Таким образом, традиционные методы фитосанитарного мониторинга методом маршрутных обследований и визуального осмотра растений позволяют сделать выводы о фитосанитарном состоянии посевов сельскохозяйственных культур для принятия технологического решения в части защиты культуры от болезней. Однако зачастую они бывают слишком трудоемкими.

С целью оптимизации трудозатрат на мониторинговые исследования в последние годы широко изучаются методы дистанционные с применением различных технических устройств.

В основе дистанционных методов мониторинга агроценозов сельскохозяйственных растений лежат оптические свойства, то есть способность растений отражать и поглощать солнечную радиацию. И эти свойства напрямую зависят от процесса фотосинтеза, наличия или отсутствия пигментов, и прежде всего – хлорофилла.

Оптические свойства пораженных болезнями растений несомненно отличаются от оптических свойств здорового растения. Диагностика существенно зависит от специфики фитопатогена, типа проявления болезни (пустула, некроз и т.д.). При любом типе проявления болезни снижается

фотосинтетическая активность растений, особенно, если болезнь затрагивает непосредственно листовой аппарат. При поражении ржавчиной наблюдается и нарушение процессов транспирации, а через процессы фотолиза это также влияет на фотосинтез. Более того развитие корневой гнили через нарушение поступления воды в корневую систему также будет влиять на интенсивность процесса фотосинтеза. Хлорофилл поглощает солнечные лучи в основном голубом $\lambda=485-500$ нм и красном $\lambda=625-740$ нм частях спектра. Зеленые лучи, наоборот, отражаются, что обуславливает зеленый цвет свежей здоровой листы. Она имеет небольшой максимум в энергетическом спектре.

Необходимую для фотосинтеза энергию растениям дает возможность поглощения солнечных лучей длиной около $\lambda=450$ нм. Нарушения морфологической и анатомической структуры приводят к снижению спектральных значений в ближнем инфракрасном диапазоне и увеличению значений коэффициента спектральной яркости в красном и голубом участках спектра. Иными словами, с увеличением степени поражения болезнями увеличиваются спектральные характеристики в красном и голубом участках спектра.

С другой стороны, в силу сопряженного развития разных болезней (корневой и прикорневой гнили, пятнистостей, ржавчины) на растениях, спектральные характеристики будут носить некий усредненный характер, поэтому возможно потребуются дополнительные исследования видового состава возбудителей для того, чтобы подобрать эффективные фунгициды.

В условиях 2023-2024 гг. в фазу колошения на вегетативном аппарате озимой пшеницы доминирующее значение получил пиренофороз (это было установлено классическими методами фитосанитарного мониторинга), что позволило провести соответствующие исследования методами дистанционного зондирования. В основу исследований положены результаты классического фитосанитарного мониторинга. Контрольный вариант исследовался как пораженный выше экономического порога вредоносности; N35 и N51, как

вариант, пораженный ниже экономического порога вредоносности; N70 и N87 как вариант, пораженный на уровне экономического порога вредоносности.

Исследования проводились с использованием квадрокоптера, оснащенного мультиспектральной камерой DJI Phantom 4 Multispectral. Анализ основных участков спектра, в которых возможны изменения на разных этапах протекания пиренофороза, показал, что по мере увеличения развития болезни и некротизации тканей фотосинтетическая деятельность замедляется из-за разрушения хлорофилла. Связанные с этим изменения в мезофилле листовой пластинки сказываются на отражательной способности растений. А именно, по мере увеличения показателя интенсивности болезни увеличивается значение коэффициента спектральной яркости (рис 4).

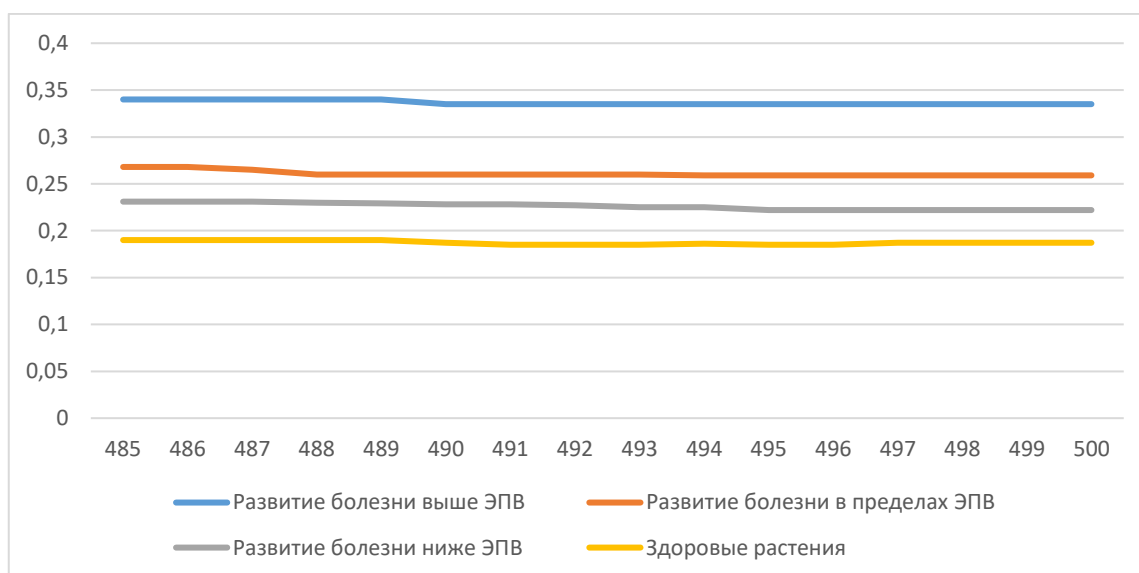


Рисунок 4 – Коэффициент спектральной яркости в зависимости от степени поражения растений озимой пшеницы пиренофорозом (голубой участок спектра)

За счет уменьшения содержания зеленых и красных пигментов в мезофиле листа степень поглощения световой энергии растениями снижается, соответственно, снижается фотосинтетическая активность зараженных растений (рис. 5). Таким образом, исследования свидетельствуют, что гиперспектральные данные позволяют выявить процесс заражения пиренофорозом еще на начальной стадии заражения, когда визуальная оценка не обеспечивает достоверный результат. В это время внутри тканей листа уже развивается фитопатоген,

вызывая разрушение хлорофилла. Однако визуальные признаки в виде некроза еще не визуализируются.

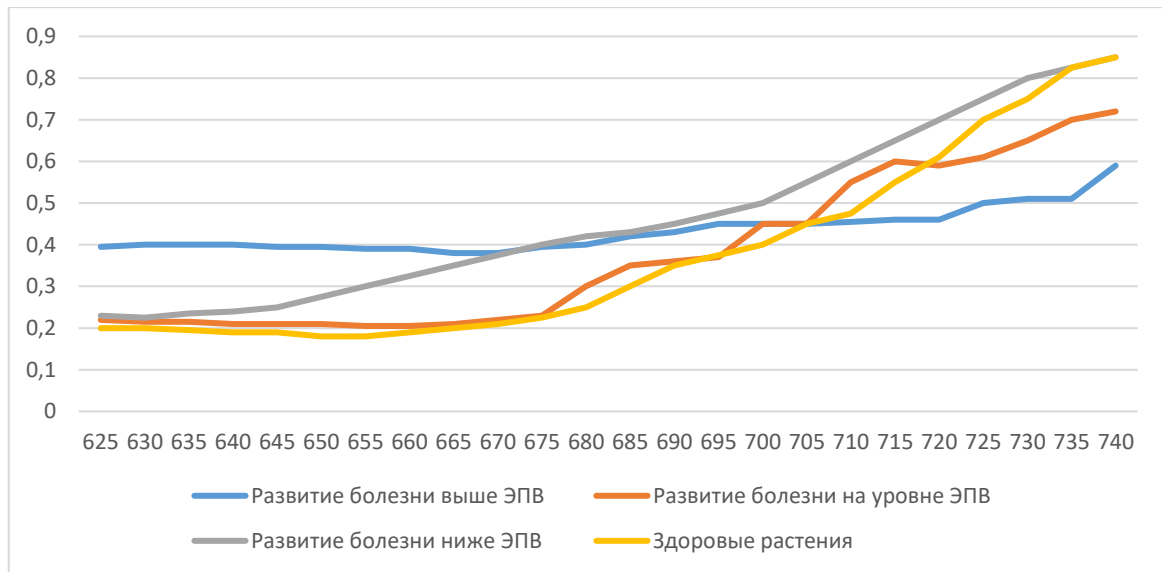


Рисунок 5 – Коэффициент спектральной яркости в зависимости от степени поражения растений озимой пшеницы пиренофорозом (красный участок спектра)

Более вариабельным участком спектра для изучения пиренофороза является красный диапазон. Процессы изменения спектральных образов требуют дальнейшего изучения.

Выводы: традиционные методы фитосанитарного мониторинга методом маршрутных обследований и визуального осмотра растений позволяют сделать достоверные выводы о фитосанитарном состоянии посевов сельскохозяйственных культур для принятия технологического решения в части защиты культуры от болезней. Однако зачастую они бывают слишком трудоемкими. Гиперспектральные данные, а именно - показатели коэффициента спектральной яркости, особенно, в красном диапазоне, позволяют выявить процесс заражения пиренофорозом еще на начальной стадии заражения, когда визуальные признаки в виде некроза еще не визуализируются.

В целом результаты исследований позволяют сделать вывод о необходимости оптимального сочетания наземных и дистанционных методов

фитосанитарного мониторинга для того, чтобы корректировать сроки защитных мероприятий и обосновывать выбор пестицидов.

Литература

1. Шпанев А. М., Смук В.В. Изменение спектральных характеристик культурных и сорных растений под влиянием минеральных удобрений в агроценозах Северо-Запада России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19, № 3. С. 165-177. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-3-165-177.

2. Бекмухамедов Н.Э., Н.Н. Карабкина Изменение спектральных характеристик растений яровой пшеницы зараженных грибковыми болезнями // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2013. № 10 [Электронный ресурс]. URL: <https://agro.snauka.ru/2013/10/1169>

3. Разработка прецизионных технологий фитосанитарного мониторинга агроэкосистем на основе использования данных дистанционного гиперспектрального зондирования Земли / Р. Ю. Данилов, В. Я. Исмаилов, В. А. Третьяков и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 82–86. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11019.

4. Спектральные характеристики сортов пшеницы при биотическом стрессе / Т. А. Гурова, Д. Н. Клименко, О. С. Луговская и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 71–75. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11016

5. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. Долженко В.И. С.Пб.: ВИЗР. 2009. 378 с.

6. Конькова Э. А., Лящева С. В. Желтая пятнистость листьев озимой мягкой пшеницы в Саратовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3(69). С. 67–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-67-71.

Literature

1. Shpanev A. M., Smuk V. V. Changes in the spectral characteristics of cultivated and weed plants under the influence of mineral fertilizers in agrocenoses of the North-West of Russia // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2022. Vol. 19, No. 3. Pp. 165-177. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-3-165-

177.

2. Bekmukhamedov N. E., N. N. Karabkina Changes in the spectral characteristics of spring wheat plants infected with fungal diseases // Agriculture, forestry and water management. 2013. No. 10 [Electronic resource]. URL: <https://agro.snauka.ru/2013/10/1169>

3. Development of precision technologies for phytosanitary monitoring of agroecosystems based on the use of Earth remote hyperspectral sensing data / R. Yu. Danilov, V. Ya. Ismailov, V. A. Tretyakov et al. // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. Vol. 32. No. 10. Pp. 82–86. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11019.

4. Spectral characteristics of wheat varieties under biotic stress / T. A. Gurova, D. N. Klimenko, O. S. Lugovskaya et al. // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2019. Vol. 33. No. 10. Pp. 71–75. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11016

5. Guidelines for registration tests of fungicides in agriculture / edited by V.I. Dolzhenko. St. Petersburg: VIZR. 2009. 378 p.

6. E. A. Konkova, S. V. Lyashcheva. Yellow leaf spot of winter soft wheat in the Saratov region // Grain Economy of Russia. 2020. No. 3 (69). P. 67–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-67-71.

© Шутко А.П., Ситников В.Н., Есаулко А.Н., Одинцов С.В., Иванников Д.И. 2024. *International agricultural journal*, 2024, №6, 2138-2153

Для цитирования: Шутко А.П., Ситников В.Н., Есаулко А.Н., Одинцов С.В., Иванников Д.И. Желтая пятнистость озимой пшеницы: к вопросу о методологии фитосанитарного мониторинга // *International agricultural journal*. 2024№6, 2138-2153