

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.50.3>

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПРЕПАРАТОМ НАГРО НА АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ФЛАГОВОГО ЛИСТА И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Научная статья

Намерешина О.Н.¹, Сорокун С.В.², Петрова Г.В.^{3*}, Филиппова А.В.⁴, Щукин В.Б.⁵

¹ORCID : 0000-0001-5399-7498;

³ORCID : 0000-0002-9127-9574;

⁴ORCID : 0000-0003-2665-5673;

⁵ORCID : 0000-0001-9540-6801;

¹ Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Российская Федерация

^{2,3,4,5} Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (petrova_ogau[at]mail.ru)

Аннотация

В работе установлено влияние предпосевной обработки семян озимой пшеницы препаратами Нагро на анатомическое строение флагового листа. Исследования проводились в Центральной зоне Оренбургской области 2019-2020 гг. В результате исследований отмечалось изменение толщины листовой пластинки, толщины и типа клеток мезофилла, соотношение типов клеток мезофилла, характера проводящих тканей (флоэмы и ксилемы), толщины эпидермиса и кутикулы. Установлена тесная корреляционная связь (0,76) урожайности с толщиной мезофилла (ассимилирующей ткани) флагового листа, при этом в варианте с обработкой семян препаратом Нагро биологическая урожайность составила 33,35 ц/га, что выше варианта без обработки семян на 7,55 ц/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, Нагро, обработка семян, флаговый лист, урожайность.

EFFECT OF SEED TREATMENT WITH NAGRO ON FLAG LEAF ANATOMY AND YIELD OF WINTER WHEAT

Research article

Namereshina O.N.¹, Sorokun S.V.², Petrova G.V.^{3*}, Filippova A.V.⁴, Shchukin V.B.⁵

¹ORCID : 0000-0001-5399-7498;

³ORCID : 0000-0002-9127-9574;

⁴ORCID : 0000-0003-2665-5673;

⁵ORCID : 0000-0001-9540-6801;

¹ Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

^{2,3,4,5} Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russian Federation

* Corresponding author (petrova_ogau[at]mail.ru)

Abstract

The influence of pre-sowing treatment of winter wheat seeds with Nagro drugs on the anatomical structure of the flag leaf has been established in the work. The research was conducted in the Central zone of Orenburg Oblast, 2019-2020. As a result of the research, changes in the thickness of the leaf lamina, thickness and type of mesophyll cells, the ratio of mesophyll cell types, the nature of conducting tissues (phloem and xylem), the thickness of epidermis and cuticle were observed. A close correlation relationship (0.76) of yield with the thickness of mesophyll (assimilating tissue) of flag leaf was established, with biological yield of 33.35 kg/ha in the variant with seed treatment with Nagro, which is 7.55 kg/ha higher than the variant without seed treatment.

Keywords: winter wheat, Nagro, seed treatment, flag leaf, yield.

Введение

В настоящее время одной из задач современной сельскохозяйственной науки является не только повышение продуктивности культур, но и снижение затрат на их возделывание. Предпосевная обработка семян различными препаратами, повышающими их всхожесть и устойчивость растений в факторах окружающей среды и болезням растений считается перспективным направлением повышения продуктивности сельскохозяйственных культур со снижением материальных и трудовых затрат [1], [2], [3].

В России в настоящее время успешно внедрен отечественный комплексный препарат со сбалансированным химическим составом, содержащим в доступной форме компоненты необходимые для жизнедеятельности растений. Биопрепарат Нагро – это комплексное удобрение, в состав которого входят комплексы важнейших макро-, микро- и мезоэлементов, витаминов, споры бактерий, аминокислоты, фитогормоны (ауксины, этилен) в наночастицах [2], [4], [5], обеспечивает более полное усвоение растениями. Таким образом достигается увеличение всхожести, улучшение роста и развития растений, а также их устойчивости к неблагоприятным факторам среды: резким перепадам температур, заморозкам, засухе и суховеям.

Влияние предпосевной обработки семян на анатомические параметры органов и тканей пшеницы ранее не проводилось. В то же время известно, что в формировании урожая доля флагового листа составляет более 40%, известно также, что флаговый лист пшеницы является достаточно лабильным и его анатомическое строение в значительной мере зависит от влияния внешних факторов и состояния самого растения [6]. В условиях Южного Урала

влияние неблагоприятных факторов среды на флаговый лист растений пшеницы достаточно выражено, что безусловно влияет на биометрические параметры растения.

Целью нашей работы было определить характер влияния предпосевной обработки семян пшеницы сорта Пионерская 32 комплексным биопрепаратом Нагро на анатомическое строение флагового листа и урожайность культуры.

Методы и принципы исследования

Опыты проводились в 2019-2020 гг. на базе учебно-опытного хозяйства Оренбургского государственного аграрного университета на черноземах южных с использованием общепринятой методики проведения полевых экспериментов [7].

Объектом исследования была озимая пшеница сорта Пионерская 32 селекции Оренбургского государственного аграрного университета. Препаратом Нагро семена пшеницы обрабатывались перед посевом в дозе 0,5л/т семян. Контролем служил вариант с обработкой семян водой

Изучение анатомии флагового листа пшеницы сорта Пионерская 32 проводили на свежих образцах растений. Срезы делали со средних частей флагового листа растений в количестве не менее 10 раз, а затем рассчитывали средние значения показателей и ошибку средней. Микропрепараты изготавливались согласно методам, принятым в ботанике и гистологии [8], [9]. Исследуемые образцы выдерживали сутки в растворе молекулярного фиксатора, после чего вырезали фрагменты флагового листа и подвергали автоматической гистологической доводке в аппарате Tissue Tech Xpress (Sakura, Япония). Затем изготавливали парафиновые блоки с объектом, с которых делали серийные срезы. Срезы депарафинировали в ксилоле и обезжелезивали жавелевой водой, а затем окрашивали гематоксилином и эозином по стандартной методике

Полученные микропрепараты флагового листа изучали с помощью микроскопа марки Nikon Eclipse 50i (Nikon, Япония) с цифровой камерой. Морфометрию проводили с использованием программы Adobe Photoshop CS5, с инструментом «Линейка», размеры указывали в пикселях и далее переводили в микрометры решением обычной пропорции. Выявление слизей и их локализацию проводили на свежих листьях растений используя методы, изложенные в отечественной литературе [9]. Наличие и локализацию слизистых вместилищ на микропрепаратах флагового листа выявили при использовании микрохимических реакций, показавших окрашивание, характерные для данной группы соединений: с раствором метиленового синего (1:500%, дающие сине-голубое окрашивание; 10%-м раствором аммиака – желтое окрашивание; с концентрированным раствором сульфата меди и 50% раствором едкого калия, показавших голубое окрашивание); с раствором бензидина – желтое или оранжевое окрашивание.

Оценка биологической урожайности озимой пшеницы сорта Пионерская проводилась по методикам, изложенным в фундаментальных источниках [7].

Результаты и обсуждение

Результаты анализа влияния препарата Нагро на анатомическое строение флагового листа и биологическую урожайность представлены в таблице 1 и рисунках 1-2.

Таблица 1 - Анатомические показатели флагового листа пшеницы

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.50.3.1>

№ п/п	Образцы флагового листа	Толщина пластинок и листа	Толщина мезофилла	Толщина клеток верхней эпидермисы	Толщина клеток верхней эпидермисы	Кутикула верхней стороны листа	Кутикула нижней стороны листа	Дифференциация мезофилла		Диаметр сосудов протоксилемы	Диаметр сосудов метаксилемы	Участки слизей	Урожайность (ц/га)
								Клетки продол. флор Выс/ширин	Кл. округ, овальный и др Диаметр				
1	Контроль, мкм	43,5	30,7	3,2	2,9	0,49	0,42,	4,6/1,2	4,7	2,7	3,1	Мелкие	25,8
2	Нагро, мкм	49,5	43,2	3,3	3,2	0,44	0,44	8,17/3,14	4,8	5,0	9,5	Крупные	33,35

Примечание: 2020 г

По результатам исследования установлено, что флаговый лист *Triticum vulgare* L. в контроле (без предпосевной обработки биопрепаратами) на поперечном срезе имеет строение в целом характерное для видов рода пшеницы [10], [11], [12].

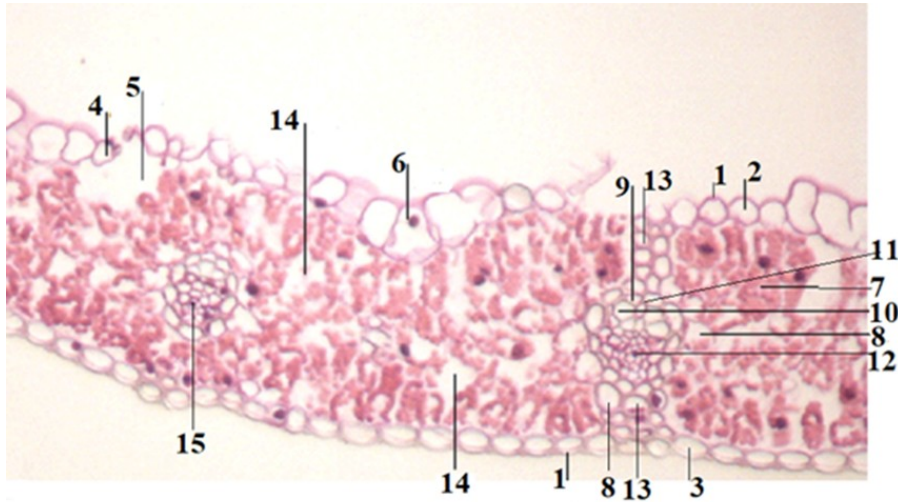


Рисунок 1 - Поперечный срез флагового листа *Triticum vulgare* не прошедшего предпосевную обработку семян: 1 - кутикула; 2 - эпидермис верхней стороны листа; 3 - эпидермис нижней стороны листа; 4 - устьице; 5 - оздухоносная полость; 6 - шарнирные клетки; 7 - мезофилл; 8 - паренхимная обкладка пучка; 9 - протоксилема; 10 - метаксилема; 11 - волокна либриформа; 12 - флоэма; 13 - склеренхима; 14 - вместилища слизей; 15 – боковой проводящий пучок
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.50.3.2>

Примечание: контроль; ув. 200

Толщина листовой пластинки (контроль) составила в среднем 43,5 мкм (табл.1, рис. 1). Эпидермис верхней стороны флагового листа представлен клетками квадратной формы толщиной около 3,2 мкм, среди которых имеются крупные шарнирные (моторные) клетки. Эпидермис нижней стороны листа состоит из клеток прямоугольной формы слегка вытянутых в тангентальном направлении толщиной до 3,0 мкм. Кутикула имеется на обеих сторонах листа хорошо выраженная толщиной до 0,5 мкм. Устьица были отмечены нами только на верхней стороне флагового листа

Мезофилл флагового листа пшеницы в контроле имеет среднюю толщину около 30,7 мкм и представлен губчатой паренхимой, дифференцированной на различные по форме и размерам клетки: овальные, округлые и продолговатые, рассредоточенные по всей пластинке (табл.1, рис.1). Основная часть мезофилла представлена клетками (до 80%) овальной и округлой формы, рассредоточенными по всей пластинке листа Эти клетки разделены слабо выраженной перетяжкой на лопасти-ячейки в количестве двух единиц. Подобное наблюдается в листьях некоторых злаковых культур [13] и некоторых сортов пшеницы [11], [12]. При этом клетки продолговатой формы составляют незначительную часть мезофилла (до 12%) и примыкают к эпидермису с обеих сторон листа. Клетки продолговатой формы также разделены едва заметной перетяжкой на ячейки в количестве двух-трех единиц. Кроме отмеченных выше, в мезофилле флагового листа, встречаются также одноячейстые клетки (до 8%), не имеющие перетяжек и представленные как паренхимные образования табл.1,рис.2). Отношение толщины клеток продолговатой формы к другим клеткам мезофилла находится в соответствующих пределах (0,82:1), что указывает на мезоморфность растения [8].

Таким образом, флаговый лист исследуемой пшеницы (образец 1) имеет строение, характерное для злаков с губчатой паренхимой дифференцированной на различные по форме и размерам клетки. Преобладание в мезофилле клеток овальной и округлой формы, разделенных слабо выраженной перетяжкой на лопасти-ячейки, увеличивает общий объем тканей флагового листа.

В центре пластинки листа расположен один проводящий пучок коллатерального типа, окруженный паренхимной обкладкой с хорошо заметными проводящими тканями (рис. 1).

В ксилеме наблюдаются мелкие сосуды протоксилемы с диаметром до 2,7 и метаксилемы – 3,1 мкм. Флоэма в пучке мелкоклеточная и состоит из ситовидных трубок, их спутниц и паренхимы (табл.1, рис.1). С верхней и нижней стороны пучка, за паренхимной обкладкой, расположена слабо развитая склеренхима, с более крупными клетками с верхней стороны. Склеренхима пронизывает всю пластинку листа до клеток эпидермиса с обеих сторон. Склеренхима состоит из клеток средних размеров, примыкающих к пучку с обеих сторон.

В мезофилле флагового листа располагаются боковые проводящие пучки, сосредоточенные в жилках. В пучке имеются слабо развитые элементы проводящих тканей – флоэма и ксилема. Флоэма в пучке мелкоклеточная, состоящая из ситовидных трубок и их спутниц. Ксилема представлена мелкими сосудами. В боковых проводящих пучках присутствуют только мелкие участки проводящих тканей.

Слизи, в виде мелких участков, хаотично рассредоточены по всей пластинке флагового листа. Слизи выявлены на микропрепаратах листа изготовленных из свежих растений, с использованием микрохимических реакций, дающих характерное окрашивание на данную группу соединений [9].

Ниже (рис.2) представлены результаты исследования анатомических особенностей флагового листа растения пшеницы прошедшие предпосевную обработку семенного материала препаратом Нагро. Результаты проведенного исследования позволили нам выявить некоторые изменения биометрических параметров структуры флагового листа пшеницы семена которой прошли предпосевную обработку биопрепаратом Нагро.

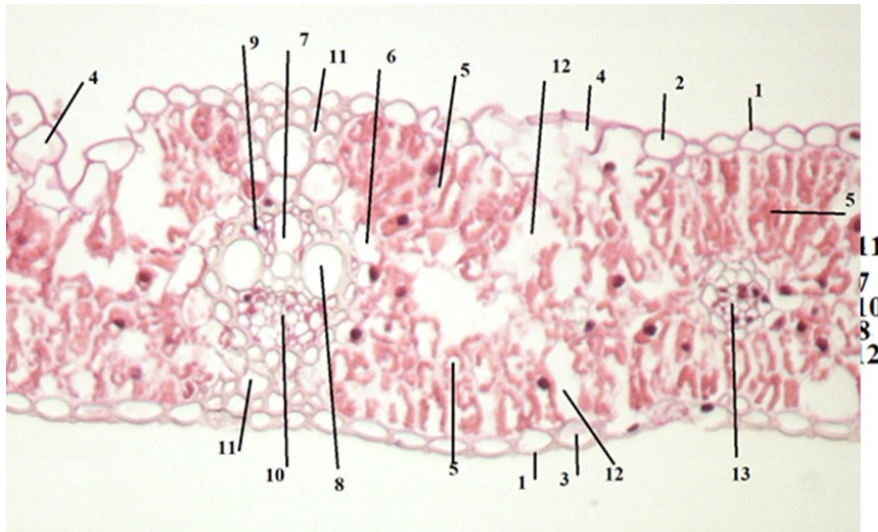


Рисунок 2 - Поперечный срез флагового листа пшеницы семена которой прошли предпосевную обработку биопрепаратом Нагро:

1 – кутикула; 2 – эпидермис верхней стороны листа; 3 – эпидермис нижней стороны листа; 4 – шарнирные клетки; 5 – мезофилл; 6 – паренхимная обкладка пучка; 7 – протоксилема; 8 – метаксилема; 9 – волокна либриформа; 10 – флоэма; 11 – склеренхима; 12 – вместилища слизи; 13 – боковой проводящий пучок

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.50.3.3>

Примечание: ув. 200

Флаговый лист растений пшеницы после обработки семян Нагро также строение, характерное для видов рода *Triticum L.* При этом на поперечном срезе толщиной листовой пластинки в среднем составляет около 49,5 мкм, что на 13,7% превышает контрольные показатели (табл. 1, рис. 2).

Клетки эпидермиса верхней и нижней стороны листа (вариант с Нагро) прямоугольной формы толщиной до 3,3 мкм (с верхней стороны) и овальные, слегка вытянутые в тангентальном направлении толщиной до 3,2 мкм (с нижней стороны), что также несколько выше контрольных показателей. На эпидермисе верхней и нижней стороны флагового листа пшеницы, обработанной Нагро, имеется хорошо выраженная кутикула толщиной до 0,44 мкм (табл.1).

Мезофилл флагового листа пшеницы после обработки Нагро имеет среднюю толщину около 43,2 мкм (до 50 мкм) и представлен губчатой паренхимой, дифференцированной на две группы клеток различных по форме и размерам (табл. , рис. 2), рассредоточенных по всему мезофиллу и перемешивающихся между собой.

Толщина ассимилирующей ткани таким образом превышает контрольные показатели на 22,8%.

Клетки продолговатой формы составляют в исследуемых образцах флагового листа более половины мезофилла (до 55%) с высотой и шириной 8,17/3,14, соответственно (рис. 2, табл.1), что значительно превышает контрольные показатели. Преобладают клетки продолговатой формы, примыкающие к эпидермису верхней и нижней стороны пластинки листа и разделенные слабо выраженной перетяжкой на лопасти-ячейки до трех единиц (табл.1, рис. 2), что уже отмечалось для некоторых видов злаковых культур [11], [12]. Клетки овальной и округлой формы составляют около 35% и также имеют слабо заметную перетяжку, делящую их на две ячейки (рис. 2, табл.1). Одноячейчатые клетки лишены перетяжек составляют незначительный объем (около 10%) мезофилла (табл. 1, рис. 2). Отношение толщины клеток продолговатой формы к другим клеткам мезофилла находится в пределах 1,3:1, что указывает на мезоморфность растения с тенденцией к ксерофитизации [8], [10].

Слизи в виде крупных лизигенных вместилищ рассредоточены по всему мезофиллу флагового листа пшеницы и значительно крупнее, чем в контрольных образцах не проходивших предпосевную обработку.

Указанное свидетельствует о повышенной способности растений пшеницы к накоплению резервов воды и питательных веществ, что повышает устойчивость в негативным внешним факторам.

Диаметр центрального проводящего пучка здесь значительно крупнее, чем у растений пшеницы не прошедших предпосевную обработку Нагро. Проводящие и механические ткани хорошо выражены. Флоэма состоит из ситовидных трубок, их спутниц и лубяной паренхимы, а ксилема представлена крупными сосудами метаксилемы с диаметром до 10 мкм, более мелкими – протоксилемы до 5 мкм и волокнами либриформа. Следует отметить, что

диаметр проводящих сосудов прото- и метаксилемы при этом существенно больше, чем в контрольных образцах. Механическая ткань – склеренхима флагового листа представлена крупными участками клеток, более выраженных с верхней стороны Склеренхима вместе с проводящим пучком пронизывают всю пластинку листа до эпидермальных клеток. Боковые проводящие пучки здесь окружены паренхимной обкладкой и в диаметре сопоставимы с показателями для растений контроля. Во флоэме боковых пучков отмечены многочисленные ситовидные трубки и их спутники, а в ксилеме – значительное число мелких сосудов.

Результаты определения биологической урожайности озимой пшеницы сорта Пионерская 32 по результатам опыта представлены в таблице 1 и максимальная урожайность характерна для образцов обработанных биопрепаратом Нагро (33,35 ц/га).

Как известно, тепловой стресс наряду с дефицитом воды на репродуктивной стадии развития пшеницы является фактором, приводящим к снижению производства пшеницы во многих странах, в том числе и в южных областях России. При этом флаговый лист играет ключевую роль в ассимиляции и определяет устойчивости пшеницы к негативным факторам среды в терминальной фазе роста [1], [6], [12], [14]. Как известно из литературы, фотосинтетическая активность флаговых листьев в значительной мере обеспечивает урожайность различных сортов пшеницы [15], [16]. Однако сведений о влиянии воздействия засушливого климата и гипертермии на анатомические параметры флагового листа пшеницы немного. И полностью отсутствуют данные о влиянии биопрепаратов на анатомические параметры растений пшеницы. В то же время изучение указанных закономерностей представляет немалый интерес для биологической науки и сельского хозяйства.

С одной стороны информация о структуре и объеме ассимилирующих тканей позволяет косвенно судить о жизнеспособности, адаптивных резервах и продуктивности растений. С другой стороны диаметр сосудов ксилемы и размеры проводящих пучков связаны с физическими параметрами водообменной растений. Так, например, что всасывание воды из почвы и транспорт ее в ассимиляционные ткани злаков может идти более интенсивно именно по мелким капиллярам (сосудам ксилемы), что может способствовать повышению урожайности в засушливых зонах земного шара. В то же время значительный диаметр сосудов ксилемы позволяет оперировать большими объемами влаги. Влияние параметров проводящих тканей на продуктивность видов растений засушливых местообитаний требует безусловно дополнительных исследований

По результатам исследования установлено, что предпосевная обработка семян озимой пшеницы сорта Пионерская 32 селекции ОГАУ комплексным биопрепаратом Нагро приводит к увеличению урожайности по сравнению с контролем. Указанные результаты подтверждают литературные данные полученные для других сортов и форм злаковых растений [4], [18], [19].

При этом количественные показатели биологической урожайности демонстрируют высокий уровень корреляции (0,76) с толщиной мезофилла (ассимилирующей ткани) флагового листа. В образцах флагового листа пшеницы, прошедшей предпосевную обработку препаратом Нагро, отмечается укрупнение слизистых вместилищ (резерв воды и энергетических субстратов). Также можно отметить наличие в мезофилле листа клеток столбчатой формы.

Заключение

Анализируя анатомические особенности растений озимой пшеницы сорта «Пионерская 32», выращиваемой на опытном участке ОГАУ, с предварительной предпосевной обработкой семян комплексным биопрепаратом Нагро, следует отметить, что:

Все исследуемые образцы флагового листа имеют строение характерное для видов рода *Triticum L.* [13].

Толщина мезофилла как основной ассимилирующей ткани у растений пшеницы с предпосевной обработкой семян препаратом Нагро составляет 43,2 мкм, что на 12,5 мкм больше контрольного варианта.

Мезофилл представлен губчатой паренхимой, дифференцированной на различные типы клеток, соотношение которых в листовой паренхиме различно:

– в контрольном варианте в мезофилле преобладают клетки (до 80%) овальной и округлой формы;

– в образцах, обработанных биопрепаратом Нагро, более половины мезофилла составляют клетки продолговатой формы, что вероятно способствует оптимизации ассимиляционных процессов.

Во всех исследуемых образцах нами впервые обнаружены слизистые вместилища рассредоточенные по всему мезофиллу листа содержащие резерв воды и энергетических субстратов. Визуально наиболее крупные явно лизигенные вместилища слизи обнаружены в растениях, прошедших обработку препаратом Нагро.

Величина биологической урожайности пшеницы демонстрирует тесную корреляцию (0,76) с толщиной мезофилла (основной ассимилирующей ткани) флагового листа и составляет в варианте с обработкой семян препаратом Нагро 33,35 ц/га, что выше контрольного варианта на 7,55 ц/ (Таблиц 1).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Ярцев Г.Ф. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян протравителями на южных чернозёмах Оренбургской области / Г.Ф. Ярцев, Р.К. Байкашенов, М.П. Зайцева [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2020. — № 2 (82). — С. 56–58.
2. Badr E.A. Interaction effect of biological and organic fertilizers on yield and yield components of two wheat cultivars / E.A. Badr [et al.] // Egyptian Journal of Agronomy. — 2009. — Vol. 31. — № 1. — P. 17–27.
3. Пинчук Л.Г. Оценка влияния биоорганического удобрения Нагро на урожайность пшеницы в Кузнецкой лесостепи / Л.Г. Пинчук, И.О. Белоус, Д.Н. Аланкина [и др.] // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике. — 2017. — С. 371–375.
4. Белоус И.О. Эффективность биологических удобрений в производстве яровой и озимой пшеницы (на примере биоорганического наноудобрения «Нагро») / И.О. Белоус, Л.Г. Пинчук // Тенденции сельскохозяйственного производства в современной России. — 2014. — С. 15–19.
5. Аланкина Д.Н. Влияние предпосевной обработки семян биоорганическим удобрением «Нагро» на урожайность яровой пшеницы / Д.Н. Аланкина, Л.Г. Пинчук // Кузбасс: Образование, наука, инновации. — 2017. — С. 286–287.
6. Набеева Р.А. Влияние некоторых фунгицидных препаратов на окислительно-восстановительный обмен растений пшеницы / Р.А. Набеева [и др.] // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 5. — С. 673–673.
7. Буракаева А.Д. Перспективы использования *Nuromusces odoratus* для получения фунгицидного препарата на отходах животноводства / А.Д. Буракаева, Г.В. Петрова // Достижения науки и техники АПК. — 2020. — Т. 34. — № 12.
8. Selim D.A.F.H. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions / D.A.F.H. Selim [et al.] // Plant physiology and biochemistry. — 2019. — Vol. 135. — P. 480–488.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М.: Книга по Требованию, 2012. — 352 с.
10. Баранов П.А. К методике количественно-анатомического изучения растения. Распределение устьиц / П.А. Баранов // Бюллетень Среднеазиатского государственного университета. — 1924. — № 7. — С. 1–6.
11. Долгова А.А. Руководство к практическим занятиям по фармакогнозии / А.А. Долгова, Е.Я. Ладыгина. — М.: Медицина, 1977. — 275 с.
12. Эсау К. Анатомия цветковых растений / К. Эсау. — М.: Наука, 1992. — 462 с.
13. Культиасов М.В. Эколого-исторический метод в интродукции растений / М.В. Культиасов // Бюлл. Гл. бот. сада. — 1953. — Вып. 53. — С. 24–28.
14. Даштоян Ю.В. Структура мезофилла пластинки листьев пшеницы / Ю.В. Даштоян, С.А. Степанов, М.Ю. Касагкин // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. — 2013. — № 11.
15. Zagdańska B. Water stress-induced changes in morphology and anatomy of flag leaf of spring wheat / B. Zagdańska, J. Kozdój // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. — 1994. — Vol. 63. — № 1. — P. 61–66.
16. Бурундукова О.Л. Структура ассимиляционного аппарата сортов риса экстенсивного и интенсивного типов в условиях Приморья / О.Л. Бурундукова [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. — СПб.: ВИР, 1993. — Т. 149. — С. 26–32.
17. Sattar A. Terminal drought and heat stress alter physiological and biochemical attributes in flag leaf of bread wheat / A. Sattar [et al.] // Plos one. — 2020. — Vol. 15. — № 5. — P. e0232974.
18. Carmo-Silva E. Phenotyping of field-grown wheat in the UK highlights contribution of light response of photosynthesis and flag leaf longevity to grain yield / E. Carmo-Silva E. [et al.] // Journal of Experimental Botany. — 2017. — Vol. 68. — № 13. — P. 3473–3486.
19. Khaliq I. Awns and flag leaf contribution towards grain yield in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) / I. Khaliq, A. Irshad, M. Ahsan // Cereal Research Communications. — 2008. — Vol. 36. — № 1. — P. 65–76.
20. Неверов А.А. Современные тенденции изменения климата в Оренбургской области (цикл статей по теме «исследования методами нейросетевого анализа влияния региональных изменений климата на продуктивность агрофитоценозов») / А.А. Неверов // Животноводство и кормопроизводство. — 2015. — № 1 (89).
21. Немерешина О.Н. Анатомио-морфологические особенности перспективного растения степного Урала *Plantago maxima* Juss. et Jacq / О.Н. Немерешина, Н.Ф. Гусев // Биофармацевтический журнал. — 2015. — Т. 7. — № 4. — С. 22–30.
22. Popko M. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat / M. Popko [et al.] // Molecules. — 2018. — Vol. 23. — № 2. — P. 470.
23. Minikayev R.V. Influence of calculated doses of mineral fertilizers and biological products during presowing seed treatment on barley yield / R.V. Minikayev, I.P. Talanov, R.M. Ganeeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — IOP Publishing, 2019. — Vol. 341. — № 1. — P. 012086.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Jarcev G.F. Produktivnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v zavisimosti ot predposevnoy obrabotki semjan protравiteljami na juzhnyh chernozjomah Orenburgskoj oblasti [Productivity and quality of winter wheat grains depending on the pre-sowing treatment of seeds by etchants in the southern chernozems of the Orenburg region] / G.F. Jarcev, R.K. Bajkasenov, M.P. Zajceva [et al.] // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. — 2020. — № 2 (82). — P. 56–58. [in Russian]
2. Badr E.A. Interaction effect of biological and organic fertilizers on yield and yield components of two wheat cultivars / E.A. Badr [et al.] // Egyptian Journal of Agronomy. — 2009. — Vol. 31. — № 1. — P. 17–27.

3. Pinchuk L.G. Ocenka vlijanija bioorganicheskogo udobrenija Nagro na urozhajnost' pshenicy v Kuzneckoj lesostepi [Assessment of the impact of bioorganic fertilization of Nagro on wheat yield in the Kuznetsk forest-steppe] / L.G. Pinchuk, I.O. Belous, D.N. Alankina [et al.] // *Sovremennye tendencii sel'skhozajstvennogo proizvodstva v mirovoj jekonomike* [Current trends in agricultural production in the global economy]. — 2017. — P. 371–375. [in Russian]
4. Belous I.O. Jeftektivnost' biologicheskikh udobrenij v proizvodstve jarovoj i ozimoj pshenicy (na primere bioorganicheskogo nanoudobrenija «Nagro») [The effectiveness of biological fertilizers in the production of spring and winter wheat (using the example of bioorganic nano-fertilizer "Nagro")] / I.O. Belous, L.G. Pinchuk // *Tendencii sel'skhozajstvennogo proizvodstva v sovremennoj Rossii* [Agricultural production trends in modern Ross]. — 2014. — P. 15–19. [in Russian]
5. Alankina D.N. Vlijanie predposevnoj obrabotki semjan bioorganicheskim udobreniem «Nagro» na urozhajnost' jarovoj pshenicy [Effect of pre-sowing seed treatment with bioorganic fertilizer "Nagro" on the yield of spring wheat] / D.N. Alankina, L.G. Pinchuk // *Kuzbass: Obrazovanie, nauka, innovacii* [Kuzbass: Education, science, innovation]. — 2017. — P. 286–287. [in Russian]
6. Nabeeva R.A. Vlijanie nekotoryh fungicidnyh preparatov na okislitel'no-vosstanovitel'nyj obmen rastenij pshenicy [Effect of some fungicidal preparations on the oxidation-reduction metabolism of wheat plants] / R.A. Nabeeva [et al.] // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija* [Modern problems of science and education]. — 2015. — № 5. — P. 673–673. [in Russian]
7. Burakaeva A.D. Perspektivy ispol'zovanija *Hypomyces odoratus* dlja poluchenija fungicidnogo preparata na othodah zhivotnovodstva [Prospects for using *Hypomyces odoratus* to obtain a fungicide on livestock waste] / A.D. Burakaeva, G.V. Petrova // *Dostizhenija nauki i tehniki APK* [Achievements of science and technology in the agro-industrial complex]. — 2020. — Vol. 34. — № 12. [in Russian]
8. Selim D.A.F.H. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions / D.A.F.H. Selim [et al.] // *Plant physiology and biochemistry*. — 2019. — Vol. 135. — P. 480–488.
9. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dosphehov. — M.: Book on Demand, 2012. — 352 p. [in Russian]
10. Baranov P.A. K metodike kolichestvenno-anatomicheskogo izuchenija rastenija. Raspredelenie ust'ic [On the methodology of quantitative-anatomical study of plants. Distribution of stomata] / P.A. Baranov // *Bjulliten' Sredneaziatskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Central Asian State University]. — 1924. — № 7. — P. 1–6. [in Russian]
11. Dolgova A.A. Rukovodstvo k prakticheskim zanjatijam po farmakognozii [Guide to practical classes in pharmacognosy] / A.A. Dolgova, E.Ja. Ladygina. — M.: Medicina, 1977. — 275 p. [in Russian]
12. Jesau K. Anatomija cvetkovyh rastenij [Anatomy of flowering plants] / K. Jesau. — M.: Nauka, 1992. — 462 p. [in Russian]
13. Kul'tiasov M.V. Jekologo-istoricheskij metod v introdukcii rastenij [Ecological and historical method in plant introduction] / M.V. Kul'tiasov // *Bjull. Gl. bot. sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden]. — 1953. — Iss. 53. — P. 24–28. [in Russian]
14. Dashtojan Ju.V. Struktura mezofilla plastinki list'ev pshenicy [Structure of the mesophyll of the leaf blade of wheat] / Ju.V. Dashtojan, S.A. Stepanov, M.Ju. Kasatkin // *Bjulliten' botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Botanical Garden of Saratov State University]. — 2013. — № 11. [in Russian]
15. Zagdańska B. Water stress-induced changes in morphology and anatomy of flag leaf of spring wheat / B. Zagdańska, J. Kozdój // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. — 1994. — Vol. 63. — № 1. — P. 61–66.
16. Burundukova O.L. Struktura assimiljacionnogo apparata sortov risa jekstensivnogo i intensivnogo tipov v uslovijah Primor'ja [The structure of the assimilation apparatus of rice varieties of extensive and intensive types in Primorye conditions] / O.L. Burundukova [et al.] // *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii* [Works on applied botany, genetics and breeding]. — SPb.: VIR, 1993. — Vol. 149. — P. 26–32. [in Russian]
17. Sattar A. Terminal drought and heat stress alter physiological and biochemical attributes in flag leaf of bread wheat / A. Sattar [et al.] // *Plos one*. — 2020. — Vol. 15. — № 5. — P. e0232974.
18. Carmo-Silva E. Phenotyping of field-grown wheat in the UK highlights contribution of light response of photosynthesis and flag leaf longevity to grain yield / E. Carmo-Silva E. [et al.] // *Journal of Experimental Botany*. — 2017. — Vol. 68. — № 13. — P. 3473–3486.
19. Khaliq I. Awns and flag leaf contribution towards grain yield in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) / I. Khaliq, A. Irshad, M. Ahsan // *Cereal Research Communications*. — 2008. — Vol. 36. — № 1. — P. 65–76.
20. Neverov A.A. Sovremennye tendencii izmenenija klimata v Orenburgskoj oblasti (cikl statej po teme «issledovanija metodami nejrosetevogo analiza vlijanija regional'nyh izmenenij klimata na produktivnost' agrofytocenzov») [Modern trends in climate change in the Orenburg region (a series of articles on the topic "studies of the impact of regional climate change on the productivity of agrophytocenoses using neural network analysis methods")] / A.A. Neverov // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal husbandry and forage production]. — 2015. — № 1 (89). [in Russian]
21. Nemereshina O.N. Anatomico-morfologicheskie osobennosti perspektivnogo rastenija stepnogo Urala *Plantago maxima* Juss. et Jacq [Anatomical and morphological features of a promising plant of the steppe Urals *Plantago maxima* Juss. et Jacq] / O.N. Nemereshina, N.F. Gusev // *Biofarmaceuticheskij zhurnal* [Biopharmaceutical journal]. — 2015. — Vol. 7. — № 4. — P. 22–30. [in Russian]
22. Popko M. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat / M. Popko [et al.] // *Molecules*. — 2018. — Vol. 23. — № 2. — P. 470.

23. Minikayev R.V. Influence of calculated doses of mineral fertilizers and biological products during presowing seed treatment on barley yield / R.V. Minikayev, I.P. Talanov, R.M. Ganeeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — IOP Publishing, 2019. — Vol. 341. — № 1. — P. 012086.