

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО/GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.161.32>

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИСТОВОГО АППАРАТА И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯТРОВ РОСТА В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Научная статья

Карпова Г.А.^{1,*}, Теплицкая Д.Г.²¹ ORCID : 0000-0002-3719-190X;^{1,2} Пензенский государственный университет, Пенза, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (pashin2205[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты исследований влияния регуляторов роста Мелафен, Циркон, Рибав-Экстра, Эпин-Экстра, Мивал-Агро и Крезацин (предпосевная обработка семян) на развитие листовой поверхности растений яровой мягкой пшеницы и ярового ячменя и зависимости урожайности данных культур от формирования листового аппарата в онтогенезе. Исследования проведены в почвенно-климатических условиях Пензенской области с закладкой полевых мелкоделяночных опытов в 2011–2013 (ГТК 0,93–1,39) и 2017–2019 (ГТК 0,66–1,26) годах на коллекционном участке Пензенского ГАУ (почвы — чернозем выщелоченный легкосуглинистый среднесиловый, фон — естественное плодородие).

Растения яровой мягкой пшеницей Тулайковская 10 в фазу кущения в среднем за три года (2011–2013) формировали листовую поверхность в пределах 40,33–51,12 см² по вариантам опыта включая контроль и в фазу колошения — 77,93–102,13 см². У растений яровой мягкой пшеницы Экада 113 и растений ярового ячменя Сурский фаворит (2017–2019) она составляла 19,55–33,48 см² и 17,22–28,78 см² (кущение); 62,50–95,36 см² и 52,23–81,45 см² (колошение) соответственно. Под действием препаратов листовая поверхность 1 растения (кущение) увеличивалась на 19,3–26,7% (Тулайковская 10), 19,9–71,3% (Экада 113) и 44,9–67,3% (Сурский фаворит). Стимулирующее воздействие снижалось по мере взросления растений независимо от культуры и используемого препарата. Превосходство в развитие листового аппарата на ювенильном этапе имело значение при переходе растений к репродукции. В фазу колошения листовая поверхность агроценоза пшеницы Тулайковская 10 составляла 27,80–38,41 тыс.м²/га, пшеницы Экада 113 — 25,54–41,58 тыс.м²/га и ячменя — то 21,66–36,51 тыс. м²/га. Корреляционно-регрессионный анализ демонстрировал взаимосвязь показателей площади листовой поверхности (колошение) изучаемых агроценозов и урожайности культур. В опытах с пшеницей Тулайковская 10 определена высокая положительная взаимосвязь (коэффициенты корреляции и детерминации R = 0,83, D = 0,6889), показана прямая зависимость на пшенице Экада 113 (R = 0,96, D = 0,9216) и ячмене (R = 0,99, D = 0,9801). Отмечено, что в вариантах, где снижение площади листовой поверхности посевов от колошения к молочно-восковой спелости было наиболее выраженным, фиксировался наиболее высокий урожай зерна: на пшенице Тулайковская 10 — 2,38 т/га (Мелафен), 2,50 т/га (Рибав-Экстра); на пшенице Экада 113 — 3,16 т/га (Рибав-Экстра), 3,25 т/га (Крезацин); на ячмене — 3,28 т/га (Крезацин), 3,31 т/га (Рибав-Экстра).

Ключевые слова: регуляторы роста, площадь листовой поверхности растений, урожайность, яровая мягкая пшеница, яровой ячмень.

THE RELATIONSHIP BETWEEN LEAF APPARATUS FORMATION AND PLANT PRODUCTIVITY WHEN USING GROWTH REGULATORS IN GRAIN CROPS CULTIVATION TECHNOLOGY

Research article

Karpova G.A.^{1,*}, Teplitskaya D.G.²¹ ORCID : 0000-0002-3719-190X;^{1,2} Penza State University, Penza, Russian Federation

* Corresponding author (pashin2205[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of studies on the effect of growth regulators Melafen, Zircon, Ribav-Extra, Epin-Extra, Mival-Agro, and Cresacin (pre-sowing seed treatment) on the development of the leaf area of common spring wheat and spring barley plants and the dependence of the yield of these crops on the formation of the leaf apparatus during ontogenesis. The research was conducted in the soil and climatic conditions of Penza Oblast with small-plot field experiments in 2011–2013 (HTI 0.93–1.39) and 2017–2019 (HTI 0.66–1.26) on the collection plot of the Penza State Agricultural University (soils — leached black earth, sandy-loam, medium thickness, background — natural fertility).

Plants of common spring wheat Tulaykovskaya 10 in the tillering phase formed a leaf surface area of 40.33–51.12 cm² across the experimental variants, including the control, and in the heading phase — 77.93–102.13 cm² on average over three years (2011–2013). In common spring wheat plants Ekada 113 and spring barley plants Sursky Favourite (2017–2019), it was 19.55–33.48 cm² and 17.22–28.78 cm² (tillering); 62.50–95.36 cm² and 52.23–81.45 cm² (tilling), respectively. Under the influence of the drugs, the leaf surface area of 1 plant (tillering) increased by 19.3–26.7% (Tulaykovskaya 10), 19.9–71.3% (Ekada 113) and 44.9–67.3% (Sursky Favourite). The stimulating effect decreased as the plants matured, regardless of the crop and the drug used. The superiority in leaf development at the juvenile stage was important when the plants transitioned to reproduction. During the heading phase, the leaf area of the Tulaykovskaya 10 wheat agroecosystem was 27.80–38.41 thousand

m²/ha, Ekada 113 wheat — 25.54–41.58 thousand m²/ha, and barley — 21.66–36.51 thousand m²/ha. Correlation and regression analysis demonstrated the relationship between leaf area (heading stage) indicators of the studied agrocenoses and crop yields. In experiments with Tulaykovskaya 10 wheat, a high positive correlation was determined (correlation and determination coefficients $R = 0.83$, $D = 0.6889$), a direct dependence was shown for Ekada 113 wheat ($R = 0.96$, $D = 0.9216$) and barley ($R = 0.99$, $D = 0.9801$). It was noted that in the variants where the decrease in the leaf surface area of crops from heading to milky-wax ripeness was most pronounced, the highest grain yield was recorded: on Tulaykovskaya 10 wheat — 2.38 t/ha (Melafen), 2.50 t/ha (Ribav-Extra); for Ekada 113 wheat — 3.16 t/ha (Ribav-Extra), 3.25 t/ha (Cresacin); for barley — 3.28 t/ha (Cresacin), 3.31 t/ha (Ribav-Extra).

Keywords: growth regulators, leaf area of plants, yield, common spring wheat, spring barley.

Введение

На завершающем этапе онтогенеза растений продуктивность зерновых культур определяется числом продуктивных побегов кущения, числом зерен в колосе и массой зерновки. При этом последний показатель наиболее стабилен, так как генетически детерминирован и в меньшей степени подвержен влиянию внешних факторов, тогда как показатель массы зерна с одного растения, обусловленный в том числе количеством зерен колоса, отличается высокой полиморфностью [16]. Однако аккумуляция углеводов и белков в зерне, которая выражается в показателях массы 1000 зерен и на 25% обеспечивает уровень урожайности, определяется процессами фотосинтеза в течение вегетационного периода [7], [12].

В онтогенезе растений складываются определенные взаимоотношения, определяющие урожайность зерновых культур, и характеризующиеся наличием источника ассимилятов — фотосинтезирующего аппарата растений и потребителя — зерновки. Уровень донорных способностей зависит от формирования листовой поверхности растений, интенсивности и продолжительности ее функционирования [10], [11]. Введение в практику растениеводства современных высокопродуктивных сортов увеличивает акцепторный запрос на ассимилянты со стороны формирующегося зерна на растении и повышает нагрузку на аппарат фотосинтеза [1], [4], [8], [17]. С этой точки зрения активное развитие вегетативной сферы растений до начала налива зерна формирует предпосылки для повышения хозяйственной продуктивности. Одним из факторов, способствующих дополнительному развитию листового аппарата растений, является использование регуляторов роста в технологии возделывания зерновых культур. Показана их эффективность и экономическая целесообразность в практике современного растениеводства [2], [3], [6], [9], [14]. Однако взаимосвязь развития вегетативной сферы и формирования органов репродукции при использовании регуляторов роста изучены недостаточно, что не позволяет целенаправленно использовать конкретные регуляторные препараты в почвенно-климатических условиях регионов с целью повышения продуктивности выращиваемых культур. Цель проводимых исследований состояла в изучении влияния регуляторов роста на развитие и формирование листовой поверхности растений пшеницы и ячменя в течение вегетации и зависимости конечной продуктивности (урожайности) данных культур от формирования листового аппарата в онтогенезе.

Методы и объекты исследования

Многолетние комплексные исследования проведены в агроклиматических условиях Пензенской области (2011–2019 гг) на коллекционном участке ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ» почвы которого характеризуются как чернозем выщелоченный легкосуглинистый среднемощный (гумус 4,8–4,9%, азот щелочногидролизующий 119,9–120,6 мг/кг почвы, подвижный фосфор 101,7–102,1 мг/кг почвы, обменный калий 151,8–152,1 мг/кг почвы).

Климатические условия в годы исследований были неоднородны ($ГТК_{2011} = -0,93$; $2012 = -1,39$; $2013 = -0,95$; $ГТК_{2017} = -1,26$; $2018 = -0,66$; $2019 = -0,70$) с характерным для региона малым количеством осадков (ранневесенняя засуха) в периоды посев-всходы, всходы-кущение яровых зерновых, что определило выбор препаратов, регуляторного действия, направленного на повышение всхожести семян и адаптивных возможностей растений в период вегетации.

Закладку полевых мелкоделяночных опытов (повторность 4х-кратная, метод рандомизации) и посев зерновых культур (5,5 млн зерен на 1 га) проводили в первой декаде мая. В течение вегетационного периода фиксировали среднюю площадь листовой поверхности одного растения (20 шт.) путем прямого измерения линейных показателей листа с вычислением его площади и учета количества листьев на растении и вели пересчет листовой поверхности посева по основным фазам вегетации по стандартным методикам [13]. Уборку проводили в третьей декаде августа-первой декаде сентября. Урожайность определяли путем обмолота зерна на сноповой молотилке с каждой делянки опыта и вели пересчет на т/га с учетом количества растений на единице площади. Статистическую обработку результатов проводили с использованием методов корреляционного и регрессионного анализов и t-критерия Стьюдента (уровень значимости 5%).

Объекты исследований — яровая мягкая пшеница Тулайковская 10 (2011–2013), яровая мягкая пшеница Экада 113, яровой ячмень Сурский фаворит (2017–2019). Перед посевом проводили обработку семян препаратами Мелафен — $1 \cdot 10^{-7}$ %, Циркон — $4 \cdot 10^{-3}$ л/л; Рибав-Экстра — $3 \cdot 10^{-4}$ л/л, Эпин-Экстра — $5 \cdot 10^{-4}$ л/л, Мивал-Агро — 0,5 г/л, Крезацин — $1 \cdot 10^{-3}$ л/л.

Результаты и обсуждение

В проведенных исследованиях отмечено, что предпосевная обработка семян регуляторами роста вызывала активный рост и развитие листовой поверхности растений на ювенильном этапе онтогенеза. Под действием регуляторов роста изменялись параметры листовой пластинки — длина и ширина, а количество листьев на растении менялось в меньшей степени.

Листовая поверхность одного растения яровой мягкой пшеницей Тулайковская 10 в среднем за 3 года в фазу кущения составляла 40,33–51,12 см² по вариантам опыта включая контроль и достигала 77,93–102,13 см² в фазу колошения. Растения яровой мягкой пшеницей Экада 113 в гидротермических условиях 2017-2019 гг. ($ГТК 0,66–1,26$)

имели листовую поверхность (средняя за 3 года) в фазу кущения на уровне 19,55–33,48 см² и 62,50–95,36 см² в фазу колошения.

Определенная вариабельность изучаемого показателя была обусловлена как сортовыми особенностями культуры, так и погодными условиями в годы проведения эксперимента.

Растения ярового ячменя сорта Сурский фаворит (2017–2019 гг.) формировали листовую поверхность в фазу кущения в пределах 17,22–28,78 см² и в фазу колошения — 52,23–81,45 см².

Эффект от предпосевной обработки семян регуляторами роста наблюдался на всех культурах. В фазу кущения растения яровой мягкой пшеницы Тулайковская 10 в гидротермических условиях 2011–2013 гг. (ГТК 0,93–1,39) под действием Мелафена и Рибав-Экстра формировали листовую поверхность, превосходящую контрольные значения на 19,3–26,7%. В других вариантах превышения относительно контроля не были статистически значимы.

Использование препаратов Эпин-Экстра, Мивал-Агро, Рибав-Экстра и Крезацин в опытах с яровой мягкой пшеницей Экада 113 и ячменем Сурский фаворит обеспечило увеличение площади листовой поверхности 1 растения в фазу кущения на 19,9–71,3% и 44,9–67,3% соответственно. Следует отметить, что погодные условия, о которых можно судить по гидротермическим коэффициентам периода посев-кущение (ГТК 0,15–0,45), в годы исследований были близки к экстремальным, что не позволило контрольным растениям сформировать на данном этапе листовую поверхность, детерминированную генотипами данных сортов пшеницы и ячменя. Однако регуляторы роста оказали определенное положительное влияние на формирование нормального для сортов габитуса растений, что и определило значительные превышения контрольных значений. В более благоприятных условиях 2011–2013 гг. эффект от использования препаратов был менее выраженным. Таким образом отмечено, что стимулирующее воздействие регуляторов роста проявляется в значительной степени в условиях недостаточной влагообеспеченности, что свидетельствует о повышении адаптивных возможностей растительных организмов. Показано, что обработка семян регуляторами роста способствует повышению уровня их гидратации при прорастании, что влечет активацию гидролаз, пероксидаз и стимулирует ростовые процессы. Наблюдаются процессы активации дыхания и фотосинтеза, сопровождающиеся увеличением количества пигментов и их соотношения в развивающихся растениях [5, 15]. Активация метаболических и, как следствие, ростовых процессов на первых этапах онтогенеза дает определенное преимущество в течение вегетации.

Увеличение показателей листовой поверхности по всем вариантам, включая контроль, шло до периода колошения-цветения, и снижение закономерно наблюдалось к моменту созревания зерна. Однако эффект стимулирующего воздействия регуляторов роста на показатели развития листового аппарата снижался по мере взросления растений. При этом ни сортовые различия растений, ни спектр действия разных, используемых в опытах регуляторов роста не изменяли характер данного процесса.

Так, в опыте с яровой мягкой пшеницей Тулайковская 10 в фазу входа в трубку площадь листовой поверхности в вариантах с регуляторами роста была выше на 10,6–32,7%, в фазу колошения — на 9,4–31,5%, в фазу молочной спелости — на 2,9–17,9%. Стимулирующее воздействие регуляторов роста в опыте с яровой мягкой пшеницей Экада 113 также имело тенденцию к снижению от фазы трубкования до молочной спелости зерна, и превышение контрольных показателей листовой поверхности изменялось от 49,9–75,3% до 31,1–45,9%. На ячмене была отмечена та же тенденция.

В целом несмотря на то, что однократная предпосевная обработка семян регуляторами роста не имеет стойкого пролонгированного стимулирующего воздействия на ростовые показатели в течение вегетационного периода, к моменту перехода растений к репродуктивному этапу они уже имеют определенное превосходство над контрольными растениями, что значимо при формировании урожая.

При переходе к репродукции в растениях меняется стратегия распределения ассимилятов. Если в первую половину вегетации основные продукты фотосинтеза обеспечивали рост и заложение вегетативных органов, то после цветения происходит постепенный переход к обеспечению формирующихся зерновок, то есть повышается аттрагирующая способность последних при снижении донорной функции листового аппарата [10]. На первых этапах формирования зерновок пшеницы, что соответствует X этапу органогенеза, где уже через 7 дней после цветения они приобретают типичные для каждого сорта размеры [6], по-прежнему важным показателем остается площадь листовой поверхности растений, которая положительно коррелирует с показателями конечного урожая.

В проведенных исследованиях установлено, что в агроценозах, где площадь листовой поверхности посева в фазу колошения достоверно превышала контрольные значения, наблюдается повышение урожайности культуры независимо от гидротермических условий второй половины вегетации (таблица 1).

Таблица 1 - Взаимосвязь показателей листовой поверхности агроценоза и урожайности зерновых культур

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.161.32.1>

Вариант	Площадь листовой поверхности посева, тыс.м²/га		Урожайность, т/га	Коэффициент корреляции и уравнение регрессии*
	колошение	молочно-восковая спелость		
Яровая мягкая пшеница Тулайковская 10 (2011-2013гг)				
Контроль	27,80±1,03	12,41±0,78	2,06	R = 0,86 y = 1,51 + 0,097x
Мелафен	35,48±2,19	14,88±0,99	2,38	
Крезацин	29,97±0,93	12,65±1,00	2,11	

Вариант	Площадь листовой поверхности посева, тыс.м²/га		Урожайность, т/га	Коэффициент корреляции и уравнение регрессии*
	колошение	молочно-восковая спелость		
Рибав-Экстра	38,41±2,26	15,44±1,11	2,50	
Циркон	30,63±1,13	12,85±0,63	2,25	
Яровая мягкая пшеница Экада 113 (2017-2019 гг)				
Контроль	25,54±2,65	15,22±0,69	2,67	R = 0,96 y = 1,969 + 0,030x
Рибав-Экстра	41,58±3,53	22,43±0,58	3,16	
Эпин-Экстра	27,54±2,57	16,15±1,03	2,87	
Мивал-Агро	36,81±3,12	20,57±0,18	3,14	
Крезацин	40,68±3,11	22,95±0,38	3,25	
Яровой ячмень Сурский фаворит (2017-2019 гг)				
Контроль	21,66±0,93	12,18±0,66	2,69	R = 0,99 y = 1,816 + 0,040x
Рибав-Экстра	35,90±1,14	15,70±0,28	3,31	
Эпин-Экстра	24,24±1,38	13,79±0,91	2,80	
Мивал-Агро	24,87±0,54	11,90±0,15	2,87	
Крезацин	36,51±3,67	17,77±0,21	3,28	

Примечание: * – показатели приведены для значений площади листовой поверхности посевов в фазе колошения и урожайности

Важным аспектом в формировании ассимиляционного аппарата агроценоза наряду с площадью листовой поверхности каждого растения является количество фотосинтезирующих единиц посева, что в значительной степени обусловлено полевой всхожестью. В исследованиях отмечено повышение полевой всхожести в среднем за три года семян пшеницы до 73,6–74,9% (Тулайковская 10, контроль — 72,9%), до 81,3–84,6% (Экада 113, контроль — 79,1%), семян ячменя до 78,4–80,9% (контроль — 74,4%) по вариантам опыта. При сохранности посевов на уровне 84,9–87,4% по разным культурам было обеспечено преимущество в количестве растений в течении всего срока вегетации.

В проведенных исследованиях отмечено, что по вариантам опытов увеличение листовой поверхности могло нивелироваться или, напротив, усиливаться в агроценозе, так как фотосинтезирующая поверхность посева опосредовалась двумя показателями.

В гидротермических условиях вегетационных периодов 2011–2013 гг. в посевах яровой мягкой пшеницы Тулайковская 10 фотосинтетическая поверхность на момент колошения-цветения составляла 27,80–38,41 тыс.м²/га. При этом предпосевная обработка семян Крезацином и Цирконом приводила к повышению ассимиляционной поверхности относительно контроля на 7,8 и 10,2%, а Мелафеном и Рибав-Экстра — на 27,6 и 38,2% соответственно.

В агроценозах яровой мягкой пшеницы Экада 113 и ярового ячменя Сурский фаворит отмечено формирование листовой поверхности посевов по вариантам опыта в пределах 25,54–41,58 тыс.м²/га и 21,66–36,51 тыс. м²/га соответственно. Увеличение изучаемого показателя под действием регуляторов роста в посевах пшеницы составляло 44,1% (Мивал-Агро), 59,3% (Крезацин), 62,8% (Рибав-Экстра). В посевах ячменя превышение над контролем было, как и в посевах пшеницы, существенным — 65,7% (Рибав-Экстра) и 68,6% (Крезацин).

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ результатов исследований позволил установить взаимосвязь показателей площади листовой поверхности изучаемых агроценозов и урожайности культур в них. В опытах с яровой мягкой пшеницей Тулайковская 10 определена высокая положительная взаимосвязь, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции и детерминации R = 0,83, D = 0,6889. В исследованиях 2017–2019 гг. на яровой мягкой пшенице Экада 113 и яровом ячмене Сурский фаворит показана прямая зависимость урожайности данных культур от формирования фотосинтетического аппарата посевов в фазу колошения, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции и детерминации R = 0,96, D = 0,9216 (пшеница) и R = 0,99, D = 0,9801 (ячмень).

Вклад ассимиляторов в урожай зерна значительно варьирует в зависимости от взаимодействия генотип — среда. Отток их из листьев зависит от степени и скорости старения последних, но чаще всего запасающая способность вегетативных органов остается нереализованной [12]. Показатель листовой поверхности агроценозов в фазы молочной и восковой спелости зерна обусловлен, как правило, наличием 2–3 верхних листьев, включая флаговый. Закономерное подсыхание листьев низлежащих ярусов на растении сопровождается реутилизацией веществ, которые в определенной степени могут быть перераспределены в формирующиеся зерновки [16].

В проведенных исследованиях отмечено, что в вариантах, где снижение площади листовой поверхности посевов от колошения к молочной и восковой спелости было наиболее выраженным, фиксировался наиболее высокий урожай зерна. В опыте с яровой мягкой пшеницей Тулайковская 10 наибольшие показатели урожайности отмечены в вариантах с предпосевной обработкой семян Мелафеном (2,38 т/га) и Рибав-Экстра (2,50 т/га), где листовая поверхность посева в фазу молочной спелости относительно показателей в фазу колошения была ниже в 2,38 и 2,48 раза соответственно. В гидротермических условиях вегетационных периодов 2017–2019 гг. у растений яровой мягкой пшеницы Экада 113 степень и скорость старения листьев в опытных вариантах практически соответствовали

контрольным значениям, и отмечено снижение площади листовой поверхности посевов в 1,77–1,78 раза, при максимальной урожайности в вариантах Рибав-Экстра (3,16 т/га) и Крезацин (3,25 т/га). У растений ячменя Сурский фаворит наибольшее снижение (2,29 раза) относительно показателей в фазу колошения фиксировалось в варианте Рибав-Экстра. В данном же варианте наблюдалась и наиболее высокая урожайность — 3,31 т/га.

Заключение

Проведенные исследования показали, что агротехнический прием предпосевной обработки семян регуляторами роста в технологии возделывания зерновых культур в агроклиматических условиях Пензенской области целесообразен, так как способствует повышению урожайности яровой пшеницы и ячменя. Продуктивность культур в значительной степени обусловлена развитием листовой поверхности как одного растения, так и формированием ассимиляционного аппарата посева в целом. Несмотря на снижение стимулирующего воздействия изучаемых препаратов на показатели развития листового аппарата в онтогенезе растений с увеличением их возраста, активное развитие органов ассимиляции в период ювенильности создает предпосылки для перераспределения продуктов фотосинтеза в период репродукции и во многом определяет конечную продуктивность.

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. Амелин А.В. Структурно-функциональные особенности листовой системы растений у сортов яровой пшеницы, различающихся урожайностью зерна / Р.А. Икусов, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2023. — №1. — С.28–35.
2. Васин В.Г. Влияние системы применения удобрительных смесей МЕГАМИКС на фотосинтетическую деятельность и продуктивность посевов яровой пшеницы / В.Г. Васин, А.О. Стрижаков, Н.В. Рухлевич [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2023. — №1 (45). — С.89–96. — DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-89-96.
3. Еремин Л. П. Эффективность применения биопрепаратов и биостимуляторов на озимой пшенице Московская 39 / Л.П. Еремин, С.В. Резвякова, Н.Ю. Агеева [и др.] // Вестник аграрной науки. — 2022. — 1(94). — С. 3–11. — DOI:10.17238/ISSN2587-666X.2022.1.3.
4. Косенко С. В. Связь листовой поверхности различных по скороспелости сортов озимой пшеницы с продуктивностью в условиях лесостепи Среднего Поволжья / С.В. Косенко // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2023. — №2 (392). — С.168–170. — DOI: 10.55186/25876740-2023-66-2-168.
5. Костин В.И. Элементы минерального питания и росторегуляторы в онтогенезе сельскохозяйственных растений: монография / В.И. Костин, В.А. Исачев, О.В. Костин. — Москва: Колос, 2006. — 290 с.
6. Костин Я.В. Сравнительная оценка совместного применения минеральных удобрений и биопрепарата при возделывании ячменя / Я.В. Костин, Е.Р. Коняев, Н.М. Троц [и др.] // Вестник РГАУ. — 2022. — Т.14. — 2. — С. 135–140. — DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.016.
7. Кумаков В. А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В. А. Кумаков. — Москва: Росагропромиздат, 1988. — 104 с.
8. Лепехов С.Б. Сопряженность площади верхних листьев с продуктивностью главного колоса и урожайностью яровой мягкой пшеницы различных групп спелости / С.Б. Лепехов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2014. — №11 (121). — С.10–14.
9. Лукьянова О.В. Перспективы применения биопрепаратов в сельскохозяйственной практике / О.В. Лукьянова, А.С. Ступин, О.А. Антошина [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2022. — №5. — С. 502–506. — DOI: 10.55186/25876740-2022-65-5-502.
10. Мокроносов А.Т. Фотосинтез и продукционный процесс / А.Т. Мокроносов // Физиология растений на службе продовольственной программы. Сер. Биология. — Москва, 1988. — С. 3–18.
11. Мокроносов А.Т. Донорно-акцепторные отношения в онтогенезе растений / А.Т. Мокроносов // Физиология фотосинтеза. — Москва: Наука, 1982. — С. 235–250.
12. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений как основа их продуктивности в биосфере и земледелии / А.А. Ничипорович // Фотосинтез как продукционный процесс. — Москва: Наука, 1988. — С. 5–28.
13. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Л. А. Паничкин, М. Н. Кондратьев [и др.]. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: КолосС, 2003. — 288 с.
14. Серегина И.И. Защитно-стимулирующая роль микроэлементов и регуляторов роста в растениеводстве: монография / И.И. Серегина, С.Л. Белопухов, Н.А. Черных [и др.]. — Мцсква: Проспект, 2021. — 184 с.
15. Теплицкая Д. Г. Влияние регуляторов роста на метаболическую активность семян *Triticum aestivum* L. и *Hordeum sativum* L. при прорастании / Д.Г. Теплицкая, Г.А. Карпова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. — 2022. — № 1. — С. 3–12. — DOI: 10.21685/2307-9150-2022-1-1
16. Шевелуха В. С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В. С. Шевелуха. — Москва: Колос, 1992. — 598 с.

17. Юсова О.А. Оценка фотосинтетической активности и продуктивности генотипов яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ в условиях южной лесостепи Западной Сибири / О.А. Юсова, Ю.В. Фризен, И.А. Белан // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2015. — №10 (132). — С. 5–9.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Amelin A.V. Strukturno-funktsional'nye osobennosti listovoy sistemy rasteniy u sortov yarovoy pshenitsy, razlichayushchikhsya urozhaynost'yu zerna [Structural and functional characteristics of the leaf system of spring wheat varieties with different grain yields] / R.A. Ikusov, E.I. Chekalin, V.V. Zaikin [et al.] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]. — 2023. — №1. — P.28–35. [in Russian]
2. Vasin V.G. Vliyanie sistemy primeneniya udobritel'nykh smesey MEGAMIX na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' i produktivnost' posevov yarovoy pshenitsy [The effect of the application of MEGAMIX fertiliser mixtures on photosynthetic activity and productivity of spring wheat crops] / V.G. Vasin, A.O. Strizhakov, N.V. Rukhlevich [et al.] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury [Grain legumes and cereal crops]. — 2023. — №1 (45). — P. 89–96. — DOI: 10.24412/2309-348Kh-2023-1-89-96. [in Russian]
3. Eremin L.P. Effektivnost' primeneniya biopreparatov i biostimulyatorov na ozimoy pshenitse Moskovskaya 39 [The effectiveness of biological products and biostimulants on winter wheat Moskovskaya 39] / L.P. Eremin, S.V. Rezvyakova, N.Yu. Ageeva [et al.] // Vestnik agrarnoy nauki [Bulletin of Agricultural Science]. — 2022. — 1(94). — P. 3–11. — DOI:10.17238/ISSN2587-666X.2022.1.3 [in Russian]
4. Kosenko S.V. Svyaz' listovoy poverkhnosti razlichnykh po skorospelosti sortov ozimoy pshenitsy s produktivnost'yu v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [The relationship between the leaf surface area of winter wheat varieties with different maturity dates and productivity in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region] / S.V. Kosenko // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal [International Agricultural Journal]. — 2023. — №2 (392). — P. 168–170. — DOI: 10.55186/25876740-2023-66-2-168 [in Russian]
5. Kostin V.I. Elementy mineral'nogo pitaniya i rostoregulyatori v ontogeneze sel'skokhozyaystvennykh rasteniy: monografiya [Mineral nutrients and growth regulators in the ontogenesis of agricultural plants: monograph] / V.I. Kostin, V.A. Isaichev, O.V. Kostin. — Moscow : Kolos, 2006. — 290 p. [in Russian]
6. Kostin Ya.V. Sravnitel'naya otsenka sovmestnogo primeneniya mineral'nykh udobreniy i biopreparata pri vozdeleyvanii yachmenya [Comparative assessment of the combined use of mineral fertilisers and biological products in barley cultivation] / Ya.V. Kostin, E.R. Konyaev, N.M. Trots [et al.] // Vestnik RGATU [Bulletin of RSATU]. — 2022. — Vol.14. — 2. — P.135–140. — DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.016 [in Russian]
7. Kumakov V.A. Biologicheskie osnovy vozdeleyvaniya yarovoy pshenitsy po intensivnoy tekhnologii [Biological foundations of spring wheat cultivation using intensive technology] / V.A. Kumakov. — Moscow: Rosagropromizdat, 1988. — 104 p. [in Russian]
8. Lepekhov S.B. Sopryazhennost' ploshchadi verkhnykh list'ev s produktivnost'yu glavnogo kolosa i urozhaynost'yu yarovoy myagkoy pshenitsy razlichnykh grupp spelosti [Correlation between the area of upper leaves and the productivity of the main ear and yield of spring soft wheat of various ripeness groups] / S.B. Lepekhov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Altai State Agrarian University]. — 2014. — №11 (121). — P.10–14. [in Russian]
9. Luk'yanova O.V. Perspektivy primeneniya biopreparatov v sel'skokhozyaystvennoy praktike [Prospects for the use of biological products in agricultural practice] / O.V. Luk'yanova, A.S. Stupin, O.A. Antoshina [et al.] // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal [International Agricultural Journal]. — 2022. — №5. — P. 502–506. — DOI: 10.55186/25876740-2022-65-5-502 [in Russian]
10. Mokronosov A.T. Fotosintez i produktsionnyy protsess [Photosynthesis and the production process] / A.T. Mokronosov // Fiziologiya rasteniy na sluzhbe prodovol'stvennoy programmy. Ser. Biologiya [Plant physiology in the service of the food programme. Biology series]. — Moscow, 1988. — P. 3–18. [in Russian]
11. Mokronosov A.T. Donorno-aktsseptornye otnosheniya v ontogeneze rasteniy [Donor-acceptor relationships in plant ontogenesis] / A.T. Mokronosov // Fiziologiya fotosinteza [Physiology of photosynthesis]. — Moscow: Nauka, 1982. — P. 235–250. [in Russian]
12. Nichiporovich A.A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rasteniy kak osnova ikh produktivnosti v biosfere i zemledelii [Photosynthetic activity of plants as the basis of their productivity in the biosphere and agriculture] / A.A. Nichiporovich // Fotosintez kak produktsionnyy protsess [Photosynthesis as a production process]. — Moscow: Nauka, 1988. — P. 5–28. [in Russian]
13. Tret'yakov N.N. Praktikum po fiziologii rasteniy [Practical course in plant physiology] / N.N. Tret'yakov, L.A. Panichkin, M.N. Kondrat'ev [et al.]. — 4th ed., rev. and enl. — Moscow: KolosS, 2003. — 288 p. [in Russian]
14. Seregina I.I. Zashchitno-stimuliruyushchaya rol' mikroelementov i regul'yatorov rosta v rastenievodstve: monografiya [The protective and stimulating role of microelements and growth regulators in plant cultivation: monograph] / I.I. Seregina, S.L. Belopukhov, N.A. Chernykh [et al.]. — Moscow: Prospekt, 2021. — 184 p. [in Russian]
15. Teplitskaya D. G. Vliyanie regul'yatorov rosta na metaboli-cheskuyu aktivnost' semyan Triticum aestivum L. i Hordeum sativum L. pri prorastanii [The influence of growth regulators on the metabolic activity of Triticum aestivum L. and Hordeum sativum L. seeds during germination] / D.G. Teplitskaya, G.A. Karpova // Izvestiya visshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Yestestvennye nauki [News of Universities. Volga Region. Natural Sciences]. — 2022. — № 1. — P. 3–12. — DOI:10.21685/2307-9150-2022-1-1 [in Russian]
16. Shevelukha V.S. Rost rasteniy i ego regul'yatsiya v ontogeneze [Plant growth and its regulation in ontogeny] / V.S. Shevelukha. — Moscow: Kolos, 1992. — 598 p. [in Russian]

17. Yusova O.A. Otsenka fotosinteticheskoy aktivnosti i produktivnosti genotipov yarovoy myagkoy pshenitsy pitomnika KASIB v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Assessment of photosynthetic activity and productivity of spring soft wheat genotypes from the KASIB nursery in the southern forest-steppe zone of Western Siberia] / O.A. Yusova, Yu.V. Frizen, I.A. Belan // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Altai State Agrarian University]. — 2015. — №10 (132). — P. 5–9. [in Russian]