

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ВЛАГИ И САХАРОВ В ЛИСТЬЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.Е. ПАВЛОВСКАЯ, доктор биологических наук, ORCID ID 0000-0001-7246-5059

К.Ю. ЗУБАРЕВА*, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-7083-6730

Е.Г. ПРУДНИКОВА, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0002-9345-5092

Н.Ю. АГЕЕВА, аспирант, ORCID ID 0000-0003-0535-9146

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГАУ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

E-mail: biotechnologyosau@yandex.ru.

*ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

В статье представлены данные по влиянию новых биопрепаратов, обладающих защитно-стимулирующим действием, на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы, а также определена роль последних в формировании количества и качества урожая сорта Московская 39. Установлено, что в процессе вегетации содержание сахаров в листьях озимой пшеницы возрастает от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости семян. В фазы колошения и цветения в листьях озимой пшеницы под влиянием биологических препаратов отмечено больше сахаров, чем в контрольных вариантах. В фазу молочно-восковой спелости семян в вариантах с Витаплан и Нигор+ содержание сахаров значительно превосходило контрольный. Содержание белка и клейковины в зерне находится в сильной положительной связи с накоплением сахаров в листьях в фазу выхода в трубку ($r=0,71$ и $r=0,77$ соответственно). Оводненность листьев опытных растений озимой пшеницы увеличивается на 1,5 - 3,45% по сравнению с контролем. Наибольшее содержание влаги отмечено в фазу выхода в трубку и начала колошения. Под влиянием обработки биостимулятором Нигор+ существенное увеличение влаги происходило в фазу колошения (на 10,4%) по сравнению с контролем и в фазу молочно-восковой спелости семян (на 3,5%). Нигор++ не оказал положительного действия на содержание влаги, а химический пестицид оказался более эффективным, чем биостимуляторы. Содержание влаги в листьях обработанных растений увеличилось на 10% в фазу колошения.

Ключевые слова: озимая пшеница, биопрепараты, листовой аппарат, сахара, влага, фазы роста и развития.

Для цитирования: Павловская Н.Е., Зубарева К.Ю., Прудникова Е.Г., Агеева Н.Ю. Влияние химических и биологических препаратов на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43):84-93. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-84-93

THE EFFECT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE MOISTURE AND SUGAR CONTENT IN WINTER WHEAT LEAVES

N.E. Pavlovskaya, K.Yu. Zubareva*, E.G. Prudnikova, N.Yu. Ageeva

FSBEE HE «N.V. PARAKHIN STATE AGRARIAN UNIVERSITY, OREL»

E-mail: biotechnologyosau@yandex.ru.

* FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Abstract: *The article presents data on the effect of new biological preparations with a protective and stimulating effect on the moisture and sugar content in winter wheat leaves, and also determines the role of the latter in shaping the quantity and quality of the harvest of the Moskovskaya 39 variety. It has been established that during the growing season the content of sugars in the leaves of winter wheat increases from the phase of emergence into the tube to the phase of milky-wax ripeness of seeds. In the phases of earing and flowering in the leaves of winter wheat under the influence of biological preparations, more sugars were noted than in the control variants. In the phase of milky-wax ripeness of seeds in the variants with Vitaplan and Nigor +, the sugar content significantly exceeded the control. The content of protein and gluten in the grain is in a strong positive relationship with the accumulation of sugars in the leaves during the booting phase ($r=0.71$ and $r=0.77$, respectively). The water content of the leaves of experimental plants of winter wheat increases by 1.5 - 3.45% compared to the control. The highest moisture content was noted in the phase of emergence of the tube and the beginning of earing. Under the influence of Nigor+ biostimulant treatment, a significant increase in moisture occurred in the earing stage (by 10.4%) compared with control and in the phase of milky ripeness of seeds (by 3.5%). Nigor++ had no positive effect on moisture content, and the chemical pesticide was more effective than biostimulants. Moisture content in leaves of treated plants increased by 10% in the earing phase.*

Keywords: winter wheat, biopreparations, leaf apparatus, sugars, moisture, phases of growth and development.

В последнее время в сельскохозяйственном производстве все чаще стали применяться биостимуляторы, называемые в разных источниках биопестицидами, регуляторами, биопрепаратами, микроудобрениями и т.д. Биостимуляторы растений (БС) представляют собой перспективный и экологически безопасный подход к переходу от ресурсоемких систем земледелия к устойчивой интенсификации сельского хозяйства. Это натуральные продукты, которые не классифицируются ни как удобрения, ни как пестициды и включают биологически активные вещества: экстракты водорослей и растений, белковые гидролизаты, гуминовые и фульвокислоты; хитозаны и кремний; а также стимулирующие рост растений микроорганизмы и микоризные грибы [1]. Исследованы механизмы функциональной активности биостимуляторов на основе растительного сырья [2]. Основываясь на методологии Р. Du Jardin (2012), можно определить следующие основные принципы выделения для биостимуляторов в классификации пестицидов и агрохимикатов среди природных средств регуляции роста, защиты и питания растений:

1. активация физиологических процессов и метаболизма растений;
2. приоритет «биостимулирующего» действия при наличии нескольких видов биологической активности (фунгицидное, как питательных веществ и др.);
3. низкие концентрации при применении;
4. природное происхождение, сложный многокомпонентный состав или отсутствие возможности отнесения к другим категориям пестицидов и агрохимикатов.

Положительное влияние биостимуляторов связано с повышением устойчивости растений к заболеваниям, недостатку питательных веществ, различного рода стрессам, в том числе к изменению климата, засухе, высоким температурам и др. [3], а применение биопрепаратов в совокупности с химическими фунгицидами позволяет повысить устойчивость растений к стрессовым экологическим условиям, различным видам болезней и вредителей, при этом улучшить количественные и качественные показатели урожайности культуры [4].

Одним из важных показателей состояния растений, его устойчивость и пластичность связана с содержанием воды и углеводов [4].

Углеводы образуются в процессе фотосинтеза и составляют 85-90% от всех веществ, составляющих растительный организм. Они выполняют структурную, запасную, защитную и энергетическую роль для клеток и тканей растительного организма.

Имеются литературные данные о том, что применяемые на сельскохозяйственных культурах обработки микроудобрениями значительно увеличивали концентрацию углеводов как в листьях, так и в стеблях по сравнению с необработанными растениями [3,5].

Усиление перемещения ассимилятов в репродуктивные органы растений связано со стимуляцией акцепторной активности регуляторами роста, что приводит к более высокому спросу на фотоассимиляты. Было высказано предположение, что регуляторы роста могут повышать урожайность культурных растений за счет изменения распределения ассимилятов [6]. Регуляторы роста растений гиббереллин, кинетин и нафтилуксусная кислота увеличивали скорость ассимиляции CO_2 во всех фотосинтетически активных частях растений (листья, стебли, створки стручков) и усиливали перемещение ассимилятов в репродуктивные части (стручки), что привело к их распределению и повышению урожая.

Гормоны растений гиббереллины и абсцизовая кислота контролируют различные процессы в жизни растений, и оба участвуют в синтезе и транспорте ассимилятов у разных видов. Изучение распределения сахаров (сахарозы, фруктозы и глюкозы) и крахмала в растениях после некорневых подкормок гиббереллиновой кислотой (ГК), абсцизовой кислотой и ингибитора биосинтеза ГК паклобутразолом показало, что они увеличивали общую массу виноградной лозы, при этом углерод распределялся по всей виноградной лозе (в виде структурных и растворимых углеводов). Регуляторы повышали уровень моносахаридов (глюкозы и фруктозы) от 3 до 10 раз [7].

У озимой пшеницы рост побегов кушения положительно коррелировал с накоплением сахарозы и азота. Последние два положительно коррелировали с эндогенным зеатином, но отрицательно - с абсцизовой кислотой и ауксином. Внесение азота совместно с регуляторами усиливало фотосинтез листьев и корневую активность, способствовало росту побегов и повышению урожайности за счет баланса эндогенных гормонов и распределения сахарозы и азота в растении [8].

К биостимуляторам отнесены также микроорганизмы и их метаболиты [5, 9], которые стимулируют фотосинтетическую активность растений, увеличивают синтез ассимилятов, способствуют увеличению урожайности, а также участвуют в регуляции внутрипочвенных взаимодействий [10].

Так, инокуляция *Acetobacter diazotrophicus* и совместное применение фитогормонов увеличивало содержание глюкозы и фруктозы в побегах *Sorghum bicolor* (L.) с более высоким накоплением растворимых сахаров в корнях, независимо от статуса питания растений, было связано и увеличение солеустойчивости культурных растений, инокулированных арбускулярными микоризными грибами [11]. Этот эффект может быть причиной улучшения водного режима растений, концентрации хлорофилла и повышения фотохимической эффективности.

С накоплением сахаров, выполняющих водоудерживающую и ассимилирующую функции, связана также устойчивость растений к засухе. Сахара включаются в рост растений и метаболизм как структурные компоненты и источники энергии. Такие сахара как сахароза имеют двойную функцию – как транспортируемые углеводы и как сигнальные молекулы, регулирующие экспрессию генов и развитие растений. Так же концентрации и пул сахаров в ряде случаев служат сигналами для экспрессии различных генов углеводного метаболизма, в частности кодирующих инвертазу и сахарозосинтазу. Такая экспрессия тканеспецифична и в одних органах растений эти гены активируются, а в других – ингибируются высокими концентрациями сахаров.

Вода играет огромную роль в растениях, участвуя во всех жизненных процессах, протекающих в клетке. В наших исследованиях установлено, что некоторые биостимуляторы улучшают водообмен у зерновых культур, а другие не оказывают существенного влияния. Дефицит воды влияет на несколько аспектов роста растений, при этом наиболее очевидные последствия водного стресса выражаются в уменьшении размера растений, площади листьев и продуктивности сельскохозяйственных культур [8]. В последние годы расширяются исследования и использование биостимуляторов для растений, находящихся в условиях

водного стресса, для повышения продуктивности сельского хозяйства. Растения сталкиваются с проблемой поддержания водного баланса организма при недостатке водообеспечения. В условиях дефицита влаги преимущества получают растения с эффективной регуляцией транспирации, сопряженностью газо- и водообмена, эффективной осмотической регуляцией, обеспеченностью элементами питания.

Исследование ответной реакции растений на обработку биостимуляторами позволит модулировать продукционный процесс на физиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях и улучшать продовольственные характеристики продукции.

Цель исследований - выяснить влияние химических и биологических препаратов на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы и оценить их роль в формировании урожая.

Материал и методы исследования

Работу выполняли в Научно-образовательном производственном центре "Интеграция" Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина в условиях полупроизводственных опытов в 2020–2021 гг. Почва – темно-серая лесная среднесуглинистая, слабогумусированная (4,1 % по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26213-91), слабокислая (рН водной вытяжки 5,7), с содержанием обменного калия 109 мг/кг и подвижного фосфора 115 мг/кг (по методу Мачигина, ГОСТ 26205-91)

Объект исследования сорт мягкой озимой пшеницы Московская 39 (рис. 1), включен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию с 1999 г. как среднеспелый сорт по группе спелости и как сильная пшеница по направлению использования, имеет достаточно широкий круг регионов допуска в РФ (2-5: Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Центрально-Черноземный) [12].



Рис. 1. Опытные посева озимой пшеницы сорта Московская 39 во время уборки, 2020 г.

В качестве объектов исследования использовали следующие препараты:

1. Новый препарат, обладающий защитно-стимулирующим действием Нигор+ (средство для предпосевной обработки семян (патент РФ 2463759), которое в том числе содержит: салициловую кислоту - 0,0001; биофлавоноиды гречихи - 0,0001; сульфат магния ($MgSO_4$) или хлорид магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) - 0,0001) + экзометаболиты *Trichoderma atroviride* ВКПМ F-1434);

2. Новый препарат, обладающий защитно-стимулирующим действием Нигор++ (средство для предпосевной обработки семян (патент РФ 2463759) + биоорганический раствор «Эликсир Урожая» (Тимирязев, Россия) в соотношении компонентов 1:1);

3. Витаплан, СП, который является биологическим фунгицидом, разработан на основе полезной микрофлоры – бактерий *Bacillus subtilis*. Состав: 1010 КОЕ/г *Bacillus subtilis* штамм ВКМ-В-2604D, 1010 КОЕ/г *Bacillus subtilis* штамм ВКМ-В-2605D. Производитель: ООО «АгроБиоТехнология»;

4. Амистар Экстра – системный комбинированный фунгицид для защиты яровых и озимых зерновых колосовых культур от болезней листьев и колоса. Действующее вещество: 200 г/л азоксистробин и 80 г/л ципроконазол. Химический класс: стробилурины-триазолы. Производитель: Сингента.

Схема опыта:

1. контроль (без обработки),
2. опрыскивание в фазу кущения-начала выхода в трубку Нигор++, 12,5 мл/га,
3. опрыскивание в фазу кущения-начала выхода в трубку Нигор+, 12,5 мл/га,
4. опрыскивание в фазу кущения-начала выхода в трубку Витаплан, 30 мл/га,
5. опрыскивание в фазу кущения-начала выхода в трубку Амистар Экстра, 0,7 л/га.

Расположение делянок систематическое. Размер опытной делянки - 240 м², учетной делянки 50 м². Повторность опыта трехкратная.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований (2020-2021 гг.) представлены на рисунке 2.

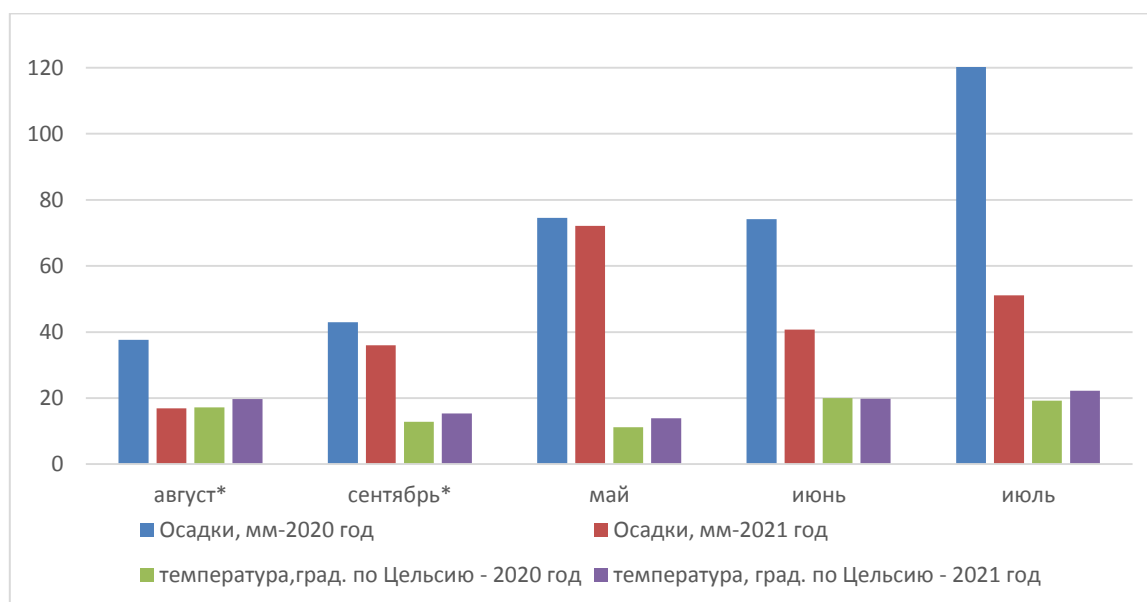


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха вегетационного периода озимой пшеницы и обеспеченность влагой за период исследования 2020-2021 гг.

Примечание : * – показатели августа и сентября представлены соответственно за 2019 и 2020 годы, так как объект исследования – озимая культура, которая сеялась в предшествующие проведению экспериментов годы

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались как по температурному режиму (рис. 2), так и по количеству выпавших осадков. Всходы в 2019-2020 гг. появились на 8-9 сутки, через 2 недели началось кущение. Наибольшее количество влаги озимая пшеница расходует от весеннего отрастания до колошения. Критический период по отношению к влаге у данной культуры выход в трубку – колошение. Обилие влаги весной способствовало формированию достаточной вегетативной массы и дополнительному кущению. Несколько пониженная температура и обилие влаги в июне 2021 года задерживали наступление фаз развития культуры. Однако, со 2-ой декады июля установились комфортные условия для роста и развития растений и формирования зерна. В 2020 году, наоборот, ГТК (гидротермический коэффициент) июля характеризовался как избыточно увлажненный и составил 2,03, что, в свою очередь, повлияло на сроки уборки урожая.

Содержание сахаров в листьях растений определяли рефрактометрическим методом, основанном на установленной зависимости между концентрацией и показателем преломления водных растворов сахарозы, на автоматическом приборе Рефрактометр RE 50. Содержание влаги в листьях определяли на анализаторе влажности МА 50. Биохимический

анализ зерна озимой пшеницы проводили на инфракрасном анализаторе Infratec 1241 (программа WH 990226) (FOSS, Denmark).

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что в процессе вегетации содержание сахаров в листьях озимой пшеницы возрастает от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости семян (табл. 1).

Таблица 1

Содержание сахаров в листьях озимой пшеницы, % (среднее за 2020-2021 гг)

№	Вариант	Фаза кущения	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза цветения	Фаза молочно-восковой спелости семян
1	Контроль	12,8	12,7	17,3	15,8	15,9
2	Витаплан	12,8	18,8	21,0	21,9	22,3
3	Нигор+	12,8	12,6	21,0	22,8	22,8
4	Нигор++	12,8	13,0	20,7	15,9	16,5
5	Амистар Экстра	12,8	12,6	18,0	17,7	17,7
НСР ₀₅		0,1	0,85	0,6	0,7	0,7

В контрольном варианте без обработки их содержание увеличивается от 12,7% до 16,9%, что на 4,2% больше. Содержание углеводов в листьях опытных вариантов, обработанных биологическим препаратом Витапланом, СП на стадии выхода в трубку было на 6,1% больше контрольного варианта. Остальные варианты практически не отличались от контроля. И только в фазы колошения и цветения биологические препараты спровоцировали накопление большего количества сахаров, на 4-6%, в сравнении с контрольным вариантом. В фазу молочно-восковой спелости семян в вариантах с Витаплан и Нигор+ содержание сахаров значительно превосходило контрольный вариант, а под влиянием химического пестицида Амистар Экстра и Нигор++ эти различия были незначительными.

Таблица 2

Содержание влаги в листьях озимой пшеницы, % (среднее за 2020-2021 гг)

№	Вариант	Фаза кущения	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза цветения	Фаза молочно-восковой спелости
1	Контроль	76,58	75,23	57,12	42,51	53,2
2	Витаплан	76,58	77,83	60,57	43,87	54,62
3	Нигор+	76,58	75,25	67,51	42,68	56,72
4	Нигор++	76,58	75,33	55,86	42,73	52,3
5	Амистар Экстра	76,58	75,77	67,16	42,44	52,4
НСР ₀₅		0,1	0,3	0,65	0,2	0,4

Биопрепарат Витаплан на всем протяжении онтогенеза увеличивает содержание влаги в листьях от 1,5 до 3,45% по сравнению с контролем (табл. 2). При этом наибольшее содержание воды отмечено в фазу выхода в трубку и начала колошения. Под влиянием обработки биостимулятором Нигор+ существенное увеличение влаги происходило в фазу колошения (на 10,4%) по сравнению с контролем и в фазу молочно-восковой спелости семян (на 3,5%). Нигор++ не оказал положительного действия на содержание воды, а химический фунгицид благоприятно сказался на содержании влаги в листьях обработанных растений (+10%- в фазу колошения).

Основой любого эксперимента является оценка целесообразности его использования при выращивании опытных культур для повышения урожайности и его качества (рис. 3). Под влиянием препаратов урожайность зерна с делянок увеличилась во всех вариантах (прибавка по отношению к контролю за годы исследований составила от 7,7% до 18,3%). Содержание протеина и клейковины увеличилось на 0,6-1,4% и 0,8-3,3%, соответственно. Лучший результат получен при использовании Нигор⁺⁺ и Нигор⁺ (протеин 15,0-15,6%, клейковина 27,4-28,2%). В большей степени увеличение крахмала произошло в вариантах при обработке Витапланом и Амистар Экстра (6,9 и 6,5%, соответственно).

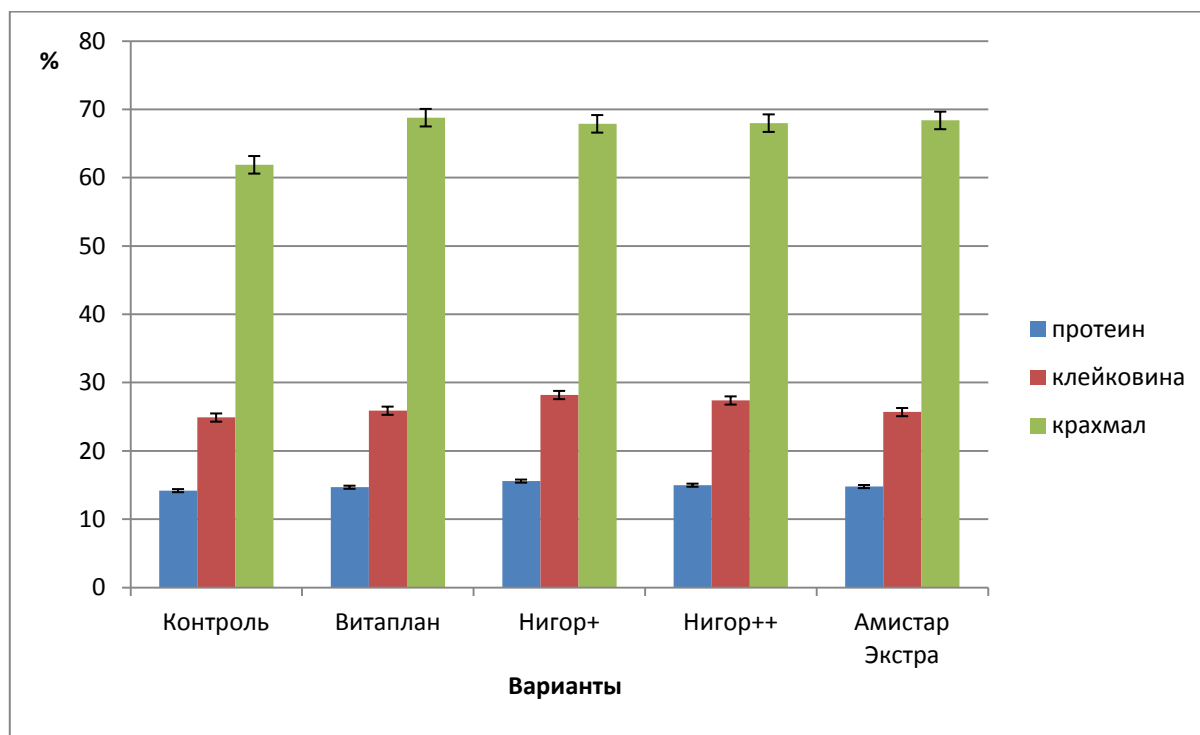


Рис. 3. Среднее содержание протеина, клейковины и крахмала в зерне озимой пшеницы, среднее за 2020-2021 гг.

Была определена корреляционная связь между количественными и качественными показателями урожайности с содержанием сахаров и влаги в листьях озимой пшеницы в различные фазы роста и развития (табл. 3).

В случае сравнения индикатора и результата (урожайности и показателей качества зерна) высокий коэффициент корреляции, характеризующийся сильной силой связи, означает, что за изменением фактора следует соответствующее изменение показателя результата (табл. 3). Таким образом, исследования показали, что содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы, в том числе влияют на количество и качество получаемого зерна, так как применяемые препараты повышают содержание сахаров, выполняющих также водоудерживающую функцию, в листьях. В свою очередь, согласно результатам корреляционного анализа установлено, что содержание белка и клейковины в зерне находится в сильной положительной связи с содержанием сахаров в листьях в фазу выхода в трубку ($r=0,71$ и $r=0,77$ соответственно).

Таблица 3

Количественные критерии оценки тесноты связи показателей урожайности и содержания сахаров и влаги в листьях озимой пшеницы, 2021 г.

Показатели	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза цветения	Фаза молочно-восковой спелости
Величина коэффициента корреляции между урожайностью и оводненностью листьев	0,309859	0,628737	0,069506	-0,1652
Характеристика силы связи	слабая	умеренная	практически отсутствует	
Величина коэффициента корреляции между урожайностью и содержанием сахаров в листьях	0,117835	0,105055	0,229446	0,22702
Характеристика силы связи	практически отсутствует			
Величина коэффициента корреляции между содержанием белка в зерне и оводненностью листьев	-0,1859	0,571528	-0,04782	0,610304
Характеристика силы связи	практически отсутствует	умеренная	практически отсутствует	умеренная
Величина коэффициента корреляции между содержанием белка в зерне и содержанием сахаров в листьях	-0,1812	0,704924	0,607462	0,610078
Характеристика силы связи	практически отсутствует	сильная	умеренная	
Величина коэффициента корреляции между содержанием клейковины в зерне и содержанием оводненностью в листьях	-0,26906	0,279775	-0,04409	0,52138
Характеристика силы связи	практически отсутствует			умеренная
Величина коэффициента корреляции между содержанием клейковины в зерне и содержанием сахаров в листьях	-0,2039	0,773278	-0,448444	0,468433
Характеристика силы связи	практически отсутствует	сильная	слабая	
Величина коэффициента корреляции между содержанием крахмала в зерне и содержанием оводненностью в листьях	0,439443	0,442844	0,407498	0,161284
Характеристика силы связи	слабая			практически отсутствует
Величина коэффициента корреляции между содержанием крахмала в зерне и содержанием сахаров в листьях	0,356932	0,689621	0,51528	0,545513
Характеристика силы связи	слабая	умеренная		

Выводы

Проведено изучение применения химических и биологических препаратов на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы и проведена оценка их роли в формировании урожая:

1. В опытных вариантах прибавка урожая по отношению к контролю за годы исследований составила от 7,7% до 18,3%, содержание в зерне протеина, клейковины и крахмала увеличилось на 0,6-1,4%, 0,8-3,3% и 6% соответственно.

2. В процессе вегетации содержание сахаров в листьях озимой пшеницы возрастает от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости семян.

3. У озимой пшеницы на протяжении всего онтогенеза содержание сахаров в опытных вариантах было выше, чем в контрольных, и особенно заметно в фазу молочно-восковой спелости семян в вариантах с Витаплан и Нигор+.

4. Содержание белка и клейковины в зерне находится в сильной положительной связи с содержанием сахаров в листьях в фазу выхода в трубку ($r=0,71$ и $r=0,77$ соответственно).

5. Под влиянием обработки биостимулятором Нигор+ существенное увеличение влаги в листьях происходило в фазу колошения и в фазу молочно-восковой спелости семян.

Литература

1. Яхин О.И., Яхин И.А., Спирихин Л.В., Халилов Л.М. Разработка методов стандартизации состава многокомпонентных биорегуляторов на основе растительного сырья // II съезд ВМСО. Всероссийская конференция с международным участием «Масс-спектрометрия и ее прикладные проблемы». Москва. 2005. МБС-19.
2. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Биостимуляторы в агротехнологиях: Проблемы, решения, перспективы// Агрохимический вестник. 2016. № 1. – С.15-22. DOI: 10.24411/1029-2551.
3. Живетьев М. А., Граскова И. А., Поморцев А. В., Войников В. К. Содержание воды и сахаров в листьях лекарственных растений в течение вегетации // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2011. № 4. – С.69-79.
4. Ерохин А.И. Эффективность внекорневой (листовой) обработки растений гороха препаратом Гумат+7 // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 1 (41). – С.56-60. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-56-60.
5. Arafa A., Hussin S., Mohamed Hager. Effect of Potassium Fertilizer, biostimulants and effective microorganisms on growth, carbohydrates concentration and ion percentage in the shoots of potato plants// J. Plant Production, Mansoura Univ. Vol. 4 (1): 15 – 32. 2013: 15-32. DOI:10.21608/jpp.2013.68605Corpus ID: 212723334.
6. Subrahmanyam D., Rathore V. S. Plant Growth Regulators Influence CO₂ Assimilation and Translocation of Assimilates in Indian Mustard/ Journal of Agronomy and Crop Science 1992, 168(3): 145-152. DOI: 10.1111/j.1439-037x.1992.tb00992.
7. Daniela Moreno, Federico J. Berli, Patricia N. Piccoli & Rubén Bottini. Gibberellins and Absciscic Acid Promote Carbon Allocation in Roots and Berries of Grapevines/ Journal of Plant Growth Regulation, 2011. № 30, P.220–228. DOI 10.1007/s00344-010-9186-4.
8. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник М.: Дрофа, 2010. - 638 с.
9. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н. и др. Средство для предпосевной обработки семян гороха /Патент №2463759, 20 октября 2012 г, Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам №29. Издательство Роспатент.
10. Ларикова Ю.С., Волобуева О.Г. Современные представления об эколого-физиологической роли корневых экссудатов растений (Обзорная статья) // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 4 (40). – С.93-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-93-101.
11. Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos and Lúcia Helena Garófalo Chaves. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses// Reviewed: July 26th, 2019 Published: November 7th, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.88829.
12. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 645 с.

References

1. Yakhin O.I., Yakhin I.A., Spirikhin L.V., Khalilov L.M. Razrabotka metodov standartizatsii sostava mnogokomponentnykh bioregulyatorov na osnove rastitel'nogo syr'ya [Development of methods for standardization of the composition of multicomponent bioregulators based on plant materials]. II s'ezd VMSO. Vserossiiskaya

- konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem «Mass-spektrometriya i ee prikladnye problemy» [II Congress of the VMSO. All-Russian conference with international participation "Mass spectrometry and its applied problems"]. Moscow, 2005, MBS-19. (In Russian)
2. Yakhin. O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A. Biostimulyatory v agrotekhnologiyakh: Problemy, resheniya, perspektivy [Biostimulants in agricultural technologies: Problems, solutions, prospects]. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2016, no. 1, pp.15-22. DOI: 10.24411/1029-2551. (In Russian)
 3. Zhivet'ev M.A., Graskova I.A., Pomortsev A.V., Voinikov V.K. Soderzhanie vody i sakharov v list'yakh lekarstvennykh rastenii v techenie vegetatsii [The content of water and sugars in the leaves of medicinal plants during the growing season]. *Zhurnal stress-fiziologii i biokhimii*. 2011, 7, no. 4, pp.69-79. (In Russian)
 4. Erokhin A.I. Effektivnost' vnekornevoi (listovoi) obrabotki rastenii gorokha preparatom Gumat+7 [Efficiency of foliar (leaf) treatment of pea plants with Gumat+7] . *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022, no.1 (41), pp.56-60. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-56-60. (In Russian)
 5. Arafa A., Hussin S., Mohamed Hager. Effect of Potassium Fertilizer, biostimulants and effective microorganisms on growth, carbohydrates concentration and ion percentage in the shoots of potato plants. *J. Plant Production*, Mansoura Univ. Vol. 4 (1): 15 – 32. 2013: 15-32. DOI:10.21608/jpp.2013.68605Corpus ID: 212723334.
 6. Subrahmanyam D., Rathore V.S. Plant Growth Regulators Influence CO₂ Assimilation and Translocation of Assimilates in Indian Mustard. *Journal of Agronomy and Crop Science* 1992, 168(3): 145-152. DOI: 10.1111/j.1439-037x.1992.tb00992.
 7. Daniela Moreno, Federico J. Berli, Patricia N. Piccoli & Rubén Bottini. Gibberellins and Absciscic Acid Promote Carbon Allocation in Roots and Berries of Grapevines. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2011. № 30, pp.220–228. DOI 10.1007/s00344-010-9186-4.
 8. Koshkin E.I. Fiziologiya ustoichivosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: uchebnik [Physiology of crop sustainability: textbook] 2010, Moscow, Drofa Publ., 638 p. (In Russian)
 9. Pavlovskaya N.E., Gagarina I.N. et al. Sredstvo dlya predposevnoi obrabotki semyan gorokha [Means for pre-sowing treatment of pea seeds] . Patent №2463759, October 20, 2012, Inventions. Useful models. Official Bulletin Rospatent (In Russian)
 10. Larikova Yu.S., Volobueva O.G. Sovremennye predstavleniya ob ekologo-fiziologicheskoi roli kornevykh eksudatov rastenii (Obzornaya stat'ya) [Modern ideas about the ecological and physiological role of plant root exudates (Review article)]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, 4 (40), pp.93-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-93-101. (In Russian)
 11. Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos and Lúcia Helena Garófalo Chaves. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses// Reviewed: July 26th, 2019 Published: November 7th, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.88829.
 12. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu [State Register of Breeding Achievements Approved for Use]. V. 1. «Sorta rastenii» (ofitsial'noe izdanie) ["Plant Varieties (official edition)]. - Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2022, 645 p. (In Russian)