

Авторлар туралы мәліметтер:

Нугманов Алмабек Батыржанович – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, ауыл шаруашылығы ғылымдары факультетінің деканы, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, e-mail: almabek.nugmanov@bk.ru.

Божекенова Женискуль Турсынбаевна* – «8D05101-Биология» БББ докторанты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, e-mail: Bozhekenova@mail.ru.

Ысқақ Алия – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, инновациялық технологиялар ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Суюндиқова Жанар Тулеутаевна – биология ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, «Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы, 010008, Астана қ., Қаныш Сәтбаев көш., 2; e-mail: forwork.zhanar@mail.ru.

Нугманов Алмабек Батыржанович – к.с.-х.н., декан факультета сельскохозяйственных наук, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, e-mail: almabek.nugmanov@bk.ru.

Божекенова Женискуль Турсынбаевна* – докторант ОП 8D05101 – Биология, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, e-mail: Bozhekenova@mail.ru.

Ысқақ Алия – к.с.-х.н., директор научно-исследовательского института инновационных технологий, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Суюндиқова Жанар Тулеутаевна – к.б.н., старший преподаватель, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва», Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Қаныш Сәтбаев (Сатпаева), 2, e-mail: forwork.zhanar@mail.ru.

Nugmanov Almabek Batyrzanovich – Candidate of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of agricultural sciences, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e- mails: almabek.nugmanov@bk.ru.

Bozhekenova Zheniskul Tursynbayevna* – PhD student, “8D05101-Biology” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e- mails: Bozhekenova@mail.ru.

Yskak Aliya – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Innovative Technologies, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e- mails: alia-almaz@mail.ru.

Suyundikova Zhanar Tuleutayevna – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University NJSC, Republic of Kazakhstan, 010008, Astana, 2 Kanysh Satbayev Str., e-mail: forwork.zhanar@mail.ru.

МРНТИ 31.27.21, 87.15.19

УДК 633/635.954. 633.11:632.9

<https://doi.org/10.52269/SEPT2631174>

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕРБИЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ И
СНИЖЕНИЕ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПАВ НА ПОСЕВАХ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Нургазиев Р.Е. – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан.

Аужанова М.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан.

Бекимова Г.Б.* – доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан.

Аширов А.Р. – магистрант кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан.

В статье представлены результаты двухлетних исследований, проведенных в условиях степной зоны Акмолинской области в 2025–2026 гг., по оценке эффективности применения герби-

цидной обработки при снижении объема рабочей жидкости с использованием полимерного прилипателя. В опыте изучали гербицидную обработку 2,4-Д в дозе 0,5 л/га при расходе рабочей жидкости 200, 100, 50 и 25 л/га, а также аналогичные варианты с добавлением Витанолла в дозе 100 мл/га. Цель исследования заключалась в определении возможности перехода к малообъемной технологии опрыскивания посевов яровой пшеницы при сохранении высокой эффективности контроля сорной растительности и снижении потенциальной пестицидной нагрузки.

При добавлении смачивателя Витанолл 100 мл/га эффективность за счёт равномерного покрытия обрабатываемой поверхности каплями рабочего раствора составила 84-86%. На варианте с расходом рабочей жидкости 100 л/га + Витанолл в дозе 100 мл/га, получено достоверное повышение урожайности яровой пшеницы на 16,5%, против варианта с таким же расходом рабочей жидкости на 14,8%. Установлено, что использование ПАВ позволяет существенно снизить эффективные нормы внесения гербицида, повысить биологическую эффективность обработки и уменьшить затраты.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования полимерного прилипателя при малообъемном опрыскивании посевов яровой пшеницы. Разработанные технологические приемы будут непосредственно рекомендованы для внедрения в практику интенсивного растениеводства при возделывании зерновых культур в регионе.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорная растительность, гербицид, ПАВ, Витанолл, малообъемное опрыскивание.

АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ ДАЛА АЙМАҒЫ ЖАҒДАЙЫНДА ЖАЗДЫҚ БИДАЙ ЕГІСТІКТЕРІНДЕ ББЗ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ГЕРБИЦИДТІК ӨНДЕУЛЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖӘНЕ ПЕСТИЦИДТІК ЖҮКТЕМЕНІ ТӨМЕНДЕТУ

Нургазиев Р.Е. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы.

Аужанова М.А. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы.

Бекимова Г.Б.* – PhD доктор, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы.

Аширов Амир Русланович – ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының магистранты, «Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы.

Мақалада 2025–2026 жылдары Ақмола облысының дала аймағы жағдайында полимерлі жабыстырғышты пайдалану арқылы жұмыс сұйықтығының көлемін азайту кезінде гербицидтік өңдеудің тиімділігін бағалау бойынша жүргізілген екі жылдық зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Тәжірибеде жұмыс сұйықтығының шығыны 200, 100, 50 және 25 л/га болған кезде 0,5 л/га мөлшеріндегі 2,4-Д гербицидімен өңдеу, сондай-ақ 100 мл/га мөлшерінде Витанолл қосылған осыған ұқсас нұсқалар зерттелді. Зерттеудің мақсаты арамшөптермен күресудің жоғары тиімділігін сақтай отырып және ықтимал пестицидтік жүктемені төмендете отырып, жаздық бидай егістігін аз көлемді бүрку технологиясына көшіру мүмкіндігін анықтау болды.

100 мл/га мөлшерінде Витанолл суландырғышын қосқан кезде өңделетін бетті жұмыс ерітіндісінің тамшыларымен біркелкі жабу есебінен тиімділік 84–86%-ды құрады. Жұмыс сұйықтығының шығыны 100 л/га және Витанолл мөлшері 100 мл/га болған нұсқада жаздық бидай өнімділігінің 16,5%-ға сенімді артуы байқалды, ал жұмыс сұйықтығының шығыны дәл сондай, бірақ Витанолл қолданылмаған нұсқада бұл көрсеткіш 14,8%-ды құрады. Беттік-белсенді затты қолдану гербицидті өңдеудің тиімді мөлшерін едәуір азайтуға, өңдеудің биологиялық тиімділігін арттыруға және шығындарды төмендетуге мүмкіндік беретіні анықталды.

Алынған нәтижелер жаздық бидай егістігін аз көлемде бүрку кезінде полимерлі жабыстырғышты қолданудың перспективалы екенін көрсетеді. Өзірленген технологиялық тәсілдер өңірде дәнді дақылдарды өсіру барысында қарқынды өсімдік шаруашылығы тәжірибесіне енгізу үшін ұсынылатын болады.

Түйінді сөздер: жаздық бидай, арамшөптер, гербицид, беттік-белсенді зат, витанол, аз көлемді бүрку.

IMPROVING HERBICIDE TREATMENT EFFICACY AND REDUCING PESTICIDE LOAD THROUGH THE USE OF SURFACTANTS IN SPRING WHEAT CROPS IN THE STEPPE ZONE OF THE AKMOLA REGION

Nurgaziyev P. Ye. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan.

Auzhanova M.A. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan.

Bekimova G.B.* – PhD, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan.

Ashirov A.R. – Master's student, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan.

The article presents the results of two-year studies conducted in the steppe zone of the Akmola region in 2025-2026 to assess the effectiveness of herbicidal treatment while reducing the volume of working fluid using a polymer sticking agent. In the experiment, the herbicidal treatment of 2,4-D at a dose of 0.5 l/ha with a working fluid flow rate of 200, 100, 50 and 25 l/ha, as well as similar options with the addition of Vitanoll at a dose of 100 ml/ha, was studied. The research objective was to determine the possibility of switching to low-volume technology of spraying spring wheat crops while maintaining high efficiency of weed control and reducing the potential pesticide load. With the addition of Vitanoll 100 ml/ha wetting agent, the efficiency due to the uniform coating of the treated surface with drops of the working solution was 84-86%. In the variant with a working fluid flow rate of -100 l/ha+ Vitanoll at a dose of 100 ml/ha, a significant increase in the yield of spring wheat by 16.5% was obtained, compared to the option with the same working fluid consumption of -14.8%. It was found that the use of surfactants can significantly reduce the effective rates of herbicide application, increase the biological efficiency of treatment and reduce costs. The developed technological techniques will be directly recommended for implementation in the practice of intensive crop production in the cultivation of grain crops in the region.

Key words: spring wheat, weeds, herbicide, surfactant, Vitanoll, low-volume spraying.

Введение

В современном земледелии Акмолинской области одной из актуальных проблем остается высокая засоренность сельскохозяйственных угодий, включая распространение трудноискоренимых корнеотпрысковых сорных растений. Борьба с ними только механическими приемами является трудоемкой и не всегда обеспечивает необходимый уровень контроля, поэтому химический метод остается важным элементом современной системы защиты растений и одним из факторов получения стабильной урожайности сельскохозяйственных культур.

Расширение ресурсосберегающих технологий земледелия, в частности No-Till, повышает значение системных гербицидов, обладающих широким спектром действия. Вместе с тем увеличение объемов применения средств защиты растений обуславливает необходимость рационализации их использования с учетом экологических требований и сохранения устойчивости агроэкосистем. По данным странового обзора производства и использования особо опасных пестицидов в Казахстане, за последние десять лет применение пестицидов на единицу площади сельскохозяйственных угодий увеличилось почти втрое [1, с. 28].

Интенсивное применение гербицидов может сопровождаться поступлением действующих веществ и их метаболитов в компоненты агроэкосистемы, что обуславливает необходимость совершенствования технологий химической защиты растений. В связи с этим актуальным является поиск приемов, позволяющих сохранить высокую биологическую эффективность гербицидов при снижении их нормы расхода и уменьшении общего объема рабочей жидкости.

Одним из перспективных направлений оптимизации гербицидных обработок является применение адъювантов, в том числе поверхностно-активных веществ (ПАВ) и полимерных прилипателей. Их использование способствует изменению физико-химических свойств рабочего раствора, улучшению смачивания и растекания капель, повышению их удержания на листовой поверхности и увеличению площади контакта действующего вещества с растением. Это особенно важно при малообъемном опрыскивании, когда эффективность обработки в значительной степени определяется качеством покрытия растительной поверхности рабочим раствором.

Применение ПАВ и полимерных добавок рассматривается как один из способов повышения эффективности использования гербицидов и снижения технологических затрат. При этом эффективность адъювантов зависит от действующего вещества гербицида, его нормы расхода, объема рабочей жидкости, видового состава сорной растительности, погодных условий и качества опрыскивания. Поэтому установление оптимального сочетания гербицида, адъюванта и объема рабочего раствора требует экспериментальной оценки в конкретных почвенно-климатических условиях.

Для степной зоны Акмолинской области данный вопрос представляет особый научный и практический интерес в связи с необходимостью повышения эффективности защиты посевов яровой пшеницы при рациональном использовании средств защиты растений и водных ресурсов.

Данное направление позволит одновременно повысить эффективность контроля сорной растительности, снизить химическую нагрузку на агроэкосистему и обеспечить более рациональное использование средств защиты растений в условиях степной зоны Акмолинской области.

Цель – разработать и внедрить в производство современные технологические алгоритмы снижения пестицидной нагрузки с цифровой моделью прогнозирования урожайности при возделывании зерновых культур в системе интенсивного земледелия.

Задачи:

1. Изучить возможность снижения дозы применяемых ядохимикатов за счёт сокращения объёма рабочих растворов без уменьшения эффективности обработки.
2. Определить влияние сниженных доз ядохимикатов на стабилизацию и воспроизводство плодородия почвы.
3. Разработать цифровую модель прогнозирования урожайности яровой пшеницы на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и сопряжённых наземных измерений.

Методы исследования

Исследования проводились в течение 2025–2026 гг. в условиях степной на посевах яровой пшеницы на опытных полях УНПК «Элит» НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Акмолинской области. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, среднесуглинистый по гранулометрическому составу, с содержанием гумуса 3,4–3,6%. Обеспеченность почвы подвижным фосфором характеризовалась как средняя, подвижным калием – высокая; реакция почвенного раствора составляла pH 7,0–7,2.

Гербицидную обработку проводили смесью 2,4-Д – 0,5 л/га + феноксапроп-П-этил – 0,3 л/га. Расход рабочей жидкости составлял 200, 100, 50 и 25 л/га. В дополнительных вариантах к гербицидной смеси добавляли Витанолл в дозе 100 мл/га при аналогичных объемах рабочей жидкости. Такая схема позволила оценить влияние снижения объема рабочего раствора и присутствия адъюванта на эффективность контроля сорной растительности.

Препарат «Витанолл» представляет собой высокоэффективный смачиватель, сочетающий свойства адъюванта, прилипателя и поверхностно-активного вещества. Его действующим веществом является полиалкиленоксид силоксан, модифицированный полиэфиром.

Схема опыта включала контроль без обработки и варианты гербицидной обработки с различным расходом рабочей жидкости.

Учет сорной растительности проводили количественно-весовым методом на учетных площадках площадью 1 м² до обработки и через 21 день после применения гербицидов. Определяли численность отдельных групп сорняков, выраженную в шт./м², и рассчитывали эффективность гербицидной обработки.

В составе сорного сообщества учитывались многолетние злаковые, малолетние злаковые, многолетние и малолетние двудольные сорняки.

Результаты исследований

Снижение номинальных норм расхода гербицидов традиционно приводит к резкому падению их биологической эффективности, так как действующее вещество сталкивается с рядом естественных защитных барьеров растений и технологических трудностей, такие как плотный защитный восковой налет на поверхности листовой пластины (например, у мари белой) препятствует удержанию и впитыванию капель рабочего раствора [2, с.112]. Также биологическую активность гербицидов снижает качество воды для опрыскивания, наличие в воде илистых частиц и органических примесей связывает до половины действующего вещества, а высокая жесткость приводит к образованию нерастворимых комплексов, блокирующих проникновение гербицида в ткани растений [3, с.31].

Влияние засушливого климата на эффективность гербицидов в Казахстане. Применение стандартных норм расхода рабочей жидкости (около 200 л/га), а распыление раствора в виде мелкодисперсного «тумана» ведет к быстрой потере влаги из капель из-за испарения или их сноса ветром. Это одна из особенностей климатических факторов засушливой зоны в Северном Казахстане. Выпадение атмосферных осадков в первые 4–6 часов после проведения химической обработки практически полностью нивелирует гербицидный эффект [4, с.84].

Для преодоления указанных барьеров и безопасного снижения пестицидной нагрузки научно обосновано совместное применение гербицидов с поверхностно-активными веществами (ПАВ/адъювантами) и переход на малообъемные технологии внесения. Использование прилипателя-смачивателя Витанолл на основе полиалкиленоксид силоксана, модифицированного полиэфиром ПАВ обладают дифильным строением, благодаря чему они встраиваются в структуру воды, разрушают межмолекулярные связи и резко снижают её поверхностное натяжение. В результате рабочий раствор ложится на гидрофобную поверхность листа не в виде скатывающихся капель, а в форме сплошной тонкой пленки. Это обеспечивает максимальный контакт препарата с листовой пластиной, частично растворяет защитный воск кутикулы, предотвращает смыв состава росой или дождем, снижает испарение и ускоряет абсорбцию действующего вещества сорными растениями. Использование специализированных адъювантов позволяет без потери биологической эффективности снижать дозу системного гербицида на 20–50%.

Сокращение расхода воды с традиционных 200 л/га до 30–50 л/га экономит водные ресурсы, сокращает транспортные расходы на подвоз воды и расход ГСМ, а также повышает сменную производительность опрыскивающих агрегатов. Ключевым технологическим приемом повышения эффективности глифосата при малых объемах является добавление в рабочий раствор физиологически кислых удобрений, солей аммония, что повышает гербицидный эффект на 25–40%, что говорит о эффективности малообъемных технологий. Поэтому особое значение данный механизм приобретает при малообъемном опрыскивании, когда на единицу площади поступает меньшее количество воды. В таких условиях качество распределения капель по поверхности растений становится одним из важных факторов эффективности обработки.

Исследования в области оптимизации химических обработок за счет ПАВ демонстрируют лавинообразный рост научных публикаций во всем мире, начиная с 2019 года. Ведущие исследовательские центры Европы, Азии и Северной Америки активно занимаются разработкой комплексных агротехнологических решений, направленных на минимизацию экологического пресса пестицидов при сохранении стабильной продуктивности агроценозов. Международная практика подтверждает колоссальный потенциал этого направления: например, исследования индийских ученых доказали, что при научно обоснованном подборе сезона и добавлении эффективных ПАВ номинальную дозу гербицида можно снизить в 10 раз без потери контроля над злостными сорняками (*Cyperus rotundus* L.) [5, с.40].

В связи с этим критически важной научной задачей является применение, экологически безопасных адъювантов, которые позволят повысить целевую эффективность гербицида и за счет этого снизить пестицидную нагрузку [6, с.108].

Основная задача вспомогательных компонентов – повысить эффективность гербицида в составе препарата за счет улучшения его прилипания к тканям листьев сорняков даже в случае дождя и ускорения проникновения через эпидермис тканей листьев сорняков. Кроме того, вспомогательные компоненты в гербицидах на основе глифосата способствуют проникновению глифосата в клетки растений [7, с.24; 8, с.158-161].

Показано, что правильно подобранный комплексный адъювант (в т.ч. с ПАВ) позволяет снизить дозу нисосулфурона, сохраняя эффективность контроля сорняков на уровне стандартной дозы без адъюванта. Подчеркивается: адъювант не универсален, подбор зависит от гербицида и культуры [9, с.348].

Аналогичные полевые исследования проводились в 2017–2019 годах в Центрально-Западной Польше на базе научно-образовательного центра REC Brody Познанского университета естественных наук. Основными сорняками выступали марь белая (*Chenopodium album*), куриное просо (*Echinochloa crus-galli*), герань малая (*Geranium pusillum*), горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*) и фиалка полевая (*Viola arvensis*). Наличие сорной растительности на полях в первые недели после посева приводит к потерям урожая зерна в диапазоне от 13–30%, а при сильном засорении – более чем к 70%. Современные законодательные изменения позволяют аграриям снижать дозы химикатов при условии соблюдения правил надлежащей практики защиты растений. Однако снижение норм расхода гербицидов часто влечет за собой существенное падение их биологической эффективности. Для преодоления кутикулярных и анатомических барьеров листьев сорняков при использовании уменьшенных доз необходимо применять эффективные многофункциональные (многокомпонентные) адъюванты [10, с.26].

Избыточное содержание пестицидов в почве может негативно влиять на почвенные организмы, снижая их биодоступность и, как следствие, ухудшая качество почвы. Микроорганизмы и ферменты почвы служат надежными биоиндикаторами для оценки степени химического загрязнения и качества почвенной среды.

Полученные данные могут быть использованы для установления пороговых доз пестицидов, не оказывающих губительного воздействия на экосистему [11, с.18]. Современные технологии точного земледелия позволяют существенно снизить расход гербицидов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, разработаны системы дифференцированного внесения гербицидов на основе GPS-картирования, позволяющую уменьшить объем применения препаратов по сравнению с традиционным равномерным опрыскиванием [12, с. 134; 13, с.4; 14, с. 7].

Особую тревогу вызывает тот факт, что из-за повсеместного использования гербицидов его следы обнаруживаются в пище, воде, моче и даже грудном молоке, что делает воздействие на население хроническим. Ряд авторов призывают к немедленному пересмотру текущих стандартов безопасности и проведению долгосрочных проспективных когортных исследований на людях, так как имеющиеся данные свидетельствуют о высоком риске для репродуктивного здоровья и развития будущих поколений растений [13, с. 8; 15, с. 4].

Несмотря на высокую эффективность гербицидов против сорной растительности, превышение рекомендуемых доз может негативно влиять на физиологическое состояние культурных растений, высокие концентрации глифосата приводят к значительному снижению сухой массы растений сахарного тростника и нарушению метаболических процессов. [16, с.14]. Поскольку все гербициды воздействуют на пути или процессы, имеющие решающее значение для растений, оказывая ингибирующее или стимулирующее действие, низкие дозы любого гербицида можно использовать для регулирования роста, развития или состава растений [17, с.1068]. Пестициды подавляет биологическую активность почвы, особенно при высоких дозировках. Микроорганизмы и ферменты почвы служат надежными биоиндикаторами для оценки степени химического загрязнения и качества почвенной среды. В исследованиях установлены пороговые дозы пестицидов, не оказывающих губительного воздействия на экосистему. Потенциальное влияние гербицидов на функции почвы, как правило, незначительны или временны при применении в рекомендуемых дозах [18, с. 254; 19, с.74].

Для повышения эффективности пестицидов полимеры с высокой степенью полимеризации эффективно замедляют процесс испарения капель на поверхности листа по сравнению с чистым гербицидом. Это открывает новые возможности для точного земледелия, позволяя значительно снизить потери препарата, уменьшить загрязнение окружающей среды и повысить биологическую эффективность обработки даже на супергидрофобных сорняках. Полевые исследования показали, что состав

гербициды с ПАВ адъювантом превосходит по эффективности существенно снижает поверхностное натяжение, это позволяет каплям препарата лучше удерживаться на поверхности листьев и эффективнее их смачивают. Различные виды применяемых неионогенных ПАВ в определенных концентрациях могут не подавлять, а, напротив, стимулировать рост бактерий, что свидетельствует о способности компонентов гербицидных смесей изменять их воздействие на микроорганизмы. Использование натуральных адъювантов, является перспективным способом повышения эффективности гербицидов при одновременном снижении их экологической нагрузки и токсичности [20, с. 54; 21, с. 44].

Эффективность применения гербицидов напрямую зависит от сложных, видоспецифичных взаимодействий между гербицидом, адъювантами и структурными особенностями поверхности листьев конкретных сорняков. Понимание этих механизмов позволяет оптимизировать дозировки препарата, снизить затраты на обработку и минимизировать экологическую нагрузку на окружающую среду.

В условиях засушливых и сухих зон Казахстана, где дефицит воды является постоянным спутником земледелия, применение малообъемных технологий при уходе за посевами является актуальным вопросом. В наших исследованиях включали обработку посева пшеницы против двудольных и злаковых сорняков гербицидом 2,4 Д (2-этилгексилловый эфир) в дозе 0,5 л/га, с изначальным расходом рабочей жидкости 200 л/га, с уменьшением на последующих вариантах расход рабочей жидкости до 100 л/га, 50 л/га и 25 л/га (таблица 1). В опыт также были включены варианты с использованием Витанолл-смачивателя, который должен повысить эффективность обработки за счёт равномерного покрытия обрабатываемой поверхности каплями рабочего раствора. Использование прилипателей улучшает смачивание и увеличивает площадь покрытия опрыскиваемой поверхности рабочим раствором, снижает поверхностное натяжение водных растворов. С использованием Витанолл-смачивателя изучались следующие варианты: обработка гербицидом 2,4 Д -0,5 л/га + Витанолл 100 мл/га, расход рабочей жидкости – 100 л/га; обработка гербицидом 2,4 Д -0,5 л/га + Витанолл 100 мл/га, расход рабочей жидкости – 50 л/га; обработка гербицидом 2,4 Д -0,5 л/га.+Витанолл 100 мл/га, расход рабочей жидкости – 25 л/га.

Витанолл в исследуемой системе выполняет функцию адъюванта (смачивателя и прилипателя) и не обладает самостоятельным гербицидным действием. Его назначение заключается в изменении физико-химических свойств рабочего раствора и улучшении взаимодействия капли с листовой поверхностью сорных растений.

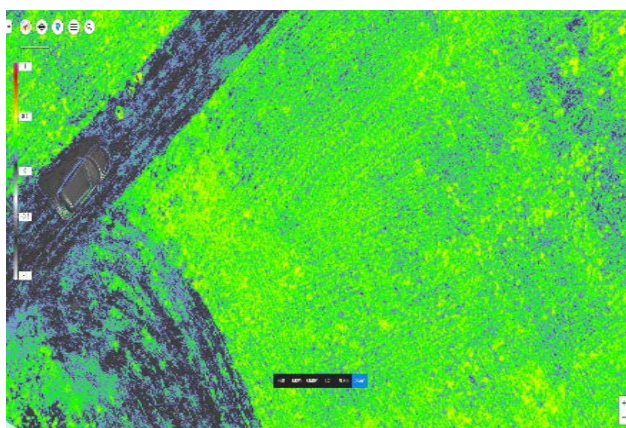
На основном этапе обработки и анализа изображений были построены карты нормализованного вегетационного индекса (NDVI) и нормализованного вегетационного индекса зелености (GNDVI) с использованием спектральных каналов ближнего инфракрасного (NIR), красного (RED), красного края (RED EDGE), зеленого (GREEN).

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом).

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра проявляется максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области находится область максимального отражения клеточных структур листа.

Высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные сообщества от прочих природных объектов.

Индексные изображения по окончании обработки были сформированы в качестве картографического произведения. Вегетационный индекс иллюстрируется согласно международной системе отображения NDVI. Такая градация предполагает разделение значений индекса на 18 классов от -1 до +1. Применение данного типа визуализации удобно для сравнения нескольких полей, однако не всегда отображает разрозненность значений внутри полей (рисунок 1).



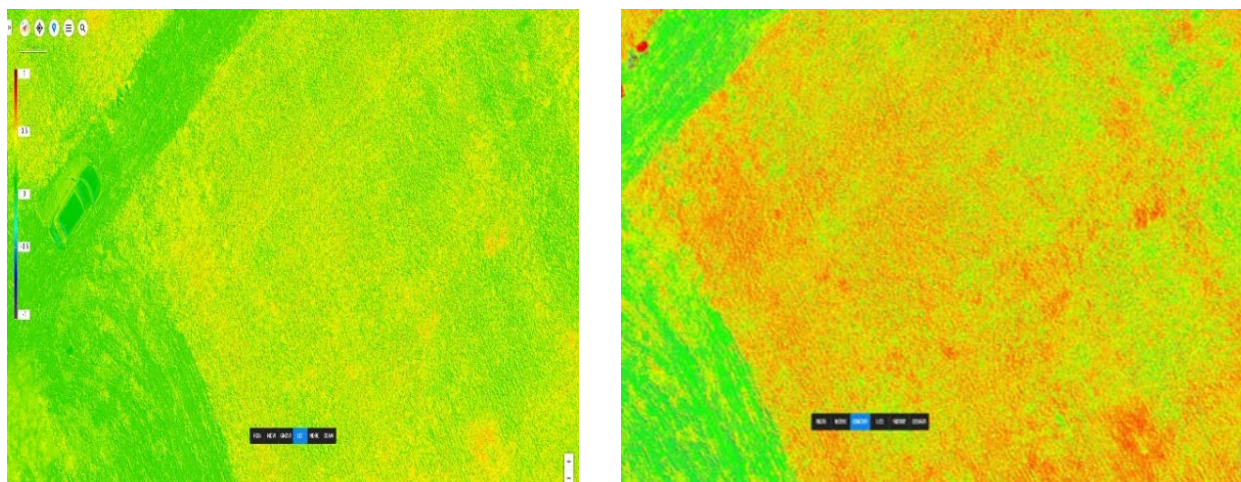


Рисунок 1 – Распределение значения индекса NDVI опытного участка

Полученные данные свидетельствуют об однородном развитии пшеницы. Поле обладает высоким проективным покрытием вегетирующей культур. Высыхание прослеживается в результате понижения значений индекса по краям и в центре поля, часть поля продолжает вегетировать.

Проведенные в 2025–2026 гг. наблюдения показали, что снижение объема рабочей жидкости при сохранении нормы действующих веществ по-разному влияло на эффективность контроля сорной растительности. В опыте были представлены многолетние и малолетние злаковые, а также двудольные сорняки, причем их видовой и количественный состав существенно варьировал по годам. Наибольшее число видов сорняков относится в порядке убывания к сложноцветным злаковым, щирцевым, вьюнковым, маревым, реже гречишным, крестоцветным и другие. Типичными и наиболее распространенными из перечисленных сорняков при возделывании сельскохозяйственных культур в зоне проведения исследований являются: бодяк полевой, осот полевой, вьюнок полевой, полынь горькая, щирца, овсюг, просовидные и другие (таблица 1).

Таблица 1 – Общая эффективность вариантов (суммарная численность сорняков, шт.)

Варианты	2025г.			2026г.		
	Количество сорняков, шт/м ²		Эффективность, %	Количество сорняков, шт/м ²		Эффективность, %
	до обработки	после обработки		до обработки	после обработки	
Обработка гербицидом 2,4 Д (2-этилгексиловый эфир), - 0,5 л/га. Расход рабочей жидкости – 200 л/га	51,3	8,8	82,8	72,9	15,8	78,3
2,4 Д -0,5 л/га. – 100 л/га	59,97	12,7	79,5	58,9	13,5	77,1
2,4 Д -0,5 л/га. 50 л/га	62,3	13,6	78,2	70,3	16,1	77,1
2,4 Д -0,5 л/га. 25 л/га	66,7	17,3	74,1	48,4	11,6	76,0
2,4 Д -0,5 л/га+Витанолл 100 мл/га. 100 л/га	61,2	9,7	84,2	62,3	8,6	86,2
2,4 Д -0,5 л/га+Витанолл 100 мл/га. – 50 л/га	55,2	10,5	81,0	67,2	13,0	80,7
2,4 Д -0,5 л/га+Витанолл 100 мл/га. – 25 л/га	52,9	9,7	81,7	48,2	10,5	78,2

Результаты наблюдений показали, что на варианте обработка гербицидом 2,4 Д (2-этил гексильный эфир), с расходом рабочей жидкости – 200 л/га, эффективность баковой смеси препаратов составила 80,6%. На варианте снижения рабочей жидкости до 100 л/га, существенных изменений по эффективности действия на засоренность посева яровой пшеницы не наблюдалось, где средний показатель составил 78%. На вариантах снижения рабочего раствора до 50 л/га и 25 л/га эффективность препаратов составила в среднем 78 и 75 %, т.е. находилась в пределах показателей по другим вариантам опыта.

На вариантах использования в баковой смеси с гербицидами Витанолл-смачивателя, эффективность препаратов повысилась. Так, на варианте обработки гербицидом 2,4 Д -0,5 л/га+ Витанолл 100 мл/га с расходом рабочей жидкости – 100 л/га эффективность по видам сорняков составила от 84 до 86%, где средний показатель – 85,2% (таблица 1). Со снижением нормы расхода рабочей жидкости, эффективность препаратов в баковой смеси оставалась также высокой, со средним значением на варианте 50 л/га – 81%, а на варианте 25 л/га – 80%.

В исследуемые годы при расходе рабочей жидкости 200 л/га средняя эффективность гербицидной обработки по представленным в таблице видам сорняков составила около 82,8%. При снижении объема рабочей жидкости до 100, 50 и 25 л/га средняя эффективность составила соответственно 78 до 75%, то есть при уменьшении объема рабочего раствора без смачивателя наблюдалась тенденция к некоторому снижению эффективности. Иная закономерность отмечена при использовании Витанола в дозе 100 мл/га. При расходе рабочей жидкости 100 л/га средняя эффективность составила 85,2%, при 50 л/га – 80,9%, а при минимальном объеме 25 л/га достигла 79,9%. Таким образом, в условиях 2025 года добавление Витанола позволило не только компенсировать снижение объема рабочего раствора, но и повысить среднюю эффективность гербицидной обработки по сравнению с вариантами без смачивателя. Особенно показательным является вариант 100 л/га + Витанолл 100 мл/га, где эффективность по отдельным группам сорняков составила 94% для многолетних злаковых, 83% – для двудольных, 83% – для малолетних злаковых и 85% – для малолетних двудольных. Средний показатель по представленным группам достиг 85,25%, что является максимальным результатом среди вариантов.

Таким образом, результаты проведенных наблюдений за влиянием снижения объемов применяемых растворов ядохимикатов с использованием полимерного прилипателя на видовой и количественный состав сорной растительности на посевах яровой пшеницы в условиях отчетного года показали, что снижение расхода рабочей жидкости не оказали влияние на эффективность их действия на сорный компонент, где на вариантах без смачивателя она составила 78-80%, при добавлении Витанола 100 мл/га была выше и составила в среднем по изучаемым вариантам 84-86%, что достигалась за счёт равномерного покрытия обрабатываемой поверхности каплями рабочего раствора.

Для определения продуктивности и качества зерна яровой пшеницы в зависимости от снижения объемов применяемых растворов ядохимикатов с использованием полимерного прилипателя, проводились наблюдения за показателями высоты растений в см., числа зерен в колосе в шт., массы 1000 зерен, в г., содержание клейковины в % и урожайности зерна в ц с га. Все эти показатели в изучаемых вариантах были выше по сравнению с контролем. Так, высота растений колебалась от 55,7 см на контроле до 77 см на варианте обработки гербицидом 2,4 Д -0,5 л/га + Витанолл 100 мл/га с нормой расхода рабочей жидкости – 50 л/га.

Число зерен в колосе один из важных компонентов урожайности, который определяет массу зерна с одного колоса. По вариантам наибольшее число зерен в колосе отмечено, где проводились обработка гербицидом 2,4 Д -0,5 л/га + Витанолл 100 мл/га, с расходом рабочей жидкости – 100 л/га и обработка гербицидом 2,4 Д, -0,5 л/га, расход рабочей жидкости – 200 л/га, которые составили 25,7 и 25,3 шт., соответственно. Наименьшее количество зерна в колосе было на контрольном варианте – 23,4 шт.

Масса 1000 зерен варьировала от 44,8 г. на контроле до 45,8 г. на варианте обработка гербицидом 2,4 Д -0,5 л/га + Витанолл 100 мл/га с расходом рабочей жидкости – 100 л/га. В остальных вариантах опыта, масса 1000 зерен находилась между этими показателями.

Урожайность яровой пшеницы на контрольном варианте составила 16,2 ц/га. (таблица 2). При добавлении смачивателя Витанолл, на варианте обработка гербицидом 2,4 Д -0,5 л/га + Витанолл 100 мл/га, с расходом рабочей жидкости – 100 л/га, достоверное повышение урожая яровой пшеницы по сравнению с контролем составило 30,8%. На варианте с расходом рабочей жидкости достоверная прибавка урожая по отношению к контролю составила 25,3%, а на варианте расхода рабочей жидкости 25 л/га – 22,8%.

Снижение расхода рабочей жидкости с 200 до 25 л/га при применении гербицидной смеси без адъюванта сопровождалось постепенным снижением урожайности с 21,5 до 19,1 ц/га. Использование Витанола в дозе 100 мл/га позволило частично компенсировать снижение объема рабочего раствора: при его сокращении до 100, 50 и 25 л/га урожайность составила соответственно 21,2; 20,3 и 19,9 ц/га. Наиболее выраженный эффект отмечен при расходе 100 л/га, где урожайность практически не отличалась от стандартного варианта 200 л/га без Витанола, при одновременном двукратном сокращении расхода рабочей жидкости (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели сравнительной продуктивности и качество яровой пшеницы в зависимости от снижения объемов применяемых растворов ядохимикатов с использованием полимерного прилипателя (2025 г.).

Варианты опыта	Урожайность		Клейковина, %
	ц/га	+/-	
Контроль (без обработки)	16,2	-	26,0
Обработка гербицидом 0,5 л/га- 200 л/га	21,5	+5,3	26,9
Обработка гербицидом 0,5 л/га–100 л/га	20,9	+4,7	26,0
Обработка гербицидом 0,5 л/га –50 л/га	19,9	+3,7	25,3
Обработка гербицидом -0,5 л/га25 л/га	19,1	+2,9	26,3
Обработка гербицидом 0,5 л/га. + Витанолл 100 мл/га. – 100 л/га	21,2	+5,0	27,0
Обработка гербицидом -0,5 л/га +Витанолл 100 мл/га. – 50 л/га	20,3	+4,1	27,1
Обработка гербицидом -0,5 л/га. +Витанолл 100 мл/га. – 25 л/га	19,9	+3,7	26,7
НСР	0,6		

Следует отметить, что добавление в баковую смесь смачивателя Витанолл в дозе 100 мл/га, за счёт равномерного покрытия обрабатываемой поверхности каплями рабочего раствора, обеспечило более высокую эффективность действия гербицидов против засоренности посевов яровой пшеницы, что в свою очередь отразилось на урожайности, где достоверное повышение с расходом рабочей жидкости – 100 л/га составило 16,5%, против варианта с таким же расходом рабочей жидкости – 14,8%. На вариантах с расходом рабочих растворов 50 л/га и 25 л/га с добавлением Витанолл в дозе 100 мл/га, превышение урожайности яровой пшеницы было больше на 2,2% и 4,4% по сравнению с аналогичными вариантами без добавления смачивателя Витанолл. Определение содержания клейковины по вариантам опыта показали, что она варьирует от 25,3% до 27,1%.

В наших исследованиях оптимизация физико-химических свойств рабочего раствора адъюванты снизили поверхностное натяжение до оптимального для удержания и растекания капель диапазона.

Заключение. Результаты двухлетних наблюдений показали, что исходный видовой и количественный состав сорной растительности существенно различался между годами. В 2025 году на контрольном варианте численность многолетних злаковых составляла 2,5 шт./м², двудольных – 30,1, малолетних злаковых – 17,9 и двудольных – 13,5 шт./м². В 2026 году соответствующие значения составили 3,1; 23,2; 14,1 и 20,9 шт./м². Это свидетельствует о различиях в структуре сорного сообщества по годам и подтверждает необходимость оценки эффективности гербицидных технологий в динамике.

Таким образом, прямой линейной зависимости между снижением объема рабочей жидкости и эффективностью гербицидной обработки установлено. Снижение объема раствора до 25–50 л/га в отдельных вариантах позволяло сохранять достаточно высокую эффективность, однако показатели зависели от группы сорняков и условий конкретного года.

Финансирование. Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR28712213).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Страновой обзор производства и использования особо опасных пестицидов в Казахстане [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: https://ipen-china.org/sites/default/files/documents/final_ru_kazakhstan_hhp_country_situation_report_final_18.05.2020.pdf (дата обращения: 31.08.2026).
2. Пикушова Э.А., Василько В.П., Белый А.И. Концепция интегрированной системы защиты растений от вредных организмов (сорные растения: вредоносность, биоразнообразие, биология, ассортимент гербицидов) [Текст]: учебное пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 137 с. – ISBN 978-5-907294-97-4.
3. Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я. Зависимость уровня гербицидной активности глифосат-содержащих препаратов от расхода рабочих растворов [Текст] // Защита и карантин растений. – 2016. – № 1. – С. 29–33.
4. Abdolahi M., Benakashani F., Soltani E., Karimi S., Akbari G. A. Comparative study of influence of water stress on effectiveness of sulfosulfuron to two species of weeds through biomass and photo-physiological parameters [Text] // Crop Protection. – 2024. – Vol. 178. – Article 106589. – DOI: 10.1016/j.cropro.2024.106589.

5. Devendra R., Ashok M., Chandranaik M., Ashok Kumar T. N., Ramachandra Prasad T. V. Importance of growing season and surfactant in reduction of glyphosate dosage in control of *Cyperus rotundus* L. [Text] // Journal of Plant Biology. – 2005. – Vol. 32. – No. 1. – P. 39–42.
6. Hao Y., Zhang N., Xu W., Gao J., Zhang Y., Tao L. A natural adjuvant shows the ability to improve the effectiveness of glyphosate application [Text] // Journal of Pesticide Science. – 2019. – Vol. 44. – No. 2. – P. 106–111. – DOI: 10.1584/jpestics.D18-066.
7. Mesnage R., Antoniou M. N. Ignoring adjuvant toxicity falsifies the safety profile of commercial pesticides [Text] // Frontiers in Public Health. – 2018. – Vol. 5. – Article 361. – DOI: 10.3389/fpubh.2017.00361.
8. Defarge N., Spiroux de Vendômois J., Séralini G. E. Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides [Text] // Toxicology Reports. – 2018. – Vol. 5. – P. 156–163. – DOI: 10.1016/j.toxrep.2017.12.025.
9. Liu Z. Q., Zabkiewicz J. A. Uptake of glyphosate into wheat: surfactant interaction and mechanistic implications [Text] // New Zealand Plant Protection. – 2000. – Vol. 53. – P. 345–349.
10. Idziak R., Sobczak A., Waligóra H., Szulc P. Impact of multifunctional adjuvants on efficacy of sulfonylurea herbicide applied in maize (*Zea mays* L.) [Text] // Plants. – 2023. – Vol. 12. – No. 5. – Article 1118. – DOI: 10.3390/plants12051118.
11. Baćmaga M., Wyszowska J., Kucharski J. Influence of forecrop on soil quality estimated on the basis of the growth and development of faba bean and biochemical properties of the soil [Text] // Sustainability. – 2024. – Vol. 16. – No. 17. – Article 7492. – DOI: 10.3390/su16177492.
12. Rashidi M., Mohammadzamani D. Variable rate herbicide application using GPS and generating a digital management map [Text] // Herbicides, Theory and Applications. – London: IntechOpen, 2011. – P. 127–144.
13. Влияние пестицидов на здоровье человека [Электронный ресурс]. – URL: https://www.greencross.by/sites/default/files/files-for_download/2019/razdel_1_glava_1.3_vliyanie_pestitsidov_na_zdorove_cheloveka_0.pdf (дата обращения: 31.08.2026).
14. Анучина А.В. Токсическое действие пестицидов на организм человека и животных [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://s.eduherald.ru/pdf/2019/1/19454.pdf> (дата обращения: 31.08.2026).
15. Muñoz J. P., Bleak T. C., Calaf G. M. Glyphosate and the key characteristics of an endocrine disruptor: a review [Text] // Chemosphere. – 2021. – Vol. 270. – Article 128619. – DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.128619.
16. Belz R. G., Carbonari C. A., Duke S. O. The potential influence of hormesis on evolution of resistance to herbicides [Text] // Current Opinion in Environmental Science & Health. – 2022. – Vol. 27. – Article 100360. – DOI: 10.1016/j.coesh.2022.100360.
17. Brito I. P. F. S., Tropaldi L., Carbonari C. A., Velini E. D. Hormetic effects of glyphosate on plants [Text] // Pest Management Science. – 2018. – Vol. 74. – No. 5. – P. 1064–1070. – DOI: 10.1002/ps.4523.
18. Baćmaga M., Kucharski J., Wyszowska J. Microbiological and biochemical properties of soil polluted with a mixture of spiroxamine, tebuconazole, and triadimenol under the cultivation of *Triticum aestivum* L. [Text] // Environmental Monitoring and Assessment. – 2019. – Vol. 191. – No. 7. – Article 416. – DOI: 10.1007/s10661-019-7539-4.
19. Rose M. T., Ng E. L., Weng Z., Wood R., Rose T. J., Van Zwieten L. Minor effects of herbicides on microbial activity in agricultural soils are detected by N-transformation but not enzyme activity assays [Text] // European Journal of Soil Biology. – 2018. – Vol. 87. – P. 72–79. – DOI: 10.1016/j.ejsobi.2018.04.003.
20. Song Y., Huang G., Zheng L., Huang Q., Cao L., Li F. Polymer additives regulate the deposition behavior of pesticide droplets on target plants [Text] // Polymer Testing. – 2021. – Vol. 93. – Article 106958. – DOI: 10.1016/j.polymertesting.2020.106958.
21. Amajioyi J., Nleya T., Subramanian S., Clay S. A. Herbicide and additive impacts on *Bradyrhizobium japonicum* growth in solution [Text] // Agrosystems, Geosciences & Environment. – 2023. – Vol. 6. – No. 3. – Article e20416. – DOI: 10.1002/agg2.20416.

REFERENCES:

1. Stranovoj obzor proizvodstva i ispol'zovaniya osobo opasny'h pesticidov v Kazahstane [Country review of the production and use of highly hazardous pesticides in Kazakhstan]. 2020. Available at: https://ipen-china.org/sites/default/files/documents/final_ru_kazakhstan_hhp_country_situation_report_final_18.05.2020.pdf (accessed 31 August 2026). (In Russian)
2. Pikushova E.A., Vasilko V.P., Belyj A.I. Konceptiya integrirovannoj sistemy' zashhity' rastenij ot vredny'h organizmov (sorny'e rasteniya: vredonosnost', bioraznoobrazie, biologiya, assortiment gerbicidov) [Concept of an integrated plant protection system against harmful organisms (weeds: harmfulness, biodiversity, biology, and range of herbicides)]. Krasnodar, KubGAU., 2020. 137 p. ISBN 978-5-907294-97-4. (In Russian)

3. Nikitin N.V., Spiridonov Yu.Ya. Zavisimost' urovnya gerbicidnoj aktivnosti glifosatsoderzhashhih preparatov ot rashoda rabochih rastvorov [Dependence of the herbicidal activity of glyphosate-containing preparations on the application rate of working solutions]. *Zashhita i karantin rastenij*, 2016, no. 1, pp. 29–33. (In Russian)
4. Abdolahi M., Benakashani F., Soltani E., Karimi S., Akbari G.A. Comparative study of influence of water stress on effectiveness of sulfosulfuron to two species of weeds through biomass and photo-physiological parameters. *Crop Protection*, 2024, vol. 178, art.106589. DOI: 10.1016/j.cropro.2024.106589.
5. Devendra R., Ashok M., Chandranaik M., Ashok Kumar T.N., Ramachandra Prasad T.V. Importance of growing season and surfactant in reduction of glyphosate dosage in control of *Cyperus rotundus* L. *Journal of Plant Biology*, 2005, vol. 32, no. 1, pp. 39–42.
6. Hao Y., Zhang N., Xu W., Gao J., Zhang Y., Tao L. A natural adjuvant shows the ability to improve the effectiveness of glyphosate application. *Journal of Pesticide Science*, 2019, vol. 44, no. 2, pp. 106–111. DOI: 10.1584/jpestics.D18-066.
7. Mesnage R., Antoniou M.N. Ignoring adjuvant toxicity falsifies the safety profile of commercial pesticides. *Frontiers in Public Health*, 2018, vol. 5, art. 361. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00361.
8. Defarge N., Spirooux de Vendômois J., Séralini G.E. Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. *Toxicology Reports*, 2018, vol. 5, pp. 156–163. DOI: 10.1016/j.toxrep.2017.12.025.
9. Liu Z.Q., Zabkiewicz J.A. Uptake of glyphosate into wheat: surfactant interaction and mechanistic implications. *New Zealand Plant Protection*, 2000, vol. 53, pp. 345–349.
10. Idziak R., Sobczak A., Waligóra H., Szulc P. Impact of multifunctional adjuvants on efficacy of sulfonylurea herbicide applied in maize (*Zea mays* L.). *Plants*, 2023, vol. 12, no. 5, art. 1118. DOI: 10.3390/plants12051118.
11. Baćmaga M., Wyszowska J., Kucharski J. Influence of forecrop on soil quality estimated on the basis of the growth and development of faba bean and biochemical properties of the soil. *Sustainability*, 2024, vol. 16, no. 17, article 7492. DOI: 10.3390/su16177492.
12. Rashidi M., Mohammadzamani D. Variable rate herbicide application using GPS and generating a digital management map. *Herbicides, Theory and Applications, London, IntechOpen*, 2011, pp. 127–144.
13. Vliyanie pesticidov na zdorov'e cheloveka [Effects of pesticides on human health]. Available at: https://www.greencross.by/sites/default/files/files-for-download/2019/razdel_1_glava_1.3_vliyanie_pesticidov_na_zdorove_cheloveka_0.pdf (accessed 31 August 2026). (In Russian)
14. Anuchina A.V. Toksicheskoe dejstvie pesticidov na organizm cheloveka i zhivotny'h [Toxic effects of pesticides on humans and animals]. 2019. Available at: <https://s.eduherald.ru/pdf/2019/1/19454.pdf> (accessed 31 August 2026). (In Russian)
15. Muñoz J.P., Bleak T.C., Calaf G.M. Glyphosate and the key characteristics of an endocrine disruptor: a review. *Chemosphere*, 2021, vol. 270, art.128619. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.128619.
16. Belz R.G., Carbonari C.A., Duke S.O. The potential influence of hormesis on evolution of resistance to herbicides. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2022, vol. 27, art. 100360. DOI: 10.1016/j.coesh.2022.100360.
17. Brito I.P.F.S., Tropaldi L., Carbonari C.A., Velini E.D. Hormetic effects of glyphosate on plants. *Pest Management Science*, 2018, vol. 74, no. 5, pp. 1064–1070. DOI: 10.1002/ps.4523.
18. Baćmaga M., Kucharski J., Wyszowska J. Microbiological and biochemical properties of soil polluted with a mixture of spiroxamine, tebuconazole, and triadimenol under the cultivation of *Triticum aestivum* L. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2019, vol. 191, no. 7, art. 416. DOI: 10.1007/s10661-019-7539-4.
19. Rose M.T., Ng E.L., Weng Z., et al. Minor effects of herbicides on microbial activity in agricultural soils are detected by N-transformation but not enzyme activity assays. *European Journal of Soil Biology*, 2018, vol. 87, pp. 72–79. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2018.04.003.
20. Song Y., Huang G., Zheng L., Huang Q., Cao L., Li F. Polymer additives regulate the deposition behavior of pesticide droplets on target plants. *Polymer Testing*, 2021, vol. 93, art. 106958. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2020.106958.
21. Amajioyi J., Nleya T., Subramanian S., Clay S.A. Herbicide and additive impacts on *Bradyrhizobium japonicum* growth in solution. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 2023, vol. 6, no. 3, art. e20416. DOI: 10.1002/agg2.20416.

Дата поступления: 29 мая 2026 г. Принято: 09 июня 2026 г.

Опубликовано: 30 сентября 2026 г.

Сведения об авторах:

Аужанова Мария Асылхановна – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан, 020000, ул. Абая 76, тел.: 87015425375, e-mail: auzhanovam@bk.ru.

Нургазиев Рашид Есенгельдиевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан, 020000, ул. Абая 76, тел.: 87014898239, e-mail: nurrashit@mail.ru.

Бекимова Гульжиян Бегалиевна* – PhD доктор, ассоциированный профессор кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан, 020000, ул. Абая 76, тел.: 87023160352, e-mail: bgbask@inbox.ru.

Аширов Амир Русланович – магистрант, кафедра сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан, 020000, ул. Абая 76, тел.: 87784070965, e-mail: ashirov.bk@bk.ru.

Аужанова Мария Асылхановна – ауыл шаруашылық ғылымдарының кандидаты, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы, 020000, Абай көш., 76, тел.: 87015425375, e-mail: auzhanovam@bk.ru.

Нургазиев Рашид Есенгельдиевич – ауыл шаруашылық ғылымдарының кандидаты, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы, 020000, Абай көш., 76, тел.: 87014898239, e-mail: nurrashit@mail.ru.

Бекимова Гульжиян Бегалиевна* – PhD доктор, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы, 020000, Абай көш., 76, тел.: 87023160352, e-mail: bgbask@inbox.ru.

Аширов Амир Русланович – магистрант, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасы, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы, 020000, Абай көш., 76, тел.: 87784070965, e-mail: ashirov.bk@bk.ru.

Auzhanova Mariya Assylkhanovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan, 76 Abai Str., tel.: 87015425375, e-mail: auzhanovam@bk.ru.

Nurgaziyev Rashit Yessengeldiyevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan, 76 Abai Str., tel.: 87014898239, e-mail: nurrashit@mail.ru.

Bekimova Gulzhiyan Begaliyevna* – PhD, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan, 76 Abai Str., tel.: 87023160352, e-mail: bgbask@inbox.ru.

Ashirov Amir Ruslanovich – Master's student, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Republic of Kazakhstan, 020000, 76 Abai Str., tel.: 87784070965, e-mail: ashirov.bk@bk.ru.

МРНТИ 68.31.21

УДК 631.671.1

<https://doi.org/10.52269/SEPT2631185>

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ РИСОВЫХ СИСТЕМ

Олжабаева А.О.* – PhD по образовательной программе «Водное хозяйство и землеустройство», старший преподаватель, НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», г. Кызылорда, Республика Казахстан.

Байманов Ж.Н. – кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент НААН РК, заместитель Председателя Правления по научной работе, «Казахский научно-исследовательский институт рисоводства им. И. Жахаева», г. Кызылорда, Республика Казахстан.

Жусупова Л.К. – PhD по образовательной программе «Водное хозяйство и землеустройство», старший преподаватель, НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», г. Кызылорда, Республика Казахстан.

Алдамбергенова Г.Т. – магистр, старший преподаватель образовательной программы «Водное хозяйство и землеустройство», НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», г. Кызылорда, Республика Казахстан.

Длительное затопление рисовых чеков (более 60-80 дней) приводит к заболачиванию, оглеению почвенного профиля и снижению общей пористости грунта минимум на 25-30%. В статье