

Наименование программы: BR10865099 «Построение системы принятия решений для производства основных видов сельскохозяйственных культур на основе адаптации модели DSSAT роста и развития сельскохозяйственных культур, интегрированной системы управления производства животноводческой продукции на основе Smart-технологий с формированием информационной базы научно-технической документации по агро-технологиям для субъектов АПК с целью создания Smart-систем в сельском хозяйстве»

Актуальность: На современном этапе в сельскохозяйственном производстве Северного и Центрального рост валовой продукции в основном достигается за счет экстенсивных факторов. Это является одной из главных причин низкой урожайности возделываемых культур и низких показателей экономики. Сегодня агропромышленный комплекс данных регионов не показывает существенного увеличения производительности и эффективности труда. Безусловно, преодоление данных проблем в республике возможно только при широком внедрении в производство новых технологий. Как показывает мировой опыт цифровизация сельскохозяйственного производства способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных культур, снижению затрат и повышению производительности труда. В этой связи переход к цифровому сельскому хозяйству в северных и центральных областях Казахстана можно рассматривать как одну из стратегических целей развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан.

На базе настоящей программы создание системы принятия решений планируется проводить на основе модели DSSAT. Разработка системы принятия решений и прогнозирования урожая на основе данной системы будет проводиться в трех почвенно-климатических зонах: степная зона – обыкновенные черноземы; степная зона – южные черноземы; сухостепная зона – темно-каштановые почвы.

На базе настоящей программы предусматривается проведение исследований в области создания для сельскохозяйственных предприятий базы данных научно-технической документации с открытым доступом (Open API). На основе проведенных в данном направлении мероприятий в сфере растениеводства и животноводства будет сформирован пакет готовой технической документации, что позволит сформировать для субъектов агропромышленного комплекса Северного и Центрального Казахстана единую Базу Данных. Созданная в рамках настоящей программы База Данных и система принятия решений будут протестированы в условиях производственной деятельности хозяйств Северного и Центрального Казахстана и внедрены в эксплуатацию. Реализация результатов настоящей программы будет способствовать повышению роста образовательного уровня специалистов сельскохозяйственных предприятий, интенсивности применения IT-технологий в агротехнологических процессах и повышению эффективности производства, развитию конкурентных преимуществ современного сельскохозяйственного производства, снижению затрат, росту производительности труда и квалификации кадрового потенциала АПК.

Цель: Реализация концепции «Умное» сельское хозяйство, включая высокотехнологичные виды продукции растениеводства и животноводства, в том числе на базе новых технических решений.

Ожидаемые результаты.

По завершению программы:

- будут проведены экспериментальные исследования основных видов сельскохозяйственных культур (зерновые, зернобобовые, масличные и кормовые) с разными датами посева, нормами высева, внесениями удобрений трех разных почвенно-климатических зонах;

- будет проведено моделирование роста и развития сельскохозяйственных культур. Выполнено моделирование в DSSAT (система поддержки принятия решений агротехнологий основных видов сельскохозяйственных культур в трех разных почвенно-климатических зонах, в том числе с использованием ретроспективных данных (проведенных ранее опытов);

- будет проведена валидация моделей DSSAT основных сельскохозяйственных культур в производственных условиях. Разработана система принятия решений на основе проведенных исследований с возможностью изменения климатических и почвенных параметров с целью экстраполяции на другие почвенно-климатические зоны Казахстана. Данная система будет апробирована в сельхозпредприятиях;

- будут разработаны методические рекомендации по моделированию роста и развития сельскохозяйственных культур в рамках созданной системы принятий решений. На основе данной методике будет разработан модуль на open-source решении с открытым доступом (openAPI) для возможности подключения и использования его модуля субъектами АПК в целях моделирования роста и развития сельскохозяйственных культур в рамках созданной системы принятий решений;

По окончании проекта система со всеми исходными кодами, база данных и техническая документация будет передана в государственную собственность.

В целях исполнения поставленной задачи построение базы данных научно-технической документации (нормативы, справочники, классификаторы и т.д.) по производству животноводческой и растениеводческой продукции с открытым доступом (Open API):

- будет сформирован пакет готовой технической документации по всем видам агротехнологий и животноводческой сферы (действующие нормативы, справочники, классификаторы и т.д.). Будет создана единая База Данных для субъектов АПК, заинтересованных во внедрении цифровизации производственных и управленческих процессов в животноводстве и растениеводстве (зерновые, зернобобовые, масличные и кормовые);

- будет разработана база данных, которая будет включать в себя реестры и нормативно-справочную информацию по видам агрономических культур (с учетом вида, фенофазы, массы семян, оптимальные параметры сева, температура посева, нормы высева, глубина высева, pH почвы и т.д.), видам удобрений (с учетом типа удобрений, препаративной формы, элементов питания и т.д.), типам почв, видам средств защиты растений (с учетом типов пестицидов, препаративной формы, состава, обрабатываемой культуры, способа обработки, времени обработки, ограничений, кратности, норм расхода и др.), по видам семян (с учетом основной информации, биологических характеристик, устойчивости к болезням, нормам высева, районирования и др.), по видам болезней и по видам сорных растений, а также единые классификаторы, реестры и нормативно-справочную информацию по всем видам животноводческой деятельности (в том числе согласно «Статистическому классификатору продукции (услуг) сельского, лесного и рыбного хозяйства ВК-003 РЕД.4 утвержденного Приказом Председателя Комитета по статистике Министерства национальной экономики РК от 05.12.2014 №69). Все указанные реестры, классификаторы, нормативно-справочная информация будут консолидированы с официально зарегистрированы согласно источников, нормативно-правовых актов, нормативно-справочной информации и иных официальных источников Республики Казахстан на конечную дату принятия, с учетом использования и применения международных, единых идентификаторов мировых стандартов, разделенных в разрезе групп и подгрупп для интуитивно-понятного использования данных в базе;

По окончании проекта система с созданной базой данных со всеми исходными кодами, база данных и техническая документация будут переданы в государственную собственность.

В исследования будут вовлечены молодые специалисты, в т.ч. 7 магистрантов и 7 бакалавров. Будет опубликовано не менее 5 статей в зарубежных цитируемых базах (не ниже Q3) и не менее 9 статей в журналах, рекомендованных КОКСОН.

Полученные результаты в 2021 году.

В структуре посевных площадей ТОО «Северо-Казахстанская СХОС» и ТОО «Найдоровское» организованы испытательные полигоны: общая площадь испытательного полигона в ТОО «Северо-Казахстанская СХОС» – 80,0 га; ТОО «Найдоровское» – 96,76 га. На базе данных полигонов на фонах с внесением различных доз минеральных удобрений

проведено изучение сортов сельскохозяйственных культур в условиях различных сроков сева и норм высева – яровая пшеница, горох, лен, подсолнечник. Проведенные исследования показали, что с увеличением нормы высева семян у сортов сельскохозяйственных культур увеличивается густота стояния. В проводимом эксперименте подобная закономерность наблюдалась на всех без исключения сортах сельскохозяйственных культур независимо от фонов и сроков их посева. В проводимых экспериментах продуктивность сортов сельскохозяйственных культур во многом определялась сроком сева и нормой высева. Значительное влияние на продуктивность сортов различных сельскохозяйственных культур оказало применение минеральных удобрений. Например, прибавка урожая, у изучаемых сортов яровой мягкой пшеницы при возделывании их на фоне с применением удобрений в сравнении с контролем находилась в пределах от 2,3 ц/га до 4,9 ц/га, льна масличного на 2,9-4,2, гороха 21,6-3,2. При этом следует отметить, что наибольший уровень прибавки урожая на удобренном фоне наблюдался у изучаемых сортов яровой мягкой пшеницы в поздний срок посева (25 мая) при норме высева 4,0 млн. всхожих семян на 1 га. В агрономической практике существует такое понятие как оптимальная норма высева, которая способствует формированию посевов с достаточным количеством продуктивных стеблей для получения потенциального урожая при различных погодных условиях. В проводимых нами исследованиях продуктивность сортов яровой мягкой пшеницы и яровое тритикале в ТОО «Северо-Казахстанская СХОС» и ТОО «Найдоровское» при высоких нормах высева не снижалась. Это свидетельствует о том, что в последующие годы на базе испытательных полигонов необходимо заложить дополнительные исследования в рамках увеличения нормы высева, данное мероприятие позволит установить для изучаемых сортов яровой мягкой пшеницы и яровое тритикале оптимальную норму высева, которая будет способствовать получению максимального урожая при различных погодных условиях. Густота стояния растений в фазу всходов у гибрида подсолнечника Байтерек в проводимом эксперименте возрастала с увеличением норм высева. Подобная закономерность наблюдалась как на удобренном фоне, так и на фоне без внесения удобрений. Сохранность перед уборкой растений гибрида подсолнечника не зависимо от сроков посева и фонов возделывания определялась также нормой высева. Наибольшей величины данный показатель в проводимых исследованиях достигал независимо от срока посева при норме высева – 65 тыс. всхожих семян на 1 га. В проводимом эксперименте нормы высева семян оказывали влияние на высоту растений гибрида подсолнечника Байтерек. Высота растений у данного гибрида увеличивалась с увеличением нормы высева. Самыми высокими растениями в проводимом эксперименте обладали растения в варианте опыта с высокой нормой высева семян – 65 тыс. всхожих семян на 1 га. Высота растений у гибрида подсолнечника Байтерек при снижении нормы высева семян снижалась, однако, такие показатели структуры урожая как диаметр корзинки и число семян в корзинке возрастали. Подобная закономерность наблюдалась независимо от сроков сева и фонов возделывания данной культуры. На основе мониторинговых обследований было установлено: на посевах пшеницы в фазе кущения; и подсолнечника в фазе 2-6-х пар настоящих листьев (предшественник пар); тритикале в фазе кущения (предшественник лен масличный); льна масличного в фазе «ёлочки» и гороха в фазе 4-8 настоящих листьев (предшественник пшеница), выявлена высокая степень засоренности многолетним корнеотпрысковым сорняком (преобладающий вид) – бодяком седым (*Cirsium inspanum*), который образовывал куртины на опытных делянках (численность достигала 3-10 экз./м²). Также установлена засоренность посевов с.-х. культур от средней до высокой степени следующими однолетними и малолетними видами сорняков (численность достигала от 20 до 100 шт./м²): одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), овсюг обыкновенный (*Avena fatua*), липучка ежевидная (*Lappula squarrosa*), просо куриное (*Echinochloa crusgalli*), просо сорно-полевое (*Echinochloa crusgalli*), горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*). В отчетном году в полном объеме выполнены мероприятия по разработке предварительных теоретических и прикладных

аспектов по моделированию основных параметров сортов различных сельскохозяйственных культур в системе DSSAT на примере сорта яровой мягкой пшеницы – Айна. Полученные результаты в данном направлении моделирования на примере сорта яровой мягкой пшеницы Айна в системе DSSAT являются лишь предварительными, но очень многообещающими. Они отражают работу, которая в настоящее время ведется в Университете Флориды (США) в сотрудничестве с НАО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина». На базе настоящей программы также получены предварительные параметры моделирования в системе DSSAT сортов других сельскохозяйственных культур – зерновых; зернобобовых, масличных, кормовых. Выполнены работы по построению базы данных научно-технической документации (нормативы, справочники, классификаторы и т.д.) по производству животноводческой и растениеводческой продукции с открытым доступом (Open API). Проведен анализа международного опыта по формированию базы данных нормативно-технической документации. Сформированы отдельные аспекты пакета технической документации по основным видам агротехнологий и животноводческой сферы, а разработана концепция структуры Базы данных для субъектов АПК, учитывающая классификаторы, реестры и нормативно-справочную информацию по основным видам агротехнологий и животноводческой сферы. Сформированы отдельные аспекты пакета технической документации по основным видам агротехнологий и животноводческой сферы (разработка концепции структуры Базы данных для субъектов АПК). Разработаны предварительные параметры единой базы данных для субъектов АПК. На базе ТОО «НПЦ Зернового хозяйства им. А.И. Бараева» проведены агротехнические мероприятия по подготовке парового предшественника для испытательного полигона на 2022 год. Экспериментальные данные, полученные на базе испытательных полигонов ТОО «Северо-Казахстанская СХОС» и ТОО «Найдоровское» обработаны математически с целью получения усредненных величин, необходимых для построения системы DSSAT. В отчетном году предварительное моделирование сортов для климатических условий Северного и Центрального Казахстана проводилось на основе следующих показателей: содержания в почве NO₃ (Nitrogen/Азот); содержания в почве NH₄ (Ammonium/Аммоний); содержания в почве P (Phosphorus/фосфор); влажности почвы на разных глубинах; сухой биомассы растений; индекса площади листа; продуктивности растений и ее структурных показателей.

Члены исследовательской группы:

- Руководитель НТП – д.с.-х.н., профессор Куришбаев Ахылбек Кажигулович. **Scopus Author ID** – 56593713300. **Researcher ID** - ААК-1818-2021. **ORCID** - 0000-0002-0568-5964.
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195503174>
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/40164956>
- Соруководитель НТП – к.с.-х.н., Швидченко Владимир Корнеевич. **Scopus Author ID** – 57192061711.
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/8607004>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57192061711>
- Руководитель группы – Айтуганов Кайрат Капарович. **Scopus Author ID** – 57208508787.
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57208508787>
- Руководитель группы – к.ф.-м.н., Токбергенов Исмаил Тасанбиевич. **Scopus Author ID** – 6506474750. **Researcher ID** - O-7640-2018. **ORCID** - <https://orcid.org/0000-0002-0656-9914>.
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/10227631>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506474750>
- Руководитель группы – PhD, Алманова Жанна Сарсенбаевна.

Полученные результаты в 2022 году.

1) Почвы обследованных участков, расположенных в трех хозяйствах ТОО "СКСХОС", ТОО "НПЦЗХ им А.И. Бараева", ТОО Найдоровское» по физико-химическим показателям являются типичными для районов проведения исследований. По обеспеченности почв подвижным фосфором хозяйства характеризуются средним, повышенным и местами низким содержанием. На фонах с удобрениями на темно-каштановых и черноземных почвах наблюдается высокое содержание фосфора, чем на контроле. Обеспеченность нитратным азотом в основном низкое. Содержание калия - высокое и очень высокое. Значения рН почвы в ТОО "СКСХОС" и ТОО "НПЦЗХ им А.И. Бараева" - нейтральные и слабощелочные, в ТОО "Найдоровское" - слабощелочная и щелочная.

Содержание гумуса на черноземах обыкновенных и черноземах южных - средней и низкой обеспеченности, на темно-каштановых почвах - низкой обеспеченности.

Для хозяйств наиболее эффективным приемом повышения плодородия почвы является внесение азотных и фосфорных удобрений, доведение их до оптимального значения для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. В связи с этим в данных хозяйствах должны соблюдаться все элементы зональной агротехнологии, системы применения удобрений, порядок чередования культур в севообороте, широко практиковать посевы многолетних трав, бобовых культур, также необходимо строго соблюдать весь технологический цикл обработки почв.

2) На базе трех хозяйств, расположенных в трех почвенно-климатических зонах: ТОО «СКСХОС» (степная зона, обыкновенные черноземы, Северо-Казахстанская область), ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева» (степная зона, южные черноземы, Акмолинская область), ТОО «Найдоровское» (сухостепная зона, темно-каштановые почвы, Карагандинская область) были созданы испытательные полигоны, где на фонах с внесением различных доз минеральных удобрений изучалось влияние сроков сева, норм высева на рост и развитие растений, их продуктивность. В результате проведенных экспериментов и статистического анализа (многофакторный дисперсионный анализ) показана достоверность влияния изучаемых факторов на урожайность сельскохозяйственных культур. Однако доля влияния этих факторов (сроки и нормы посева, фон) в текущем году была различной в различных агроклиматических зонах. Например, доля влияния условий питания была максимальной в ТОО «СКСХОС» и колебалась в зависимости от культуры 51,3 – 72,5%, доля влияния нормы высева в зависимости от культуры составили 4,6 - 40,4%, сроков посева – 4,3 - 22,7%. В ТОО «НПЦЗХ им. Бараева» доля влияния различных факторов имела следующие максимальные значения: норма высева - 70,9%, условия питания – 41,6% и сроки посева – 10,8%. В ТОО «Найдоровское» доля участия в вариативности урожая изучаемых факторов распределилась следующим образом: сроки посева – до 59,6%, норма высева – до 35,8%, условия питания – до 29,6%. Такое распределение влияния факторов на урожайность сельскохозяйственных культур определяется почвенно-климатическими условиями, которые складывались в этих зонах в текущем году, и доступностью влаги в период вегетации растений.

3) По всем сельскохозяйственным культурам велись фенологические наблюдения за ростом и развитием растений, изучалась полевая всхожесть семян и сохранность растений в зависимости от сроков сева, нормы высева, условий питания. На всех вариантах опыта отмечаются незначительные колебания по этим признакам. Показана корреляционная зависимость между элементами структуры урожая (у зерновых: число продуктивных стеблей на м², продуктивная кустистость, число зерен в колосе, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен высота растений; у зернобобовых и масличных: число растений к уборке на м², число коробочек (семян) с растения, количество семян с растения, масса семян с растения, масса 1000 зерен), биометрическими показателями (накопление сухой биомассы, площадь листовой поверхности) с урожайностью зерна.

Определены слабо- и сильно коррелирующие признаки. Например, высокую корреляцию с урожайностью у зерновых культур показали такие признаки как число продуктивных стеблей на м² – $r=0,6 - 0,8$, площадь листовой поверхности – $r=0,5 - 0,7$, накопление биомассы – $r=0,7 - 0,8$, масса зерен с растения $r=0,5 - 0,9$. Большинство других изучаемых признаков имели среднюю и низкую корреляцию. Все фенологические данные, почвенные характеристики (почвенные свойства и почвенно-агрохимические данные), климатические показатели (ежедневные минимальные и максимальные температуры), агротехнологии возделывания в каждом хозяйстве были использованы в параметризации и как входные параметры при моделировании роста и развития растений, прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур в системе DSSAT CSM.

4) Для совершенствования системы DSSAT CSM по генному моделированию прогнозирования времени колошения пшеницы в условиях Северного Казахстана были проведены молекулярно-генетические исследования по известным генам адаптивности (*Vrn* – яровизация и *Ppd* - фотопериод). На первом этапе изучаемые сорта пшеницы были анализированы на однородность и типичность по наиболее информативным запасным белкам глиадином, а также проведено их генотипирование по известным генам яровизации (*Vrn*) и фотопериода (*Ppd*). Установлена генетическая структура сортов с характерными для условий Северного Казахстана аллелями глиадинкодирующих локусов: *Gli-A1(f, a)*, *Gli-B1(e, l)*, *Gli-D1(a, b)*, *Gli-A2(i, k, b)*, *Gli-B2(t, o)* и *Gli-D2(p, l)*. Результаты генотипирования по генам яровизации и фотопериода показали наличие у всех сортов аллелей *Vrn-A1a* и *Vrn A1 (J)* (кроме сорта Гранни). Также у сортов Айна, Шортандинская-95 улучшенная встречается аллель *Vrn-B1c*. Наличие доминантных аллелей генов яровизации говорит о яровом типе развития этих сортов пшеницы, также для сортов яровой пшеницы высоких широт характерна строгая чувствительность к длине дня и наличие аллеля *Ppd-D1b*.

5) В каждом хозяйстве в разные фазы роста и развития растений были сделаны вылеты и облеты полей с помощью БПЛА как вертолетного, так и самолетного типа, снабженные мультиспектральными камерами. Были получены до 1500 аэрофотоснимков, разбитые на 5 каналов (RGB, IR, NIR). Все полученные снимки загружены в суперкомпьютер для последующей обработки. Посредством этих каналов в текущем году рассчитаны индексы NDVI. Также проведен сбор спектральных подписей здоровых и поврежденных различными болезнями растений и изучено состояние почвы. По спектральной кривой установлено, что воздействие болезни на пшеницу заключено в промежутке от 700 до 1450 нанометров.

6) На основе данных, собранных в ходе многофакторных полевых опытов, проведенных на испытательных полигонах Северного и Центрального Казахстана в течение вегетационных сезонов 2021 и 2022 годов, были определены предварительные параметры для трех моделей CERES-Wheat, CROPGRO-Pea и OILCROP-Sunflower из DSSAT CSM, т. е. для зерновых, бобовых и масличных культур, соответственно. На данном этапе для вычисления этих параметров были использованы данные по фенологии (дата цветения и созревания), урожайности сельскохозяйственных культур, компоненты урожайности (количество зерен, масса зерен), погодные данные (ежедневные максимальные и минимальные температуры, осадки и солнечная радиация) в каждой зоне, на основании которых были вычислены генетические коэффициенты для каждого сорта. Проведенные предварительные математические расчеты с использованием моделей CERES-Wheat, CROPGRO-Pea и OILCROP-Sunflower показали хорошее соответствие между смоделированными и наблюдаемыми значениями по датам цветения и спелости у всех изучаемых сельскохозяйственных культур. Так у сортов пшеницы Айна, Гранни, Шортандинская-2012 и тритикале Россия были достоверные значения индекса соответствия *D* и степень дисперсности между смоделированными и наблюдаемыми значениями *RMSE*. У пшеницы они составляли $D=0,74 - 0,98$, $RMSE = 0,7-1,0$; у тритикале - $D=0,97$, $RMSE = 0,7$. Такое же соответствие (т.е. достоверность) между этими

признаками (наблюдаемыми и смоделированными) отмечалось и у гороха сорта Аксайский усатый-55. Однако анализ результатов калибровки модели OILCROP-Sunflower показывает относительно низкое соответствие между смоделированным и наблюдаемым значениями (количество дней) от посева до цветения и зрелости, что видно по низкому значению D (0,1-0,2) и высокому RMSE 8-12,9 для сорта Байтерек. Для всех культур по данным урожайности требуются дополнительные расчеты с включением других вспомогательных параметров модели.

7) Исследования, проведенные по льну в рамках данной программы, позволили ввести в систему DSSAT CSM новую модель для льна. В качестве шаблона используется программа CSM-CROPGRO. Для адаптации этой программы ведется сбор, анализ и обработка данных полевых экспериментов по сортам льна Кустанайский янтарный и Лирина за двухлетний вегетационный сезон (2021 – 2022 годы). Собранные данные включают фенологию, рост, урожайность и компоненты урожая. На основании их подготовлены экспериментальные файлы (Weather, SBuild, XBuild, ATCreate version 4.8.0.0) для прогонки модели, а также файлы измеренных данных для калибровки.

8) В рамках данной программы для развития компетенции ученых и наращивания кадрового потенциала в области применения имитационного моделирования продукционных процессов, прогнозирования урожайности и построения системы поддержки принятия решений в отрасли растениеводства сельского хозяйства на базе системы DSSAT учеными Университета Флорида (США) были проведены он-лайн и оф-лайн обучающие семинары, обучено 18 сотрудников НАО «КАТУ им. С. Сейфуллина».

9) Разработана архитектура системы, клиент-серверная часть информационной системы, дизайн базы данных, разработана база знаний, включающая в себя нормативно-техническую документацию по АПК, справочную информацию, классификаторы, способствующие поиску подходящих материалов, а также методические пособия по ведению сельского хозяйства. Распределены сценарии использования системы разными группами пользователей. Разработан функционал отправки методических рекомендаций для рецензирования экспертами в области сельского хозяйства. Предоставлена каталогизация загружаемых материалов, учтены их способы структурированного хранения в едином месте и визуализации.

Члены исследовательской группы:

➤ Руководитель НТП – д.с.-х.н., профессор Куришбаев Ахылбек Кажигулович. **Scopus Author ID** – 56593713300. **Researcher ID** - ААК-1818-2021. **ORCID** - 0000-0002-0568-5964.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195503174>

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/40164956>

➤ Руководитель группы (координатор) – к.б.н., Абсаттарова Айман Сабырхановна. **Scopus Author ID** – 57192071530. **ORCID** - 0000-0003-3389-4541.

➤ Руководитель группы – к.ф.-м.н., Токбергенов Исмаил Тасанбиевич. **Scopus Author ID** – 6506474750. **Researcher ID** - O-7640-2018. **ORCID** - <https://orcid.org/0000-0002-0656-9914>.

➤ Руководитель группы - к.с.-х.н., Швидченко Владимир Корнеевич. **Scopus Author ID** – 57192061711.

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/8607004>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57192061711>

➤ Руководитель группы – PhD, Алманова Жанна Сарсенбаевна.

Полученные результаты в 2023 году.

1 Метеонаблюдения, сделанные в 2021 - 2023 гг в трех хозяйствах (СК СХОС, НПЦЗХ, Найдоровское), расположенных с различных почвенно-климатических регионах Северного и Центрального Казахстана, проводились в сравнении с предыдущими 30-летними наблюдениями (1991-2020 годы). Исследования показали, что средняя годовая температура воздуха во всех хозяйствах была чуть ниже среднегодовой нормы температуры в такой же период. Среднегодовые нормы осадков во всех хозяйствах были низкими в 2023 году в сравнении с 2021 и 2022 годами, что сильно сказалось на уровне влажности почвы в хозяйствах. Гидротермический коэффициент (ГТК) был выше в изучаемых хозяйствах в 2022 году по сравнению с 2021 и 2023 годами. Согласно данным ГТК в 2023 году более засушливые условия были НПЦЗХ по сравнению с другими хозяйствами. В целом, данные метеонаблюдений указывают на изменчивые климатические условия в рассматриваемом периоде и их потенциальное влияние на сельское хозяйство и урожайность в разных хозяйствах.

2 За три года исследования (2021 – 2023 гг.) в трех хозяйствах (СКСКОС, Найдоровское, НПЦЗХ) обеспеченность почв влагой в метровом слое была удовлетворительная и низкая по всем культурам и опытам в период вегетации растений и не превышала 160-170 мм, а в верхних горизонтах почвы (до 40 см) влажность почвы была низкой (не более 40-50 мм). Наилучшие показатели влаги в почве за три года по всем культурам были в весенний период до посева сельскохозяйственных культур, что связано с выпадением большего количества осадков в этот период. Самая низкая обеспеченность полевой влажностью была после уборки на всех фонах в метровом слое. Во всех изучаемых хозяйствах (СКСКОС, Найдоровское, НПЦЗХ) 2022 год имел наибольшие показатели полевой влажности почв в метровом слое и в верхних горизонтах за все периоды вегетации, что способствовало более высокой усвояемости растениями минеральных элементов питания (азот, фосфор, калий и др.). Для СКСКОС, Найдоровское, НПЦЗХ 2023 год характеризовался самым засушливым годом с наименьшим количеством осадков, что сказалось на продуктивности сельскохозяйственных культур, а для Найдоровское с самыми наименьшими показателями влажности характеризовался 2021 год.

3 Обобщение результатов оценки почвы в хозяйствах включает следующие общие рекомендации и практики: Во всех хозяйствах предлагается внесение минеральных азотных удобрений до посева или при посеве для достижения оптимального уровня азота. Рекомендуемая ежегодное внесение азотных удобрений для СКСХОС 10-15 кг/га. Внесение фосфора: Для хозяйств СКСХОС, Найдоровское и НПЦЗХ рекомендуется довести содержание фосфора до оптимального уровня (35 мг/кг) через внесение фосфорных удобрений, включая и дифференцированное, в основную обработку или пар. Для выравнивания пестроты почвенного покрова в СКСХОС рекомендуется применять дифференцированное внесение удобрений для коррекции содержания макроэлементов и органического вещества в почве. Зернобобовые культуры для фиксации азота: В СКСХОС рекомендуется вводить в севообороты больше зернобобовых культур, чтобы дополнительно фиксировать азот в почве. Обработка почвы: В хозяйствах СКСХОС, Найдоровское и НПЦЗХ должны соблюдаться все технологии обработки почвы, включая безотвальную обработку для предотвращения ветровой и водной эрозии. Адаптивно-ландшафтная система земледелия: Во всех хозяйствах предлагается использовать адаптивно-ландшафтную систему земледелия для более эффективного управления почвой и ресурсами. Улучшение структуры почвы: В Найдоровское и НПЦЗХ рекомендуется улучшение структуры почвы и ее плотности через вспашку и посев многолетних трав.

4 Проведенные исследования в условиях СКО подтвердили важность влагообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур. Существенное влияние на формирование параметров продуктивности растений оказывает время выпадения осадков

и июльские дожди. Различные агротехнические мероприятия как срок посева, норма высева и фон питания также оказывают влияние на структуру урожая и продуктивность сельскохозяйственных культур. Это позволяет корректировать элементы технологии возделывания под конкретные климатические условия. Реакция различных сортов и видов культур на эти агроприемы может значительно различаться в условиях сухой степи Северо-Казахстанской области (СКСХОС) Казахстана. Это подчеркивает важность выбора правильных агротехнических решений в зависимости от конкретных условий. Повышение практических всех параметров структуры урожая способствовало внесению Р₉₀, против контрольного варианта. Низкая влагообеспеченность посевов снижала эффективность удобрений, способствовала подавлению ростовых процессов, уменьшению размеров в целом растения и количественных показателей репродуктивных органов. Посевы на вариантах с внесением аммофоса Р₉₀ по всем культурам имели значительное преимущество по продуктивности. Сорт яровой мягкой пшеницы Шортандинская 2012 более полно реализовывал свой генетический потенциал в острозасушливые годы (2021, 2023 гг) при посеве 25 мая с нормой высева 3,5 млн.всож.семян/га - 29,7 ц/га и 26,4 ц/га. В среднеувлажненном 2022 году в выигрыше были посева 20.05 мая с нормой высева 3,5 млн.всож.семян/га (54,7 ц/га). Сорт яровой мягкой пшеницы Семеновна проявлял свой высокий продуктивный потенциал на удобренном фоне при сроке посева 20-25 мая с нормой высева 4,0 млн.всож.семян/га, интервал варьирования был от 24,1 (2023 г) до 35,9 ц/га (2022 г). Предпочтительный срок посева в условиях зоны для сорта яровой мягкой пшеницы Карабалыкская 20 с 20 мая с нормой высева 3,0-3,5 млн.всож.семян/га на удобренном фоне (уровень урожайности колебался от 34,4 ц/га до 45,1 ц/га). Тритикале, среднеранний сорт Россика, отличался высокой засухоустойчивостью в острозасушливом 2023 году при позднем сроке посева (25.05) и формировал самый высокий уровень урожайности при пониженных нормах высева (3,0 млн.всож.семян/га) 41,5 ц/га. Рекомендуемые элементы сортовой агротехники для данной культуры и сорта посев после 20 мая с нормой высева 3-3,5 млн.всож.семян/га. На удобренном фоне горох Аксайский усатый 55 более экономно расходовал влагу и формировал более высокий урожай при посеве 15-20 мая с нормой высева 1,0-1,2 млн.всож.семян/га, эта закономерность проявлялась во все годы исследований. Урожайность льна масличного Кустанайский янтарь практически не зависела от нормы высева, но зависела от срока посева и фона питания, поздние сроки формировали более высокий урожай. Просо Омское 11, существенных различий по вариантам опыта не имело, оптимальным сроком посева следует считать 25.05 мая с нормой высева до 3,5 млн.всож.семян/га. Удобренный фон Р₉₀ имел преимущество по продуктивности гибрида Байтерек, при посеве 20.05 и нормой высева 55 тыс.всож.семян/га.-9,5 ц/га, такая же закономерность сохранилась и 2021-2022 годы.

5 Анализ метеоданных, полученных в ТОО «Найдоровское» (сухостепная зона Карагандинской области) за период вегетации (май – август) сельскохозяйственных культур, показал, что вегетационный период растений в годы проведения исследований 2021 - 2023 годы были неблагоприятными. Два года (2021 и 2022 годы) были острозасушливыми, 2023 год был по ГТК незначительно засушливым, но нехватка осадков в начальных периодах развития (ГТК 0,00 - 0,43) и обильные дожди в период уборки, а также повышенные температура во время развития генеративных органов способствовали неудовлетворительным условиям для роста и развития растений. Исследования показали тесную связь полевой всхожести и сохранности растений с показателем густоты всходов как в разрезе изучаемых сортов сельскохозяйственных культур, так и по вариантам опыта. На показатель полевой всхожести влияли сроки сева и условия возделывания (температурный и влажностный режим), особенно в начальных периодах их развития. Сохранность растений зависела от фона питания и нормы высева сельскохозяйственных культур. Все изучаемые факторы, такие как уровень высева, условия питания и другие, оказывают влияние на накопление сухого вещества в растениях. Увеличение уровня

высева и улучшение питательных условий способствовали увеличению накопления сухого вещества на 18-32% по сравнению с контрольной группой, где не применялись удобрения. На формирование урожайности зерновых культур влияют в большей степени биомасса растений, масса стебля (сухая), индекс зеленности, масса зерна с колоса, озерненность и крупность зерна. Высокий уровень урожайности зерновых культур достигнут на фоне улучшения питания при максимальной норме высева (3,5 млн.всх.семян/га). Более поздние сроки сева, в зависимости от нормы высева снижали урожайность сортов зерновых культур, несмотря на улучшение фона питания. В условиях Центрального Казахстана сорт яровой пшеницы Гранни отличается от других исследуемых сортов экологической пластичностью. Анализ за 2021-2023 годы подтвердили влияние сроков посева, нормы посева и питания на урожайность гороха. Горох показал повышенную урожайность при среднем сроке посева (15 мая) и минеральных удобрениях. Сильную положительную зависимость наблюдали между урожайностью гороха и количеством семян с 1 м², общей биомассой и листовой поверхностью. У льна масличного поздние сроки посева и питание оказали влияние на формирование урожайности. Высокая корреляция наблюдалась между урожайностью и количеством коробочек, массой 1000 семян и масса семян с растения. Урожайность подсолнечника сорта Байтерек 17 за период 2021-2023 гг сильно зависела от сроков посева и условия питания, когда ранние сроки посева (10 мая) и улучшенное питание приводили к высоким урожаям до 15,66 ц/га. У тритикале выявлено существенное влияние на урожайность таких элементов структуры как число растений перед уборкой, продуктивная кустистость и количество зерен в колосе. Крупность зерна оставалась практически постоянной независимо от питания и нормы посева. Максимальные урожаи тритикале достигались при посеве 20 мая с нормой посева 3,5 млн. всхожих семян/га на фоне питания с добавлением Аммофоса и сульфата аммония на всех вариантах опыта.

6. Два года исследований, 2022-2023 гг., проведенные в степной зоне Акмолинской области (НПЦЗХ), показали, что погодные условия характеризовались дефицитом осадков в осенний и зимний периоды, что привело к недостатку влаги в период роста и развития всех сельскохозяйственных культур. Сильно засушливым был вегетационный период 2023 года (ГТК 0.2), в сравнении с 2022 годом (ГТК 0.6). Для зерновых культур ранние сроки посева (15 мая) и высокие нормы высева семян (4 млн. всх. семян/га) увеличивали урожайность растений, особенно в условиях ограниченной влаги. Внесение удобрений способствовало накоплению более мощной надземной массы, в сравнении с контролем (без удобрений). У зерновых культур элементы структуры урожая, как озерненность, масса зерна с колоса и масса 1000 семян, имеют высокую зависимость с урожайностью. Сорт яровой пшеницы "Шортандинская 2012" оказался наиболее чувствительным к различным факторам, влияющим на урожайность, что подчеркивает важность выбора подходящих сортов для конкретных агроклиматических условий и обеспечение высокой урожайности в условиях переменной погоды. Для гороха также рекомендуется рассмотреть оптимальные сроки посева, нормы высева семян и уделить внимание управлению водным режимом для преодоления негативных влияний высоких температур и засухи. Следует учесть положительную связь между количеством бобов и массой 1000 семян, что может быть важным фактором при выборе сортов и управлении уровнем удобрений. Фон питания растений и срок посева оказали важное влияние на урожайность льна масличного. Ранний срок посева (10 мая) и хороший фон питания способствовали повышению показателей урожайности льна масличного. Для проса кормового показана уязвимость растений к засухе, и необходимость адаптации агроприемов, включая внесение удобрений, нормы высева семян. Выделены ключевые факторы, влияющие на урожайность, такие как масса зерна с одного растения и масса 1000 зерен, что может служить основой для разработки более эффективных методов возделывания кормового проса. Важен учет элементов структуры урожая, особенно числа зерен в главном колосе и

веса зерна с главного колоса, при разработке агротехнических мероприятий и выборе сортов для повышения урожайности тритикале.

7. Цифровой материал, полученный в ходе исследований является основой платформы DSSAT (система поддержки принятий решений агротехнологий), с помощью которого проведено моделирование продукционного процесса возделываемых культур. На основе проведенных исследований адаптирована система принятия решений для трех хозяйств, расположенных в различных почвенно-климатических зонах. На основе многофакторных полевых экспериментов (27 вариантов - 3 уровня удобрения x 3 даты посева x 3 уровня посева) проведенных в трех климатических зонах (степь и сухая степь) Северной и Центральной части Казахстана и данных, собранных по фенологии, росту, урожайности и ее компонентам, а также данных по погоде и почве, в течение 2021-2023 выращивания пяти видов сельскохозяйственных культур были определены значения генотип-специфических параметров (ГСП) для моделей, включая CERES-Wheat, CROPGRO-Pea и OILCROP-Sunflower DSSAT, соответственно для зерновых, бобовых и масличных культур. Это позволило смоделировать эти культуры/сорта в различных климатических условиях Казахстана, используя локальные данные о погоде, почве и управлении. Изучены различные варианты управления, включая комбинации уровней удобрения, дат посева, уровней посева и сортов, чтобы выбрать наилучший вариант на основе долгосрочного моделирования. Для прогнозирования роста и урожайности льна масличного, исходя из схожести роста и развития льна и рапса (генетически модифицированная версия рапса), выбрана модель CROPGRO-Canola DSSAT в качестве шаблона и на основе данных трехлетнего полевого эксперимента разработана модель роста льна. Дополнительные мероприятия в этом отношении включают более строгое тестирование модели льна перед ее более широким использованием для агрономических решений.

8. Проведена валидация моделей DSSAT для зерновых, бобовых и масличных культур в изучаемых хозяйствах. Оценка показала общую удовлетворительную производительность моделей и потенциал их использования в других почвенно-климатических зонах Казахстана. Далее по мере накопления эмпирических данных, достижения необходимого критичного объема будут уточняться динамические модели, что обеспечит точность генерируемых данных для поддержки принятия решений и будут даны прогнозы, рекомендации на основе моделирования продукционного процесса. Этот процесс требует дополнительных ресурсов и согласования с заинтересованными сторонами.

9. Завершен первоначальный этап работ по разработке информационного портала для фермеров на основе модели DSSAT. Разработан модуль с открытым доступом (open API), который позволяет субъектам сельского хозяйства подключаться и использовать его для информационного портала. Создана структура таблиц базы данных, предоставлены примеры данных для отображения на веб-сайте, разработаны связи между таблицами, методы загрузки модели DSSAT в базу данных и их представления для пользователей по запросу. Для дальнейшего его функционала необходимо накопления данных с различных территорий природно-климатических зон и подзон, особенностей агротехники, фенотипических и генетических свойств сортов возделываемых культур.

10. Разработана комплексная база данных и готовая техническая документация, охватывающая разнообразные агротехнологии в сферах растениеводства и животноводства, предназначенная для внедрения информационных технологий в производственный процесс и использования их сельхозтоваропроизводителями, специалистами в области сельского хозяйства Казахстана и другими заинтересованными лицами. Ключевые характеристики разработанной комплексной базы данных и технической документации включают: 1) действующие нормативы, справочники и классификаторы для различных видов агротехнологий и животноводческой деятельности, 2) реестры и нормативно-справочную информацию, охватывающую различные аспекты

агронимических культур, удобрений, почв, средств защиты растений, семян, болезней и сорных растений, а также информацию о животноводстве в соответствии со стандартами и классификацией. Проведена консолидация информации из официальных источников и нормативно-правовых актов Казахстана, с применением мировых стандартов и идентификаторов для удобного доступа к данным. Планируется завершить и передать проект по передаче системы с базой данных со всеми исходными кодами и технической документацией в государственную собственность

Члены исследовательской группы:

➤ Руководитель НТП – д.с.-х.н., профессор Куришбаев Ахылбек Кажигулович. **Scopus Author ID** – 56593713300. **Researcher ID** - ААК-1818-2021. **ORCID** - 0000-0002-0568-5964.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195503174>

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/40164956>

➤ Руководитель группы (координатор) – к.б.н., Абсаттарова Айман Сабырхановна. **Scopus Author ID** – 57192071530. **ORCID** - 0000-0003-3389-4541.

➤ Руководитель группы – к.ф.-м.н., Токбергенов Исмаил Тасанбиевич. **Scopus Author ID** – 6506474750. **Researcher ID** - O-7640-2018. **ORCID** - <https://orcid.org/0000-0002-0656-9914>.

➤ Руководитель группы - к.с.-х.н., Швидченко Владимир Корнеевич. **Scopus Author ID** – 57192061711.

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/8607004>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57192061711>

➤ Руководитель группы – PhD, Алманова Жанна Сарсенбаевна.