

feed for livestock. This crop is also projected to contribute to public health as a low-calorie food option for combating obesity and cardiovascular diseases. In conclusion, the article emphasizes that advancing sainfoin research could provide balanced food and feed products based on this crop, promoting significant quality improvements in crop and livestock production.

Keywords: sainfoin, *Onobrychis* spp., feed additives, food security.

З.Г. Айташева^{1*}, Б.А. Жумабаева¹, Л.П. Лебедева²,
Ж.Ж. Чунетова¹, Н.А. Алтыбаева¹, С.Б. Даулетбаева¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Генетика және физиология институты, Алматы, Қазақстан

*e-mail: zaureaitasheva@gmail.com

Алматы облысы жағдайында эспарцеттің егілетін аумағын кеңейту, экологиялық тазалығын қамтамасыз ету және молекулалық-генетикалық алгоритмін жасау

Шолу мақаласында Алматы облысының өсімдік шаруашылығының негізгі мәселелерінің бірі болып табылатын атап айтқанда, сапалы және құнды өсімдік (жемдік) ақуызымен қамтамасыз ету қажеттілігі қарастырылады. Эспарцет (*Onobrychis* spp.) жем-шөп ақуызының құнды көзі ретінде ауыл шаруашылығы мен медицинада қолдануы үшін агрономиялық және экологиялық артықшылықтардың кең спектріне ие. Мақалада мал азығына арналған бұршақтардың жалпы сипаттамасы, эспарцеттің биологиялық және физиологиялық ерекшеліктері, сондай-ақ оның биологиялық тұрақтылықты артырудағы рөлі көрсетілген. Эспарцеттің қоректік қасиеттері қарастырылып, оның негізіндегі мал азығымен қоспалардың сапасына баға берілген, азот тыңайтқыштарына кететін шығынды азайтудағы және жердің құнарлылығын жақсартудағы үлесі таңдалған. Шолу *Onobrychis* spp. (эспарцет) туралы кеңейтілген сипаттамаға негізделген, оның алмастырмайтын аминқышқылдар, қанықпаған май қышқылдары, микроэлементтер, антиқоректік қосылыстар соның ішінде таниндер арқылы адам мен жануарлар денсаулығын жақсартуға қабілеті қарастырылған. Ерекше назар *Onobrychis* spp. мен *Rhizobium* туысына жататын азотфиксациялаушы бактериялар арасындағы симботикалық байланыстардың және эспарцетке арналған жаңа бірегей штаммдарды іздеуге арналған. Эспарцетті Оңтүстік-Шығыс Қазақстан Республикасы жағдайында зерттеу жаңа сорттарды шығарып, жемшөп бұршақтарының ассортиментін байытуға мүмкіндік береді. Эспарцеттің ірі қара мал үшін ақуызға бай жемшөп ретінде қолдануға болатынын атап өтеді. Бұл дақыл семіздік және жүрек-қантaмыр ауруларымен күресу үшін төмен калориялы тағам ретінде халықтың денсаулығын жақсартуға ықпал етеді. Қорытындыда эспарцент зерттеулерін жетілдіру осы дақыл негізінде теңдестірілген өнімдер мен жем-шөппен қамтамасыз етуге алып келуі мүмкін екеніне назар аударылады, бұл өсімдік және мал шаруашылығы өндірісінде сапалы серпіліс тудырады.

Түйін сөздер: эспарцет, *Onobrychis* spp., азықтық қоспа, азық-түлік қауіпсіздігі.

1. Введение

Современное сельскохозяйственное производство в Казахстане сталкивается с рядом актуальных проблем. Одна из них – это дефицит растительного (кормового) белка. Эта нехватка, по разным подсчетам, составляет порядка 18-40% от необходимого количества. Низкое содержание белка в кормах ухудшает их качественные параметры, что ведет к меньшей питательности и возрастанию стоимости кормов. Так, дефицит белка в суточном рационе, составляющий 20-22%, повышает себестоимость животноводческой продукции и перерасход кормов в 1,5-2 раза. Второй существенной проблемой становится устойчиво-неблагоприятное состояние окружающей среды, причем, в мировом масштабе. Так, можно отметить повсеместное истощение почв

и загрязнение сельскохозяйственной продукции различными веществами в результате антропогенной деятельности. Решения первой проблемы в стране можно достичь путем расширения посевных площадей, отведенных под зернобобовые культуры. Интерес к кормовым бобам, как культуре, способствующей решению этой проблемы, повсеместно возрос и способствует созданию стабильной кормовой базы животноводства. Помимо этого, увеличение площадей, отведенных под посевы кормовых бобов в Казахстане, позволяет успешно решать и вторую климатическую задачу путем восстановления почвенного формирования в агроэкосистемах [1]. Следует отметить, что эспарцет викилистный (также эспарцет обыкновенный и эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia* Scjr.) изучен недостаточно с учётом пробелов в исследовании

азотфиксации и симбиоза эспарцета с клубеньковыми бактериями. В связи этим, цель данной статьи состоит в разработке теоретических основ комплексного использования эспарцета для пищевых, кормовых, оздоровительных и почвовосстановительных потребностей казахстанского общества посредством углубления знаний об азотфиксирующем потенциале данной культуры [1].

2. Общая характеристика кормовых бобовых культур

Овощные бобовые культуры издревле служат источником полноценного растительного белка (в зависимости от вида, концентрация белка варьирует от 15 до 52%; при этом до 80% приходится на долю альбуминов и глобулинов) и являются одним из основных компонентов рациона многих народов мира [2-4]. Так, ранее удалось установить, что каждый вид бобового семейства предпочитает определенный вид симбиотического бактериального партнера из семейства *Rhizobiaceae*: *Rhizobium leguminosarum* для гороха, фасоли, вики и чечевицы; *Rhizobium phaseoli* для фасоли обыкновенной; *Rhizobium ciceri* для нута; *Sinorhizobium meliloti* для люцерны, желтого мелилота, пажитника и ряда лекарственных растений; *Rhizobium trifolii* для клевера; *Bradyrhizobium lupini* для люпина; *Mesorhizobium loti* для суллы и трилистника; *Rhizobium vigna* для коровьего гороха, арахиса и других представителей рода *Vigna*; *Bradyrhizobium japonicum* для сои и *Rhizobium simplex* для эспарцета. Отсюда ясно, что распространенность бобовых связана с их уникальной способностью вступать в симбиоз с бактериями рода *Rhizobium* и образовывать корневые клубеньки, в которых происходит расщепление и дальнейшая фиксация атмосферного азота под действием мультиферментного комплекса нитрогеназы (КФ 1.18.6.1) [5].

Аккумулируемый в бобовых растениях азот, как один из четырех органогенных химических элементов, жизненно необходим для осуществления многих ключевых физиологических и биохимических процессов растений на всех этапах их роста и развития, включая дыхание, фотосинтез, сигнальную трансдукцию, деление клеток, биосинтез макромолекул, развитие тканей и органов.

Вместе с тем бобовые синтезируют комплекс вторичных метаболитов (алкалоиды, амины, гликозиды, флавоноиды, кумарины, танины,

тритерпеноидные сапонины, лектиновые пептиды), защищающих их от окислительного стресса, естественных врагов и растений-конкурентов [6].

На сегодняшний день описано около 800 видов бобовых, однако их общее количество составляет 23 000 видов. Семейство *Phabaceae* широко распространено и занимает по численности, насчитывая около 765 родов, видов третье место среди наземных растений после семейств *Orchidaceae* и *Asteraceae*. По наиболее поздней классификации (по данным сайта WFOPL на декабрь 2023 г.) семейство бобовых включает 796 родов и 24 480 ботанических вида. В сельском хозяйстве широко используются овощные бобовые культуры, среди которых следует упомянуть арахис *Arachis hypogaea* L., (Южная Америка), каян *Cajanus cajan* (Индия), нут *Cicer arietinum* (Юго-Восточная Азия, Эфиопия, Индия), соя (Восточная Азия), чечевица *Lens culinaris* (Юго-Восточная Азия, страны Средиземноморья), фасоль обыкновенная *Phaseolus vulgaris* (Мексика, Гватемала), горох посевной *Pisum sativum* L. (Азия, страны Средиземноморья), бобы садовые *Vicia faba* (Азия, страны Средиземноморья), вигна угловатая *Vigna angularis* (Япония), вигна лучистая *Vigna radiata* (Япония), вигна китайская *Vigna unguiculata* (Индия) и кормовые бобовые.

Кормовые бобовые культуры традиционно используются в качестве полноценных кормов или кормовых добавок в рацион сельскохозяйственных животных. К повсеместно культивируемым кормовым сортам относятся люцерна посевная *Medicago sativa* L., клевер луговой *Trifolium pratense* L., клевер ползучий *Trifolium repens* L., люцерна хмелевидная *Medicago lupulina* L., астрагал нутовый *Astragalus cicer* L., горошек посевной *Vicia sativa* L., горошек мохнатый *Vicia villosa* Roth., люцерна жестковатая *Medicago rigidula* L. (All.) и эспарцет песчаный *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. Данные виды кормовых бобовых характеризуются высокой урожайностью, неприхотливостью, питательностью и поедаемостью и широко культивируется во многих странах мира. Однако посевные площади, занимаемые кормовыми бобами в Республике Казахстан остаются незначительными. Поэтому сбор и расширение сортового материала кормовых зернобобовых культур, изучение их морфогенетических и адаптивных свойств; оценку продуктивности собранного материала и разработку стратегии получения поликроссов можно считать одними из приоритетных задач

для решения проблем продовольственной безопасности, возрождения истощённых и бросовых земель, получения нутрицевтиков и фармакологически активных веществ, пригодных как для животных, так и для человека.

В Казахстане созданы базовые сорта кормовых культур и внедряются новые сорта, богатые белком, с высокой энергетической ценностью и пластичностью в ответ на современные климатические вызовы. Одной из таких важных кормовых культур является эспарцет, так как его культивирование в засушливых условиях обеспечивает получение высококачественных кормов [7].

Исходя из многолетних летних прогнозов погоды на фоне высокой влагоудерживающей способности из-за западных воздушных морских масс, центральные, юго-восточные и восточные районы Казахстана сохраняют значительную влажность. Эти условия позволяют эффективно разводить кормовые бобы в нашей стране несмотря на то, что восьмилетний период 2015–2022 гг. стал самым теплым, в то время как пятилетний период 2023–2027 гг. может оказаться самым жарким в истории мировых синоптических наблюдений [8].

Зарубежные исследователи отмечают, что использование исключительно зеленой массы эспарцета для производства кормов значительно снижает возможности применения других частей растения, в т. ч. семян и цветков. Считается, что эспарцет может выращиваться в качестве медоноса и давать до 400 кг меда на 1 га. Альтернативным направлением использования эспарцета можно добиться дробления семян до самостоятельного мучного продукта или в качестве добавки в пищу и корма животных и человека [9].

2.1. Общие характеристики эспарцета

Эспарцет принадлежит к семейству бобовых, подсемейству мотыльковых. Несмотря на то, что в природе имеется много видов эспарцета, представляющих большой интерес для практического использования, в культуру введены три основных вида: эспарцет виколистный или обыкновенный, эспарцет закавказский или переднеазиатский, эспарцет песчаный. Эти виды принадлежат к роду *Onobrychis*, имеют много общих основных ботанических признаков и свойств. Можно остановиться на ботанической характеристике эспарцета песчаного, который получил в виде всех районированных сортов широкое распространение в Восточном Казах-

стане. Дикорастущие формы песчаного эспарцета встречаются во многих странах Европы и Азии. В естественных условиях наблюдается большое разнообразие форм песчаного эспарцета. Культурная форма была получена в результате долголетнего возделывания и свободного межвидового скрещивания дикого песчаного эспарцета с культурными обыкновенным и закавказским эспарцетами. Окультуривание дикого песчаного эспарцета привело к улучшению ряда морфогенетических характеристик, в том числе к более интенсивному росту, мощному развитию стеблей, листьев, соцветий и семян, скороспелости и увеличению продуктивности. Высокие и устойчивые урожаи сена сочетаются с отменной зимостойкостью и засухоустойчивостью. Отличная зимостойкость песчаного эспарцета объясняется способностью растений отращивать от корневой шейки, в то время как высокая засухоустойчивость обусловлена более мощным развитием корневой системы [10].

В Казахстане в культуре травосеяния более распространён эспарцет песчаный, который по урожайности значительно превосходит эспарцет обыкновенный, а по зимостойкости – эспарцеты обыкновенный и закавказский [11]. Как уже отмечалось выше, эспарцет стал одной из системообразующих многолетних бобовых трав в условиях Восточного Казахстана [12].

Эспарцет используется для полевого травосеяния и залужения склонов и песчаных земель. Практикуется также однолетнее использование эспарцета в качестве перезанимающей культуры – предшественника озимых злаков. Известно, что эспарцет менее требователен к почве, чем люцерна, а по устойчивости и урожаю сена превосходит люцерну на песчаных землях. [13,14]. Интенсивнее других бобовых культур эспарцет осваивает смытые склоны и места оползней с близким залеганием мела и известняков. Растения эспарцета представляют собой ксерофиты с мощной стержневой корневой системой. Различают одноукосные и двухукосные формы эспарцета. Повторный укос обеспечивает ранжирование качеств растительного сырья и увеличение продуктивности корма.

Несмотря на то, что механизмы устойчивости эспарцета к стрессу, обусловленному постоянно меняющимися условиями среды, еще неясны, транскриптомный анализ образцов, собранных на Цинхай-Тибетском нагорье, показал повышенную экспрессию 5387 генов и пониженную – для 2825 генов. Активация части из этих генов приводит к изменению синтеза абсцизовой кис-

лоты, фитогормонов и полифенолов, которые играют жизненно важную роль в адаптации *O. viciifolia* к экстремальным условиям среды [15]. Семеноводством эспарцета занимаются в наиболее развитых странах, среди которых США, Австралия, Испания, Канада, Италия и др. При этом доля экспорта семян эспарцета в стоимости у этих стран, по данным Центра закупок Tridge 2021 г., составляет 50.62%, 14.07%, 12.42%, 6.35% и 3.95% соответственно. Семенное дело в настоящее время находится на более высоком технологическом уровне по сравнению с таковым для люцерны и может быть легко организовано в хозяйствах с различной специализацией для внутреннего потребления и организации экспортной логистики в перспективе.

2.2. Питательные свойства эспарцета

Невзирая на то, что различные растения рода эспарцета *Onobrychis spp.* использовались в качестве корма для жвачных животных в течение столетий, влияние их компонентов на многие биохимические показатели начало изучаться только в последнее время [16].

Согласно ряду данных, содержание белка в сырой массе эспарцета составляет примерно 44,0 г/100 г, то есть находится в пределах 34,95–40,97% от общей массы и сравнима с соей (39,9 г/100 г) и люпином (37,57±4,39 г/100 г). При этом в голосемянных образцах (лишенных оболочек) концентрация белка по разным данным варьирует от 30,3 до 38,8%. [17,18].

Одним из показателей качества растительного белка является содержание аминокислот, входящих в состав коллагена (глицина, пролина и лизина). Коллаген как наиболее распространенный белок в организме человека и животных (до 30% от общего количества) обеспечивает прочность и гибкость мышц, сухожилий, связок и хрящей. Во вторичную структуру молекулы коллагена входят три полипептидные цепи в виде тройной спирали. Каждая цепь содержит повторяющиеся триады аминокислот -Гли-Про-Х- (глицин-пролин-Х), где первый аминокислотный остаток представлен глицином, а второй- пролином. В результате посттрансляционных модификаций ферменты проколлаген-гидроксилазы расщепляют пролин и лизин случайным образом, формируя таким образом межмолекулярные водородные связи, характерные для зрелой молекулы коллагена [19].

Относительно недавние исследования показали, что в образцах фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) лизин является до-

минирующей аминокислотой (от 1 до 2 г/100 г сырой массы). [20,21] Проведенный ранее аминокислотный анализ семян эспарцета продемонстрировал схожее соотношение незаменимых аминокислот: лизин (5,9% или 1,59 г/100 г), (изолейцин+лейцин (11% от общего содержания белка), метионин, 4,04%, фенилаланин+тирозин (7,35%), треонин (4,31%), валин (4,75%) [22,23].

Следует подчеркнуть, что в среднем по сортообразцам максимальное содержание лизина приходилось на третий укос второго года возделывания эспарцета, а минимальное- на второй укос того же года. Содержание лизина стабильно возрастало у всех вариантов после предпосевной обработки семян бишофитом [24]. Показано, что клетчатка эспарцета в основном состоит из нерастворимых волокон (37,9 г/100 г сырой массы), что значительно опережает аналогичные показатели у остальных бобовых (от 3 до 30% в зависимости от вида) [25]. Обнаружено, что семена эспарцета содержат в среднем 8,2 г/100 г крахмала и 5,7 г/100 г дисахаридов (сахароза 5,1 г, фруктоза 0,5 г, глюкоза 0,1 г). Данные значения дисахаридов сопоставимы с большинством таких же показателей у бобовых, в то время как содержание крахмала у эспарцета значительно ниже, чем у других видов бобов (чечевица 37–59 г/100 г, горох 30–49 г/100 г, фасоль обыкновенная 18–45 г/100 г, нут 30–56 г/100 г) [26–28].

Несмотря на то, что низкое содержание крахмала делает эспарцет непригодным для включения его в состав экструдированных продуктов (сухие завтраки, снеки, пасты, корм для животных, получаемые при экструзии, т.е. высоких температурах и давлении), применение эспарцета может способствовать снижению гликемического индекса, риска ожирения и сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний [25].

Эспарцет также включает ионы магния, кальция, магния, железа, меди, цинка и фосфора. Фосфор, входящий в структуры нуклеиновых кислот, коферментов и фосфолипидов, составляет от 0,2 до 0,8% сухой биомассы растений [29]. Содержание зольных элементов эспарцета варьирует от 2,75 г до 4,63 г/100 г сырой массы, что несколько ниже, чем у фасоли обыкновенной (5,32 г/100 г) и люпина (3,97 г/100 г), в то время, как содержание железа (64,14 мг/л) сходно с таковым у люпина (65,13 мг/л), ка-яна (63,83 мг/л), лобии (66,86 мг/л), вигны угловатой (51,56 мг/л) и вигны зонтичной (67,65 мг/л). Одновременно эспарцет по данному показателю почти в три раза уступает со-

евым бобам (173,17 мг/1 л), но по содержанию цинка опережает лобия (61,4 мг/1 л и 63,38 мг/1 л, соответственно) [30].

Анализ состава жирных кислот эспарцета указал на то, что семена данной культуры содержат незаменимые линоленовую (41,31%), олеиновую (24,95% от общего количества), линолевою (18,77%), пальмитиновую (7,43%) кислоты. В то же время у соевых бобов и семян подсолнечника содержание олеиновой кислоты составляет 17,7–26,1% и 14,0–39,4%, линолевой 49,8–57,1% и 50,0–75,0%, линоленовой 5,5–9,5% и 0,2%, соответственно. Отмечено, что содержание жирных кислот эспарцета сопоставимо с таковым в арахисе, нуте и люпине, и значительно превосходит средние значения для других видов бобовых [31, 32].

Было выявлено, что содержание каротина в сене эспарцета в 2,5 раза выше (95,8 мг/кг, при нормативных требованиях 25,0 мг/кг корма), чем в сене люцерны, и в 2 раза больше, чем в сене клевера [33].

Интерес представляет и присутствие антипитательных соединений в эспарцете, преимущественно конденсированных танинов. Танины относятся к полифенолам и обладают противовоспалительными, антибактериальными и антиоксидантными свойствами, что значительно повышает срок годности кормов и кормовых добавок, снижает окислительный стресс и повышает качество основного продукта [34].

Конденсированные танины, полученные из эспарцета, обладают высокой способностью ингибировать протеолиз, понижать активность молочнокислых бактерий и плесневых грибов, и уменьшать содержание аммонийного азота (N) во время силосования сена [35].

Инактивация танинов с помощью полиэтиленгликоля (ПЭГ) приводила к существенной потере сухого вещества с 8,32% до 14,15% по истечении 60 дней после начала силосования, а также увеличивало концентрацию молочной и уксусной кислот в полтора и два раза, соответственно. Кроме того, количество молочнокислых бактерий *Pediococcus*, патогенных грибов *Gibellulopsis*, *Vishniacozyma*, *Aspergillus* и *Alternaria* возросло в 2–20 раз [36].

Результаты вышеприведённых исследований компонентного состава и свойств семян и зеленой массы эспарцета, указывают на необходимость использования данной культуры в качестве потенциального источника растительного белка, микроэлементов, жиров, грубых рас-

тительных волокон и танинов, хотя экстракция последних всё еще сопряжена с определенными техническими трудностями.

2.3. Питательные качества кормов и кормовых добавок на основе эспарцета

Качество кормов и кормовых добавок в рационе сельскохозяйственных животных во многом определяет продуктивность животноводства. Оценка качества включает в себя исследование таких параметров, как питательность, т. е. содержание макро- и микронутриентов, клетчатки, воды и других компонентов, энергетическая ценность, вкусовые качества, отсутствие примесей и загрязняющих веществ, поедаемость и кормовой коэффициент.

Основными источниками белка в рационе свиней, выращиваемых на территории Европы, являются бобы садовые *Vicia faba* L. и горох посевной *Pisum sativum* L., а также дорогостоящие добавки на основе соевого жмыха и сухого обезжиренного молока. Однако ввиду дефицита соевого жмыха и нестабильной урожайности гороха правительство ЕС рассматривает альтернативные источники белка, в т.ч. и семена эспарцета. Так, в ходе одного из экспериментов было выяснено, что частичная замена традиционных компонентов органических кормов на эспарцет в диете поросят-отъемышей не влияет на потребление корма, прирост живой массы и кормовой коэффициент. Было обнаружено, что семена эспарцета содержат 279 г/кг сырого белка относительно бобов (252 г/кг) и гороха (276 г/кг) [36–38].

Следующим не менее важным вопросом является: повышается ли кормовая ценность кормов на основе бобовых, не содержащих танинов, в результате введения в рацион эспарцета? Эксперимент проводился на овцах, питавшихся как исключительно свежей люцерной или сырой массой эспарцета, так и комбинированными кормами с различным соотношением этих компонентов. У овец, потреблявших свежий эспарцет, проводили измерения поедаемости, усвояемости органических веществ, потери сухого вещества и задержки азота в организме. Было установлено, что смеси с высоким содержанием эспарцета уменьшали концентрацию аммиачного азота в рубце, что отрицательно сказывалось на биосинтезе белка. Однако присутствие эспарцета в составе кормовой смеси не влияло ни на потребление, ни на усвояемость азота [39].

Сбалансированный корм, обогащённый витаминами и минералами, отвечает не только за рост и набор массы животными, но и оказывает влияние на качество животноводческой продукции. Так, ранее исследовалось влияние травяного силоса с добавлением эспарцета *Onobrychis viciifolia* на соотношение жирных кислот в молоке молочных коров. Результаты показали, что хотя потребление эспарцета было ниже, у экспериментальной группы оказались более высокие соотношения ($P \leq 0,0179$) таких омега-3-6-ненасыщенных жирных кислот, как линолевая и альфа-линолевая кислоты [40]. Аналогичный эксперимент позже позволил установить, что протоантоцианидины, входящие в состав эспарцета, также положительно изменяют профиль жирных кислот в составе молока дойных овец. В результате было констатировано повышение уровня накопления стеариновой, линолевой и альфа-линолевых кислот и одновременное снижение концентрации олеиновой кислоты [41]. Так как линолевая кислота участвует в синтезе медиаторов простагландинов и входит в состав клеточных мембран, а также регулирует активность Т-клеток иммунной системы, но содержится в основном в растительных маслах, увеличение ее накопления в коровьем молоке является достаточной аргументом для введения доли эспарцета в кормовую рацион КРС [42].

Включение от 20 до 40% эспарцета в рацион ягнят-откормышей продемонстрировало значительный сдвиг пропорций олеиновой и стеариновой кислот в мясе животных, причем, максимальная концентрация олеиновой кислоты была зарегистрирована при наивысшем содержании эспарцета в составе корма [43]. Увеличение доли эспарцета в рационе свиней не оказывало отрицательного влияния на показатели роста или характеристики туши. Помимо этого, наблюдения показали, что животные проводили более длительный период у кормушки и потребляли большее количество корма за одно посещение. Неожиданными побочными эффектами введения 15% эспарцета в рацион свиней-самцов были зафиксированы уменьшение концентрации андростерона, нарушение развития половых желез и снижение специфического запаха, характерного для хряков [44].

Суммируя имеющиеся данные, можно с уверенностью утверждать, что частичная или полная замена традиционных кормовых бобовых на сено эспарцета, как минимум, не влияет на качество корма, рост и развитие животных.

2.4. Повышение плодородия бросовых земель

Интенсификация сельского хозяйства приводит к деградации пастбищных угодий и пахотных земель. В связи с этим остро встал вопрос об обогащении почв, используемых для производства сельскохозяйственной продукции.

Повышение плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур может быть достигнуто путем внесения неорганических и органических удобрений. Однако серьезной проблемой, ограничивающей использование неорганических удобрений, являются их высокая стоимость, сроки транспортировки, недостаточный цифровой логистический уровень и отсутствие складских помещений с соблюдением всех требований производителей и дистрибьюторов [45]. Органические удобрения, несмотря на их эффективность, дешевизну и простоту в применении, могут содержать патогенные бактериальные, грибковые и одноклеточные организмы, яйца и личинки паразитов, представляя тем самым опасность для жизни и здоровья человека и животных. Известно, что в помете кур, являющемся одной из самых популярных органических добавок, обнаружены следы бактерий *Actinobacillus*, *Salmonella*, *Escherichia coli* и других [46]. Другие авторы утверждают, что коммерческие органические удобрения в более чем половине случаев содержат жизнеспособные яйца и личинки таких кишечных паразитов, как власоглава *Trichuris sp.*, человеческой аскариды *Ascaris sp.* и токсокары *Toxocara sp.* [47]. Еще одним потенциально опасным агентом является одноклеточная бластоциста *Blastocystis* spp., вызывающая острую кишечную инфекцию или т.н. диарейный синдром. Было выявлено, что 2 из 17 подтипов встречаются в свином помёте, используемом как компонент органического удобрения [48, 49].

Применение кормовых зернобобовых культур в севооборотах может иметь решающее экологическое значение, поскольку даёт возможность существенно повысить физико-механические свойства посевных площадей, повысить плодородие почв при одновременном снижении норм расхода азотных удобрений [50, 51]. Кроме того, предварительный высеv бобовых поможет фермерам не только частично снизить потребность в азотных удобрениях, но и предотвратит рост и распространение опасных инфекций.

2.5. Антигельминтный эффект эспарцета

Ещё одним полезным свойством гранулированного дегидратированного эспарцета в составе биоактивных кормов может считаться его антигельминтный эффект [52]. Несмотря на многообразие коммерческих антигельминтных препаратов, направленных на борьбу с нематодами желудочно-кишечного тракта мелких жвачных животных, эффективность этих лекарственных средств снижается в связи с резистентностью паразитов к токсическим агентам (которые являются мажорными компонентами в составе большинства препаратов). Более того, неясность влияния вторичных метаболитов антигельминтиков на физиологические процессы животного стимулирует поиск новых подходов к выходу фермеров и ветеринарных служб из зависимости от использования синтетических химических лекарств. Данная проблема особенно актуальна для коз, у которых наблюдается максимальная устойчивость к антигельминтикам ввиду их физиологических и метаболических особенностей [53].

Исследования показали, что у коз, зараженных паразитическими нематодами *Haemonchus contortus*, *Teladorsagiacircumcincta* и *Trichostrongylus colubriformis*, которые в течение 7 дней получали зеленую массу эспарцета в качестве основного кормового компонента, было зарегистрировано меньшее количество яиц, а количество взрослых паразитов в ЖКТ снизилось на 50% по сравнению с контрольной группой. Кроме того, сами животные поглощали больше эспарцета, что могло свидетельствовать о его питательной ценности и удовлетворительном состоянии животных [54].

Аналогичный эксперимент, проведенный на ягнятах, свидетельствовал о схожих результатах. Добавление 600 г сухого эспарцета к суточному рациону ягнят, зараженных *Haemonchus contortus*, показало уменьшение количества червей в сычуге животных по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$). Также было зафиксировано повышение активности фермента глутатионпероксидазы в крови ($p < 0,022$), катализирующей восстановление гидроперекисей липидов до спиртов и перекиси водорода до воды. Несмотря на то, что самки нематод, изъятые из ЖКТ для анализа, не отличались морфологически и физиологически, одним из возможных объяснений сокращения червей отнесено за счёт активации антиоксидантной защитной системы, повышающей устойчивость животных к инфекции [55].

Исследования *in vivo* показали также снижение количества яиц в помёте лошадей, зараженных паразитическими нематодами циагостоминами, после добавления в их рацион добавок на основе гранулированного эспарцета. Авторы предполагают, что танины эспарцета ингибировали скорость образования яиц и развития личинок гельминта [56]. Другие авторы подтвердили и дополнили данные о том, что у лошадей, получавших от 8,5 до 17% от общей кормовой массы гранул эспарцета в течение 7–28 дней, подвижность личинок по сравнению с контролем замедлялась. Интересно, что последующая обработка лошадей 5-фенил-тио-2-бензимидазолкарбаматом, широко распространенным антигельминтиком, не повлияла на качество и количество личинок, но позволяет рассматривать гранулы эспарцета как полноценный и самостоятельный антигельминтный препарат [57].

2.6. Потенциальное использования эспарцета в качестве биологически активной добавки в рацион человека

Несмотря на то, что и семена эспарцета, и зеленая масса используются в качестве добавок к традиционным кормам сельскохозяйственных животных, практически нет данных о потенциале использования эспарцета человеком. В то же время известно, что введение 5 и 10% семян эспарцета в рацион крыс позволило снизить уровни креатина, аланинтрансаминазы, ЛПНП, ионов фосфора, кальция и магния в крови в пределах референтных значений, что свидетельствует о потенциальной пользе данной растительной культуры. Концентрация сывороточного креатина, освобождающегося в кровь в результате мышечного распада, позволяет оценить состояние почек. Референтный диапазон креатина у крыс составлял 0,2–0,8 мг/дл, однако его концентрация у контрольной группы была в пределах 0,71 мг/дл, то есть ближе к верхней границе нормы, и 0,54 и 0,52 мг/дл для 5% и 10% групп, соответственно, что совпадало со средним значением [58].

Еще одним важным параметром, по которому можно определить степень повреждения и разрушения гепатоцитов или ЖКТ, является концентрация фермента аланинтрансаминазы (обычно вследствие воздействия на эти клетки и органы токсических агентов; хотя заболевания сосудов, гемохроматоз и вирусные инфекции также могут рассматриваться как возможные причины) [59, 60]. У крыс референтный диапазон для аланинтрансаминазы находится в интервале 16–89 ед/л, причём у контрольной группы

среднее значение составляло 69,29 ед/л, в то время как у экспериментальных животных – 44,57 и 47,43 ед/л, соответственно.

Снижение уровня липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) также оказывает положительный эффект на общее состояние организма. Холестерин ЛПНП ассоциирован с развитием атеросклероза и сопутствующих заболеваний сердечно-сосудистой системы [61].

По сравнению с контрольной группой, концентрация ЛПНП у крыс, получавших эспарцет, снижалась на 8,3% и 33%, соответственно [18].

Бобовые играют важную роль в профилактике и лечении таких хронических заболеваний, как диабет 2 типа, ожирения и болезни сердечно-сосудистой системы [62].

Многочисленные исследования выявили, что присутствие бобовых в рационе модулирует деятельность микробиоты кишечника, способствует перистальтике кишечника и обеспечивает поддержание гомеостаза глюкозы, что, в свою очередь, ведёт к улучшению качества жизни человека [63, 64].

Как сказано выше, нерастворимые волокна клетчатки составляют большую часть сырой массы эспарцета. Только в США до 90% женщин и 97% мужчин испытывают дефицит клетчатки в своём рационе. Такой дефицит коррелирует с развитием ожирения и сопутствующих заболеваний [65]. Несмотря на то, что данные по Республике Казахстан отсутствуют, можно

предположить похожие значения, т. к. традиционная диета казахов включает существенное количество белка и быстрых углеводов на фоне растущей популярности сетей быстрого питания, предлагающих блюда на основе тех же ингредиентов. Следовательно, семена эспарцета могут быть рекомендованы для потребления животными с однокамерным желудком, в т. ч. и человеком для диверсификации источника белка и восполнения дефицита клетчатки.

2.7. Азотфиксация и симбиоз эспарцета с клубеньковыми бактериями

Во многом свойства овощных и кормовых бобовых культур определяются их взаимодействиями с азотфиксаторами.

Бактерии рода *Rhizobium* являются палочковидными бактериями длиной 1,0–2,5 мкм. Эти микроорганизмы не образуют спор, однако при неблагоприятных условиях, таких как низкие температуры, засуха и пр., переходят в состояние длительного покоя. Хотя некоторые штаммы бактерий могут существовать в почве и при отсутствии растений-хозяев, их численность, как правило, резко возрастает вблизи корней бобовых растений [66].

Два из наиболее стандартных методов классификации штаммов бактерий основаны на их скорости роста на искусственных средах и их влиянии на образование клубеньков у различных видов бобовых (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная скоростная характеристика

штаммов азотфиксирующих бактерий (по Гэхэну) [67]

| Характеристика | Быстрорастущие | Медленнорастущие |
|--|-----------------------|----------------------|
| Скорость роста (оценивается по диаметру колонии, культивируемой на питательном агаре). | > 1 мм через 3–5 дней | < 1 мм через 10 дней |
| Биосинтез смолы из полисахаридов | Много | Мало |
| Биосинтез индолилуксусной кислоты (ИУК) | Да | Нет |
| Потребление сахарозы | Да | Нет |
| Устойчивость к антибиотикам (нг/мл) | | |
| Тетрациклин | 0.01-0.1 | 50-150 |
| Вибрамицин | 0.1-1.0 | 20-60 |
| Виомицин | 10-40 | 500-1500 |
| Засухоустойчивость | Высокая | Низкая |
| Устойчивость к кислым почвам | Низкая | Высокая |

Хотя видам и штаммам симбиотических азотфиксирующих бактерий посвящено большое количество научных статей и публикаций, в международной базе Pubmed размещено только четыре статьи с описанием микроорганизмов, специфичных именно для эспарцета.

Известно, что несколько представителей бактерий, выделенных из других бобовых (*Coronilla* spp., *Hedysarum* spp., *Petalostemon* spp., *Oxytropis* spp. и *Astragalus alpinus*), могут образовывать клубеньки и на корневой системе эспарцета, хотя их эффективность во многом зависит от условий среды [68]. Кроме того, описано пять штаммов *Rhizobium* sp., характерных для эспарцета, произрастающего в США и Канаде: USDA 3736, 116A15, SM2, USDA 3172, USDA 3173 [69].

Недавние исследования выявили два новых вида азотфиксирующих бактерий в корневых клубеньках, что позволяет прояснить роль бактерий в росте и развитии растений эспарцета. *Mesorhizobium onobrychidis* sp. nov. активно индуцирует клубеньки для ускорения фиксации атмосферного азота и углекислого газа. Предполагается, что данный вид содержит гены, контролирующие скорость роста растений. В то же время вид *Onobrychidicola muellerharveyae* gen. nov. sp. nov. обладает генами, способствующими повышению устойчивости к биотическому стрессу [70].

Другие авторы при исследовании арктического штамма укрепились во мнении, что делеция плазмиды у этого штамма *Rhizobium* N31 не повлияла на устойчивость организмов к антибиотикам, эффективность потребления углеводов и органических кислот и скорость роста при низкой температуре, однако существенно усилила активность фермента нитрогеназы и, следовательно, «постёгивала» образование клубеньков по сравнению с диким типом [71].

Современные методы молекулярно-генетического анализа позволят более эффективно проводить поиск, идентификацию и паспортизацию штаммов и видов бактерий, специфичных для эспарцета, что позволит повысить устойчивость этих бобовых растений и их продуктивность, а также попутно обогатить сортимент неспецифичных азотфиксаторов для семейства Fabaceae в целом.

Заключение

Статья написана в соответствии с проектом AP23488711: «Интеграция селективного

молекулярного маркирования и совместного микробиологического культивирования для формирования оптимальной коллекции эспарцета на Юго-Востоке Казахстана». Для достижения цели проекта предусмотрены основные подходы, среди которых: сбор и расширение сортового материала эспарцета, изучение морфогенетических и адаптивных свойств данной культуры; оценка продуктивности собранного материала; разработка поликроссов для получения новых генетически-устойчивых популяций с повышенной урожайностью и комбинативной гибкостью, определяемой путем гибридизации с контрольными тестерными образцами. Данная работа приведет к созданию гибридных семян и установлению взаимосвязи хозяйственно-ценных признаков, а также к анализу полученных гибридных популяций методами молекулярного маркирования усвоения азота, продуктивности и анализа аминокислот в ряду сортообразцов. Оригинальность поставленных задач вселяет оптимизм, поскольку предусматривает сбор массива междисциплинарных данных на стыке генетики, молекулярной генетики, микробиологии и биоинформатики для развития культуры эспарцета и других кормовых бобов на Юго-Востоке Казахстана.

В настоящем обзоре рассмотрены теоретические предпосылки комплексного изучения и применения эспарцета для удовлетворения кормовых и почвовосстановительных потребностей страны, а также обеспечения пищевых и оздоровительных запросов казахстанского общества в будущем.

В статье подчеркивается, что семеноводство эспарцета продвигается в наиболее развитых странах, включая Австралию, Испанию, Италию Канаду, США и др. При этом доля экспорта эспарцета в стоимостном выражении составляет 14.07%, 12.42%, 3.95%, 6.35% и 50.62%, соответственно. Семеноводство эспарцета в мировом масштабе сейчас находится на взлёте относительно люцерны и может быть широко распространено в многопрофильных хозяйствах как для внутреннего потребления, так и для экспорта в будущем.

Эспарцет стал одной из системообразующих многолетних бобовых культур в условиях Восточного Казахстана. В нашей стране эта культура применима для полевого травосеяния, залужения склонов и песчаных земель, однолетнего использования в севообороте озимых злаков. Поэтому в наших условиях необходимы как одноукосные, так и двухукосные формы эспарцета.

Хотя различные виды эспарцета *Onobrychis spp.* использовались в качестве корма для жвачных животных на протяжении многих веков, влияние их составляющих компонентов на многие биохимические показатели начало изучаться в наше время

Согласно ряду данных, содержание белка в сырой массе эспарцета составляет примерно 44,0 г/100 г, сопоставима с белком сои (39,9 г/100 г) и люпина ($37,57 \pm 4,39$ г/100 г). При этом в семенах без оболочки уровень белка достигает 30,3–38,8%. [17, 18].

Отсюда видно, что эспарцет необходим в качестве белок-обогащенного корма КРС. Более того, несмотря на низкое содержание крахмала, эспарцет может способствовать снижению риска ожирения и сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний человека в обход созданию дорогостоящих экструдированных продуктов. Таким образом, обеспечение страны на основе эспарцета сбалансированными продуктами и кормами, обогащёнными витаминами и минера-

лами, будет способствовать не только росту и контролируемому набору массы, но и оказывает существенное воздействие на качество растениеводческой и животноводческой продукции. Современные методы молекулярно-генетического анализа дают возможность выполнять идентификацию и паспортизацию азотфиксаторов, специфичных для эспарцета, что позволит повысить устойчивость данной культуры и её продуктивность, а также параллельно с этим позволит расширить перечень менее специфичных азотфиксаторов, полезных для бобового семейства в целом.

Источник финансирования

Данная работа выполнена в рамках проекта АР 23488711 «Интеграция селективного молекулярного маркирования и инокуляции растений азотфиксаторами для формирования оптимального генофонда эспарцета на Юго-Востоке Казахстана».

Литература

1. Стратегия “Казахстан2050”, (2012) https://www.akorda.kz/ru/official_documents/strategies_and_programs
2. Singh N., Jain P., Ujinal M., Langyan S. Escalate protein plates from legumes for sustainable human nutrition // *Front Nutr.* – 2022. – Vol. 9. – P. 1–19
3. Hughes J., Pearson E., Grafenauer S. Legumes-A Comprehensive Exploration of Global Food-Based Dietary Guidelines and Consumption // *Nutrients.* – 2022. – Vol. 14(15). – P. 3080.
4. Zhong Y., Tian J., Li X., Liao H. Cooperative interactions between nitrogen fixation and phosphorus nutrition in legumes // *New Phytol.* – 2023. – Vol. 237(3). – P. 734-745.
5. Yang J., Lan L., Jin Y., Yu N., Wang D., Wang E. Mechanisms underlying legume-rhizobium symbioses // *J Integr Plant Biol.* – 2022. – Vol. 64(2). – P. 244-267.
6. Wink M. Evolution of secondary metabolites in legumes (*Fabaceae*) // *South African Journal of Botany.* – Vol. 89(2013). – P. 164–175.
7. Епифанов В.С. Эспарцет засухоустойчивая культура // *Кормопроизводство.* – 2000. – Т. 4. – С. 31-32.
8. State of the Global Climate (2024) <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
9. Kells A. Sainfoin: An alternative forage crop for bees // *Bee World.* – 2015. – Vol. 82. – P. 192-194.
10. Рябина О.В. Эспарцет песчаный – резерв кормовой базы Иркутской области // *Аграрная наука.* – 2002. – Т. 2. – С. 10-11.
11. Корнилов, А. А. Эспарцет песчаный в степи // *Зернобобовые культуры.* – 1965. – Т. 11. – С. 24-25
12. Филиппова Н.И., Парсаев Е.И., Коберницкая Т.М., Островский В.А., Рукавицына И.В., Дашкевич С.М., Утебаев М.У. Направления и результаты селекции многолетних бобовых трав в Северном Казахстане // *Кормопроизводство.* – 2020. – Т. 7. – С. 33-38.
13. Верещагина А. С., Воскобулова Н. И., Ураскулов Р. Ш. Влияние покровной культуры, способа посева и нормы высева на засорённость посевов эспарцета // *Животноводство и кормопроизводство.* – 2016. – Т.1(93). – сС. 135-138.
14. Дедов А. В., Несмеянова М. А. Влияние многолетних трав на плодородие почв // *Агробиохимический вестник.* – 2012. – Т. 4. – С. 1–3.
15. Yin H, Zhou H, Wang W., Tran L. P., Zhang B. Transcriptome Analysis Reveals Potential Roles of Abscisic Acid and Polyphenols in Adaptation of *Onobrychis viciifolia* to Extreme Environmental Conditions in the Qinghai-Tibetan Plateau // *Biomolecules.* – 2020. – Vol. 10(6). – P. 967
16. Karabulut E., Erkoç K., Aci M. Aydın M., Barriball S., Braley J., Cassetta E., Craine E. B., Diaz-Garcia L., Hershberger J., Meyering B., Miller A. J., Rubin M. J., Tesdell O., Schlautman B., Şakiroğlu, M. Sainfoin (*Onobrychis spp.*) crop ontology: supporting germplasm characterization and international research collaborations // *Front Plant Sci.* – 2023. – Vol. 15. – P. 1177406.

17. Baldinger L., Hagmüller W., Minihuber U., Matzner M., Zollitsch W. Sainfoin seeds in organic diets for weaned piglets—Utilizing the protein-rich grains of a long-known forage legume // *Renewable Agriculture and Food Systems*. – 2016. – Vol. 31(1). – P. 2–21
18. Craine E.B., Makav M., Dağ S., Yıldız A., Eroğlu H. A., Kuru B. B., Bektaşoğlu F., Barriball S., Schlautman B., Şakiroğlu M. Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) seed-based diet on rats: A comprehensive evaluation of hemogram, biochemistry, and histopathology // *Food Sci Nutr*. – 2024. – Vol. 12(7). – P. 4692–4701
19. Brodsky B., Persikov A.V. Molecular structure of the collagen triple helix // *Adv Protein Chem*. – 2005. – Vol. 70. – P. 301–39.
20. Carbas B., Machado N., Oppolzer, D. Ferreira L., Queiroz M., Brites C., Rosa E. A., Barros, A. I. Nutrients, Antinutrients, Phenolic Composition, and Antioxidant Activity of Common Bean Cultivars and their Potential for Food Applications // *Antioxidants*. – 2020. – Vol. 9(2). – P. 186.
21. Kan L., Nie S., Hu J., Wang S., Bai Z., Wang J., Zhou Y., Jiang J., Zeng Q., Song K. Comparative study on the chemical composition, anthocyanins, tocopherols and carotenoids of selected legumes // *Food Chem*. – 2018. – Vol. 260. – P. 317–326.
22. Tarasenko N., Butina E., Gerasimenko E. Peculiarities of Chemical Composition of Sainfoin Seeds Powder // *Oriental Journal of Chemistry*. – 2015. – Vol 35. – P. 1673–1682.
23. Kaldy M., Hanna M., Smoliak S. Amino-acid composition of Sainfoin forage // *Grass and Forage Science*. – 2006. – Vol. 34. – P. 145–148.
24. Земляничина С. В. Динамика незаменимых аминокислот в биомассе эспарцета песчаного в зависимости от предпосевной обработки семян бишофитом // *Известия НВ АУК*. – 2012. – Т. 4. – С. 1–6.
25. Cotacallara-Sucarpa M., Vega E.N., Maieves H.A., Morales P., Fernández-Ruiz V., Cámara M. Extrusion Process as an Alternative to Improve Pulses Products Consumption. A Review // *Foods*. – 2021. Vol. 10(5). – P. 1096.
26. Hall C., Hillen C., Robinson J.G. (2017). Composition, nutritional value, and health benefits of pulses // *Cereal Chemistry*. – 2017. – Vol. 94. – P. 11–31
27. Kudelka W., Kowalska M., Popis M. Quality of Soybean Products in Terms of Essential Amino Acids Composition // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26(16). – P. 5071.
28. Paredes M., Becerra V., Tay J. Inorganic nutritional composition of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes race Chile // *Chil. J. Agric. Res*. – 2009. – Vol. 69. – P. 486–495.
29. Kalayu G. Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers // *Int J Agron*. – 2019. – Vol. 20. – P. 1–7
30. Grande F., Stadlmayr B., Filon M., Dahdouh S., Rittenschöber D., Longvah T., Charrondiere U. FAO/INFOODS Databases FAO/INFOODS Global database for pulses on dry matter basis. Version 1.0 -PulsesDM1.0 (user guide) // Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2017. – P. 26.
31. Choi Y.-M., Yoon H., Shin M.-J., Lee Yo., Hur O.S., Lee B.C., Ha B.-K., Wang, X.H. Desta K.T. Change in protein, oil and fatty acid contents in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) of different seed coat colors and seed weight // *bioRxiv*. – 2021. – Vol. 10. – P. 430590
32. Guiguitant J., Vile D., Ghanem M. E., Wery J., Marrou H. Evaluation of pulse crops functional diversity supporting food production // *Scientific Reports*. – 2020. – Vol. 10. – P. 3416.
33. Кушенов Б.М. Питательная ценность многолетних трав в процессе вегетации. // *Кормопроизводство*. – 2000. – Т. 5. – С. 27–28.
34. Molnar M, Jakovljević Kovač M, Pavić V. A Comprehensive Analysis of Diversity, Structure, Biosynthesis and Extraction of Biologically Active Tannins from Various Plant-Based Materials Using Deep Eutectic Solvents // *Molecules*. – 2024. – Vol. 11. – P. 2615
35. Theodoridou K., Aufrère J., Andueza D., Le Morvan A., Picard F., Pourrat J., Baumont R. Effects of condensed tannins in wrapped silage bales of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vivo* and *in situ* digestion in sheep // *Animal*. – 2012. – Vol. 6. – P. 245–53.
36. Huang R., Zhang F., Wang T., Zhang Y., Li X., Chen Y., Ma, C. Effect of Intrinsic Tannins on the Fermentation Quality and Associated with the Bacterial and Fungal Community of Sainfoin Silage // *Microorganisms*. – 2022. – Vol. 5. – P. 844.
37. Macarulla M., Medina C., Diego M., Chávarri M., Zulet M. A., Martínez J. A., Noël-Suberville C., Higuera P., Portillo, M. P. Effects of whole seed and a protein isolate of faba bean (*Vicia faba*) on the cholesterol metabolism of hypercholesterolaemic rats // *The British journal of nutrition*. – 2001. – Vol. 85. – P. 607–614
38. Thavarajah D., Lawrence T., Boatwright L. Windsor N., Johnson N., Kay J., Shipe E., Kumar S., Thavarajah P. Organic dry pea (*Pisum sativum* L.): A sustainable alternative pulse-based protein for human health // *PLoS One*. – 2023. – Vol. 4. – P. e0284380
39. Aufrère J., Dudillieu M., Andueza D. Poncet C., Baumont R. Mixing sainfoin and lucerne to improve the feed value of legumes fed to sheep by the effect of condensed tannins // *Animal*. – 2023. – Vol. 1. – P. 82–92
40. Huyen N.T., Verstegen M.W.A., Hendriks W.H., Pellikaan W.F. Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations reduces ruminal biohydrogenation and increases transfer efficiencies of unsaturated fatty acids from feed to milk // *Anim Nutr*. – 2020. – Vol. 3. – P. 333–341.
41. Baila C., Joy M., Bertolín J.R., Blanco M., Casasús I., Lobón S. Effect of sainfoin proanthocyanidins on milk fatty acids from ewes rearing suckling lambs // *Animal*. – 2023. – Vol. 6. – P. 100862
42. Nava Lauson C. B., Tiberti S., Corsetto P. A., Conte F., Tyagi P., Machwirth M., Ebert S., Loffreda A., Scheller L., Sheta D., Mokhtari Z., Peters T., Raman A. T., Greco F., Rizzo A. M., Beilhack A., Signore G., Tumino N., Vacca P., McDonnell L. A.,

- Manzo T. Linoleic acid potentiates CD8+ T cell metabolic fitness and antitumor immunity // *Cell metabolism*. –2023. – Vol. 35(4). – P. 633–650.e9.
43. Baila C., Joy M., Bertolín J.R., Alves S., Bessa R., Blanco M., Lobón S. Inclusion of Sainfoin in the Concentrate of Finishing Lambs: Fatty Acid Profiles of Rumen, Plasma, and Muscle.” *J Agric Food Chem*. – 2023. – Vol. 46. – P. 17947-17958
44. Seoni E., Battacone G., Kragten S., Dohme-Meier F., Bee G. Impact of increasing levels of condensed tannins from sainfoin in the grower–finisher diets of entire male pigs on growth performance, carcass characteristics, and meat quality // *Animal*. – 2020. – Vol. 15. – P. 100-110
45. Toomsan B., Limpinuntana V., Jogloy S. Role of Legumes in Improving Soil Fertility and Increasing Crop Productivity in Northeast Thailand // Patancheru: ICRISAT. – 2012.
46. Kyakuwaire M., Olupot G., Amoding A., Nkedi-Kizza P., Basamba T. A. How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? A Review // *Int J Environ Res Public Health*. – 2019. – Vol. 19. – P. 3521
47. Figura A., Cencek T., Żbikowska E. Parasitic threat in commercial organic fertilizers // *Parasitol Res*. – 2022. – Vol. 3. – P. 945-949.
48. Малеев В. В., Токмалаев А. К., Кожевникова Г. М., Цветкова Н. А., Половинкина Н. А., Голуб В. П., Максимова М. С., Барышева И. В., Коннов В. В., Харламова Т. В. Клинические формы, диагностика и лечение инфекции, вызванной *Blastocystis species* // *Терапевтический архив*. – 2020. – Т. 11. – С. 86-90.
49. Ruang-Areerate T., Piyaraj P., Suwannahitatorn P., Ruang-areerate P., Thita T., Naaglor T., Witee U, Sakboonyarat B, Leelayoova S, Mungthin M. Zoonotic Transmission of Blastocystis Subtype 1 among People in Eastern Communities of Thailand: Organic Fertilizer from Pig Feces as a Potential Source.” *Microbiol Spectr*. – 2021. – Vol. 2. – P. e0036221
50. Вишнякова М.А. Генофонд зернобобовых культур и адаптивная селекция как факторы биологизации и экологизации растениеводства // *Сельскохозяйственная биология*. – 2008. – Т. 3. – С. 3-23.
51. Frame J. Charlton F. L., Laidlaw A. S. Temperate Forage Legumes // Wallingford: CAB INTERNATIONAL. –1998.
52. Hoste H., Martinez-Ortiz-De-Montellano C., Manolaraki F., Brunet S., Ojeda-Robertos N., Fourquaux I., Torres-Acosta J. F., Sandoval-Castro C. A. Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections // *Veterinary Parasitology*. – 2012. – Vol. 186. – P. 18–27
53. Waller P.J. International approaches to the concept of integrated control of nematode parasites of livestock // *International Journal for Parasitology*. – 1999. – Vol 29. – P. 155-164
54. Paolini V., De La Farge F., Prevot F., Dorchies P., Hoste, H. Effects of the repeated distribution of sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes // *Vet Parasitol*. – 2005. – Vol. 28(127). – P. 277-83.
55. Komáromyová M., Petrič D., Kucková K., Battányi D., Babják M., Dolinská M. U., Königová A., Barčák D., Dvorožňáková E., Čobanová K., Váradyová Z., Várady M. Impact of Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) Pellets on Parasitological Status, Antibody Responses, and Antioxidant Parameters in Lambs Infected with *Haemonchus contortus* // *Pathogens*. – 2022. – Vol. 11(3). – P. 301.
56. Malsa J., Courtot É., Boisseau M., Dumont B., Gombault P., Kuzmina T. A., Basiaga M., Lluch J., Annonay G., Dhorne-Pollet S., Mach N., Sutra J. F., Wimel L., Dubois C., Guégnard F., Serreau D., Lespine A., Sallé G., Fleurance G. Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on cyathostomin eggs excretion, larval development, larval community structure and efficacy of ivermectin treatment in horses // *Parasitology*. –2022. – Vol. 149(11). – P. 1439–1449.
57. Grimm P., Laroche N., Julliard S., Sorci G. Inclusion of Sainfoin in the Diet Might Alter Strongyle Infection in Naturally Infected Horses // *Animals*. – 2022. – Vol. 12. – P. 955
58. Hrapkiewicz K., Colby L.A., Denison P. Clinical laboratory animal medicine: An introduction // New Jersey: John Wiley & Sons. – 2013. – P. 449.
59. Adali Y., Eroğlu H.A., Makav M., Guvendi G.F. Efficacy of ozone and selenium therapy for alcoholic liver injury: An experimental model // *In Vivo*. – 2019. – Vol. 33. – P. 763–769.
60. Moriles K.E., Azer S.A. Alanine amino transferase // Treasure Island: StatPearls Publishing. – 2022. – P. 232.
61. Guijarro C., Cosín-Sales J. LDL cholesterol and atherosclerosis: The evidence // *Clin Investig Arterioscler*. –2021. – Vol. 1. – P. 25-32.
62. Jenkins, D. J., Kendall, C. W., Augustin, L. S., Mitchell, S., Sahye-Pudaruth, S., Blanco Mejia, S., Chiavaroli, L., Mirrahimi, A., Ireland, C., Bashyam, B., Vidgen, E., de Souza, R. J., Sievenpiper, J. L., Coveney, J., Leiter, L. A., Josse, R. G. Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial // *Archives of internal medicine*. – 2012. – Vol. 172(21). – P. 1653–1660.
63. Clemente A., Olias R. Beneficial effects of legumes in gut health // *Current Opinion in Food Science*. – 2017. – Vol. 14. – P. 32–36
64. Zinöcker M.K., Lindseth I.A. The Western diet–microbiome–host interaction and its role in metabolic disease // *Nutrients*. – 2018. – Vol. 10(3). – P. 365
65. Thompson H.J. The dietary guidelines for Americans (2020–2025): Pulses, dietary fiber, and chronic disease risk—A call for clarity and action // *Nutrients*. – Vol. 13(11). – P. 4034.
66. Hamdi Y.A. Soil-water tension and the movement of rhizobia // *Soil Biology and Biochemistry*. – 1971. – Vol. 3. – P. 121-126.
67. Gahan C.G.M., O’Driscoll B., Hill C. Acid adaptation of *Listeria monocytogenes* can enhance survival in acidic foods and during milk fermentation // *Appl Environ Microbiol*. – 1996. – Vol. 62. – P. 3128–3132.
68. Prévost D., Bordeleau L.M., Antoun H. Symbiotic effectiveness of indigenous arctic rhizobia on a temperate forage legume: sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) // *Plant Soil*. – 1987. – Vol. 104. – P. 63–69.

69. Laguerre G., van Berkum P., Amarger N., Prévost D. Genetic diversity of rhizobial symbionts isolated from legume species within the genera *Astragalus*, *Oxytropis*, and *Onobrychis* // *Appl Environ Microbiol.* – 1997. – Vol. 63. – P. 4748-4758.

70. Ashrafi S., Kuzmanović N., Patz S., Lohwasser U., Bunk B., Spröer C., Lorenz M., Elhady A., Frühling A., Neumann-Schaal M., Verbarq S., Becker M., Thünen T. Two New Rhizobiales Species Isolated from Root Nodules of Common Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) Show Different Plant Colonization Strategies // *Microbiol Spectr.* – 2022. – Vol. 10(5). – P. e0109922.

71. Jain D.K., Bordeleau L.M. Enhanced N₂-fixing ability of a deletion mutant of arctic rhizobia with sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) // *Theor Appl Genet.* – 1990. – Vol. 80. – P. 795-800.

References

1. Adali Y., Eroğlu H.A., Makav M., Guvendi G.F. (2019). Efficacy of ozone and selenium therapy for alcoholic liver injury: An experimental model. *In Vivo*, vol. 33, pp. 763–769.

2. Ashrafi S., Kuzmanović N., Patz S., Lohwasser U., Bunk B., Spröer C., Lorenz M., Elhady A., Frühling A., Neumann-Schaal M., Verbarq S., Becker M., Thünen T. (2022) Two New Rhizobiales Species Isolated from Root Nodules of Common Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) Show Different Plant Colonization Strategies. *Microbiol Spectr.*, vol. 26, p. e0109922.

3. Aufrère J., Dudilieu M., Andueza D., Poncet C., Baumont R. (2023) Mixing sainfoin and lucerne to improve the feed value of legumes fed to sheep by the effect of condensed tannins. *Animal*, vol. 1, pp. 82-92.

4. Baila C., Joy M., Bertolin J.R., Blanco M., Casasús I., Lobón. (2023) Effect of sainfoin proanthocyanidins on milk fatty acids from ewes rearing suckling lambs. *Animal*, vol. 6, p. 100862.

5. Baila C., Joy M., Bertolin J.R., Alves S., Bessa R., Blanco M., Lobón S. (2023) Inclusion of Sainfoin in the Concentrate of Finishing Lambs: Fatty Acid Profiles of Rumen, Plasma, and Muscle. *J Agric Food Chem.*, vol. 46, pp. 17947-17958.

6. Baldinger L., Hagmüller W., Minihuber U., Matzner M., Zollitsch W. (2016) Sainfoin seeds in organic diets for weaned piglets—utilizing the protein-rich grains of a long-known forage legume. *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 31, pp. 12–21.

7. Brodsky B., Persikov A.V. (2005) Molecular structure of the collagen triple helix. *Adv Protein Chem.*, vol. 70, pp. 301-39.

8. Carbas B., Machado N., Oppolzer D., Ferreira L., Queiroz M., Brites C., Rosa E. A., Barros, A. I. (2020) Nutrients, Antinutrients, Phenolic Composition, and Antioxidant Activity of Common Bean Cultivars and their Potential for Food Applications. *Antioxidants*, vol. 9, p. 186.

9. Choi Y.-M., Yoon H., Shin M.-J. Lee Yo., Hur O.S., Lee B.C., Ha B.-K., Wang, X.H. Desta K.T. (2021) Change in protein, oil and fatty acid contents in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) of different seed coat colors and seed weight. *bioRxiv.*, vol. 10, p. 430590.

10. Clemente A., Olias R. (2017) Beneficial effects of legumes in gut health. *Current Opinion in Food Science*, vol. 14, pp. 32–36.

11. Cotacallapa-Sucapuca M., Vega E.N., Maievas H.A., Morales P., Fernández-Ruiz V., Cámara M. (2021) Extrusion process as an alternative to improve pulses products consumption. A review. *Food*, vol. 10, p. 1096.

12. Craine E.B., Makav M., Dağ S., Yıldız A., Eroğlu H. A., Kuru B. B., Bektaşoğlu F., Barriball S., Schlautman B., Şakiroğlu M. (2024) Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) seed-based diet on rats: A comprehensive evaluation of hemogram, biochemistry, and histopathology. *Food Sci Nutr.*, vol. 12, pp. 4692-4701.

13. Dedov A. V., Nesmejanova M. A. (2012) Vlijanie mnogoletnih trav na plodородie pochv [The influence of perennial grasses on soil fertility]. *Agrohimičeskij vestnik*, vol. 4, pp. 1–3.

14. Epifanov B.C. (2000) Jesparcet zasuhoustojchivajava kul'tura [Sainfoin is a drought-resistant crop]. *Kormoproizvodstvo*, vol. 4, pp. 31–32.

15. Figura A., Cencek T., Żbikowska E. (2022) Parasitic threat in commercial organic fertilizers. *Parasitol Res.*, vol. 3, pp. 945-949.

16. Filippova N.I., Parsaev E.I., Kobernickaja T.M., Ostrovskij V.A., Rukavicyna I.V., Dashkevich S.M., Utebaev M.U. (2020) Napravljenija i rezul'taty selekcii mnogoletnih bobovyh trav v Severnom Kazahstane [Directions and results of breeding perennial legumes in Northern Kazakhstan]. *Kormoproizvodstvo*, vol. 7, pp. 33-38.

17. Frame J. Charlton F. L., Laidlaw A. S. (1998) Temperate Forage Legumes. *Wallingford: CAB INTERNATIONAL*

18. Gahan C.G.M., O'Driscoll B., Hill C. (1996) Acid adaptation of *Listeria monocytogenes* can enhance survival in acidic foods and during milk fermentation. *Appl Environ Microbiol.*, vol. 62, pp. 3128–3132.

19. Grande F., Stadlmayr B., Filon M., Dahdouh S., Rittenschober D., Longvah T., Charrondiere U. (2017) FAO/INFOODS Databases FAO/INFOODS Global database for pulses on dry matter basis. Version 1.0 -PulsesDM1.0 (user guide). *Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*

20. Grimm P., Laroche N., Julliard S., Sorci G. (2022) Inclusion of Sainfoin in the Diet Might Alter Strongyle Infection in Naturally Infected Horses. *Animals*, vol. 12, p. 955.

21. Guiguitant J., Vile D., Ghanem M. E., Wery J., Marrou H. (2020) Evaluation of pulse crops functional diversity supporting food production. *Scientific Reports*, vol. 10, p. 3416.

22. Guijarro C., Cosin-Sales J. (2021) LDL cholesterol and atherosclerosis: The evidence. *Clin Investig Arterioscler.*, vol. 1, pp. 25-32.

23. Hall C., Hillen C., Robinson, J.G. (2017). Composition, nutritional value, and health benefits of pulses. *Cereal Chemistry*, vol. 94, pp. 11–31.

24. Hamdi Y.A. (1971) Soil-water tension and the movement of rhizobia. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 3, pp. 121-126.
25. Hoste H., Martinez-Ortiz-De-Montellano C., Manolaraki F., Brunet S., Ojeda-Robertos N., Fourquaux I., Torres-Acosta J. F., Sandoval-Castro C. A. (2012) Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Veterinary Parasitology*, vol. 186, pp. 18–27.
26. Hrapkiewicz K., Colby L.A., Denison P. (2013) Clinical laboratory animal medicine: An introduction. *New Jersey: John Wiley & Sons*
27. Huang R., Zhang F., Wang T., Zhang Y., Li X., Chen Y., Ma, C. (2022) Effect of Intrinsic Tannins on the Fermentation Quality and Associated with the Bacterial and Fungal Community of Sainfoin Silage. *Microorganisms*, vol. 5, p. 844.
28. Hughes J., Pearson E., Grafenauer S. (2022) Legumes-A Comprehensive Exploration of Global Food-Based Dietary Guidelines and Consumption. *Nutrients*, vol. 14(15), p. 3080.
29. Huyen N.T., Verstegen M.W.A., Hendriks W.H., Pellikaan W.F. (2020) Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations reduces ruminal biohydrogenation and increases transfer efficiencies of unsaturated fatty acids from feed to milk. *Anim Nutr.*, vol. 3, pp. 333-341.
30. Jain D.K., Bordeleau L.M. (1990) Enhanced N₂-fixing ability of a deletion mutant of arctic rhizobia with sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Theor Appl Genet.*, vol. 80, pp. 795-800.
31. Jenkins D.J.A., Kendall C.W.C., Augustin, L. S., Mitchell, S., Sahye-Pudaruth, S., Blanco Mejia, S., Chiavaroli, L., Mirrahimi, A., Ireland, C., Bashyam, B., Vidgen, E., de Souza, R. J., Sievenpiper, J. L., Coveney, J., Leiter, L. A., Josse, R. G. (2012) Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, vol. 172, pp. 1653–1660.
32. Kalayu G. (2019) Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers. *Int J Agron.*, vol. 20, pp. 1-7.
33. Kaldy M., Hanna M., Smoliak S. (2006) Amino-acid composition of Sainfoin forage. *Grass and Forage Science.*, vol. 34, pp. 145-148.
34. Kan L., Nie S., Hu J., Wang S., Bai Z., Wang J., Zhou Y., Jiang J., Zeng Q., Song K. (2018) Comparative study on the chemical composition, anthocyanins, tocopherols and carotenoids of selected legumes. *Food Chem.*, vol. 260, pp. 317–326.
35. Karabulut E., Erkoç K., Aci M., Aydın M., Barriball S., Braley J., Cassetta E., Craine E. B., Diaz-Garcia L., Hershberger J., Meyering B., Miller A. J., Rubin M. J., Tesdell O., Schlautman B., Şakiroğlu, M. (2023) Sainfoin (*Onobrychis spp.*) crop ontology: supporting germplasm characterization and international research collaborations. *Front Plant Sci.*, vol. 15, p. 1177406.
36. Kells A. (2015) Sainfoin: An alternative forage crop for bees. *Bee World*, vol. 82, pp. 92-194.
37. Komáromyová M., Petrič D., Kucková K., Battányi D., Babják M., Dolinská M. U., Königová A., Barčák D., Dvorožňáková E., Čobanová K., Váradyová Z., Várady M. (2022) Impact of Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) Pellets on Parasitological Status, Antibody Responses, and Antioxidant Parameters in Lambs Infected with *Haemonchus contortus*. *Pathogens*, vol. 27, p.301.
38. Kornilov A. A. (1965) Jesparcet peschanyj v stepi [Sandy sainfoin in the steppe]. *Zernobovoye kul'tury*, vol. 11, pp. 24-25.
39. Kudelka W., Kowalska M., Popis M. (2021) Quality of Soybean Products in Terms of Essential Amino Acids Composition. *Molecules*, vol. 26, p. 5071.
40. Kushenov B.M. (2000) Pitatel'naja cennost' mnogoletnih trav v processe vegetacii [Nutritional value of perennial herbs during the growing season]. *Kormoproizvodstvo*, vol. 5, pp. 27–28.
41. Kyakuwaire M., Olupot G., Amoding A., Nkedi-Kizza P., Basamba T. A. (2019) How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? A Review. *Int J Environ Res Public Health.*, vol. 19, p. 3521.
42. Laguerre G., van Berkum P., Amarger N., Prévost D. (1997) Genetic diversity of rhizobial symbionts isolated from legume species within the genera *Astragalus*, *Oxytropis*, and *Onobrychis*. *Appl Environ Microbiol.*, vol. 63, pp. 4748-4758.
43. Macarulla M., Medina C., Diego M., Chávarri M., Zulet M. A., Martínez J. A., Noël-Suberville C., Higuieret P., Portillo, M. P. (2001) Effects of whole seed and a protein isolate of faba bean (*Vicia faba*) on the cholesterol metabolism of hypercholesterolaemic rats. *The British journal of nutrition*, vol. 85, pp. 607-14.
44. Maleev V., Tokmalaev A., Kozhevnikova G., Cvetkova N. A., Polovinkina N. A., Golub V. P., Maksimova M. S., Barysheva I. V., Konnov V. V., Harlamova T. V. (2021) Klinicheskie formy, diagnostika i lechenie infekcii, vyzvannoj Blastocystis species [Current view on Blastocystis species: clinical forms, diagnosis and treatment].” *Terapevticheskii arkhiv*, vol. 11, pp. 86-90.
45. Malsa J., Courtot É., Boisseau M., Dumont B., Gombault P., Kuzmina T. A., Basiaga M., Lluch J., Annonay G., Dhorne-Pollet S., Mach N., Sutra J. F., Wimel L., Dubois C., Guégnard F., Serreau D., Lespine A., Sallé G., Fleurance G. (2022) Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on cyathostomin eggs excretion, larval development, larval community structure and efficacy of ivermectin treatment in horses. *Parasitology*, vol. 11, pp. 1439-1449.
46. Molnar M, Jakovljević Kovač M, Pavić V. (2024) A Comprehensive Analysis of Diversity, Structure, Biosynthesis and Extraction of Biologically Active Tannins from Various Plant-Based Materials Using Deep Eutectic Solvents. *Molecules*, vol. 11, p. 2615.
47. Moriles K.E., Azer S.A. (2022) Alanine amino transferase. *Treasure Island: StatPearls Publishing*, p. 232.
48. Nava Lauson C.B., Tiberti S., Corsetto P.A., Conte F., Tyagi P., Machwirth M., Ebert S., Loffreda A., Scheller L., Sheta D., Mokhtari Z., Peters T., Raman A. T., Greco F., Rizzo A. M., Beilhack A., Signore G., Tumino N., Vacca P., McDonnell L. A., Manzo T. (2023) Linoleic acid potentiates CD8+ T cell metabolic fitness and antitumor immunity. *Cell Metab.*, vol. 4, pp. 633-650.
49. Rjabinina O.V. (2002) Jesparcet peschanyj – rezerv kormovoj bazy Irkutskoj oblasti [Sand sainfoin – a reserve forage base of the Irkutsk region].” *Agrarnaja nauka*, vol. 2, pp. 10-11.
50. Paolini V., De La Farge F., Prevot F., Dorchie P., Hoste, H. (2005) Effects of the repeated distribution of sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Vet Parasitol.*, vol. 127, pp. 277-283.

51. Paredes M., Becerra V., Tay J. (2009) Inorganic nutritional composition of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes race Chile. *Chil. J. Agric. Res.*, vol. 69, pp. 486–495.
52. Prévost D., Bordeleau L.M., Antoun H. (1987) Symbiotic effectiveness of indigenous arctic rhizobia on a temperate forage legume: sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Plant Soil*, vol. 104, pp. 63–69.
53. Ruang-Areerate T., Piyaraj P., Suwannahitatorn P., Ruang-areerate P, Thita T, Naaglor T, Witee U, Sakboonyarat B, Leelayoova S, Mungthin M. (2021) Zoonotic Transmission of Blastocystis Subtype 1 among People in Eastern Communities of Thailand: Organic Fertilizer from Pig Feces as a Potential Source. *Microbiol Spectr.*, vol. 2, p. e0036221.
54. Seoni E., Battacone G., Kragten S., Dohme-Meier F., Bee G. (2020) Impact of increasing levels of condensed tannins from sainfoin in the grower–finisher diets of entire male pigs on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. *Animal*, vol. 15, pp. 100–110.
55. Singh N., Jain P., Ujainwal M., Langyan S. (2022) Escalate protein plates from legumes for sustainable human nutrition. *Front Nutr.*, vol. 9, pp. 1–19.
56. State of the Global Climate (2024) <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
57. Strategy “Kazakhstan2050”. https://www.akorda.kz/ru/official_documents/strategies_and_programs (accessed December. 14th, 2012).
58. Tarasenko N., Butina E., Gerasimenko E. (2015) Peculiarities of Chemical Composition of Sainfoin Seeds Powder. *Oriental Journal of Chemistry*, vol. 31, pp.1673-1682.
59. Thavarajah D., Lawrence T., Boatwright L., Windsor N., Johnson N., Kay J., Shipe E., Kumar S., Thavarajah P. (2023) Organic dry pea (*Pisum sativum* L.): A sustainable alternative pulse-based protein for human health. *PLoS One*, vol. 4, p.e0284380.
60. Theodoridou K., Aufrère J., Andueza D., Le Morvan A., Picard F., Pourrat J., Baumont R. (2012) Effects of condensed tannins in wrapped silage bales of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vivo* and *in situ* digestion in sheep. *Animal*, vol. 2, pp. 245–53.
61. Thompson H.J. (2021) The dietary guidelines for Americans (2020–2025): Pulses, dietary fiber, and chronic disease risk—A call for clarity and action. *Nutrients*, vol. 11, p. 4034.
62. Toomsan B., Limpinuntana V., Jogloy S. (2012) Role of Legumes in Improving Soil Fertility and Increasing Crop Productivity in Northeast Thailand. *Patancheru: ICRISAT*
63. Vereshhagina A.S., Voskobulova N.I., Uraskulov R.Sh. (2016) Vliyanie pokrovnoj kul'tury, sposoba poseva i normy vyseva na zasorjonnost' posevov jesparceta [The influence of cover crop, sowing method and seeding rate on weed infestation of sainfoin crops]. *Vestnik mjasnogo skotovodstva*, vol. 93, pp. 135–138.
64. Vishnjakova M.A. (2008) Genofond zernobovovyh kul'tur i adaptivnaja selekcija kak faktory biologizacii i jekologizacii rastenievodstva [The gene pool of grain legumes and adaptive selection as factors of biologization and ecologization of plant growing]. *Sel'skohozjajstvennaja biologija*, vol. 3, pp. 3-23.
65. Waller P.J. (1999) International approaches to the concept of integrated control of nematode parasites of livestock.” *International Journal for Parasitology*, vol. 29, pp. 155-164.
66. Wink M. (2013) Evolution of secondary metabolites in legumes (*Fabaceae*). *South African Journal of Botany*, vol. 89, pp. 164–175.
67. Yang J., Lan L., Jin Y., Yu N., Wang D., Wang E. (2022) Mechanisms underlying legume-rhizobium symbioses. *J Integr Plant Biol.*, vol. 64, pp. 244–267.
68. Yin H, Zhou H, Wang W., Tran L. P., Zhang B. (2020) Transcriptome Analysis Reveals Potential Roles of Abscisic Acid and Polyphenols in Adaptation of *Onobrychis viciifolia* to Extreme Environmental Conditions in the Qinghai-Tibetan Plateau. *Biomolecules*, vol. 10, p. 967.
69. Zhong Y., Tian J., Li X., Liao H. (2023) Cooperative interactions between nitrogen fixation and phosphorus nutrition in legumes. *New Phytol.*, vol. 237(3), pp. 734-745.
70. Zemljanicyna C.V. (2012) Dinamika nezamenimyh aminokislot v biomasse jesparceta peschanogo v zavisimosti ot predposevnoj obrabotki semjan bishofitom [Dynamics of essential amino acids in the biomass of sandy sainfoin depending on pre-sowing seed treatment with bischofite]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, vol. 4, pp. 73–79.
71. Zinöcker M.K., Lindseth I.A. (2018). The Western diet–microbiome–host interaction and its role in metabolic disease. *Nutrients*, vol. 3, p. 365.

Information about authors:

Aitasheva Zaure (corresponding author) – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: zaureaitasheva@gmail.com)

Zhumabayeva Beibytgul – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: beibytgul.zhumabaeva@kaznu.kz)

Lebedeva Lina – Master of Agricultural Sciences, Researcher at Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, email: lebedevaleena@gmail.com)

Chunetova Zhanar – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: chanar-79-16-06@mail.ru)

Altybayeva Nazgul – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: chanar-79-16-06@mail.ru)

Dauletbayeva Saniya – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer at the Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: ds.bolatovna@gmail.com)

Авторлар туралы мәлімет:

Айташева Зауре Гайнетдиновна (корреспонденттік автор) – биология ғылымдарының докторы, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультеті молекулалық биология және генетика кафедрасының профессоры (Алматы, Қазақстан, email: zaureaitasheva@gmail.com)

Жумабаева Бейбитгуль Акималиевна – биология ғылымдарының кандидаты, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультеті молекулалық биология және генетика кафедрасының доценті (Алматы, Қазақстан, email: beibytgul.zhumabaeva@kaznu.kz)

Лебедева Лина Павловна – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, Генетика және физиология институтының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: lebedevaleena@gmail.com)

Чунетова Жанар Жумабековна – биология ғылымдарының кандидаты, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультеті молекулалық биология және генетика кафедрасының доценті (Алматы, Қазақстан, email: chanar-79-16-06@mail.ru)

Алтыбаева Назгуль Абдуллаевна – биология ғылымдарының кандидаты, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультеті молекулалық биология және генетика кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан, email: gulnazai1977@mail.ru)

Даулетбаева Сания Болатовна – биология ғылымдарының кандидаты, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультеті молекулалық биология және генетика кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: Сания Даулетбаева ds.bolatovna@gmail.com)

Информация об авторах:

Айташева Зауре Гайнетдиновна (автор-корреспондент) – д.б.н., профессор кафедры молекулярной биологии и генетики факультета Биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, email: zaureaitasheva@gmail.com)

Жумабаева Бейбитгуль Акималиевна – к.б.н., доцент кафедры молекулярной биологии и генетики факультета Биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, email: beibytgul.zhumabaeva@kaznu.kz)

Лебедева Лина Павловна – магистр сельскохозяйственных наук, научный сотрудник Института Генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, email: lebedevaleena@gmail.com)

Чунетова Жанар Жумабековна – к.б.н., доцент кафедры молекулярной биологии и генетики факультета Биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, email: chanar-79-16-06@mail.ru)

Алтыбаева Назгуль Абдуллаевна – к.б.н., доцент кафедры молекулярной биологии и генетики факультета Биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, email: gulnazai1977@mail.ru)

Даулетбаева Сания Болатовна – к.б.н., старший преподаватель кафедры молекулярной биологии и генетики факультета Биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, email: ds.bolatovna@gmail.com)

Поступило 4 ноября 2024 года

Принято 20 мая 2025 года