

А.Н. Заканова^{1*}, Н.Т. Ержанов¹, Ю.Н. Литвинов², З.М. Сергазинова¹

¹Торайгыров Университет, Павлодар, Казахстан;

²Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия

*Автор для корреспонденции: assel.biology@gmail.com

Оценка эффективности относительных методов учета микромаммалий в условиях техногенной нагрузки Северного Казахстана

Методы учета численности подразделяются на абсолютные и относительные. В статье приведена сравнительная оценка относительных методов лова мелких млекопитающих. Собрана теоретическая и практическая информация о методах учета при помощи давилок и ловчих канавок. Авторами представлены методологические аспекты использования ловушек Геро и ловчих цилиндров и сравнительная оценка результатов применения двух способов учета в условиях резко континентального климата и степного ареала обитаний микромаммалий. Даны рекомендации по использованию относительных методов учета наземных хордовых животных. Исследование продолжалось на протяжении 2020–2021 гг. на территории Павлодарской области в районах с повышенной техногенной нагрузкой и территории, расположенной в 100 км от ближайших городов и заводов. При использовании метода ловчих канавок наблюдается широкое разнообразие пойманных видов и их большее количество по сравнению с выловленными методом давилок. Рассмотрены временные характеристики использования методов учета: пик показателей наблюдается в весенне-летний период, а именно с мая по август в обоих способах учета численности млекопитающих. Биотопы, расположенные вдали от крупных населенных пунктов, обладают более высоким видовым разнообразием, по сравнению с ареалом обитания близ промышленных заводов. На территории Павлодарской области установлено преимущество использования метода ловчих канавок по сравнению с методом давилок при учете численности мелких млекопитающих.

Ключевые слова: метод учета, ловушко-линии, давилки, ловушки Геро, ловчие канавки, мелкие млекопитающие, техногенная нагрузка, видовой состав.

Введение

Определение уровня численности млекопитающих может свидетельствовать об экологическом состоянии ареала обитания данных животных. Микромаммалии имеют важное значение в переносе вещества и энергии на последующие трофические уровни [1]. В Павлодарской области и в Северном Казахстане, в целом, распространены зверьки, ведущие преимущественно наземный образ жизни, например *Microtus gregalis*, *Sicista subtilis*, *Phodopus sungorus* [2]. Важным аспектом исследования является возможность отследить численность данных мелких млекопитающих при помощи разных методов лова.

Группа млекопитающих небольшого размера представляет особый интерес в экологических исследованиях, так как обладает более высоким обменом веществ, чем средние или крупные маммалии. Это объясняет высокую требовательность к качеству среды обитания мелких млекопитающих. Высокое видовое разнообразие будет свидетельствовать о стабильности и экологической благополучности исследуемой территории [3]. Поэтому учет мелких животных крайне важен на участках, подверженных антропогенной нагрузке.

Павлодарская область, расположенная на северо-востоке Казахстана, имеет большое значение в тяжелой промышленности республики, что приводит к повышенному загрязнению почвы и атмосферного воздуха. Согласно данным М.М. Гроза, А.В. Ермиенко, в Павлодарской области выбрасываются в атмосферу окись углерода, азота, хлора, токсические вещества, содержащиеся в автомобильных выхлопах, пыль [4]. По данным Казгидромета, с 2000 по 2005 гг. по каждому из веществ наблюдается превышение предельно-допустимой нормы до 5 раз [4]. В последнее время наблюдается преобразование растительных сообществ вследствие антропогенной нагрузки [5], и, как результат, на участках вблизи заводов присутствует эрозия и деструктуризация почвенного покрова [6]. Поэтому мониторинг экологического состояния территорий, находящихся вблизи промышленных территорий, является необходимым, так как мелкие млекопитающие выступают в качестве универсальных биоиндикаторов [3].

До настоящего времени в литературе отсутствует исчерпывающая информация об относительных методах учета, применимых в климатических условиях Северного Казахстана в разрезе антропогенного влияния.

Цель исследования — оценить, какие относительные методы учета мелких млекопитающих являются наиболее эффективными в условиях техногенной нагрузки на территории Северного Казахстана (на примере Павлодарской области).

Материалы и методы

Павлодарская область представлена равнинами на северо-востоке, с самыми высокими точками до 100–150 м над уровнем моря. Имеются водные резервуары, представленные озерными котлованами, небольшими холмами и гривами. Казахстанский мелкосопочник образует юго-западную часть, поднимающуюся над уровнем моря от 200 до 350 м. На территории области протекает крупная река Иртыш, имеются соленые и пресные озера, расположенные преимущественно в пойме реки. Зима в Павлодарской области холодная, до $-48\text{ }^{\circ}\text{C}$ мороза. Одним из самых морозных месяцев является январь, средняя температура равна $-13\text{...}-19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Июль обычно жаркий, засушливый, среднесуточная температура составляет около $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ тепла. Средняя относительная влажность воздуха равна 72–73 %. Преобладают ветра со средней скоростью 4–5 м/с [7].

В условиях климатического и географического расположения Северного Казахстана среди всех методов относительного учета мелких млекопитающих наибольшее распространение получили следующие: метод учета давилок с использованием ловушек Геро (или Snaptraps) и метод ловчих канавок, или в некоторых источниках встречается понятие ловчих цилиндров и конусов. Метод ловушко-линий чаще используется в ареалах с преобладанием разных видов мышей, например рыжих и узкочерепных полевков, джунгарских хомячков. Метод ловчих цилиндров или конусов целесообразен при учете млекопитающих, которые изредка устраивают норы, обычно это мелкие млекопитающие, такие как представители рода Мышовки и семейства Землероек.

При использовании учетных линий ловушек, выстраиваются учетные линии при помощи давилок численностью, кратной 25 (например, 25, 50, 100). Давилки располагаются на расстоянии не более 1 м от направления линии. В пределах каждого биотопа, в нашем случае района, подверженному антропогенному загрязнению, линии ловушек располагают на расстоянии не меньше чем 150–200 м друг от друга. Чем ниже численность, тем больше необходимо учетных линий в биотопе, с целью попадания большего количества млекопитающих. Учетные линии охватывают от 2 % изучаемой территории. Размер плашки ловушки зависит от размера животного. В условиях резко-континентального климата удобней использовать ловушки, изготовленные из деревянной или дюралевой основы. Для мелких млекопитающих, распространенных в антропогенной зоне Павлодарской области, подходят давилки размером 6×13 см. Ловушки снабжаются приманкой — корочка хлеба, кусочек пенопласта или поролон, смоченные нерафинированным растительным маслом.

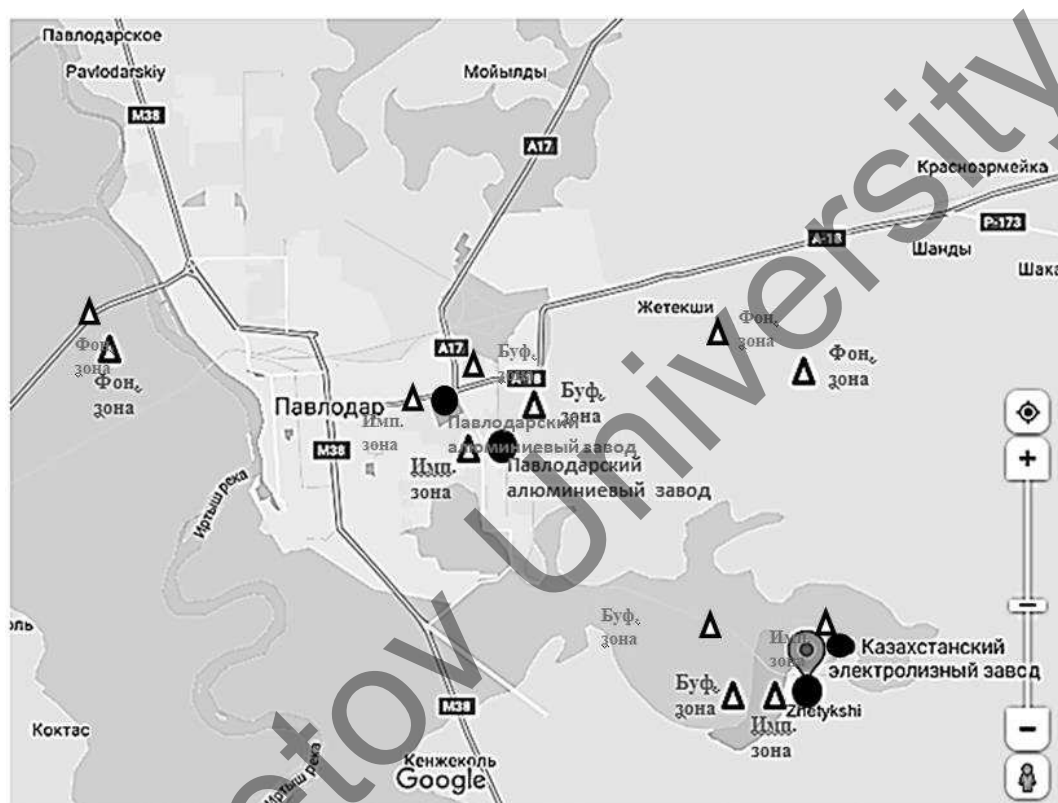
Единицей учета выступает линия ловушек, расположенных с интервалом 5 м. В условиях Павлодарской области возможно использование линий свыше 25 ловушек. Давилки выставляются в биотоп во второй половине дня и проверяются рано утром. Чем раньше произойдет сбор животных, тем больше шансов провести более достоверное исследование.

Однако в Северном Казахстане часты осадки и затяжные сильные дожди. Осадки затрудняют использование давилок. Приманка может намокать и срываться с крючка, а при попадании крупных капель воды на трапик ловушки срабатывает спусковой механизм. Поэтому наиболее целесообразным является для ловли и учета мелких млекопитающих в районах Павлодарской области ловчие канавки с цилиндрами. Впервые методику учета цилиндрами Деливрон и данный способ использовала Е.М. Снегиревская на территории Башкирского заповедника [8]. Позднее методика использовалась и дорабатывалась такими исследователями, как Попов и Наумов [9, 10].

При применении метода ловчих канавок для учета и ловли мелких млекопитающих выкапывают траншею размером в длину 50 м, одинаковой глубиной и шириной по 25 см. Для каждой канавки понадобится 5 конусов. Диаметр равен ширине траншеи — 25 см. Первый цилиндр или конус располагается в 5 м от начала и конца траншеи и в 10 м друг от друга. Края цилиндров должны плотно соприкасаться с землей и не выступать от поверхности дна траншеи. Если животных планируется выпускать, то на дне цилиндров лучше всего пробивать отверстия для стока воды, так как в летний период в Павлодарской области часты осадки.

Учетные линии располагались близ крупных промышленных заводов Павлодара: Казахстанский электролизный завод (КЭЗ) и Павлодарский алюминиевый завод (ПАЗ). Ближе к городу находится ПАЗ: 2 км от города к востоку, электролизный завод находится на удалении 12 км от населенного пункта на юго-восток. Исследование проводили с 2020 по 2021 гг., полевые работы заняли весенне-летний период. Согласно С.В. Мухачевой, Ю.А. Давыдовой (2016), зоны были поделены на импактную (0,5–3 км от источника техногенной нагрузки), буферную (3–5 км от источника техногенной нагрузки), фоновую (20–25 км от источника техногенной нагрузки) [11].

На каждой из трех зон выставлялись по две учетных линий с давилками (ИД1, ИД2, ИЛ1, ИЛ2, БД1, БД2, БЛ1, БЛ2, ФД1, ФД2, ФЛ1, ФЛ2) и выкапывались по две ловчие канавки с цилиндрами (см. рис.). Таким образом, в техногенной зоне располагались 6 учетных линий с давилками и 6 ловчих канавок.



Имп. зона — импактная зона; Буф. зона — буферная зона; Фон. зона — фоновая зона

Рисунок. Расположение участков отловов мелких млекопитающих на территории Павлодарской области

На всех трех группах участков наблюдалось выравнивание видовых характеристик степного растительного царства: люцерна серповидная *Medicago falcata*, овсяница бороздчатая *Festuca valesiaca*, полынь австрийская *Artemisia austriaca*, песчаная полынь *Artemisia arenaria*, рогач песчаный *Ceratocarpus arenarius*, рыжик посевной *Camelina sativa*, липучка колючеплодная *Lappula spinocarpos*, ковыль-волосатик *Stipa capillata*, лапчатка песчаная *Potentilla arenaria*, скерда кровельная *Crepis tectorum*, астрагал яичкоплодный *Astragalus testiculatus* [12]. Это свидетельствует об однородности питания млекопитающих — консументов первого порядка на всех трех участках.

За весенне-летний период 2021 г. рядом с источниками эмиссии было освоено 1200 конусо-суток (40 дней×6 канавок×5 конусов) и 6000 давилко-суток (40 дней×6 линий×25 давилок). В контрольной зоне было проработано 200 конусо-суток и 1000 давилко-суток. Всего было отловлено 173 особи млекопитающих.

Результаты и обсуждение

По мере приближения к заводам биотопы характеризуются уменьшением древесной растительности, начинают преобладать кустарниковые формы, которые постепенно сменяются травами. Все это

сказывается на численности мелких млекопитающих, проживающих на техногенных территориях. Суммарное обилие исследуемых животных ниже фонового в 2 раза. Сравнительный анализ количества животных отражено в таблице.

Т а б л и ц а

Количество, пойманных животных на трех зонах, в зависимости от удаленности от промышленной нагрузки (перерасчет на 100 давилко-суток и 100 конусо-суток)

Место отлова	Количество пойманных животных при помощи ловчих канавок	Количество пойманных животных при помощи давилок
Импактная зона (ИЛ1, ИЛ2, ИД1, ИД2)	3,25 жив. /100 кон.-сут.	0/100 дав.-сут.
Буферная зона (БЛ1, БЛ2, БД1, БД2)	4,75 жив. /100 кон.-сут.	0,1 жив. /100 дав.-сут.
Фоновая зона (ФЛ1, ФЛ2, ФД1, ФД2)	7,25 жив. /100 кон.-сут.	0,2 жив. /100 дав.-сут.
Контрольная зона (КД, КЛ)	12,75 жив. /100 кон.-сут.	2,75 /100 дав.-сут.

Всего в техногенной зоне было выловлено 67 животных и 106 в контрольной зоне при помощи ловчих канавок и давилок. В разрезе способа учета и лова микромаммалий более эффективным на всех участках техногенной зоны является метод ловчих канавок. В контрольном биотопе немного более эффективным оказался метод давилок при помощи ловушек Геро. В импактной зоне метод давилок оказался неэффективным, так как не было выловлено ни одно животное. На этом же участке метод канавок показал более высокую результативность: было стравлено 13 грызунов (*Rodentia*) и насекомоядных (*Insectivora*). В буферной зоне было отловлено 2 животных при помощи ловушек Геро и 19 микромаммалий при помощи канавок. На фоновом участке разрыв между методами учета был максимальным: 29 особей при помощи ловчих конусов и 4 особи при помощи давилок.

Показателем обилия служит количество особей на 100 давилко-суток и конусо-суток. Всего на всех участках было выловлено 112 животных при помощи ловчих канавок. В пересчете на 100 конусо-суток — 9,3 особи. В контрольной зоне этот показатель равен 1 животному на 100 давилко-суток.

Сравнивая количественный улов по месяцам, было сделано заключение, что наиболее эффективным месяцем для ловли микромаммалий является июль. До 50 % годового улова животных пришлось именно на этот месяц. Следующими по продуктивности учета являются июнь и август, минимальное число особей отловили в мае и сентябре.

Следует отметить, что в техногенной зоне доминировали два вида грызунов (*Rodentia*): узкочерепная полевка (*Microtus gregalis*, Pallas) и степная мышовка (*Sicista subtilis* Pallas, 1773). Это обусловлено высокими адаптивными способностями и экологической гибкостью данных видов. В контрольной зоне преобладали насекомоядные (*Insectivora*). Повсеместно встречались обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus* L., 1758), малая бурозубка (*S. minutus* L., 1766) и тундрная бурозубка (*S. tundrensis* Merriam, 1900). Данное явление объясняется наличием разнообразных мест обитания для насекомоядных животных вдали от антропогенной нагрузки, более широкой кормовой базой по сравнению с импактными зонами. Преобладание консументов более высокого порядка на контрольных территориях может говорить о преобладании климаксного сообщества вдали от техногенных зон.

Мелкие млекопитающие, такие как узкочерепная полевка, степная мышовка, джунгарский хомячок, повсеместно встречаются на урбанистических районах Павлодарской области. Имеется корреляционная зависимость между техногенной нагрузкой на исследуемой территории и количественными характеристиками видов разных популяций мелких млекопитающих. Наблюдалось уменьшение видового состава по мере приближения к источнику эмиссии. Присутствует доминирование одного или двух видов рядом с крупным промышленным предприятием. Видовое разнообразие постепенно восстанавливается по мере отдаленности от заводов. На состав и структуру доминирования того или иного вида, помимо техногенной нагрузки, влияют и ландшафтно-географические особенности местности, что снижает видовую выровненность.

Заключение

Проведя полевые работы по лову и учету мелких млекопитающих в техногенной зоне Северного Казахстана, было выдвинуто несколько выводов. Если учитывать суммарное количество пойманных животных при помощи давилок или канавок, то более эффективным является метод ловчих канавок. На пересчет 100 конусо-суток показатель обилия оказался выше в 9 раз, чем при использовании давилок на 100 давилко-суток. Однако для получения более полной картины видового состава в

техногенной зоне наиболее эффективным является использование обоих методов учета. Согласно Н.А. Щипанову, Ю.Н. Литвинову, Б.И. Шефтель, метод учета землероек при помощи давилок неэффективен, так как они плохо попадают в ловушки, и результат не предоставляет полноту картины численности животных в ареале обитания [3]. В исследовании было выловлено небольшое количество бурозубок (*Sorex*) при помощи ловчих канавок на техногенных участках и на контрольных зонах при помощи давилок и конусов. Это говорит о том, что в биотопах с меньшим количеством насекомоядных более результативно будет сочетать два способа учета. Что касается оценки видового состава и численности грызунов, то практически использовать оба средства учета мелких млекопитающих.

Таким образом, наиболее полноценные результаты по учету микромаммалий в техногенной зоне можно получить при использовании ловчих канавок. Однако ловчие канавки имеют ряд недостатков, наибольшим из которых является трудоемкость и кропотливость подготовки к исследованию.

Список литературы

- 1 Churchfield S. The natural history of shrews / S. Churchfield. — New York: Ithica, 1990. — 150 p.
- 2 Сергазинова З.М. Воздействие выбросов алюминиевого производства в Северном Казахстане на видовую структуру и характер накопления флоры у мелких млекопитающих / З.М. Сергазинова, Т.А. Дупал, Ю.А. Литвинов, Н.Т. Ержанов // Принципы экологии. — Петрозаводск, 2018. — С. 60–74.
- 3 Щипанов Н.А. Экспресс-метод оценки локального биологического разнообразия сообщества мелких млекопитающих / Н.А. Щипанов, Ю.Н. Литвинов, Б.И. Шефтель // Сиб. эколог. журн. — 2008. — № 5. — С. 783–791.
- 4 Гроза М.М. Экологические проблемы Павлодарской области / М.М. Гроза, А.В. Ермиенко // Наука и техника Казахстана. Сер. Естеств. науки. — 2005. — № 2. — С. 7–14.
- 5 Леонова Ю.М. Антропогенная трансформация растительности в зоне влияния промышленных объектов Павлодарской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ю.М. Леонова. — Алматы, 2010. — 26 с.
- 6 Ермиенко А.В. Влияние деятельности электролизного завода на экологическую обстановку Павлодарского района (Республика Казахстан): автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.В. Ермиенко. — Омск, 2010. — 18 с.
- 7 Агроклиматические ресурсы Павлодарской области: науч.-прикл. справоч. — Астана, 2017. — 127 с.
- 8 Снегиревская Е.М. Грызуны Башкирского заповедника / Е.М. Снегиревская // Тр. Башкир. гос. заповед. — 1939. — Вып. 1. — С. 29–132.
- 9 Попов В.А. Млекопитающие Волжско-Камского края. Насекомоядные, грызуны, рукокрылые / В.А. Попов. — Казань, 1960. — 468 с.
- 10 Наумов Н.П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок / Н.П. Наумов // Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии. — 1955. — Т. 9. — С. 135–160.
- 11 Мухачева С.В. Население мелких млекопитающих импактных территорий: важность учета ландшафтно-экологического разнообразия / С.В. Мухачева, Ю.А. Давыдова // Принципы экологии. — 2016. — Т. 5, № 3. — С. 103.
- 12 Дупал Т.А. Предварительный анализ изменений структуры сообществ мелких млекопитающих под влиянием промышленных загрязнений в условиях Северного Казахстана / Т.А. Дупал, З.М. Сергазинова, Н.Т. Ержанов, Ю.Н. Литвинов // Сиб. эколог. журн. — 2017. — № 6. — С. 789–797.

А.Н. Заканова, Н.Т. Ержанов, Ю.Н. Литвинов, З.М. Сергазинова

Техногенді жүктеме жағдайында ұсақ сүт қоректілерді есепке алудың салыстырмалы әдістерінің тиімділігін бағалау

Сандарды есепке алу әдістері абсолютті және салыстырмалы болып бөлінеді. Мақалада ұсақ сүт қоректілерді аулаудың салыстырмалы әдістерінің тиімділігінің бағалауы берілген. Аң аулау мен ілмек түріндегі тұзақ құру әдістерінің көмегімен есепке алу туралы теориялық және практикалық ақпарат жинақталған. Мақалада Геро тұзақтары мен тұзақ цилиндрлерін қолданудың әдіснамалық аспектілері және күрт континентальды климат пен микромаммалиялардың дала аймағында есепке алудың екі әдісін қолдану нәтижелерінің салыстырмалы бағалауы келтірілген. Жер үсті хордалылар жануарларды есепке алудың салыстырмалы әдістерін қолдану бойынша ұсыныстар айтылған. Зерттеу 2020-2021 жылдар аралығында Павлодар облысының аумағында техногендік жүктемесі жоғары аудандарда және жақын қалалар мен зауыттардан 100 км қашықтықта орналасқан аумақта жүргізілген. Аң аулау әдісін қолданған кезде ұсталған түрлердің алуан түрлілігі және олардың саны ілмек түріндегі тұзақ құру әдісімен салыстырғанда көп. Есепке алу әдістерін қолданудың уақытша сипаттамалары қарастырылған: бақылаудың шегі көктем-жаз мезгілінде байқалған, атап айтқанда мамырдан тамызға дейін сүтқоректілердің санын есепке алудың екі әдісі. Ірі елді мекендерден алыс орналасқан биотоптар

өнеркәсіптік зауыттардың жанындағы тіршілік ету ортасымен салыстырғанда түрлердің алуан түрлілігіне ие. Павлодар облысының аумағында ілмек түріндегі тұзақ құру әдісімен салыстырғанда аң аулау әдістерін пайдаланудың артықшылығы белгіленген.

Кілт сөздер: есепке алу әдісі, тұзақ-тізбектер, ілмек түріндегі тұзақ, Геро тұзағы, аң аулау әдістері, ұсақ сүтқоректілер, техногендік жүктеме, түрлік құрам.

A.N. Zakanova, N.T. Yerzhanov, Yu.N. Litvinov, Z.M. Sergazina

Assessment of the effectiveness of relative accounting methods for micromammals under the conditions of anthropogenic impact of northern Kazakhstan

Accounting methods for the number of organisms are divided into absolute and relative. The article provides a comparative assessment of the relative methods for small mammals catching. There is theoretical and practical information on the method of accounting using crushers and the method of trapping grooves in the article. The article presents the methodological aspects of using Gero traps and trapping cylinders and a comparative assessment of the results of using two methods of accounting in a sharply continental climate and steppe habitat of micromammals. Recommendations are given on the use of relative methods of accounting for terrestrial chordates. The study continued throughout 2020, 2021 on the territory of the Pavlodar region in areas with an increased anthropogenic impact and the territory located 100 km from the nearest cities and factories. When using the trap method, there is a wide variety of species caught and there are more of them compared to the crusher method. The temporal characteristics of the use of accounting methods are considered: the peak of indicators is observed in the spring-summer period, namely from May to August in both methods of accounting for the number of mammals. Biotopes located far from large settlements have higher species diversity in comparison with the habitat near industrial plants. On the territory of the Pavlodar region, the advantage of using the method of trapping grooves was established in comparison with the method of crushers when taking into account small mammals.

Keywords: accounting method, trap lines, crushers, Gero traps, trapping grooves, small mammals, anthropogenic impact, species composition.

References

- 1 Churchfield, S. (1990). *The natural history of shrews*. New York: Ithica.
- 2 Sergazina, Z.M., Dupal, T.A., Litvinov, Yu.A., & Yerzhanov, N.T. (2018). Vozdeistvie vybrosov aluminievogo proizvodstva v Severnom Kazakhstane na vidovuiu strukturu i kharakter nakopleniia flora u melkikh mlekopitaiushchikh [Impact of emissions from aluminum production in Northern Kazakhstan on the species structure and nature of fluoride accumulation in small mammals]. *Printsiipy ekologii — Principles of ecology*. Petrozavodsk [in Russian].
- 3 Shchipanov, N.A., Litvinov Yu.N., & Sheftel, B.I. (2018). Ekspess-metod otsenki lokalnogo biologicheskogo raznoobraziia soobshchestva melkikh mlekopitaiushchikh [Express method for assessing local biological diversity of the community of small mammals]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal — Siberian Ecological Journal*, 5, 783–791 [in Russian].
- 4 Groza, M.M., & Ermienko, A.V. (2005). Ekologicheskie problemy Pavlodarskoi oblasti [Environmental problems of Pavlodar region]. *Nauka i tekhnika Kazakhstana. Seriya Estestvennye nauki — Science and techniques of Kazakhstan. Natural sciences*, 2, 7–14 [in Russian].
- 5 Leonova, Yu.M. (2010). Antropogennaia transformatsiia rastitelnosti v zone vliianiia promyshlennykh ob'ektov Pavlodarskoi oblasti [Anthropogenic transformation of vegetation in the zone of influence of industrial facilities of Pavlodar region]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Almaty [in Russian].
- 6 Ermienko, A.V. (2010). Vliianie deiatelnosti elektroliznogo zavoda na ekologicheskuiu obstanovku Pavlodarskogo raiona (Respublika Kazakhstan) [Influence of the electrolysis plant activity on the ecological situation of Pavlodar region (Republic of Kazakhstan)]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Omsk [in Russian].
- 7 *Agroklimaticheskie resursy Pavlodarskoi oblasti: nauchno-prikladnoi spravochnik (2017)*. [Agroclimatic resources of Pavlodar region: scientific-practical handbook]. Astana [in Russian].
- 8 Snegirevskaia, E.M. (1939). Gryzuny Bashkirskogo zapovednika [Rodents of the Bashkir Reserve]. *Trudy Bashkirskogo gosudarstvennogo zapovednika — Proceedings of Bashkir State Reserve*, 1, 29–132 [in Russian].
- 9 Popov, V.A. (1960). Mlekopitaiushchie Volzhsko-Kamskogo kraia. Nasekomoiadnye, gryzuny, rukokrylye [Mammals of the Volga-Kama region. Insectivores, rodents, bats]. Kazan [in Russian].
- 10 Naumov, N.P. (1955). Izuchenie podvizhnosti i chislennosti melkikh mlekopitaiushchikh s pomoshchiu lovcikh kanavok [Studying the mobility and number of small mammals using trapping grooves]. *Voprosy kraevoi, obshchei i eksperimentalnoi parazitologii i meditsinskoi zoologii — Questions of regional, common and experimental parasitology and medical zoology*, 9, 135–160 [in Russian].

11 Muhacheva, S.V., & Davydova, Yu.A. (2019). Naselenie melkikh mlekopitaiushchikh impaknykh territorii: vazhnost ucheta landshaftno-ekologicheskogo raznoobraziia [The population of small mammals in impact territories: The importance of accounting for landscape-ecological diversity]. *Printsipy ekologii — Principles of ecology*, 5 (3), 103 [in Russian].

12 Dupal, T.A., Sergazina, Z.M., Erzhanov, N.T., & Litvinov, Yu.N. (2017). Predvaritelnyi analiz izmenenii struktury soobshchestv melkikh mlekopitaiushchikh pod vlianiem promyshlennykh zagriaznenii v usloviakh Severnogo Kazakhstana [Preliminary analysis of changes in the structure of communities of small mammals under the influence of industrial pollution in the conditions of Northern Kazakhstan]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal — Siberian Ecological Journal*, 6, 789–797 [in Russian].

Букеетов Университет

G.K. Kabylbekova^{1*}, S.V. Didorenko², A.I. Abugaliyeva²,
M.S. Kudaybergenov², Z.A. Alikulov¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan;

²Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: shaiza68@mail.ru

The effect of pre-sowing treatment of seeds with molybdenum and boron on the yield of Zhansaya soybean in the conditions of the Almaty region

The expansion of the planting acreage and increasing the productivity of such crops as soybeans are a priority trend of the agro-industrial complex of Kazakhstan. In the field of biological safety, there are two ways to solve the problem of increasing the yield: selection-genetic and technological. Using new technologies is the leading approach to develop and provide optimal conditions for the full realization of their genetic potential. Managing the growing season of new varieties of plants through the use of scientifically based crop rotation, as well as using micro-fertilizers and growth stimulants, allows achieving the highest profitability of crop production. Undoubtedly, there is the fact of correlation dependence between the development of cell bacteria and the intensity of photosynthesis. There have been studied the effect of pre-sowing treatment of soybean seeds with solutions of Mo and Co microelements on productivity. All the types of treatment have had a positive effect on productivity. Even the introduction of microelements without inoculation increased the yield in comparison with the control by 2.3 kg/ha. The biggest deviation from the control was given by the joint treatment of seeds with nitrogen-fixing bacteria and microelements: 8.4 centers/ha. The quality indicators (protein and fat content) were only slightly affected by the types of treatment. When treated only with a nitrogen-fixing drug and its combined use with microelements, the amount of protein in the seeds increased by 0.6 and 0.7 %, respectively, compared with the control.

Keywords: soybeans, microelements, molybdenum, boron, characteristics of productivity, crop yield.

Introduction

One of the priority aspects of developing the agro-industrial complex of Kazakhstan is the fodder base. A significant place is occupied with such a high-protein and oilseed crop as soybean. The sown area is increasing not only in the countries-leaders by its production but also in our country. Over the past 10 years, the area of soybean cultivation in the Republic was increased 2.5 times — from 53 thousand hectares in 2008 to 138.9 thousand hectares in 2019. Most part of the area is occupied by irrigated lands of the Almaty region (up to 90 %) [1].

The average crop yield in our country is 21,22 kg/ha. Thus, there is a growing need to increase the yield of this crop on a production scale, since in the experimental and demonstration plots it reaches 40–45 centers/ha with traditional irrigation, and up to 60–65 centers/ha after using drip irrigation.

In the field of biological safety, there are two ways to solve the problem of increasing productivity: i) selection-genetic; and ii) technological. In the process of selection-genetic work, new varieties were developed with potentially high biological and economic productivity, resistant to stress factors [2]. New technologies play the leading role in forming and ensuring the optimal conditions for the full realization of their genetic potential.

Managing the vegetation of new breeds of plants includes using micronutrient fertilizers and growth stimulants to allow achieving the highest profitability of crop production [3].

With “successful nitrogen fixation” soybeans can accumulate up to 400 kg/ha of nitrogen, although the most part is used by the plant itself. However, according to various investigators, after harvesting soybeans, 60 to 150 kg of nitrogen remains in the soil for subsequent crops in the composition of nodules, root and crop residues. The fact that trace elements have if not a direct but an indirect effect on nitrogen fixation is written in any textbook on plant physiology. Some of them are, for example, a part of nitrogen-fixing enzymes, while others form conditions for strengthening the processes.

There is a correlation between the development of nodule bacteria and the intensity of photosynthesis, in particular, the synthesis and transport of sugars. This is due to the fact that nitrogen-fixing microorganisms need a sufficient supply of sugars and other carbohydrates. Magnesium, manganese, copper, iron contribute to

the enhancement of photosynthesis and, therefore, the accumulation of carbohydrates and boron enhances the movement of sugars from the leaves to the root system. Moreover, numerous experiments of both domestic and foreign researchers indicate that the combined use of molybdenum and boron gives a better result than their separate use.

Cobalt in turn increases the content of hemoglobin in nodules, the content of which determines the intensity of their respiration. In the presence of cobalt, the nitrogen fixation process is active. At the early stages of plant development, molybdenum can promote the growth of the root system, accelerate and stimulate the development of the nodule bacteria activity [4].

Soybeans, like other legumes, have an increased yield of boron and molybdenum [5]. In this regard, scientists face the task of improving and optimizing methods of using micronutrient fertilizers in soybean cultivation. The analysis of scientific literature shows that in terms of the possibility of increasing crop yields through the use of foliar dressing when growing grain legumes, soybean has been most studied [6]. It was established that the dosages recommended in the scientific literature are not optimal and require adjustment [7].

Introducing boron and other microelements must be carried out on acidic ($\text{pH} < 5.5$) and alkaline ($\text{pH} > 7.5$) soils through their complicated availability to plants. Boron plays an important role in cell division and cell wall formation, so it is important throughout the growing season. It affects the number of flowers and fruits, ensures seed ripening.

The nitrogenous enzyme involved in the nitrogenification process also contains molybdenum. Soybean responds well to fertilization with molybdenum. Traditionally, it is used for pre-sowing seed treatment (for 1 centner of soybean seeds 30–50 g of molybdenum-acid ammonium (50 % Mo). With foliar dressing during the budding period—the beginning of flowering, the application rate is up to 200 g/ha. Cobalt is directly involved in the processes of nitrogen assimilation from the air since it is concentrated in the very nodules, where it promotes the reproduction of nodule bacteria. It is used for foliar feeding and introducing directly into the soil [8, 9].

It is possible to enrich soybean seeds to the required concentration both by foliar application and by seed treatment. Yu.N. Kazachkov's study [10] showed that in cases of using increased doses of molybdenum (50 and more g/ha), the coefficient of its assimilation was higher when wetting seeds and after spraying of plants.

It was noted that the use of molybdenum by the method of wetting seeds was not always effective. For example, in one of the experiments carried out by Yu.N. Kazachkov on meadow chernozem soil, the use of molybdenum in a dry year by wetting seeds with the dose of 100 g/ha, reduced the crop yield of soybean grain on 2–6 centner/ha [10]. In the Far East in recent years the high efficiency of sulfur and molybdenum fertilizers was noted in the cultivation of soybeans. The treatment of soybean seeds with molybdenum was considered a mandatory method in the existing zonal farming systems.

The minimum dose of molybdenum fertilizers for applying on wetting seeds is 50 g/ha, and for plant spraying — 200 g/ha. Preliminary enrichment of soybean seeds with molybdenum allows avoiding its antagonism with sulfur when fertilizers containing these elements are applied together and achieving an additional increase in the crop yield of soybean grain. The content of molybdenum in seeds, as shown in our long-term observations, was the most objective and the most acceptable diagnostic indicator of the need for soybean crops in molybdenum fertilizers [11].

Experimental

In our studies, we used the best soybean variety Zhansaya approved for production in the Almaty region. The originator of variety is the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing. Zhansaya belongs to the group of mid-ripening, the growing season in the Almaty region is 125–127 days. The plant height is 95–105 cm, the growth type is determinant. The mass of 1000 seeds is 165–170 g. The average yield is 4.5–4.7 tons/ha; the protein content in the grain is 40, 41 %; the oil content is 19 %. The variety has been approved for use in the Almaty region since the 2012 year.

The studies were carried out in 2019 at the field stations of the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, which is located in the Almaty region at the altitude of 740 meters above sea level, N 43°15', E 76°54'. The zone is characterized by continental climatic conditions: mild and cool winters, cold springs, hot and dry summers, warm and dry autumns. The average duration of the frost-free period is 170–180 days with temperature fluctuations. However, the often recurring late spring and early autumn frosts often reduce the frost-free period to 140–150 days, which leads to frost damage in late-ripening soybean breeds.

Summer thermal resources in the region are high. The average sum of positive temperatures is 3500–4000°. This thermal model allows growing a lot of heat-loving crops here, including soybeans.

The distribution of atmospheric precipitation in the dry steppe zone is not the same. So, according to the meteorological station, the average long-term amount of atmospheric precipitation is 414.6 mm with the following distribution over the seasons: in winter 70.8 mm; in spring 166.9 mm; in summer 101.8 mm and in autumn 75.1 mm. In summer, the main amount of precipitation falls in June and is 53.9 mm.

The soil cover is represented by light chestnut, loamy, less often sandy loam soils.

According to the data of the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing meteorological station, the meteorological conditions of the research period in 2019 in the research area significantly differed from the average long-term values. The temperature background from May to October was higher than the average long-term indicators by 0.5–3.2 °C (Tab. 1). High temperatures, both day and night, led to air droughts during the reproductive periods of soybeans.

Table 1

Average monthly air temperature and precipitation in the vegetation period, 2019

Month	Temperature, °C			Precipitation, mm		
	actual	average long-term	deviation	actual	average long-term	deviation
April	+12.4	+ 10.4	+2.0	183.0	56.5	+126.5
May	+16.9	+16.4	+0.5	39.3	61.6	-22.3
June	+22.3	+21.2	+1.1	72.7	53.9	+18.8
July	+26.9	+24.1	+2.8	25.7	26.6	-0.9
August	+24.9	+22.1	+2.8	67.7	21.3	+46.4
September	+18.5	+16.0	+2.5	67.2	15.9	+51.3
October	+11.5	+8.3	+3.2	44.7	29.1	+15.6

The excess of the average annual precipitation in April by 3.5 times had a favorable effect on the moisture recharge and subsequent seedlings. May, June, July, and the first half of August were characterized by an unstable distribution of precipitation.

Pre-sowing treatment of seed materials. Two weeks before sowing, the soybean seeds were treated with a solution of ammonium molybdenum acid (in doze 40 g/100 kg of seeds, 4 L of water) and cobalt (II) sulfate (in doze 4 g/100 kg of seeds, 7 L of water). Before sowing, the seeds were treated with a preparation containing Histick nitrogen-fixing bacteria (in doze 400 g/100 kg of seeds).

The experiment is based on the following scheme:

- i) control — without treatment;
- ii) 1st experiment: seed treatment with Mo and Co;
- iii) 2nd experiment: seed treatment with Histick;
- iv) 3rd experiment: seed treatment with Histick; Mo and Co.

Sowing was carried out on May 1. The accounting plot was 25 square meters, the seeding rate was 500 thousand seeds/ha, row spacing was 30 cm, seeding depth was 4 cm; randomized seeding was in triplicate.

All agrotechnological measures to prepare for sowing, watering, loosening row spacing, destroying weeds, harvesting were conducted according to the methodology of B.A. Dospekhov [12] and the method of State Breed Testing of agricultural crops [13]. Gravity vegetation irrigation on the irrigated plot was carried out three times on June 25, July 15, and August 7 with an irrigation rate of 1200 (m³/ha).

Phenological observations of the main phases of development were as follows: sowing, seedlings (VE), the appearance of the trigeminal leaf (V1), flowering (R2), bean formation (R4), the filling of beans (R6), ripening (R8) [14].

Statistical data processing was performed in the software environment R version 3.6.1 (2019–07–05) “Action of the Toes”). A two-sample Welch’s t-test from the built-in package {stats} was carried out.

Results and Discussion

Studying the phenological phases of development did not reveal the effect of pre-sowing treatment on their duration. Regardless of the pre-sowing treatment and without treatment, the phenological phases of development proceeded synchronously, and the growing season in all variants was 127 days (Tab. 2).

Table 2

Phenological phases of developing the Zhansaya soybean breed depending on the pre-sowing seed treatment (2019)

Experiment option	Seeding down	Seedlings	Flowering	Bean formation	Bean filling	Ripening
Control without treatment	1.05	13.05	10.06	28.07	25.08	17.09
Mo + Co	1.05	13.05	10.06	28.07	25.08	17.09
Histick	1.05	13.05	10.06	28.07	25.08	17.09
Histick + Mo+ Co	1.05	13.05	10.06	28.07	25.08	17.09

The productivity traits reflect the picture of productivity determined by a positive correlation with each of them. The main indicators of productivity in soybeans are considered to be the height, the number of side branches, the number of productive nodes, the number of beans per plant, the weight of seeds per plant, the weight of 1000 seeds.

In the analysis of productivity, the effect of pre-sowing treatment with microelements on the elements of soybean productivity was revealed (Tab. 3).

Table 3

Productivity traits of the Zhansaya soybean breed depending on pre-sowing seed treatment (2019)

Experiment option	Height, cm	Height of the lower beans attachment, cm	Number of branches, pcs	Number of productive nodes, pcs	Number of beans per plant, pcs	Weight of the seeds per plant, g	Weight of 1000 seeds
Control without treatment	67.9	5.5	1.6	15.7	37.0	26.2	165
Mo + Co	67.8	6.7	2.3	20.8	56.7	27.3	159
Histick	67.9	5.3	1.9	18.5	59.4	38.1	165
Histick + Mo+ Co	67.7	5.8	2.1	21.1	65.2	44.1	165

It is interesting to note that all the types of treatment did not affect the plant growth and the attachment height of the lower beans. That is, in general, the architectonics of the plant was preserved. Seed treatment had a great effect on increasing the flower setting, which was reflected in increasing the number of beans per plant from 37.0 without treatment to 65.2 pieces when treated with Histick preparation and microelements. Without increasing the mass of 1000 seeds for all the types of treatment, the mass of seeds per plant increased due to increasing the total number of seeds. The greatest difference in comparison with the control was shown in the experiment with joint treatment with a nitrogen-fixing drug and microelements.

When analyzing productivity, the effect of pre-sowing treatment with microelements on the crop yield of soybeans was also revealed (Tab. 4). All the types of treatment had a positive impact on the yield. Even the introduction of microelements without inoculation increased the yield by 2.3 kg/ha in comparison with the control.

Table 4

Crop yield and quality of the Zhansaya soybean breed with different types of treatment (2019)

Experiment option	Bulk yield from the plot, kg				Crop yield, c/ha	Deviation from the control, c/ha	Protein, %	Fat, %
	1 repeatability	2 repeatability	3 repeatability	average				
Control without treatment	8.7	7.9	8.5	8.4	34.9	0.0	39.1	22.7
Mo+ Co	7.0	9.1	10.7	8.9	37.2	+2.3	38.7	22.6
Histick	9.7	9.9	9.5	9.7	40.4	+5.5	39.7	22.0
Histick + Mo+ Co	10.0	10.0	11.2	10.4	43.3	+8.4	39.8	22.2
HCP						1,5		

The largest deviation from the control was given by the joint treatment of seeds with nitrogen-fixing bacteria and microelements: 8.4 c/ha.

The quality indicators (protein and fat content) were slightly affected by the types of treatment. When treated only with a nitrogen-fixing drug and its combined use with microelements, the amount of protein in the seeds increased by 0.6 and 0.7 %, respectively, compared with the control.

Conclusions

Expansion of the cultivated areas and the increase in the productivity of such a crop as soybean are a priority aspect of the agro-industrial complex of Kazakhstan. Pre-sowing of soybean seeds with solutions of microelements Mo and Co had a positive effect on the crop yield. Since these elements are involved in nitrogen fixation, the largest deviation from the control (8.4 centners/ha) was given by the joint treatment of seeds with nitrogen-fixing bacteria (Histick) and microelements. The crop yield increased due to the increase in the number of beans and seeds per plant. However, they all are united by the same properties: stimulating the growth and development of plants, increasing field germination, resistance to pests, diseases, and unfavorable environmental factors.

References

- 1 Официальный интернет-портал Комитета по статистике Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://stat.gov.kz/>
- 2 Дидоренко С.В. Этапы селекционно-генетического улучшения сои в Казахстане / С.В. Дидоренко // Достижения и перспективы развития земледелия и растениеводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Алматы, 2019. — С. 175–179.
- 3 Зотиков В.И. Влияние применения препаратов биостим масличной и ультрамагкомби на урожайность новых сортов зернобобовых культур / В.И. Зотиков, В.С. Сидоренко, Г.А. Бударина, М.Т. Голопятов, А.С. Акулов, С.А. Семёнов, С.Д. Вилунов // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2019. — № 4 (32). — С. 4–12.
- 4 Чумак А. Молибден и соя: возможности и проблемы / А. Чумак, М. Довгаюк-Семенюк // Пропозиция. — 2017. — № 2. — С. 60–62.
- 5 Анпок П.И. Содержание микроэлементов в почвах и необходимость их применения / П.И. Анпок, Ю.Я. Лениныш // Химизация сельского хозяйства. — 1988. — № 2. — С. 73–75.
- 6 Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование листовой подкормки для оптимизации питания зерновых бобовых культур в онтогенезе растений (обзор) / Н.Е. Новикова // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2018. — № 1 (25). — С. 60–67.
- 7 Асокин О.И. Эффективность некорневых подкормок сои молибденом и бором / О.И. Асокин // V Междунар. конф. молод. учен. и спец. — Краснодар: ВНИИМК, 2009. — С. 123–128.
- 8 Важные микроэлементы для сои. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://nanit.ua/materials/753-vazhnye-mikroelementy-dlya-soi.html>
- 9 Голов В.И. Поступление молибдена в растения сои и его последствие при внесении молибденовых удобрений на почвах Дальнего Востока / В.И. Голов, Ю.Н. Казачков // Агрохимия. — 1973. — № 10. — С. 103–109.
- 10 Казачков Ю.Н. Оценка результатов и корректировка применения молибдена под сою / Ю.Н. Казачков // Пути повышения продуктивности растениеводства, кормопроизводства и садоводства на Дальнем Востоке. — Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. — С. 49–57.
- 11 Голов В.И. Антагонизм серы и молибдена в растениях сои и возможности их совместного применения в качестве удобрений / В.И. Голов // Масличные культуры // Научно-технический бюллетень ВНИИМК. — 2012. — Вып. 2. — С. 151, 152.
- 12 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М., 1973. — 250 с.
- 13 Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. — Алматы: ГКСИСК, 2002. — 378 с.
- 14 Fehr W.R. Stages of soybean development. Cooperative Extension Service / W.R. Fehr, C.E. Caviness. — Iowa: Iowa State University, 1979. — 210 p.

Г.К. Қабылбекова, С.В. Дидоренко, А.И. Әбуғалиева,
М.С. Құдайбергенов, З.А. Әлікұлов

Алматы облысы жағдайында тұқымдарды молибденмен және бормен себу алдындағы өңдеудің Жансая соясының өнімділігіне әсері

Егіс алқаптарын кеңейту және соя тәрізді дақылдың өнімділігін арттыру Қазақстанның агроөнеркәсіптік кешенінің басым бағыты болып табылады. Биологиялық қауіпсіздік саласында өнімділікті арттыру мәселелерін шешудің екі жолы бар — селекциялық-генетикалық және технологиялық. Жаңа

технологиялар олардың генетикалық әлеуетін толық іске асыру үшін оңтайлы жағдайларды жасауда және қамтамасыз етуде жетекші орынға ие. Өсімдіктің жаңа сортының өсіп жетілу кезеңін ғылыми негізделген ауыспалы егісті пайдалану арқылы, сондай-ақ, микротаңайтқыштар мен өсу стимуляторларының көмегімен басқару өсімдік шаруашылығының жоғары рентабельділігіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Әлбетте, түйінді бактериялардың дамуы мен фотосинтездің қарқындылығы арасындағы корреляциялық тәуелділік фактісінің болуы сөзсіз. Соя тұқымын себу алдында Мо және Со микроэлементтері ерітінділерімен өңдеу арқылы оның өнімділігіне әсері зерттелген. Өңдеудің барлық түрлері өнімділікке оң әсер етті. Тіпті, инокуляциясыз микроэлементтерді енгізу бақылаумен салыстырғанда өнімділікті 2,3 кг/га арттырды. Бақылаудағы ең үлкен ауытқу — тұқымдарды азот жинақтаушы бактериялары мен 8,4 кг/га микроэлементтерімен бірлескен өңдеу барысында берді. Өңдеу сапалық көрсеткіштерге (ақуыздар мен майлардың құрамына) аз әсер етті. Тек азотты бекітетін препаратпен өңдеу және оны микроэлементтермен біріктіріп қолдану кезінде тұқымдардағы ақуыз мөлшері бақылаумен салыстырғанда ғана 0,6 және 0,7 %-ға артты.

Кілт сөздер: соя, микроэлементтер, өнімділіктің сипаттамасы, ауыл шаруашылық дақылдарының шығымдылығы.

Г.К. Кабылбекова, С.В. Дидоренко, А.И. Аbugалиева,
М.С. Кудайбергенов, З.А. Аликулов

Влияние предпосевной обработки семян молибденом и бором на урожайность сои Жансая в условиях Алматинской области

Расширение посевных площадей и увеличение продуктивности такой культуры, как соя является приоритетным направлением агропромышленного комплекса Казахстана. В области биологической безопасности существует два пути решения проблемы повышения урожайности — селекционно-генетический и технологический. Новым технологиям принадлежит ведущее место в создании и обеспечении оптимальных условий для полной реализации их генетического потенциала. Управление вегетацией растений новых сортов путем использования научно обоснованного севооборота, а также с помощью микроудобрений и стимуляторов роста позволяет добиться высокой рентабельности растениеводства. Несомненным является факт корреляционной зависимости между развитием клубеньковых бактерий и интенсивностью фотосинтеза. Изучено влияние предпосевной обработки семян сои растворами микроэлементов Мо и Со на ее урожайность. Все виды обработок оказали положительное влияние на урожайность. Даже внесение микроэлементов без инокуляции повысило урожайность по сравнению с контролем на 2,3 ц/га. Самое большое отклонение от контроля дала совместная обработка семян азотфиксирующими бактериями и микроэлементами — 8,4 ц/га. На качественные показатели (содержание белков и жиров) виды обработок повлияли незначительно. При обработке только азотфиксирующим препаратом и комбинированном применении его с микроэлементами количество белка в семенах увеличивалось на 0,6 и 0,7 %, соответственно, по сравнению с контролем.

Ключевые слова: соя, микроэлементы, характеристика продуктивности, урожайность сельскохозяйственных культур.

References

1. Ofitsialnyi internet-portal Komiteta po statistike Respubliki Kazakhstan [Official Internet — portal of the Committee on Statistics of the Republic of Kazakhstan]. *stat.gov.kz* Retrieved from <https://stat.gov.kz/> [in Russian].
2. Didorenko, S.V. (2019). Etapy selektsionno-geneticheskogo uluchsheniia soi v Kazakhstane [Stages of selection and genetic improvement of soybeans in Kazakhstan]. Proceedings from Achievements and perspectives of development of agriculture and crop production: *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — International scientific-practical Conference*. Almaty, 175–179 [in Russian].
3. Zotikov, V.I., Sidorenko, V.S., Budarina, G.A., Golopiatov, M.T., Akulov, A.S., Semenov, S.A., & Viliunov, S.D. (2019). Vliianie primeneniia preparatov biostim maslichnyi i ultramagkombi na urozhainost novykh sortov zernobobovykh kultur [The effect of the use of biostim oilseed and ultramagcombi preparations on the yield of new varieties of leguminous crops]. *Zernobobovye i krupianye kultury — Legumes and cereals*, 4 (32), 4–12 [in Russian].
4. Chumak, A., & Dovgaiuk-Semeniuk, M. (2017). Molibden i soia: vozmozhnosti i problemy [Molybdenum and soy: opportunities and challenges]. *Propozitsiia — Proposition*, 2, 60–62 [in Russian].
5. Anspok, P.I., & Lieninsh, Yu.Ya. (1988). Soderzhanie mikroelementov v pochvakh i neobkhodimost ikh primeneniia [The content of trace elements in soils and the need for their use]. *Khimizatsiia selskogo khoziaistva — Chemicalization of agriculture*, 2, 73–75 [in Russian].

6 Novikova, N.E. (2018). Fiziologicheskoe obosnovanie listovoi podkormki dlia optimizatsii pitaniia zernovykh bobovykh kultur v ontogeneze rastenii (obzor) [Physiological justification of leaf feeding for optimizing the nutrition of grain legumes in plant ontogenesis (review)]. *Zernobobovye i krupianye kultury — Legumes and cereals*, 1 (25), 60–67 [in Russian].

7 Asokin, O.I. (2009). Effektivnost nekornevnykh podkormok soi molibdenom i borom [The effectiveness of foliar top dressing of soybeans with molybdenum and boron]. Proceedings from: *V Mezhdunarodnaia konferentsiia molodykh uchenykh i spetsialistov — V International conference of young scientists and specialists*. Krasnodar: VNIIMK, 123–128 [in Russian].

8 Vazhnye mikroelementy dlia soi [Important microelements for soy]. *nanit.ua* Retrieved from <http://nanit.ua/materials/753-vazhnye-mikroelementy-dlya-soi.html> [in Russian].

9 Golov, V.I., & Kazachkov, Yu.N. (1973). Postuplenie molibdena v rasteniia soi i ego posledestvie pri vnesenii molibdenovykh udobrenii na pochvakh Dalnego Vostoka [The intake of molybdenum into soybean plants and its aftereffect when applying molybdenum fertilizers on the soils of the Far East]. *Agrokimiia — Agrochemistry*, 10, 103–109 [in Russian].

10 Kazachkov, Yu.N. (1987). Otsenka rezultatov i korrekcirovka primeneniia molibdena pod soiu [Evaluation of the results and adjustment of the use of molybdenum for soy]. *Puti povysheniia produktivnosti rasteniievodstva, kormoproizvodstva i sadovodstva na Dalnem Vostoke — Ways to increase the productivity of crop production, feed production and horticulture in the Far East*. Vladivostok: Far East Department of AS USSR, 49–57 [in Russian].

11 Golov, V.I. (2012). Antagonizm sery i molibdena v rasteniiax soi i vozmozhnosti ikh sovmestnogo primeneniia v kachestve udobrenii [Antagonism of sulfur and molybdenum in soybean plants and the possibility of their joint use as fertilizers]. *Maslichnye kultury. Nauchno-tekhnicheskii biulleten VNIIMK — Oil crops. Scientific and technical bulletin of VNIIMK*, 2, 151, 152 [in Russian].

12 Dospekhov, B.A. (1973). *Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience]*. Moscow [in Russian].

13 (2002). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniia selskokhoziaistvennykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops]*. Almaty: GKSISK [in Russian].

14 Fehr, W.R., & Cavines, C.E. (1979). *Stages of soybean development. Cooperative Extension Service*. Iowa: Iowa State University.

К.О. Карамендин*, А.И. Кыдырманов, Е.Я. Хан, А.Б. Сейдалина, Е.Т. Касымбеков

ТОО «НПЦ микробиологии и вирусологии», Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: kobey.karamendin@gmail.com

Поиск зоонозных инфекций верблюдов, представляющих потенциальную опасность здоровью человека в Казахстане

Приводимые в мире исследования показывают важность контроля за распространением зоонозных инфекций. В последние годы выявлены новые, в том числе потенциальные пандемические штаммы коронавируса у верблюдов, что обуславливает необходимость регулярного мониторинга за состоянием вирусных популяций у этого животного. Цель исследования заключается в выявлении спектра вирусных и бактериальных популяций, циркулирующих среди верблюдов в Казахстане и представляющих опасность для здоровья человека и животных. В статье использованы вирусологические и молекулярно-генетические методы: взятие биологических образцов от верблюдов, выделение из них нуклеиновых кислот, получение библиотек для секвенирования нового поколения, биоинформационный анализ полученных данных и серологические тесты. В результате массового параллельного секвенирования обнаружены контиги вирусов, классифицированные на 3 больших рода: *Pestivirus*, *Circovirus* и *Hepevirus*. Особый интерес вызывает обнаружение коротких последовательностей, сходных с таковыми вируса гепатита E, что требует дальнейших, более глубоких исследований в этом направлении. Серологические исследования верблюдов Мангистауской области не выявили антитела на вирус Ближневосточного респираторного синдрома (БВРС, MERS-CoV), что говорит об отсутствии его циркуляции у верблюдов в Западном Казахстане либо о происшествии длительного времени после его возможного присутствия. Таким образом, исследование вирусных метагеномов верблюдов в регионе, близком к Ближнему Востоку, является важной задачей научного поиска. Метагеномное исследование позволит выявить не только штаммы коронавируса, но и произвести анализ других неизвестных вирусных инфекций, важных как для сельского хозяйства, так и для здоровья человеческой популяции.

Ключевые слова: верблюд, медицина, гепатит, вирус, сельское здравоохранение, секвенирование, мониторинг.

Введение

С проникновением высоких технологий в медицину, молекулярную биологию и смежные отрасли открываются новые горизонты для изучения, казалось бы, хорошо известных живых объектов. Одним из них является домашний верблюд, заслуживающий пристального внимания. Семейство *Camelidae*, к которому принадлежат верблюды, относится к числу наименее изученных среди домашних животных в качестве источника зоонозных инфекций.

До недавнего времени верблюд считался обычным сельскохозяйственным животным с характерными только для него вирусными инфекциями. Обнаружение в 2013 г. коронавируса БВРС, вызвавшего пандемию и после него другой новый верблюжий коронавирус UAE-НКU23, стало причиной повышенного интереса к поиску новых патогенов у этих животных, представляющих угрозу общественному здравоохранению [1, 2].

Верблюды относятся к роду *Camelus* (Linnaeus, 1758), состоящему из двух видов: *C. dromedarius*, дромедар, или одногорбый верблюд, и второй вид — *C. bactrianus* (Linnaeus), бактриан, или двугорбый верблюд. В Казахстане распространены оба вида. Сравнительно недавно у верблюдов были описаны вирусы семейств *Herpesviridae*, *Picornaviridae*, *Poxviridae*, *Flaviviridae* и *Rhabdoviridae* [3–7]. У них же были открыты новые вирусы гепатита E (HEV), которые являются опасными для здоровья людей [8]. Указанные выше данные о появлении среди верблюдов новых патогенов и слабая изученность данного вопроса в Казахстане побудили авторов определить современное состояние по вирусным возбудителям в местной популяции верблюдов.

Цель исследования заключалась в выявлении спектра вирусных популяций, циркулирующих среди верблюдов в Казахстане и представляющих опасность для здоровья человека и животных, их молекулярно-генетических исследованиях.

Материалы и методы исследования

Материалы собраны во время регулярных выездов в регионы, где в значительном количестве содержат верблюдов. В данной статье приведены результаты исследований проб от верблюдов из Мангистауской области.

Носовые и ректальные смывы, а также сыворотки крови получены от верблюдов в соответствии с протоколами МЭБ. Смывы брали с помощью стерильных ватных тампонов и помещали в реагент DNA Shield (Zymo Research, США). Собраны всего 90 проб от верблюдов. Сыворотки крови собраны с использованием систем Vacutainer, которые в целях сохранности хранили в жидком азоте (-196°C).

РНК вирусов выделены с помощью QIAampViral RNA Mini Kit (Qiagen GmbH, Hilden Германия) по протоколу производителя. Набор NEB Next Ultra Directional RNA Library Prep Kit for Illumina (NEB, США) применялся при конструировании библиотек согласно инструкции производителя. Секвенирование осуществлено с использованием прибора Illumina MiSeq (США).

Биоинформационный анализ для сборки ридов в контиги с последующей аннотацией проведен на высокопроизводительном сервере с установленной программой Geneious Prime (Biomatters, Новая Зеландия).

Серологические исследования на возможную циркуляцию антител к MERS коронавирусу проведены в иммуноферментном анализе (ИФА) с использованием набора Camelanti-MERS — S1 IgGELISA Kit (Alpha Diagnostics) [9] согласно инструкции производителя.

Результаты исследования

Сбор биопроб от верблюдов

Для исследований собраны пробы от верблюдов Мангистауской области с помощью стерильных ватных тампонов, которые были помещены во флаконы со специальной средой DNA Shield (Zymo Research, США), позволяющей сохранять нуклеиновые кислоты вирусов при комнатной температуре. Всего от 45 верблюдов из этой области собраны носоглоточные, ректальные смывы, а также сыворотка крови. В дальнейшем, пробы из смывов были объединены в пулы по возрасту для последующего секвенирования. Для исследования сыворотки крови образцы были разведены специальными реагентами в составе ИФА наборов.

Подготовка собранных материалов для метагеномного секвенирования вирусов

Набор NEB Next Ultra RNA Library Prep Kit for Illumina (NEB, США) использован для секвенирования виroma респираторного и желудочно-кишечного трактов верблюдов: в качестве матрицы использовали РНК, очищенную с помощью нуклеаз от рибосомальных РНК (Ambion, США), измеряли ее первоначальную концентрацию. Из полученной РНК синтезировали комплементарную двухцепочечную ДНК. Фрагментацию ДНК до размеров около 450–500 п.о. проводили с применением ферментативного метода, используя набор Fragmentase (NEB, США). К данным фрагментам к ДНК затем прикрепляли молекулу аденина и в последующем лигировали адаптеры. Продукты очищали и амплифицировали в ПЦР для создания библиотеки и далее определяли концентрации на приборе Qubit 2.0. Длины библиотек исследовали на приборе Bioanalyzer 2100 (Agilent Technologies, Германия), и они составили 400–600 нуклеотидов, что соответствовало требованиям для загрузки в проточную ячейку MiSeq Reagent Kit v.3.

Биоинформационный анализ результатов массового параллельного секвенирования с помощью специализированного программного обеспечения

Полученные сиквенсы были обработаны в специализированной компьютерной программе GeneiousPrime 2021. Был проведен BLAST-поиск гомологичных последовательностей в Международной базе данных «Генбанк». Данные были выравнены в режиме онлайн с нерезервированными и вирусными справочными базами данных GenBank с использованием BLASTx и BLASTn. Совпадения BLAST были определены как значимые, если значение E составляло $10e-5$. Контиги бактерий и эукариот были исключены из поиска, а вирусоподобные последовательности были подвергнуты дальнейшему анализу.

Как показано в таблице, контиги вирусов позвоночных составляют наибольшую популяцию вирусов в виrome из всех исследованных проб и могут быть классифицированы на 3 больших рода: *Pestivirus*, *Circovirus* и *Hepevirus*.

BLAST-поиск нуклеотидных последовательностей контигов от чаек и крачек в Генбанке

Вид верблюда	Совпадение в Генбанке	Количество контигов	Длина	% идентичности с контигом	Покрытие запроса	Bit-Score	E-Value	Степень сходства
Дромадер	Bovine_viral_diarrhea_virus	>200	142	89.4 %	47.18 %	180.245	3.81e-43	68.3 %
Дромадер	Circovirus-like NI/2007-3	>10	127	94.5 %	42.19 %	196.865	3.78e-48	68.3 %
Дромадер	Hepatitis_E_virus	3	119	80.3 %	39.67 %	159.932	4.94e-37	65.2 %

Как видно из данных таблицы, в результате исследования вирома верблюдов Туркестанской области обнаружены нуклеотидные последовательности геномов вирусов разных семейств, характерных не только для верблюда, но и для человека. Особенно актуально обнаружение вируса, на 65 % сходного с вирусом гепатита E человека. Определено, что в составе вирома со средним процентом вероятности присутствуют герпесвирусы в виде вируса диареи коров, а также цирковирусы.

Серологические исследования

Собранные от верблюдов сыворотки были проверены на наличие антител к вирусу БВРС, вызываемого коронавирусом, по ним получены отрицательные результаты.

Обсуждение результатов

Как было указано ранее, изучение верблюдов, как одного из важных инструментов в цепи передачи вирусов дикого происхождения к человеку, началось сравнительно недавно с открытием коронавируса БВРС, вызвавшего значительную смертность среди людей [1].

В Мангистауской области Казахстана, граничащей с Туркменистаном, имеющим выход на страны Ближнего Востока и Аравийского полуострова, имеется поголовье верблюдов, составляющее 47 000 голов, что может содержать определенную опасность проникновения вируса на территорию нашей республики. Эпизоотическое состояние по коронавирусу БВРС в местной популяции дромедаров неизвестно. В Алматинской области содержится поголовье верблюдов около 7800 голов, часть которых завезена из-за рубежа, что создает риски распространения возбудителя. В Казахстане преобладают бактрианы — вид, который мало изучен в отношении вируса БВРС, особенности течения болезни у этого вида также неизвестны. Сероэпидемиологические исследования верблюдов в Египте выявили высокую распространенность антител к MERS коронавирусу с использованием методов микронеutralизации и нейтрализации [10]. Ранее в 2015 г. в Казахстане были проведены серологические исследования верблюдов на коронавирус MERS-CoV, и антитела к данному заболеванию не были обнаружены [11]. К сожалению, в указанном исследовании не были охвачены прикаспийские Атырауская и Мангистауская области, где сосредоточено поголовье верблюдов, потенциально имеющее отношение к Ближнему Востоку через Туркменистан.

В рамках данной статьи проведены серологические исследования в ранее не исследованных прикаспийских областях Казахстана. Во всех исследованных сыворотках антитела к MERS коронавирусу не обнаружены, что свидетельствует об отсутствии его в местной популяции или о происшествии значительного промежутка времени, в случае циркуляции вируса ранее.

В ходе мониторинговых исследований в мире был открыт новый вид коронавирусов, названный верблюжьим коронавирусом DcCoV UAE-HKU23, найденный у дромедаров Ближнего Востока [**Ошибка! Залка не определена.**], что указывает на возможность циркуляции новых ранее неизвестных коронавирусов, в том числе и среди казахстанских верблюдов. В настоящем исследовании новые штаммы верблюжьих коронавирусов нами не обнаружены.

Продолжающиеся исследования вирома верблюдов на Ближнем Востоке обнаружили значительное количество и широкое разнообразие контигов семейств *Circoviridae* и *Picobirnaviridae* [12]. Было определено, что последовательности некоторых контигов были сходны с бокавирусом человека, что свидетельствует о необходимости дальнейших, более глубоких исследований для выявления связи между бокавирусами человека и животных. В настоящей статье описан случай выявления цирковируса у верблюдов Мангистауской области, что определяет необходимость более детального анализа генома

и вирусологических свойств, в целях определения потенциала возбудителя для человека в виду его неизученности.

Особого внимания заслуживает вирус гепатита E, который ранее не выявлялся у верблюдов [13]. Гепатит E, приобретенный человеком от животных, является важной причиной хронического гепатита у пациентов с ослабленным иммунитетом. Заболевание хоть и относится к самоограничивающимся инфекциям, но среди инфицированных беременных наблюдаются высокие показатели смертности. HEV7 и HEV8 были недавно идентифицированы у дромедаров и бактрианов, соответственно. HEV7 является представителем нового генотипа, который имеет важное значение для здоровья населения. В рамках данного исследования выявлены нуклеотидные последовательности, сходные с высоким процентом идентичности с таковыми вируса гепатита E. Результаты указывают на важность дальнейших мониторинговых исследований за циркуляцией этого вируса, с целью оценки его эпидемического риска для населения региона.

Исследования и статистика ВОЗ показали, что вирус гепатита E у человека явился причиной возникновения 3,3 миллионов случаев с симптомами острого гепатита во всем мире, а в некоторых регионах мира по заболеваемости превзошел более распространенный гепатит A [14]. Следует отметить, что роль гепатита E в инфекционной патологии среди беременных женщин в Казахстане совершенно не изучена. На основании приведенных данных можно предположить, что бактрианы, больше распространенные в Казахстане, также могут быть резервуарами HEV. Чтобы проверить эти предположения и улучшить наше понимание эпидемиологии HEV у верблюдов, необходимы дальнейшие молекулярно-эпидемиологические исследования.

Таким образом, исследования последних лет показывают, что верблюды имеют гораздо большее значение в эпидемиологии, чем считалось ранее, и важной задачей является выявить современное состояние вирусных популяций у верблюдов с использованием последних достижений молекулярной биологии и массового параллельного секвенирования. Поскольку эти животные тесно связаны с людьми, знание о разнообразии вирусов, циркулирующих среди них, важно для понимания их роли в появлении новых вызовов здравоохранению Казахстана и мира в целом.

В дальнейшем планируется изучить полные геномы выделенных вирусов, провести их детальные генетические исследования. Результаты продолжающихся серологических исследований позволят получить современные данные о наличии антител к коронавирусу БВРС и его возможной циркуляции в поголовье верблюдов в других регионах Казахстана.

Вирус БВРС все еще остается актуальным в мире и потенциально может считаться возвратной инфекцией. Изучение особенностей эволюции коронавирусов верблюдов, разработка методов контроля над заболеваемостью и анализ природных резервуаров возбудителя являются важнейшими направлениями исследований с использованием комплекса эпидемиологических, вирусологических и молекулярно-генетических методов.

Заключение

Основной научный вопрос — возможность циркуляции в популяциях верблюдов, вирусов, потенциально опасных для здоровья человека, как это произошло в 2012 г., когда был выявлен ближневосточный коронавирус у человека. Предыдущие исследования MERS обнаружили, что верблюды являются важным звеном в передаче коронавируса человеку. В связи с этим исследование вирусных метагеномов верблюдов в регионе, близкому к Ближнему Востоку, является важной задачей научного поиска. Метагеномное исследование позволит выявить не только коронавирусы, но и произвести анализ других и неизвестных вирусных инфекций, важных как для сельского хозяйства, так и для здоровья человеческой популяции. Основная применяемая стратегия — массовое параллельное секвенирование, которое позволяет выявить в образцах нуклеиновые кислоты всех организмов, чьи РНК/ДНК присутствуют в исследуемой пробе, включая вирусы и бактерии. Главное преимущество метода — в выявлении некультивируемых и неизвестных организмов, которые невозможно выявить традиционными методами.

Работа выполнена в рамках гранта № AP08855617 «Метагеномный мониторинг возбудителей вирусных и бактериальных инфекций верблюдов Казахстана» Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Список литературы

- 1 de Groot R.J. Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV): announcement of the Coronavirus Study Group / R.J. de Groot, S.C. Baker, R.S. Baric, C.S. Brown, C. Drosten, L. Enjuanes, R.A. Fouchier, M. Galiano, A.E. Gorbalenya, Z.A. Memish, S. Perlman, L.L. Poon, E.J. Snijder, G.M. Stephens, P.C. Woo, A.M. Zaki, M. Zambon, J. Ziebuhr // *Journal of virology*. — 2013. — Vol. 87, No. 14. — P. 7790–7792. <https://doi.org/10.1128/JVI.01244-13>
- 2 Woo P.C. Isolation and Characterization of Dromedary Camel Coronavirus UAE-HKU23 from Dromedaries of the Middle East: Minimal Serological Cross-Reactivity between MERS Coronavirus and Dromedary Camel Coronavirus UAE-HKU23 / P.C. Woo, S.K. Lau, R.Y. Fan, C.C. Lau, E.Y. Wong, S. Joseph, A.K. Tsang, R. Wernery, C.C. Yip, C.C. Tsang, U. Wernery, K.Y. Yuen // *International journal of molecular sciences*. — 2016. — Vol. 17, No. 5. — P. 691. <https://doi.org/10.3390/ijms17050691>
- 3 Intisar K.S. Natural exposure of Dromedary camels in Sudan to infectious bovine rhinotracheitis virus (bovine herpes virus-1) / K.S. Intisar, Y.H. Ali, A.I. Khalafalla, E.A. Mahasin, A.S. Amin // *Acta tropica*. — 2009. — Vol. 111 (3). — P. 243–246. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2009.05.001>
- 4 Wernery U. Abortions in dromedaries (*Camelus dromedarius*) caused by equine rhinitis A virus / U. Wernery, N.J. Knowles, C. Hamblin, R. Wernery, S. Joseph, J. Kinne, P. Nagy // *The Journal of general virology*. — 2008. — Vol. 89 (Pt 3). — P. 660–666. <https://doi.org/10.1099/vir.0.82215-0>
- 5 Wernery U. Experimental camelpox infection in vaccinated and unvaccinated dromedaries / U. Wernery, R. Zachariah // *Journal of veterinary medicine. Series B*. — 1999. — Vol. 46, No. 2. — P. 131–135. <https://doi.org/10.1111/j.0931-1793.1999.00250.x>
- 6 Yousif A.A. Cytopathic genotype 2 bovine viral diarrhoea virus in dromedary camels / A.A. Yousif, L.J. Braun, M.S. Saber, T. Aboelleil, C.C.L. Chase // *Arab J. Biotech.* — 2004. — Vol. 7, No. 1. — P. 123–140.
- 7 Kumar A. Rabies in a camel — a case report / A. Kumar, N. Jindal // *Tropical animal health and production*. — 1997. — Vol. 29, № 1. — P. 34. <https://doi.org/10.1007/BF02632346>
- 8 Woo P.C. New hepatitis E virus genotype in camels, the Middle East / P.C. Woo, S.K. Lau, J.L. Teng, A.K. Tsang, M. Joseph, E.Y. Wong, Y. Tang, S. Sivakumar, J. Xie, R. Bai, R. Wernery, U. Wernery, K.Y. Yuen // *Emerging infectious diseases*. — 2014. — Vol. 20, No. 6. — P. 1044–1048. <https://doi.org/10.3201/eid2006.140140>
- 9 Экспертный комитет ВОЗ по биологической стандартизации. Документ № WHO/BS/2020.2398. Establishment of 1st WHO International Standard for anti-MERS-CoV antibody. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.who.int/publications/m/item/WHOBS2020.2398>
- 10 Perera R.A. Seroepidemiology for MERS coronavirus using microneutralisation and pseudoparticle virus neutralisation assays reveal a high prevalence of antibody in dromedary camels in Egypt, June 2013. *Euro surveillance* / R.A. Perera, P. Wang, M.R. Goma, R. El-Shesheny, A. Kandeil, O. Bagato, L.Y. Siu, M.M. Shehata, A.S. Kayed, Y. Moatasim, M. Li, L.L. Poon, Y. Guan, R.J. Webby, M.A. Ali, J.S. Peiris, G. Kayali // *European communicable disease bulletin*. — 2013. — Vol. 18, No. 36. — P. 20574. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es2013.18.36.20574>
- 11 Miguel E. Absence of Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus in Camelids, Kazakhstan, 2015 / E. Miguel, R.A. Perera, A. Baubekova, V. Chevalier, B. Faye, N. Akhmetadykov, C.Y. Ng, F. Roger, M. Peiris // *Emerging infectious diseases*. — 2016. — Vol. 22, No. 3. — P. 555–557. <https://doi.org/10.3201/eid2203.151284>
- 12 Woo P.C. Metagenomic analysis of viromes of dromedary camel fecal samples reveals large number and high diversity of circoviruses and picobirnaviruses / P.C. Woo, S.K. Lau, J.L. Teng, A.K. Tsang, M. Joseph, E.Y. Wong, Y. Tang, S. Sivakumar, R. Bai, R. Wernery, U. Wernery, K.Y. Yuen // *Virology*. — 2014. — Vol. 471–473. — P. 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2014.09.020>
- 13 Sridhar S. Hepatitis E Virus Genotypes and Evolution: Emergence of Camel Hepatitis E Variants / S. Sridhar, J. Teng, T.H. Chiu, S. Lau, P. Woo // *International journal of molecular sciences*. — 2017. — Vol. 18, № 4. — P. 869. <https://doi.org/10.3390/ijms18040869>
- 14 Ren X. Changing Epidemiology of Hepatitis A and Hepatitis E Viruses in China, 1990–2014 / X. Ren, P. Wu, L. Wang, M. Geng, L. Zeng, J. Zhang, N. Xia, S. Lai, H.R. Dalton, B.J. Cowling, H. Yu // *Emerging infectious diseases*. — 2017. — Vol. 23, No. 2. — P. 276–279. <https://doi.org/10.3201/2302.161095>

К.Ө. Қарамендин, А.И. Қыдырманов, Е.Я. Хан, Ә.Б. Сейдалина, Е.Т. Қасымбеков

Адам денсаулығына қауіпті болуы мүмкін Қазақстан түйелерінің зооноздық инфекцияларын іздеу

Әлемдік зерттеулер зоонозды инфекциялардың таралуын бақылаудың маңыздылығын көрсетеді. Соңғы жылдары түйеде жаңа, оның ішінде ықтимал пандемиялық коронавирустың штамдары анықталды, бұл осы жануардың вирустық популяциясының жағдайын бақылауды қажет етеді. Зерттеудің мақсаты — Қазақстанда түйелер арасында айналымдағы және адам мен жануарлардың денсаулығына қауіп төндіретін вирустық және бактериялық популяциялардың спектрін анықтау, олардың молекулалық-генетикалық зерттеулері. Вирусологиялық және молекулалық-генетикалық әдістер қолданылған: түйеден сынама алуды, олардан нуклеин қышқылдарын бөліп алу, жаппай параллельді секвендеу үшін кітапханалар дайындау, алынған мәліметтерге биоинформатикалық талдау және серологиялық тесттер.

Жаппай параллельді секвендеу нәтижесінде 3 үлкен туыстыққа жататын вирустық бөліктер анықталды: пестивирус, цирковирус және гепевирус. Е гепатитінің вирусына ұқсас қысқа тізбектердің табылуы ерекше қызығушылық тудырады, бұл осы бағытта одан әрі терең зерттеулерді қажет етеді. Маңғыстау облысының түйелеріне жүргізілген серологиялық зерттеулерде Таяу Шығыс респираторлық синдромы вирусына (MERS-CoV) антиденелер анықталмады. Бұл нәтиже MERS-CoV вирусының Батыс Қазақстан түйелерінің айналымында жоқ екенін немесе айналымда болса көп уақыт өткенін көрсетеді. Таяу Шығысқа жақын аймақтағы түйелердің вирустық метагеномдарын зерттеу ғылыми зерттеулердің маңызды міндеті болып табылады. Метагеномикалық зерттеу тек коронавирусты ғана емес, сонымен қатар ауыл шаруашылығы үшін де, халықтың денсаулығы үшін де маңызды басқа және белгісіз вирустық инфекцияларды анықтайды.

Кілт сөздер: түйе, медицина, гепатит, микробиотаның вирустық компоненті, ауылдық денсаулық сақтау, секвенирлеу, мониторинг.

К.О. Karamendin, A.I. Kydyrmanov, E.Ya. Khan, A.B. Seidalina, Y.T. Kasymbekov

Search for zoonotic camel infections posing a potential human health threat in Kazakhstan

Worldwide studies have shown the importance of controlling the spread of zoonotic infections. In recent years, new pandemic strains of coronaviruses in camels have been identified, which necessitates regular monitoring of the state of viral populations of this animal. The research scope is to identify the spectrum of viral and bacterial populations circulating in camels in Kazakhstan posing threat to human and animal health, their molecular genetic studies. Virological and molecular-genetic methods were used: taking biological samples from camels, extracting nucleic acids from them, obtaining libraries for massive parallel sequencing, bioinformatic analysis of the data obtained and serological tests. Massive parallel sequencing revealed the viral contigs classified into 3 large genera: *Pestivirus*, *Circovirus*, and *Hepevirus*. Of particular interest is the discovery of short sequences similar to those of the hepatitis E virus, which requires further deeper studies in this direction. Serological studies of camels from the Mangystau region did not reveal antibodies to the Middle East respiratory syndrome virus (MERS-CoV), which shows their absence in active circulation or much time has been passed since their possible presence in camels. The study of viral metagenomes of camels in the region close to the Middle East is an important task of scientific research. A metagenomic study will allow to detect not only coronaviruses, but also to analyze other and unknown viral infections that are important both for agriculture and for the health of the human population.

Keywords: camel, medicine, hepatitis, virome, rural healthcare, sequencing, monitoring.

References

- 1 de Groot, R.J., Baker, S.C., Baric, R.S., Brown, C.S., Drosten, C., & Enjuanes, L., et al. (2013). Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV): announcement of the coronavirus study group. *Journal of Virology*, 87 (14); 7790–7792. <https://doi.org/10.1128/JVI.01244-13>
- 2 Woo, P.C., Lau, S.K., Fan, R.Y., Lau, C.C., Wong, E.Y., & Joseph, S., et al. (2016). Isolation and Characterization of Dromedary Camel Coronavirus UAE-HKU23 from Dromedaries of the Middle East: Minimal Serological Cross-Reactivity between MERS Coronavirus and Dromedary Camel Coronavirus UAE-HKU23. *International Journal of Molecular Sciences*, 17 (5); 691. <https://doi.org/10.3390/ijms17050691>
- 3 Intisar, K.S., Ali, Y.H., Khalafalla, A.I., Mahasin, E.A., & Amin, A.S. (2009). Natural exposure of Dromedary camels in Sudan to infectious bovine rhinotracheitis virus (bovine herpes virus-1). *Acta Tropica*, 111 (3); 243–246. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2009.05.001>
- 4 Wernery, U., Knowles, N.J., Hamblin, C., Wernery, R., Joseph, S., Kinne, J., & Nagy, P. (2008). Abortions in dromedaries (*Camelus dromedarius*) caused by equine rhinitis A virus. *Journal of General Virology*, 89 (Pt 3); 660–666. <https://doi.org/10.1099/vir.0.82215-0>
- 5 Wernery, U., & Zachariah, R. (1999). Experimental camelpox infection in vaccinated and unvaccinated dromedaries. *Journal of Veterinary Medicine, Series D*, 46 (2); 131–135. <https://doi.org/10.1111/j.0931-1793.1999.00250.x>
- 6 Yousif, A.A., Braun, L.J., Saber, M.S., Aboelleil, T., & Chase, C.C.L. (2004). Cytopathic genotype 2 bovine viral diarrhea virus in dromedary camels. *Arab. J. Biotech.*, 7 (1); 123–140.
- 7 Kumar, A., & Jindal, N. (1997). Rabies in a camel — A case report. *Tropical Animal Health and Production*, 29 (1); P. 34. <https://doi.org/10.1007/BF02632346>
- 8 Woo, P.C., Lau, S.K., Teng, J.L., Tsang, A.K., Joseph, M., & Wong, E.Y., et al. (2014). New hepatitis E virus genotype in camels, the Middle East. *Emerging Infectious Diseases*, 20 (6); 1044–1048. <https://doi.org/10.3201/eid2006.140140>

9 Экспертный комитет ВОЗ по биологической стандартизации. Документ № WHO/BS/2020.2398 [Expert Committee On Biological Standardization. Document No. WHO/BS/2020.2398]. Establishment of 1st WHO International Standard for anti-MERS-CoV antibody. *www.who.int* Retrieved from <https://www.who.int/publications/m/item/WHOBS2020.2398> [in Russian].

10 Perera, R.A., Wang, P., Gomaa, M.R., El-Shesheny, R., Kandeil, A., & Bagato, O., et al. (2013). Seroepidemiology for MERS coronavirus using microneutralisation and pseudoparticle virus neutralisation assays reveal a high prevalence of antibody in dromedary camels in Egypt, June 2013. *Euro Surveillance*, 18 (36); 20574. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es2013.18.36.20574>

11 Miguel, E., Perera, R.A., Baubekova, A., Chevalier, V., Faye, B., & Akhmetsadykov, N., et al. (2016). Absence of Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus in Camelids, Kazakhstan, 2015. *Emerging infectious diseases*, 22 (3); 555–557. <https://doi.org/10.3201/eid2203.151284>

12 Woo, P.C., Lau, S.K., Teng, J.L., Tsang, A.K., Joseph, M., & Wong, E.Y., et al. (2014). Metagenomic analysis of viromes of dromedary camel fecal samples reveals large number and high diversity of circoviruses and picobirnaviruses. *Virology*, 471–473; 117–25. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2014.09.020>

13 Sridhar, S., Teng, J.L.L., Chiu, T.H., Lau, S., & Woo, P. (2017). Hepatitis E Virus Genotypes and Evolution: Emergence of Camel Hepatitis E Variants. *International Journal of Molecular Sciences*, 18 (4); 869. <https://doi.org/10.3390/ijms18040869>

14 Ren, X., Wu, P., Wang, L., Geng, M., Zeng, L., & Zhang, J., et al. (2017). Changing epidemiology of hepatitis A and hepatitis E viruses in China, 1990–2014. *Emerging Infectious Diseases*, 23 (2); 276–279. <https://doi.org/10.3201/2302.161095>

Букетов Университет