

**ПИЩЕВЫЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ТРЕХ ВИДОВ МОКРИЦ  
И ИХ СКОРОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ**

© 2025 г. Ф.А. Демин\*, Д.И. Коробушкин\*\*, К.Б. Гонгальский\*\*

\*Российский государственный аграрный университет,  
Московская сельскохозяйственная академия им. Тимирязева  
Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

\*\*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: gongalsky@gmail.com

Поступила в редакцию 28.05.2024. После доработки 23.10.2024. Принята к публикации 01.11.2024.

Рисовая и пшеничная солома являются одними из наиболее распространённых типов пожнивных остатков. Раннее проведённые исследования показали, что некоторые почвенные детритофаги, такие как энхитреиды и мокрицы, способны с разной степенью эффективности утилизировать эти остатки даже в аридных условиях, где деструкция органического вещества весьма замедленна. Мы оценили разложение опада дуба, берёзы, малины, липы, ивы, пшеницы, риса и кукурузы мокрицами *Porcellio scaber*, *Porcellionides pruinosus* и *Porcellio laevis*. По 10 мокриц каждого вида помещали в контейнеры с выбором по 1 г каждого вида растительного корма на 21 день. Мокрицы предпочитали опад липы, ивы, берёзы и кукурузы, это в основном корма с низкой концентрацией кремния. *Porcellio laevis* показал широкий диапазон пищевых предпочтений и высокую выживаемость на разных кормах. Таким образом, при изменении структуры растительных пищевых ресурсов на юге России мокрицы данных видов способны изменить свой рацион и перейти на более доступные источники пищи. С промышленной точки зрения вид *P. laevis* выгодно использовать для переработки соломы кукурузы, в т.ч. за счёт низкого содержания кремния в её листьях.

*Ключевые слова:* пищевые предпочтения, мокрицы, детритофаг, Isopoda, биоразложение.

**DOI: 10.24412/1993-3916-2025-1-110-117**

**EDN: FTUEET**

В последние два десятилетия в России отмечается рост посевных площадей некоторых сельскохозяйственных культур, например, кукурузы, в результате чего её валовой сбор увеличился на 17% (Российский ..., 2023). Однако продукция различных злаковых растений приводит к образованию устойчивого органического вещества (recalcitrant organic matter) в виде растительных остатков (John et al., 2019). Кукурузная и рисовая солома является одним из наиболее распространённых пожнивных остатков в мире. Известно, что крупные почвенные сапрофаги, такие как мокрицы, диплоподы, дождевые черви способны разрушать рисовую, кукурузную и пшеничную солому, подготавливая ее к дальнейшему микробному разложению (Chen et al., 2015; Moody et al., 1995; Lebedev et al., 2020).

Мокрицы являются одной из важнейших групп почвенных детритофагов за счет активного участия в разложении органического вещества, способствуя круговороту питательных веществ наземных экосистем, а также выступая в качестве источника пищи для хищных животных (Sutton, 1972; Sechet, Noel, 2015). Помимо листового опада, мокрицы питаются разлагающейся древесиной, живыми тканями растений, животными остатками и микроорганизмами (Potarov et al., 2022). На мокриц приходится 1.5% общего потока элементов, проходящего через популяции почвенных сапрофагов. Перерабатывая за сезон в дубравах Среднерусской лесостепи ~33% опада, почвенные сапрофаги вовлекают в круговорот 36% Ca, 25% Mg, 26% K, 13% Na от общего количества этих элементов в опаде (Мордкович, Любечанский, 2021).

Несмотря на уже имеющиеся данные (были проведены эксперименты по деструкции разных растений мокрицами *Armadillidium pallasii* Brandt, 1833, *Hemilepistus cristatus* Buddle-Lund, 1885, *Porcellio scaber* Latreille, 1804, *Armadillidium vulgare* Latreille, 1804, *Protracheoniscus kryszanovskii*

Borutzky, 1957), пищевые предпочтения мокриц до сих пор изучены достаточно плохо, т.к. их рацион является видоспецифичным и зависит не только от экологии вида, но и физиологических и морфометрических показателей (например, способности разлагать лигнин и целлюлозу, размер тела; Lebedev et al., 2021; Potapov et al., 2022). Так установлено, что при кормлении крымских *Armadillidium pallasii* Brandt, 1883 усвояемость дубового и берёзового опада за 48 часов составляла 27%, а липового – около 50%. Активный рост наблюдался только при кормлении мокриц тем видом опада, который они потребляют в своём естественном местообитании. Однако при кормлении *Protracheoniscus orientalis* Uljanin, 1875 опадом липы из Московской области его усвояемость составляла 27-30%. У аридных мокриц рода *Hemilepistus* Buddle-Lund, 1879 при очень низких суточных рационах усвояемость пищи была достаточно высокой – до 80% (Стриганова, 1980). Данные по предпочтениям мокриц при выборе корма известны для небольшого числа широко распространенных видов, таких как *Porcellio dilatatus* Brandt, 1833, *A. vulgare*, *Oniscus asseilus* Linnaeus, 1758, однако исследований с широким спектром растений, в т.ч. сельскохозяйственными, на данный момент не проводилось. Мокрицы видов *Porcellio scaber*, *Porcellionides pruinosus* и *Porcellio laevis* обитают в регионах России, в которых выращивают рис, кукурузу и пшеницу (*P. scaber* в Приморском крае, а *P. laevis* и *P. pruinosus* на юге России, в т.ч. в Краснодарском крае, который является основным рисопроизводящим регионом в России; Пищенко и др., 2020). Виды *P. pruinosus* и *P. scaber*, являясь космополитами, обитают во многих регионах России с разным составом растительных сообществ. Мокрицы некоторых космополитных видов могут менять свой рацион в результате экологических и пищевых адаптаций, чем будут влиять на структуру трофических сетей и почвенных сообществ (Zimmer, 2002).

Пищевые предпочтения мокриц напрямую связаны с особенностями биохимического состава растений (а именно высоким содержанием Ca, N, K, Mg, необходимых для роста мокриц) (Стриганова, 1980; Бессонова, 2018; Винокурова, Лобанова, 2011; Горбунова, Менщиков, 2023). Наиболее дефицитными элементами в питании мокриц являются кальций и медь, которые поглощаются из пищи почти на 100%. Однако мокрицы нуждаются и в дополнительных источниках этих элементов (например, в микробных белках, богатых незаменимыми аминокислотами), которые они способны получать, поедая собственные экскременты (Hassall, Rushton, 1985; Gongalsky et al., 2023). За счёт способности мокриц питаться широким спектром опада или древесины, в последнее время всё чаще проводятся эксперименты по разложению и предпочтениям мокриц при выборе корма, а также зависимости роста и выживаемости мокриц от уровня загрязнения почв или от питания тем или иным кормовым объектом для оценки эффективности рекультивации загрязненной металлами почвы, оценки косвенного влияния землепользования на пищевые предпочтения изопод, а также для изучения их кишечной микробиоты.

Целью данного исследования является изучение влияния выбора корма мокрицами на их выживаемость и скорость роста и оценка скорости поглощения растительной биомассы между мокрицами разных космополитных видов. Для этого был проведён эксперимент по измерению скорости поглощения опада восьми видов растений мокрицами трёх видов, а также определению выживаемости и прироста биомассы мокриц в зависимости от выбранного корма. Мы ожидали, что: [H1] листья липы, дуба и берёзы будут потребляться быстрее на основе литературных данных, которые показали фактический прирост биомассы тела изопод в результате питания листьями данных видов; [H2] между видами рода *Porcellio*, в отличие от вида *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833), будет отсутствовать разница в скорости поглощения растительного корма за счёт схожих морфометрических показателей, таких как масса мокриц и размер их тела.

### Материалы и методы

Особи мокриц видов *Porcellio laevis* Latreille, 1804, *Porcellio scaber* и *Porcellionides pruinosus* были взяты из культур, содержащихся в Московском зоопарке. Мокрицы в лабораторных условиях обычно содержатся на песке, естественной или искусственной почве, перлите или торфе при температуре  $20 \pm 2$  °C и влажности менее 50%. Корм состоит из молотых кленовых листьев (*Acer* L., 1753), картофельного порошка и коммерческого корма для кроликов (в соотношении 5:1:4; Hornung, Farkas, 2019; Al-Dabbagh, Marina, 1986).

Был выбран опад 8 видов растений: солома риса (*Oryza sativa* L., 1753), кукурузы (*Zea mays* L., 1753), пшеницы (*Triticum aestivum* L., 1753), листья дуба черешчатого (*Quercus robur* L., 1753), берёзы

повислой (*Betula pendula* Roth, 1788), липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill., 1768), ивы белой (*Salix alba* L., 1753), малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L., 1753). Листья липы, ивы и берёзы были собраны вручную методом механической срезки в естественных условиях в июне 2023 года в Национальном парке «Лосиный остров», Москва. Свежие листья дуба и малины были взяты из Московского зоопарка. Рисовая (сорт «Богатырь»), пшеничная и кукурузная солома была отобрана в 2016 г. на полях в Краснодарском крае (Zaitsev et al., 2018). После сбора листья промывали для удаления пыли, а затем сушили в течение 2 дней в сушильном шкафу при температуре 50°C. Для опытов использовали только листья без макроскопических признаков разложения.

Освещение в ходе эксперимента было искусственным с фотопериодом 8ч:16ч (день:ночь), температура воздуха составляла +22°C, а влажность почвы – 25% для всех вариантов эксперимента. Влажность поддерживалась за счёт увлажнения субстрата на каждый третий день эксперимента.

Для эксперимента использовали закрытые контейнеры 293×198 мм (5.8 л) с вентиляционным отверстием на крышке. Контейнер заполняли равномерно субстратом на глубину 2 см. В качестве грунта использовали кислый торф (200 г). Листья раскладывали в чашки Петри объёмом 90мм×90мм×14мм. Чашки Петри были заглублены в субстрат на три четверти, чтобы мокрицы могли попасть в них, но при этом не занести туда субстрат.

Мокриц разделяли на две группы: контрольная и экспериментальная (обе группы – в 5 повторностях). Каждая предварительно взвешенная (с точностью до 0.01 г) группа состояла из 10 взрослых мокриц в возрасте 7-8 месяцев.

В ходе опыта мокрицам экспериментальных групп было предложено 8 кормовых объектов массой 1 г, разложенных в чашках Петри по методу «Кафетерий» (Steinwandter, Seeber, 2020). При гибели мокриц в контейнер новую особь не подсаживали. Погибшую особь удаляли при обнаружении. Каждые трое суток измеряли массу листьев и соломы для оценки эффективности потребления кормового объекта. Контрольная группа содержалась исключительно на торфе. Эксперимент продолжался 21 сутки, на протяжении которых новый корм не подкладывали. Мокриц взвешивали группой (10 особей) в начале и конце эксперимента. Для этого каждую группу доставали из контейнеров и взвешивали на весах с точностью 0.01 г. В последний день эксперимента взвешивали всех оставшихся особей и рассчитывали среднее изменение биомассы на одну особь.

Измерения массы опада проводились каждые 3 дня. При взвешивании опад вынимали из контейнера и сушили в течение 6 часов при температуре +40°C. После измерений опад подкладывали обратно.

*Статистическая обработка.* При измерении массы растительного опада и массы мокриц рассчитывали средние значения и стандартные ошибки для групп каждого вида. По критерию непараметрического дисперсионного анализа Краскела–Уоллиса и Данна проводили множественное сравнение средних значений во времени. Для определения предпочтений мокриц при выборе корма подсчитывалось процентное соотношение поглощённой биомассы между растениями разных видов.

Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0.05. Анализ данных проводили с использованием программы Statistica 12.0 (StatSoft, Inc. 2013).

### Результаты и обсуждение

Всего за время эксперимента погибло 10 особей *P. scaber* из опытной группы и 10 – из контрольной, 11 особей *P. pruinosis* из опытной группы и 31 – из контрольной группы, 1 особь *P. laevis* из опытной группы и 4 из контрольной группы. Таким образом, выживаемость *P. laevis* в опытных группах на последний день эксперимента составила  $98 \pm 2\%$ , в то время как для *P. scaber* и *P. pruinosis* этот показатель составил  $80 \pm 7\%$  и  $78 \pm 3.7\%$  соответственно. Выживаемость мокриц в контрольных группах была ниже, чем в экспериментальных:  $80 \pm 4.4\%$  у *P. scaber*,  $38 \pm 9.6\%$  у *P. pruinosis*,  $92 \pm 3.7\%$  у *P. laevis*.

Особи разных видов различались по массе (Wilcoxon Matched Pairs Test,  $p < 0.05$ ). Средняя масса одной мокрицы *P. laevis* в экспериментальных группах составляла  $0.097 \pm 0.004$  г в начале эксперимента и  $0.107 \pm 0.008$  г в конце, *P. pruinosis* –  $0.025 \pm 0.001$  г и  $0.026 \pm 0.003$  г, *P. scaber* –  $0.072 \pm 0.007$  г и  $0.076 \pm 0.01$  г. Средний прирост биомассы за 21 день эксперимента составил 5.3% у *P. scaber*, 2.38% у *P. pruinosis*, 9.76% у *P. laevis*. Для контрольных групп было характерно снижение массы (табл. 1).

**Таблица 1.** Среднее значение массы (г) мокриц трёх видов в начале и конце эксперимента (n = 5).

Вид	Масса*	Контроль	Опыт
<i>Porcellio scaber</i>	А	0.60 ± 0.07	0.724 ± 0.07
	Б	0.55 ± 0.08	0.764 ± 0.1
<i>Porcellionides pruinosus</i>	А	0.19 ± 0.03	0.25 ± 0.01
	Б	0.18 ± 0.02	0.256 ± 0.03
<i>Porcellio laevis</i>	А	0.82 ± 0.18	0.976 ± 0.04
	Б	0.74 ± 0.17	1.072 ± 0.08

**Примечания к таблице 1:** А\* – начальная масса, Б – конечная масса; уровень значимости для контроля и опыта –  $P < 0.05$ .

Для всех особей, находящихся в контрольных группах, было характерно незначительное снижение биомассы (Mann-Whitney U Test,  $p < 0.05$ ). Наибольший прирост массы в экспериментальных группах наблюдался у *P. laevis* (на 9.83%).

Скорость потребления растительной массы, несмотря на схожие морфологические признаки (например, масса тела), различалась среди мокриц рода *Porcellio* (рис. 1). Наиболее значительные различия в динамике потребления корма были обнаружены между листьями липы, процент потребления которой составил от 57 до 70% от общего количества (в зависимости от вида мокриц), и дуба с 7-8% (тест Данна,  $p < 0.05$ ). Среди трёх видов соломы существенной разницы в скорости потребления выявлено не было (тест Данна, NS).

Наиболее предпочитаемыми видами опада оказались липа, берёза, ива и кукуруза (тест Данна,  $p < 0.05$ ; рис. 2).

Мокрицы разных видов различались по массе, что влияло на скорость потребления растительного корма и их прирост. В пересчёте на 1 г массы собственного веса мокрицы *P. laevis* и *P. scaber* за 21 день переработали 0.71 г и 0.79 г листьев липы, а *P. pruinosus* – 1.18 г (табл. 2).

Разница между видами *P. laevis* и *P. scaber* в приросте биомассы и выживаемости по результатам эксперимента являлась статистически значимой (Sign Test,  $p < 0.05$ ).

Низкую выживаемость *P. pruinosus* можно объяснить тем, что в природе особи данного вида тратят большое количество энергии на перемещение для поиска пищи и поиска укрытия, что не предусмотрено в наших экспериментальных условиях (Delhoumi, 2023).

Полученные результаты по поглощению мокрицами листьев липы и берёзы согласуются с литературными данными. Однако это только частично подтверждает гипотезу [Н1], т.к. вопреки нашим ожиданиям мокрицы предпочли листьям дуба другие виды растений. Вероятно, это может быть связано с низким уровнем содержания кальция в листьях дуба (Стриганова, 1980).

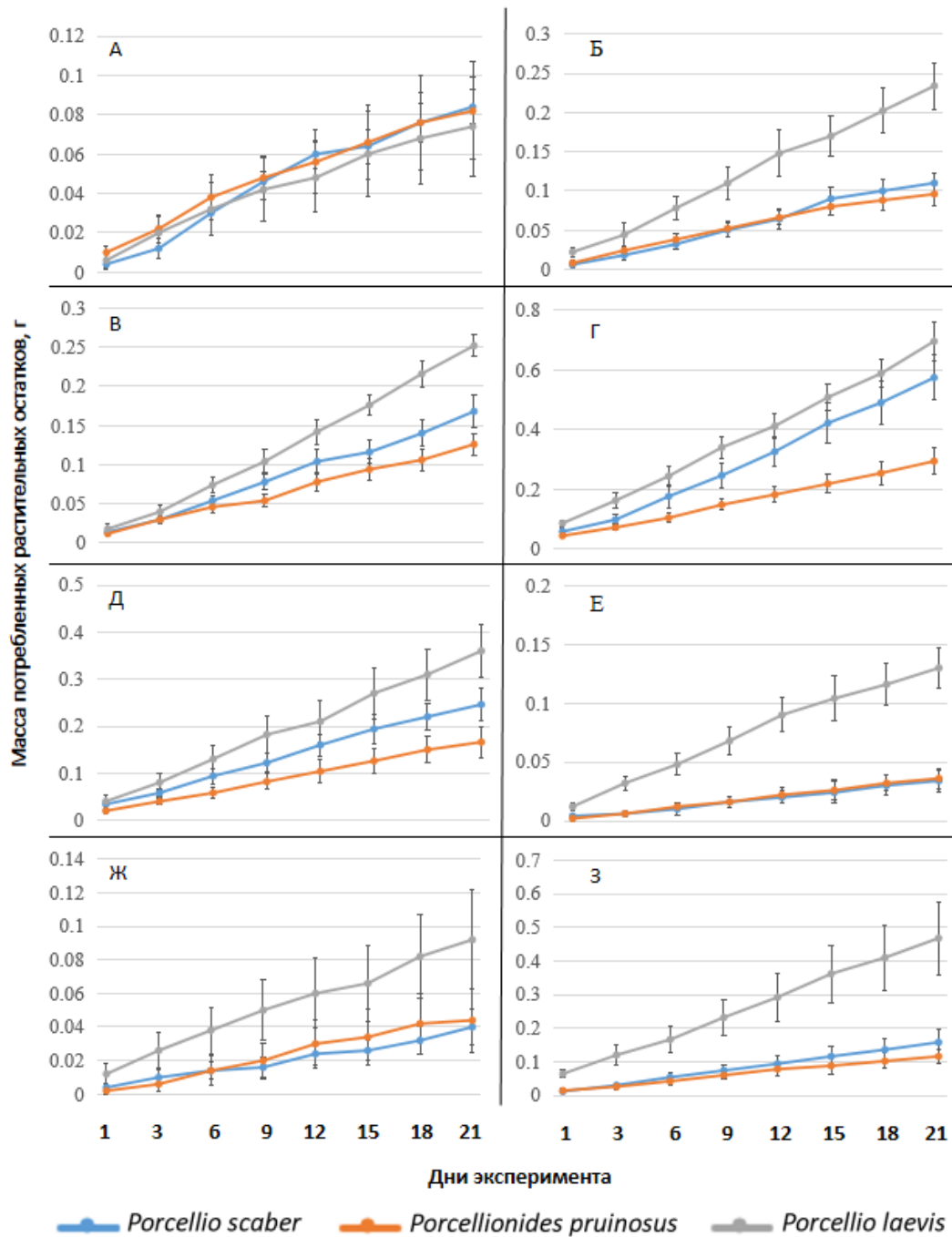
Предпочтения мокриц в растительном корме практически не зависели от вида мокриц, выбранных для эксперимента. Для всех исследуемых видов в первую очередь было характерно потребление листьев липы, ивы, кукурузы и берёзы. Различалось только соотношение потреблённой биомассы разными видами мокриц. Все вышеперечисленные виды, как правило, содержат лишь небольшое количество кремния (от 0.5% до 1%) в листьях. Для листьев малины это значение составляло 0.06%, а для дуба, соломы кукурузы и риса от 1.5% до 4.2% (Hodson et al., 2005). Скорее всего, именно содержание кремния влияло на пищевые предпочтения данных видов, т.к. его высокое содержание затрудняет разложение листьев и соломы микроорганизмами (Lebedev et al., 2020).

Поскольку между видами *P. scaber* и *P. laevis* на протяжении эксперимента наблюдалась существенная разница в скорости потребления растительного корма и прироста биомассы, можно сделать вывод, что при дальнейших лабораторных исследованиях мокриц выгоднее использовать именно вид *P. laevis* за счёт его высокой выживаемости и более широкого спектра предпочтений при выборе корма [Н2].

### Выводы

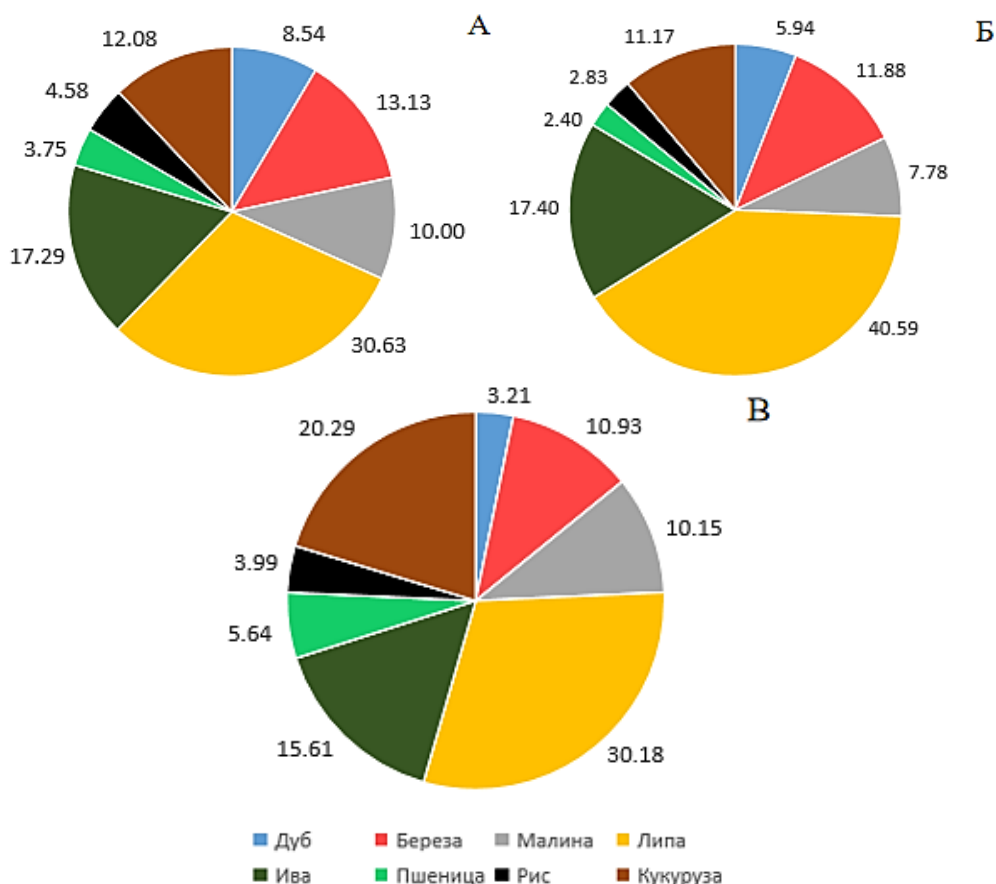
Литературные данные по биохимическому составу растений, используемых в эксперименте, показали, что содержание углерода, азота и их соотношение различались с предпочтениями изопод

(например, для дуба и липы были характерны схожие значения по данным элементам, хотя дубом мокрицы на протяжении эксперимента практически не питались) и, вероятно, не влияли на выбор (John et al., 2019, 2023; Korobushkin et al., 2014, 2016).



**Рис. 1.** Динамика потребления растительных остатков мокрицами *Porcellio laevis*, *Porcellio scaber* и *Porcellionides pruinosus* на протяжении 21 дня (в г/3 суток,  $M \pm S.E.$ ,  $n = 5$ ). Условные обозначения: А – дуб, Б – берёза, В – малина, Г – липа, Д – ива, Е – пшеница, Ж – рис, З – кукуруза.

Наши результаты также показывают, что выбранные для эксперимента виды способны питаться соломой кукурузы и эффективно перерабатывать её за счёт низкого содержания кремния в листьях (Hodson et al., 2005). Таким образом, в дальнейшей перспективе целесообразно проведение исследований по измерению органического вещества в почвах с кукурузных полей, а также отработка методик содержания для промышленного разведения данных видов мокриц для утилизации соломы.



**Рис. 2.** Предпочтения мокриц *Porcellionides pruinosus* (А), *Porcellio scaber* (Б), *Porcellio laevis* (В) при выборе корма в эксперименте (в %, n = 5).

**Таблица 2.** Эффективность переработки мокрицами трёх видов разных растительных кормов за 21 день эксперимента на 1 г массы собственного тела (n = 5).

Растительные остатки	Вид мокриц		
	<i>Porcellio scaber</i>	<i>Porcellionides pruinosus</i>	<i>Porcellio laevis</i>
Дуб	0.084 ± 0.009**	0.082 ± 0.025**	0.074 ± 0.025***
Береза	0.168 ± 0.022*	0.126 ± 0.014*	0.252 ± 0.014*
Малина	0.110 ± 0.013**	0.096 ± 0.016**	0.234 ± 0.029*
Липа	0.574 ± 0.076**	0.294 ± 0.043***	0.696 ± 0.064**
Ива	0.246 ± 0.034	0.166 ± 0.033**	0.360 ± 0.058
Пшеница	0.034 ± 0.009***	0.036 ± 0.009***	0.130 ± 0.017**
Рис	0.040 ± 0.011***	0.044 ± 0.019**	0.092 ± 0.03**
Кукуруза	0.160 ± 0.04*	0.120 ± 0.019*	0.470 ± 0.109

**Примечания к таблице 2.** Уровни значимости: \* – P < 0.05, \*\* – P < 0.01, \*\*\* – P < 0.001.

Стоит заметить, что при проведении подобных исследований необходимо учитывать не только условия содержания изопод, но и качество листового опада или подстилки. Например, при использовании в дальнейших экспериментах по кормлению мокриц подстилки из рисовых или пшеничных полей для мокриц может стать характерна высокая смертность, вызванная низким содержанием азота в опаде или почве (Lebedev et al., 2020).

Несмотря на изменение структуры растительных сообществ вследствие аридизации южных

регионов России (Губарев и др., 2022; Анисимов и др., 2012; Давыдова, 2022) популяции мокриц (в т.ч. виды, представленные в данном исследовании) способны менять свой рацион и приспосабливаться к питанию соломой некоторых злаковых растений. Это может повлиять на круговорот питательных веществ, а также на содержание устойчивого органического вещества в почвах данных регионов.

*Благодарности.* Авторы признательны М.В. Березину, Л.Ю. Русиной и энтомологическому отделу Московского зоопарка за помощь в проведении экспериментальной части исследования.

*Финансирование.* Работа поддержана грантом РНФ № 23-14-00201.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анисимов О.А., Борщ С.В., Георгиевский В.Ю., Инсаров Г.Э., Кобышева Н.В., Костяной А.Г., Кренке А.Н., Семенов С.М., Сиротенко О.Д., Фролов И.Е., Хлебникова Е.И., Шерстюков Б.Г. 2012. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: Росгидромет. 509 с.
- Бессонова В. 2018. Водопоглощающая способность и макроэлементный состав опада и подстилки природных дубовых биогеоценозов байрачного леса северной степи Украины // *Știința Agricolă*. № 1. С. 77-84.
- Винокурова Р.И., Лобанова О.В. 2011. Специфичность распределения макроэлементов в органах древесных растений елово-пихтовых лесов республики Марий Эл // *Вестник МарГТУ*. № 2. С. 76-83.
- Горбунова В.Д., Менищikov С.Л. 2023. Макроэлементный состав листьев берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) в градиенте аэротехногенного загрязнения ао «карабашмедь» // *Лесной вестник*. Т. 27. № 5. С. 170-178.
- Губарев Д.И., Левецкая Н.Г., Деревягин С.С. 2022. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья // *Аридные экосистемы*. Т. 28. № 1 (90). С. 20-27. [Gubarev D.I., Levitskaya N.G., Derevyagin S.S. 2022. Influence of Climate Change on Soil Degradation in Arid Zones of the Volga Region // *Arid Ecosystems*. Vol. 12. No. 1. P. 15-21.]
- Давыдова Н.Д. 2022. Изменения в компонентах степных геосистем Юго-восточного Забайкалья в условиях потепления климата // *Аридные экосистемы*. Т. 28. № 1 (90). С. 3-10. [Davydova N.D. 2022. Change in the Components of Steppe Geosystems in the Southwestern Transbaikal Region with Climate Warming // *Arid Ecosystems*. Vol. 12. No. 1. P. 1-7.]
- Мордкович В.Г., Любечанский И.И. 2020. Почвенные беспозвоночные Русского лесостепья (обзор публикации XX-XXI вв. и ревизия результатов) // *Почвы и окружающая среда*. Т. 3. № 4.
- Пищенко Д.А., Гаркуша С.В., Тешева С.А. 2020. Эффективность выращивания риса в Краснодарском крае // *Масличные культуры*. № 3 (183). С.103-106
- Стриганова Б.Р. 1980. Питание почвенных сапрофагов. М.: Наука. 242 с.
- Российский статистический ежегодник – 2023. 2023. М.: Росстат. 704 с.
- Al-Dabbagh K.Y., Marina B.A. 1986. Relationship Between Oxygen Uptake and Temperature in the Terrestrial Isopod *Porcellionides pruinosus* // *Journal of Arid Environments*. Vol. 11 (3). P. 227-233.
- Chen Y., Zhang Y., Zhang Q., Xu L., Li R., Luo X., Zhang X., Tong J. 2015. Earthworms Modify Microbial Community Structure and Accelerate Maize Stover Decomposition during Vermicomposting // *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 22. P. 17161-17170.
- Delhoumi M., Bouslama M.F., Achouri M.S. 2023. Effects of Moisture Decrease on Behavioral and Life History Traits in Three Species of Terrestrial Isopods // *The European Zoological Journal*. Vol. 90 (2). P. 832-839.
- Gorbunova A.Yu., Korobushkin D.I., Kostina N.V., Degtyarev M.I., Gongalsky K.B., Zaitsev A.S. 2020. Level of Soil Moisture Determines the Ability of *Eisenia fetida* to Re-Incorporate Carbon from Decomposed Rice Straw into the Soil // *European Journal of Soil Biology*. Vol. 99. Article No. 103209.
- Gongalsky K.B., Korobushkin D.I., Baratova L.A., Bastrakov A.I., Degtyarev M.I., Gorbunova A., Ksenofontov A.L., Lapa S.A., Lebedev I.M., Zaitsev A.S. 2023. Soil Saprophages as an Emerging Global Source of Micronutrients // *Journal of Insects as Food and Feed*. Vol. 9 (12). P. 1603-1613.
- Hassall M., Rushton S. 1985. The Adaptive Significance of Coprophagous Behaviour in the Terrestrial Isopod *Porcellio scaber* // *Pedobiologia*. Vol. 28. P. 169-175.
- Hodson M.J., White P.J., Mead A., Broadley M.R. 2005. Phylogenetic Variation in the Silicon Composition of Plants // *Annals of Botany*. Vol. 96(6). P. 1027-1046.
- Hornung E., Farkas S. 2019. Tests on the Isopod *Porcellio scaber*: Mesopotamian // *Journal of Marine Sciences*. Vol. 34 (2). P. 126-141.
- John K., Degtyarev M., Gorbunova A., Korobushkin D., Knöss H., Wolters V., Zaitsev A.S. 2019. Enchytraeids Simultaneously Stimulate Rice Straw Degradation and Mitigate CO<sub>2</sub> Release in a Paddy Soil // *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 131. P. 191-194.
- John K., Zaitsev A.S., Zuev A.G., Aspe N.M., Korobushkin D.I., Wolters V. 2023. Isotopic Evidence for the Effects of Earthworm and Straw Amendment on Root Carbon Uptake of Upland Rice and Maize // *European Journal of Soil*

- Biology. Vol. 119. Article No. 103558.
- Korobushkin D.I., Gongalsky K.B., Tiunov A.V.* 2014. Isotopic Niche ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  Values) of Soil Macrofauna in Temperate Forests // Rapid Communications in Mass Spectrometry. Vol. 28. P. 1303-1311.
- Korobushkin D.I., Korotkevich A.Yu., Kolesnikova A.A., Goncharov A.A., Panchenkov A.A., Tiunov A.V.* 2016. Consumption of Aquatic Subsidies by Soil Invertebrates in Coastal Ecosystems // Contemporary Problems of Ecology. Vol. 9 (4). P. 396-406.
- Lebedev Yu.M., Gongalsky K.B., Gorbunova A.Y., Zaitsev A.S.* 2020. Rice Straw Decomposition by Woodlice (Isopoda, Oniscidea) and Millipedes (Myriapoda, Diplopoda) in the Soils of Kalmykia in a Laboratory Experiment // Arid Ecosystems. Vol. 26. No. 3 (84). P. 251-254. [*Лебедев Ю.М., Гонгальский К.Б., Горбунова А.Ю., Зайцев А.С.* 2020. Разложение рисовой соломы мокрицами (Isopoda, Oniscidea) и двупарноногими многоножками (Myriapoda, Diplopoda) в почвах Калмыкии в лабораторном эксперименте // Аридные экосистемы. Т. 26. № 3 (84). С. 88-92.]
- Moody S.A., Briones M.J.I., Pearce T.G., Dighton J.* 1995. Selective Consumption of Decomposing Wheat Straw by Earthworms // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 27 (9). P. 1209-1213.
- Potapov A.M., Beaulieu F., Birkhofer K., Bluhm S.L., Degtyarev M.I., Devetter M., Goncharov A.A., Gongalsky K.B., Klarner B., Korobushkin D.I., Liebke D.F., Maraun M., Mc Donnell R.J., Pollierer M.M., Schaefer I., Shrubovych J., Semenyuk I.I., Sendra A., Tuma J., Tůmová M., Vassilieva A.B., Chen T.-W., Geisen S., Schmidt O., Tiunov A.V., Scheu S.* 2022. Feeding Habits and Multifunctional Classification of Soil-Associated Consumers from Protists to Vertebrates // Biological Reviews. Vol. 97. P. 1057-1117.
- Sechet E., Noel F.* 2015. Catalogue commenté des Crustacés Isopodes terrestres de France métropolitaine (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) // Bordeaux: Société linnéenne de Bordeaux. Vol. 16. P. 1-156.
- Steinwandter M., Seeber Ju.* 2020. The Buffet is Open: Alpine Soil Macro-Decomposers Feed on a Wide Range of Litter Types in a Microcosm Cafeteria Experiment // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 144. Article No. 107786.
- Sutton S.* 1972. Woodlice. London: Ginn and Company Ltd. P. 148.
- Zaitsev A.S., Gorbunova A.Yu., Korobushkin D.I., Degtyarev M.I., Zhadova A.N., Kostina N.V., Gongalsky K.B.* 2018. Earthworms *Eisenia fetida* Modulate Greenhouse Gases Release and Carbon Stabilization after Rice Straw Amendment to Paddy Soil // European Journal of Soil Biology. Vol. 89. P. 39-44.
- Zimmer M.* 2002. Nutrition in Terrestrial Isopods (Isopoda: Oniscidea): an Evolutionary-Ecological Approach // Biological Reviews. Vol. 77 (4). P. 455-493.