

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ *

О.Н. Октябрьский, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

Г.В. Смирнова, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

З.Ю. Самойлова, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

Н.Г. Музыка, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

А.В. Тюленев, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН;*
Пермский государственный национальный исследовательский университет

М.Н. Брысова, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

Т.В. Калашникова, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

В.Ю. Ушаков, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН;*
Пермский государственный национальный исследовательский университет

Л.С. Терентьева, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Е.В. Суханова, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Для цитирования:

Октябрьский О.Н., Смирнова Г.В., Самойлова З.Ю., Музыка Н.Г., Тюленев А.В., Брысова М.Н., Калашникова Т.В., Ушаков В.Ю., Терентьева Л.С., Суханова Е.В. Комплексное исследование биологической активности перспективных кормовых растений // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2022. – № 2. – С. 27–35. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2022.2.3>

Целью работы было исследование биологической активности экстрактов перспективных кормовых трав эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria*), козлятника восточного (*Galéga orientális*) и левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoide*). Экстракты обладали антирадикальной, хелатирующей и прооксидантной активностью и способностью ингибировать образование биопленок. Наиболее заметная биологическая активность наблюдались у козлятника восточного, высокоурожайной культуры, богатой белком и клетчаткой. Принимая во внимание способность экстрактов к ингибированию образования биопленок, следует признать перспективность применения исследуемых трав для снижения колонизации кишечника жвачных животных патогенными бактериями. Хотя экстракты не проявляли антимикробного действия, они заметно модулировали ответ бактерий на действие антибиотиков, влияя на скорость роста, дыхание и количество персистеров. В большинстве случаев наблюдалось снижение эффективности таких антибиотиков, как канамицин, тетрациклин и цефотаксим.

В исследованиях использовались экстракты трав, выращенных в 2019–2020 гг. на опытных полях Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ПНИИСХ) ПФИЦ УрО РАН, расположенного в с. Лобаново Пермского района Пермского края.

* Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-44-590009 «Комплексное исследование биологической активности перспективных кормовых растений».

Ключевые слова: кормовые травы, микробные тест-системы, *Escherichia coli*, антиоксидантная активность, антибиотики, образование биопленок.

Производство молока и мяса в условиях глобальных колебаний климата требует новых подходов для улучшения использования кормов [10, с. 7–22]. Использование кормовых трав с высоким содержанием витаминов, фенольных соединений и других биологически активных веществ рассматривается как важная часть перспективной стратегии развития животноводства. Среди этих растений особый интерес представляют эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*), козлятник восточный (*Galéga orientalis*) и левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*). Их достоинством является высокое содержание биологически активных веществ (БАВ), высокая урожайность и способность произрастать в широких климатических условиях от Европы и Ближнего Востока до Восточной Африки.

Недавно были описаны антиоксидантные свойства *in vitro* и фенольный состав экстрактов козлятника восточного [1, с. 142–143; 2, с. 127–131] и эспарцета песчаного [3, с. 690–694], а также доложено, что экстракты левзеи сафлоровидной богаты экидистероидами и фенольными соединениями, обладающими многообещающим адаптогенным и антиоксидантным потенциалом [4, с. 851–852]. В то же время мало сведений о молекулярных механизмах, активность которых модулируется компонентами экстрактов этих растений в живых организмах.

Известно, что антиоксидантная активность (АОА) растений коррелирует с количеством фенольных соединений [7, с. 1178–1182; 12, с. 2271–2274], которые в зависимости от условий могут проявлять двойное (как про-, так и антиоксидантное) действие [3, с. 1383–1389]. Во многих работах АОА растительных экстрактов изучается с использованием бесклеточных систем, однако следует учесть, что антиоксидантное действие фенольных соединений внутри живой клетки может быть не только результатом

прямого антиоксидантного действия, но и следствием стимуляции экспрессии антиоксидантных генов за счет продукции активных форм кислорода [12, с. 2271–2274; 6, с. 38–41). В данной работе мы уделили внимание измерению про- и антиоксидантной активности экстрактов кормовых растений в живых клетках.

Объекты и методы исследования

Учитывая, что стимуляция микробиоты кишечника растительными фенолами может быть одним из механизмов, приводящих к благотворному влиянию на здоровье макроорганизма [2, с. 3–6; 8, с. 2–9; 4, с. 84–91], в качестве объекта исследований нами использована бактерия *Escherichia coli*, распространенный представитель кишечных бактерий млекопитающих, в том числе жвачных животных. В предварительных исследованиях было показано, что эти бактерии являются удобной тест-системой для исследования биологической активности экстрактов растений [7, с. 1178–1182; 12, с. 2271–2274]. Еще одним преимуществом такого подхода была возможность оценить влияние изучаемых растительных экстрактов на образование бактериальной биопленки [9, с. 383–387]. Образование биопленок может способствовать или предотвращать колонизацию кишечника жвачных определенными бактериями.

В работе исследовалась биологическая активность кормовых трав эспарцета песчаного, козлятника восточного и левзеи сафлоровидной с использованием микробных тест-систем на основе бактерий *E.coli* BW25113. Растущие бактерии обрабатывались экстрактами трав, выращенными в 2019–2020 гг. на опытных полях Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ПНИИСХ) ПФИЦ УрО РАН, расположенного в с. Лобаново Пермского района Пермского края. Измеряли рост и выживаемость бактериальных культур в жидких культурах

на мясопептонном агаре и экспрессию генов с использованием штаммов *E.coli* с генными слияниями и биопленкообразование на 96-луночных планшетах.

Способность бактерий к образованию биопленок в присутствии экстрактов определяли на 96-луночных планшетах путем окрашивания прикрепленных клеток генцианвиолетом и определения оптической плотности при длине волны 540 нм на микропланшетном спектрофотометре xMark™ BioRad (США). Кроме того, определялось количество колониеобразующих единиц (КОЕ) в планктоне и в составе биопленки.

С помощью ВЭЖХ определяли общий уровень фенольных соединений и их качественный состав. Измеряли также антиоксидантную и прооксидантную активность и способность к связыванию радикалов с DPPH и хелатированию металлов с феррозином. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) и растворенный кислород (dO₂) измеряли непрерывно при помощи электрохимических сенсоров непосредственно в растущей культуре в реальном времени. В последнем случае использовали электрод Кларка InPro 6800 и блок контроля dO₂/pH ферментера BioFlo 110.

Биохимический анализ растительных образцов, выращенных на опытном участке Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства ПФИЦ УрО РАН, проводили с использованием методов, рекомендованных ГОС-Том: сухое вещество – высушиванием образцов при температуре 65°C в сушильном шкафу (ГОСТ 31640-2012); сырой протеин – по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-2019); сырая клетчатка – по Геннебергу и Штоману (ГОСТ 31675-2012); каротин (ГОСТ 13496.17-2019).

Результаты и обсуждение

В 2019 году из надземной части растений, собранных в фазе бутонизации и начала цветения, были получены водно-спиртовые экстракты и проведено комплексное исследование их состава.

Химический анализ показал, что козлятник восточный содержит максимальное количество клетчатки и белка (в 1,5 и 1,8 раз больше, чем левзея сафлоровидная и эспарцет песчаный), в то время как эспарцет показал максимальное содержание каротина, а левзея - самый высокий уровень обменной энергии (табл.).

Все экстракты проявляли антиоксидантную активность, обеспечивая защитное действие от ингибирования роста при обработке пероксидом (H₂O₂) и генератором супероксида менадионом в растущих культурах бактерий *E. coli*. Максимальный протекторный эффект проявлял экстракт козлятника, что может быть связано с его высокой хелатирующей активностью и способностью к индукции антиоксидантных генов *katG*, *katE* и *sodA* при аутоокислении с образованием H₂O₂. Ни один из экстрактов не ингибировал рост бактерий и не вызывал индукцию SOS ответа, то есть не оказывал повреждающего действия на ДНК.

Ранее нами и другими исследователями было показано, что экстракты некоторых растений и входящие в их состав полифенолы, обладающие высокой антиоксидантной активностью, способны модифицировать антимикробный эффект антибиотиков. В связи с этим в течение второго года выполнения проекта было изучено влияние испытуемых экстрактов и отдельных полифенолов на действие антибиотиков, применяемых в животноводстве и имеющих различные молекулярные мишени.

Биохимический состав абсолютно сухой массы левзеи сафлоровидной в первом укосе и эспарцета песчаного и козлятника восточного во второй год жизни в фазу бутонизации – начала цветения

Экстракт растения	Сухое вещество, %	Сырой протеин, %	Сырая клетчатка, %	Каротин, %	Обмен. энергия, МДж/кг
левзея	20,85	15,27	20,32	139,43	11,30
эспарцет	27,69	12,59	27,81	178,9	9,97
козлятник	11,27	24,50	23,00	56,20	10,86

Исследовалось воздействие на *E. coli* четырех антибиотиков: канамицин и тетрациклин ингибируют синтез белка, фторхинолон цiproфлоксацин подавляет синтез ДНК, а цефалоспориин цефотаксим блокирует синтез пептидогликана клеточной стенки. Оценивалось влияние этих антибиотиков на рост, дыхание и способность бактерий поддерживать мембранный потенциал, а также на способность к образованию колоний на агаризованной среде после воздействия антибиотика. Все антибиотики вызывали ингибирование роста *E. coli*, что выражалось в падении удельной скорости роста (μ). В случае цiproфлоксацина (3 мкг/мл), канамицина (30 мкг/мл) и тетрациклина (60 мкг/мл) отрицательные значения μ , свидетельствующие о гибели части клеток в популяции, наблюдались через 60 минут после начала экспозиции к антибиотикам. Цефотаксим (10 мкг/мл) вызывал лизис уже после 30 минут воздействия.

В отсутствие антибиотиков экстракты левзеи, эспарцета и козлятника оказывали слабый эффект на скорость роста бактерий в течение двух часов после добавления экстракта. Однако присутствие эспарцета и козлятника продлевало период роста с высокой скоростью: через 3 часа скорость роста в присутствии этих экстрактов в 2 раза превышала ее значение в контроле. Обработка бактерий экстрактами за 30 минут до добавления цiproфлоксацина не влияла на изменения μ , вызванные этим антибиотиком. В случае канамицина экстракт левзеи ускорял снижение μ . Присутствие экстрактов левзеи и эспарцета значительно замедляло падение скорости роста при действии тетрациклина (значение μ снижалось до отрицательных величин на 30 минут позднее, чем в контроле без экстрактов). Экстракты не влияли на время наступления лизиса при действии цефотаксима, однако экстракт козлятника существенно снижал скорость лизиса через 2 часа после начала экспозиции к этому антибиотику.

Влияние экстрактов и антибиотиков на дыхание бактерий изучали путем непрерывного слежения за изменением парци-

ального давления кислорода в среде культивирования (pO_2). Характер воздействия антибиотиков на дыхание *E. coli* сильно зависел от типа антибиотика. Цiproфлоксацин (3 мкг/мл) вызывал характерное двухфазное ингибирование дыхания. Первая фаза наблюдалась сразу после добавления антибиотика и продолжалась в течение 30 минут, затем эта фаза сменялась 30-минутной стабилизацией значения pO_2 , после чего концентрация растворенного кислорода вновь возрастала, что совпадало с полным ингибированием роста и падением мембранного потенциала.

Ингибирующий эффект канамицина на дыхание *E. coli* проявлялся только через 2 часа после воздействия антибиотика. Действие тетрациклина имело сходный характер с эффектом цiproфлоксацина, за исключением малой продолжительности периода стабилизации после первой фазы ингибирования дыхания. Цефотаксим не влиял на дыхание бактерий в течение 15 минут после добавления в среду, однако затем быстро вызывал его полное ингибирование, о чем свидетельствовало повышение pO_2 до 100%.

Добавление экстрактов в среду без антибиотиков не вызывало существенного изменения динамики pO_2 по сравнению с контролем. Предобработка экстрактами не оказывала существенного влияния на характер изменения pO_2 при действии цiproфлоксацина. При действии канамицина присутствие экстракта эспарцета ускоряло ингибирование дыхания по сравнению с эффектом самого антибиотика. В случае тетрациклина присутствие экстракта эспарцета песчаного значительно замедляло процесс ингибирования дыхания, что хорошо согласуется с замедленным падением скорости роста бактерий в этих условиях. Экстракт козлятника восточного снижал ингибирующий эффект на дыхание, вызванный цефотаксимом, что также соответствует протекторному действию этого экстракта на рост бактерий.

Экстракты не оказывали влияния на уровень мембранного потенциала, измеряемого с использованием флуоресцент-

ного красителя DiBAC₄(3). DiBAC₄(3) окрашивает деполяризованные клетки, утратившие мембранный потенциал. Действие всех антибиотиков вызывало увеличение количества таких клеток, однако степень и динамика падения мембранного потенциала существенно изменялись в зависимости от вида антибиотика. Наибольший эффект оказывал цефотаксим, повреждающий клеточную оболочку. Его добавление повышало уровень деполяризованных клеток в популяции до 45% уже через 30 мин воздействия. Через 90 мин мембранного потенциала были лишены практически все клетки. Тетрациклин также приводил к быстрому падению мембранного потенциала в течение первых 30 мин экспозиции, однако в дальнейшем падение прекращалось и количество деполяризованных клеток сохранялось на уровне 30%. В случае ципрофлоксацина и канамицина в падении мембранного потенциала наблюдался длительный лаг. Значительное возрастание количества деполяризованных клеток наблюдалось после 60 мин экспозиции к антибиотикам.

Экстракты эспарцета песчаного и козлятника восточного стимулировали накопление биомассы бактерий, что отражалось в повышении значений оптической плотности (OD₆₀₀) и количества колониеобразующих единиц (КОЕ) по сравнению с контролем. Все изученные антибиотики проявляли бактерицидную активность против *E. coli*. При действии этих антибиотиков наблюдалось снижение КОЕ на 1–6 порядков в зависимости от вида анти-

биотика. Наибольшую бактерицидную активность демонстрировал канамицин, наименее выраженным бактерицидным действием обладал тетрациклин. Предобработка экстрактами не влияла на изменения КОЕ, вызванные ципрофлоксацином. При действии канамицина присутствие экстрактов левзеи и эспарцета увеличивало количество жизнеспособных клеток в 3,7 и 4,7 раз по сравнению с контролем через 4 часа экспозиции к антибиотику. Экстракт эспарцета также оказывал протекторное действие против тетрациклина, повышая число КОЕ в 1,65 раза. Присутствие экстрактов левзеи и козлятника в 3 раза повышало число КОЕ через 4 часа после обработки цефотаксимом (рис. 1).

Таким образом, наши исследования показали, что предобработка экстрактами эспарцета песчаного, козлятника восточного и левзеи сафлоровидной может модулировать ответ бактерий на действие антибиотиков, влияя на скорость роста, дыхание и количество персистеров. В большинстве случаев наблюдалось снижение эффективности антибиотиков, однако эффект был относительно слабым. Сами экстракты не проявляли антимикробной активности.

Нами также изучено влияние на рост и выживаемость *E. coli* чистых полифенолов кверцетина и ресвератрола, обладающих высокой антиоксидантной активностью в химических тестах. По сравнению с кверцетином ресвератрол проявлял более слабую способность индуцировать антиоксидантные гены и защищать бакте-

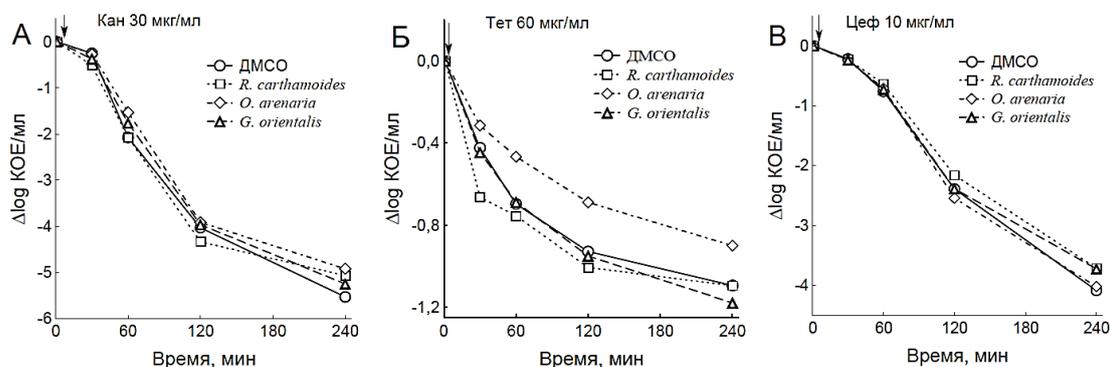


Рис. 1. Модифицирующее влияние экстрактов на бактерицидную активность антибиотиков

рии от окислительного стресса, индуцированного добавлением перекиси водорода. В среде без антибиотиков оба полифенола вызвали дозозависимое ингибирование роста, обратимое падение мембранного потенциала и снижение числа КОЕ.

Однако предобработка ресвератролом (40 и 100 мкг/мл) и кверцетином (40 мкг/мл) снижала бактериостатический эффект канамицина, стрептомицина, цефотаксима и частично ципрофлоксацина. Оба полифенола в большинстве случаев также снижали бактерицидную активность этих антибиотиков. Парадоксально, что в отличие от высоких концентраций, низкие дозы кверцетина и ресвератрола усиливали бактерицидное действие канамицина и, отчасти, ципрофлоксацина.

Наши данные указывают на то, что снижение бактерицидной активности антибиотиков высокими дозами полифенолов может быть связано с ингибированием скорости роста бактерий и, следовательно, снижением числа внутриклеточных мишеней антибиотиков в присутствии полифенолов. В случае кверцетина существенный вклад в протекторное действие, по-видимому, может вносить его антиоксидантная активность. В целом на-

ши данные свидетельствуют о том, что следует проявлять осторожность при одновременном применении традиционных антибиотиков и растительных полифенолов при антибиотикотерапии, поскольку в некоторых ситуациях полифенолы могут существенно снижать антимикробную активность антибиотиков.

В течение второго года выполнения проекта (2020–2021 г.г.) было продолжено изучение влияния экстрактов на способность бактерий *E. coli* к образованию биопленок. Все экстракты ингибировали рост биопленок прямо пропорционально используемой концентрации. При максимальной дозе в 100 мкг/мл удельное значение биопленкообразования (SBF) снижалось в 2–4 раза. Наименьшую ингибирующую активность проявлял экстракт эспарцета. Этот экстракт не влиял на количество КОЕ в планктоне, но в 6 раз уменьшал КОЕ в составе биопленки (рис. 2).

Мы также изучили воздействие экстрактов на зрелые суточные биопленки. Добавление 100 мкг/мл экстрактов к зрелым биопленкам не вызывало их дисперсии, напротив, наблюдался небольшой дополнительный рост массы биопленок по сравнению с контролем в течение по-

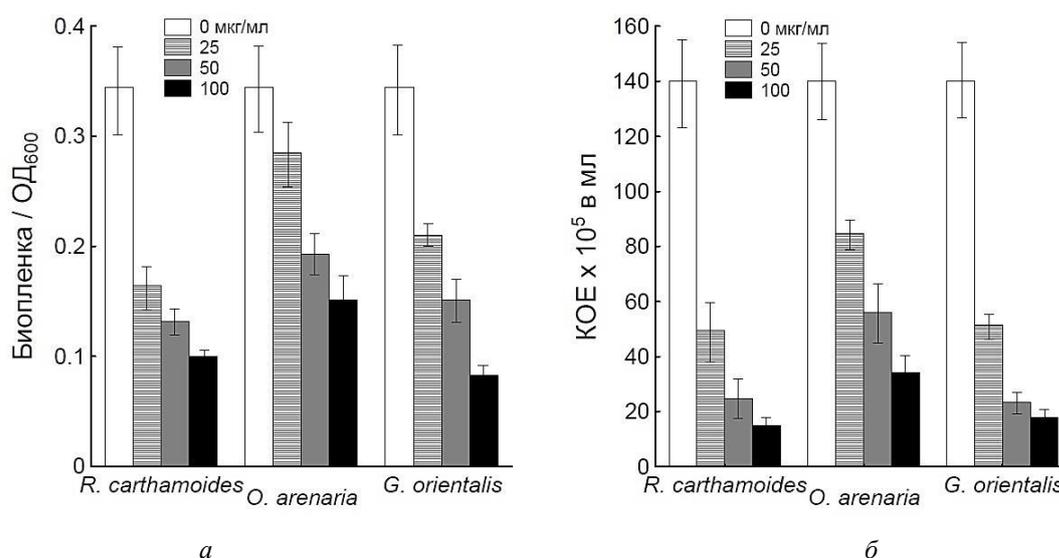


Рис. 2. Влияние экстрактов на способность бактерий *E. coli* к формированию биопленок:
а – обработка экстрактами (100 мкг/мл);

б – влияние экстракта эспарцета песчаного на число КОЕ в биопленках.

Показаны средние значения и ошибка среднего из не менее трех независимых экспериментов

следующих суток инкубации. Это указывает на возможную роль соединений, входящих в экстракты, на ранних этапах биопленкообразования, например, путем их воздействия на редокс-чувствительные компоненты сигнальных путей.

Используя данные ВЭЖХ анализа экстрактов, мы изучили влияние на биопленкообразование ряда редокс-активных фенольных соединений, входящих в их состав. В число испытуемых компонентов входили галловая, таниновая, кумаровая и кофейная кислоты, катехин, эпигаллокатехингаллат, кверцетин, рутин, кемпферол и нарингин. В концентрации 0,1 мМ эти соединения, за исключением галловой и таниновой кислот, не влияли на рост бактерий в планктоне. Галловая и таниновая кислоты вызывали статистически значимое ингибирование роста на 13 и 34% соответственно и снижение КОЕ в планктоне и биопленках. В то же время галловая и таниновая кислоты, а также катехин, эпигаллокатехингаллат и кемпферол стимулировали образование биопленок, повышая SBF в 1,2–1,7 раза по сравнению с контролем. Нарингин ингибировал SBF на 30%. Остальные изученные соединения не оказывали статистически значимого влияния.

Таким образом, в отличие от самих экстрактов, все изученные фенольные соединения, кроме нарингина, либо не влияли на образование биопленок, либо даже стимулировали их образование. Причины ингибирующего действия экстрактов на биопленкообразование требуют дальней-

шего изучения. Следует отметить, что внесение экстрактов в среду способствует более длительному поддержанию роста и повышенному накоплению биомассы в планктоне по сравнению с контролем, вероятно, за счет использования некоторых компонентов экстрактов в качестве дополнительных ростовых субстратов. Возможно, эти соединения также влияют и на образование биопленок, препятствуя переходу клеток из планктона.

Заключение

Комплексная оценка биологической активности трех кормовых трав показала, что экстракты исследуемых растений значительно различаются по биологической активности. Наиболее заметная биологическая активность наблюдалась у козлятника восточного, высокоурожайной культуры, богатой белком и клетчаткой. Экстракты обладали, хотя и в разной степени, антирадикальной, хелатирующей и прооксидантной активностью и способностью ингибировать образование биопленок. Это указывает на перспективность применения исследуемых трав для снижения колонизации кишечника жвачных животных патогенными бактериями. Экстракты не проявляли выраженного antimicrobial действия, но модулировали ответ бактерий на действие антибиотиков, влияя на скорость роста, дыхание и количество персистеров. В большинстве случаев наблюдалось снижение эффективности таких антибиотиков, как канамицин, тетрациклин и цефотаксим.

Библиографический список

1. Biskup E., Szymlarz B., Golebiowski M., Borsuk K., Stepnowski P., Lojkowska E. Composition and biological activity of *Rhaponticum carthamoides* extracts obtained from plants collected in Poland and Russia // J. Med. Plants Res. – 2013. – Vol. 7. – P. 687–695.
2. Dueñas M., Muñoz-González I., Cueva C., Jiménez-Girón A., Sánchez-Patán F., Santos-Buelga C., Moreno-Arribas M.V., Bartolomé B. A survey of modulation of gut microbiota by dietary polyphenols // Biomed. Res. Int. – 2015. – 850902.
3. Eghbaliferiz S., Iranshahi M. Prooxidant activity of polyphenols, flavonoids, anthocyanins and carotenoids: uptake review of mechanisms and catalyzing metals // Phytother. Res. – 2016. – Vol. 30. – P. 1379–1391.
4. Espín J.C., González-Sarrias A., Tomás-Barberán F.A. The gut microbiota: a key factor in the therapeutic effects of (poly)phenols // Biochem. Pharmacol. – 2017. – Vol. 139. – P. 82–93.
5. Kokoska L., Janovska D. Chemistry and pharmacology of *Rhaponticum carthamoides*: a review // Phytochem. – 2009. – Vol. 70. – P. 842–855.

6. Koltover V.K. Antioxidant biomedicine: from free radical chemistry to systems biology mechanisms // Russ. Chem. Bull. – 2010. – Vol. 59. – P. 37–42.
7. Oktyabrsky O., Vysochina G., Muzyka N., Samoiloza Z., Kukushkina T., Smirnova G. Assessment of antioxidant activity of plant extracts using microbial test systems // J. Appl. Microbiol. – 2009. – Vol. 106. – P. 1175–1183.
8. Ozdal T., Sela D.A., Xiao J., Boyacioglu D., Chen F., Capanoglu E. The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility // Nutrients. – 2016. – Vol. 8. – P. 78.
9. Samoiloza Z., Tyulenev A., Muzyka N., Smirnova G., Oktyabrsky O. Tannic and gallic acids alter redox-parameters of the medium and modulate biofilm formation // AIMS Microbiol. – 2019. – Vol. 5. – P. 379–392.
10. Shaheen H., Qureshi R., Qaseem M.F., Bruschi P. The fodder grass resources for ruminants: a indigenous treasure of local communities of Thal desert Punjab, Pakistan // PLOS One. – 2020. – Vol. 15. – e0224061.
11. Shymanska O., Vergun, O., Rakhmetov D., Brindza J., Ivanišová E. A total content of phenolic compounds in the ethanol extracts of Galega officinalis L. and G. orientalis Lam. // Abstract. Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. – 2018. – Vol. – 2. – P. 140–145.
12. Smirnova G.V., Vysochina G.I., Muzyka N.G., Samoylova Z., Kukushkina T., Oktyabrsky O. Evaluation of antioxidant properties of medical plants using microbial test systems // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2010. – Vol. 26. – P. 2269–2276.
13. Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Grygorieva O., Ivanišová E., Brindza J. Parameters of antioxidant activity of Galega officinalis L. and Galega orientalis Lam. (Fabaceae Lindl.) plant raw material // Potravinárstvo Slovak J. Food Sciences. – 2020. – Vol. 14. – P. 125–134.

COMPREHENSIVE STUDYING THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF PROMISING FODDER GRASSES

O.N. Oktyabrsky¹, G.V. Smirnova¹, Z.Y. Samoiloza¹, N.G. Muzyka¹, A.V. Tyulenev^{1,2},
M.N. Brysova¹, T.V. Kalashnikova¹, V.Y. Ushakov^{1,2}, L.S. Terentyeva³, E.V. Sukhanova³

¹*Institute of ecology and genetics of microorganisms UB RAS*

²*Perm State National Research University*

³*Perm Agriculture Research Institute*

For citation:

Oktyabrsky O.N., Smirnova G.V., Samoiloza Z.Y., Muzyka N.G., Tyulenev A.V., Brysova M.N., Kalashnikova T.V., Ushakov V.Y., Terentyeva L.S., Sukhanova E.V. Combined study the biological activity of promising fodder grasses // Perm Federal Research Center Journal. – 2022. – № 2. – P. 27–35. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2022.2.3>

The aim of the work was to study the biological activity of extracts of promising fodder grasses *Onobrychis arenaria*, *Galéga orientalis* and *Rhaponticum carthamoide*. The extracts had antiradical, chelating and prooxidant activity and the ability to inhibit the formation of biofilms. The most noticeable biological activity was observed in *Galéga orientalis*, a high-yielding crop rich in protein and fiber. Taking into account the ability of extracts to inhibit the formation of biofilms, it should be recognized that the use of the studied herbs is promising for reducing the colonization of the intestines of ruminants by pathogenic bacteria. Although the extracts showed no antimicrobial activity, they markedly modulated the bacterial response to antibiotics, affecting growth rate, respiration, and number of persisters. In most cases, there was a decrease in the effectiveness of antibiotics such as kanamycin, tetracycline and cefotaxime.

The studies used extracts of fodder grasses grown in 2019–2020 on the experimental fields of the Perm Agriculture Research Institute Ural Branch RAS, located in the Lobanovo village, Perm District, Perm region.

Keywords: fodder grasses, microbial test-systems, Escherichia coli, antioxidant activity, antibiotics, biofilm formation.

Сведения об авторах

Октябрьский Олег Николаевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией физиологии и генетики микроорганизмов, Институт экологии и генетики микроорганизмов – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИЭГМ УрО РАН»), 614081, г. Пермь, ул. Голева, 13; e-mail: oktyabr@iegm.ru

Смирнова Галина Васильевна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии и генетики микроорганизмов, «ИЭГМ УрО РАН»; e-mail: smirnova@iegm.ru

Самойлова Зоя Юрьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и генетики микроорганизмов, «ИЭГМ УрО РАН»; e-mail: samzu@mail.ru

Музыка Надежда Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и генетики микроорганизмов, «ИЭГМ УрО РАН»; e-mail: muzyka@iegm.ru

Тюленев Алексей Валерьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и генетики микроорганизмов, «ИЭГМ УрО РАН»; e-mail: leksey333@yandex.ru

Брысова Марина Николаевна, старший лаборант лаборатории иммунной регуляции, «ИЭГМ УрО РАН»; e-mail: m-brysova75@mail.ru

Калашникова Татьяна Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории иммунной регуляции, «ИЭГМ УрО РАН»; e-mail: tatyana-kalashnikova22@yandex.ru

Ушаков Вадим Юрьевич, кандидат биологических наук, ведущий инженер лаборатории физиологии и генетики микроорганизмов, «ИЭГМ УрО РАН»; доцент кафедры физиологии растений и почвоведения, «Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ)», 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: ushakovvad@yandex.ru

Терентьева Людмила Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биологически активных кормов, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («Пермский НИИСХ»), 614532, Пермский край, Пермский р-н, с. Лобаново, ул. Культуры, 12; e-mail: TLS82@yandex.ru

Суханова Елена Валерьевна, научный сотрудник лаборатории биологически активных кормов, «Пермский НИИСХ»; e-mail: elene831@mail.ru

Материал поступил в редакцию 16.03.2022 г.