



УДК 636.084:636.92+ 577.11

ТРОФИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ И АНТИОКСИДАНТНЫХ ОКСИДОРЕДУКТАЗ ПЛАЗМЫ КРОВИ КРОЛИКА ЕВРОПЕЙСКОГО (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*) ОТ ПОТРЕБЛЯЕМЫХ ИМ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

ТАРАСОВ
Сергей Сергеевич

ФГБОУ ВО Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, tarasov_ss@mail.ru

КОРЯГИН
Александр Сергеевич

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, ask@bio.unn.ru

ГАВРИЛОВА
Анна Александровна

ФГБОУ ВО Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, anna-gavrilova-65@mail.ru

Ключевые слова:
Перекисное окисление липидов
супероксиддисмутаза
каталаза
сорные растения
трофические связи
альтернативное кормопроизводство
луговое хозяйство

Аннотация: Изучение трофической связи животных и сорных растений актуально для понимания процессов, происходящих в популяциях при различных сукцессиях. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых, экологически чистых кормовых рационов продуктивных животных. Цель – исследовать трофическую зависимость перекисного окисления липидов (ПОЛ), активность супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы в плазме крови кролика от потребления им некоторых сорных растений. 50 % грубого корма опытных животных заменяли на вьюнок полевой, тростник обыкновенный или бодяк полевой, в остальном рационы животных совпадали. Для анализа использовали плазму крови. Определяли спектрофотометрически уровень ПОЛ, активность СОД и каталазы. Показана зависимость от типа питания ПОЛ и активностью оксидоредуктаз. Так, при использовании в составе сочных кормов и особенно сена вьюнка наблюдается снижение продуктов ПОЛ, активность СОД и каталазы. Выявлена способность вьюнка влиять на баланс антиоксидантной защиты и снижать окислительный стресс.

© Петрозаводский государственный университет

Рецензент: В. А. Илюха

Получена: 25 июля 2017 года

Подписана к печати: 25 марта 2018 года

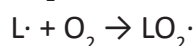
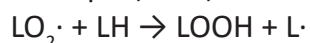
Введение

Экологические факторы существенно влияют на физиологические и биохимические процессы у животных. Изучение трофической зависимости биохимических процессов у домашних животных представляется важным как с прикладной точки зрения для достижения высокопродуктивных показателей, так и для понимания процессов, происходящих у животных в их естественной среде обитания. Исследование влияния сорных растений с широким диапазоном толерантности на различные показатели травоядных животных может давать понимание процессов, происходящих в популяциях при изменении фитоценоза биотопов. Питание является важным фактором, который оказывает воздействие на показатели продуктивности, физиологические и биохимические процессы в организме. Зеленые корма желательно применять для получения максимально продуктивных показателей и поддержания здорового состояния кролика. Их использование в кормлении зверей в летний период не составляет особого труда и затрат. Зимой же, наоборот, кормить кроликов сочными кормами затратно, поэтому для их нормальной жизнедеятельности необходимо давать грубые корма, содержащие в большом количестве клетчатку. В качестве сочных и грубых кормов оптимально использовать разнотравье, особенно злаково-бобовое (Fabaceae-Gramineae). Наиболее распространенным и доступным является луговое разнотравье, содержащее в своем составе злаки, бобовые и ряд других растений (Томмэ, 1963). Однако наличие качественного травостоя не всегда доступно в связи с экстремальными погодными условиями, в частности, жары и засухи. Такие условия приводят к низкой продуктивности лугов и, как следствие, дефициту сена. В связи с этим актуальным является поиск путей восполнения недостающих объемов сочных и грубых кормов без потери их качества и продуктивности кролиководства. В частности, выявлена способность ряда сорных растений давать максимальную биомассу кормов в экстремальных условиях по сравнению с классическими злако-бобовыми травами, а также влияние данных растений на показатели продуктивности и окислительную модификацию белков в плазме крови (Тарасов, 2017). Другими важными параметрами, характеризующими качество кормов, их безопасность и влияние на процессы биологического окисления, являются процессы ПОЛ и активность антиок-

сидантных оксидоредуктаз, в частности СОД и каталазы, в тканях животных.

В биологических мембранах окислению подвергаются преимущественно полиненасыщенные жирные кислоты, входящие в состав фосфолипидов (Dix, 2005). Перекисное окисление липидов представляет собой процесс, связанный с активацией кислорода, особенность которого заключается в том, что молекула O_2 присоединяется к свободному радикалу: $O_2 + L \cdot \rightarrow LO_2 \cdot$ (Halliwell, Gutteridge, 1984; Meral et al., 2000).

В результате получается новый пероксильный радикал органического соединения. В дальнейшем происходит взаимодействие этого радикала с новой молекулой органического соединения, в результате чего протекает процесс цепного ПОЛ.



Оксидоредуктазы – важный класс ферментов, осуществляющие перенос e^- с одной молекулы субстрата на другую. Данные ферменты играют принципиальную роль в процессах биологического окисления, метаболизме, дыхании (Биохимия, 2009). Особую группу оксидоредуктаз составляют ферменты, участвующие в процессах антиоксидантной защиты, т. е. дезактивируют активные формы кислорода (АФК), которые могут образовываться в организме в норме, при патологии или под действием экологического фактора (Донцов и др., 2006).

Типичными и наиболее изученными представителями антиоксидантных оксидоредуктаз являются: супероксиддисмутаза (СОД), катализирующая дисмутацию супероксида (O_2^-) в кислород и пероксид водорода; каталаза, осуществляющая реакцию разложения перекиси водорода до воды и молекулярного кислорода (Биссвангер, 2014). Таким образом, данные ферменты осуществляют защиту первого и второго уровней. Изучение активности этих ферментов является важным показателем антиоксидантного статуса в тканях живых организмов, на баланс которого могут влиять различные модифицирующие или стресс-факторы. Качественный и количественный состав питания существенно влияет на уровень метаболизма, в том числе и на баланс про- и антиоксидантной системы (Седов, 2009; Дубинина, 2006).

На основании вышеизложенного целью работы явилось: исследовать трофическую зависимость перекисного окисления липидов, активность супероксиддисмутазы и ка-

талазы в плазме крови кролика от потребляемых им растений: вьюнка, бодяка и тростника, в летний и зимний сезоны.

Материалы

В качестве растений, которые добавляли в состав сочных кормов и сена, использовали: вьюнок, тростник и бодяк. Выбор данных объектов обосновывался тем, что все упомянутые растения являются высокопродуктивными, образующими большое количество биомассы за короткий промежуток времени; бодяк и вьюнок – это типичные сорные растения, широко распространенные в средних широтах, следовательно, легкодоступны для применения в качестве кормов (Шептухов и др., 2009); тростник является типичным гидрофитом, заселяя прибрежные районы, образует густую биомассу даже в сильно жаркую погоду (Губанов и др., 2002).

Исследования проводили на кроликах породы советская шиншилла в возрасте 5 месяцев. Животных выращивали на кролиководческой ферме в стандартных условиях. Сформированные группы выделяли из общего стада кроликов и в течение месяца в летний период вводили в их рацион питания в качестве сочных кормов соответствующий вид растения, что составляло от общего объема сочной биомассы 50 %. Аналогичные действия проводили в зимний период, вводя в рацион 50 % соответствующего растения в составе сена. Другие 50 % рациона в летний и зимний периоды составляло луговое разнотравье. В качестве концентратов использовали зерносмесь ячменя, овса и пшеницы в соотношении 1/1/1. Всего в эксперименте было сформировано 8 групп по 7 животных в каждой, по 3 опытных и по 1 контрольной в летний и зимний период соответственно. Все исследуемые животные в течение месяца постоянно имели в наличии пищу соответствующей кормовой группы, т. е. все корма были представлены в профиците, и животные могли есть столько, на сколько велика их физиологическая потребность. Через месяц у них проводили забор крови из ушной вены и исследовали ее. Биохимический анализ проводили на 3 головах из каждой группы. В крови определяли продукты ПОЛ, активность СОД, каталазы и общий белок.

Методы

Общий белок определяли биуретовым методом (метод Кингслея – Вейксельбаума) (Мельников, 1987).

Определение содержания малонового диальдегида проводили методом, основанным на взаимодействии его с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК) (Стальная, Гаришвили, 1997). Определение содержания диеновых конъюгатов в плазме крови проводили путем добавления к 0.2 мл плазмы 2 мл смеси изопропанол/гептан (1:1) (Каган и др., 1986).

Активность СОД определяли по методике Е. Е. Дубининой с соавторами (Дубинина и др., 1986). Активность каталазы определяли по методу, основанному на способности данного фермента разлагать перекись водорода с образованием воды и молекулярного кислорода (Patterson et al., 1984).

Все биохимические методики являются спектрофотометрическими, выполнены на спектрофотометре СФ – 2000.

Статистическую обработку полученных результатов производили с помощью программы Microsoft Excel 2010 и Биостатистика версии 4.03 методами параметрической статистики, включающей определение средней арифметической (М) и стандартного отклонения (σ). На рисунках представлены средние значения и стандартные отклонения трех биологических повторностей, с тремя биохимическими повторностями в каждой из них. Достоверность различий оценивали по t критерию Стьюдента, уровень значимости достоверности различий – 95 % (Гланц, 1999).

Результаты

Экспериментальные исследования трофических связей содержания продуктов ПОЛ и активности ферментативных антиоксидантов каталазы и СОД в плазме крови кролика показали их частичное изменение в зависимости от вида растения, как в составе сочных кормов, так и в составе сена.

На рис. 1 представлены результаты измерения активности ПОЛ в плазме крови кролика, происходящего при введении дополнительных растительных компонентов в составе сочных кормов.

С введением в рацион кролика исследуемых растений в составе сочных кормов наблюдается снижение продуктов ПОЛ при применении вьюнка полевого. Зафиксировано снижение концентрации как ДК, так и МДА. Так, применение других исследуемых растений статистически значимых изменений не показало (см. рис. 1).

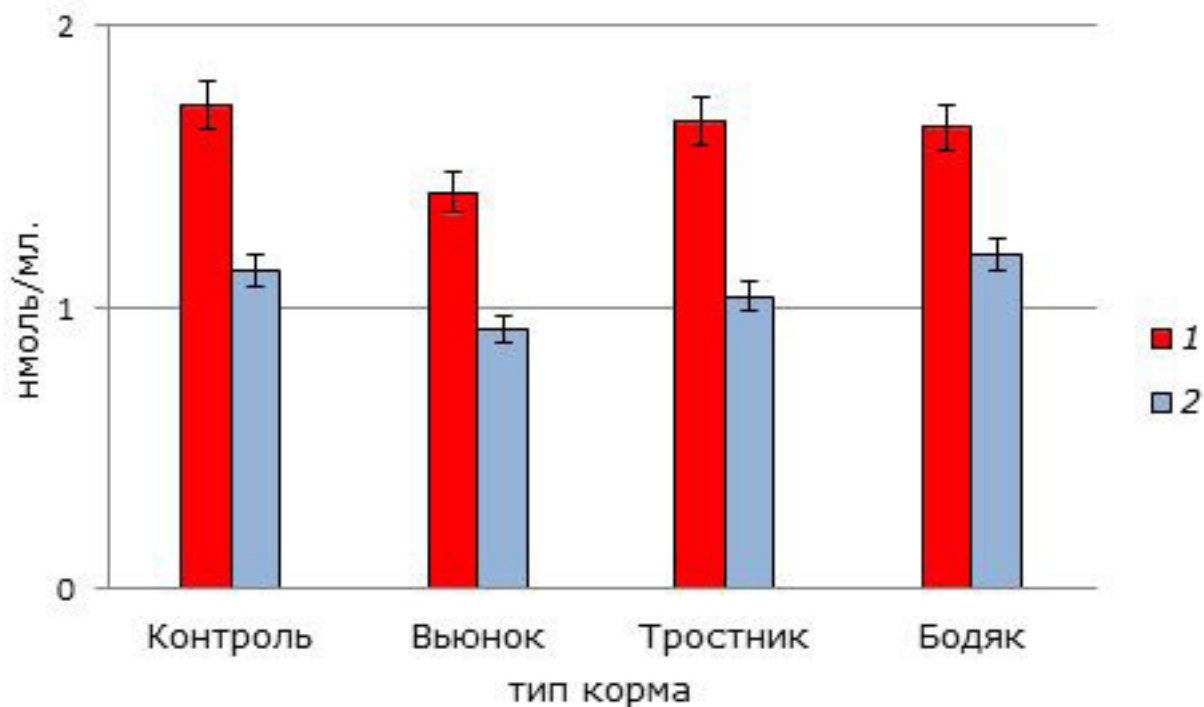


Рис. 1. Влияние дополнительных растительных компонентов в составе сочных кормов на уровень ПОЛ в плазме крови кролика: 1 – диеновые конъюгаты, 2 – малоновый диальдегид

Fig. 1. The impact of additional plant components in the composition of succulent fodder on the level of LPO in rabbit blood plasma: 1 – diene conjugates, 2 – malonic dialdehyde

Используя в качестве грубого корма сено, состоящее из лугового разнотравья с преимуществом бобовых и злаковых растений, в контрольных группах, а при добавлении в равном соотношении вышеупомянутого сена и сена экспериментальных растений у вьюнка в опыте установлено статистически значимое ($P \leq 0.05$) изменение концентрации ДК примерно на 40 % и МДА на 35 % соответственно в сторону уменьшения. Использование тростника и бодяка не показало статистически значимых изменений по содержанию продуктов ПОЛ в плазме крови кролика (рис. 2).

На рис. 3 показано изменение активности исследуемых оксидоредуктаз в зависимости от введения дополнительных растительных компонентов в составе сочных кормов. Установлено снижение активности СОД и каталазы при применении вьюнка полевого.

Исследование динамики активности СОД и каталазы в зависимости от дополнительного компонента в составе сена показало статистически значимое снижение активности СОД примерно на 20 % и каталазы на 30 % относительно контроля ($P \leq 0.05$), влияние тростника и бодяка на активность данных ферментов статистически значимого изменения не показало ($P \geq 0.05$).

Обсуждение

Статистически значимое изменение уровня ПОЛ, активности СОД и каталазы в плазме крови кролика при использовании вьюнка как в составе сочных кормов, так и в составе сена, вероятно, связано с особенностями состава данного растения, которое содержит ряд веществ, обладающих антиоксидантной активностью. Так, побеги содержат аскорбиновую кислоту (витамин С), каротиноиды и ряд флавоноидов (Neeraj, 2010). Данные вещества относятся к группе неферментативных антиоксидантов (Донцов, 2006), соответственно, они принимают участие в утилизации АФК. Тем самым снижают нагрузку на ферментативные антиоксиданты, что проявляется в общем снижении окислительных процессов. Однако известно, что аскорбиновая кислота, каротиноиды и другие антиоксидантные вещества содержатся в большинстве трав, в том числе злако-бобовых, но вьюнок, по-видимому, обладает большей их концентрацией.

Кроме классических низкомолекулярных антиоксидантов вьюнок в значительном количестве содержит ряд алкалоидов и гликозидов, в частности: конвольвин, конволамин, конвольвулин, конвольвидин, конвольвицин (Орехов, 1955). В литературе имеются

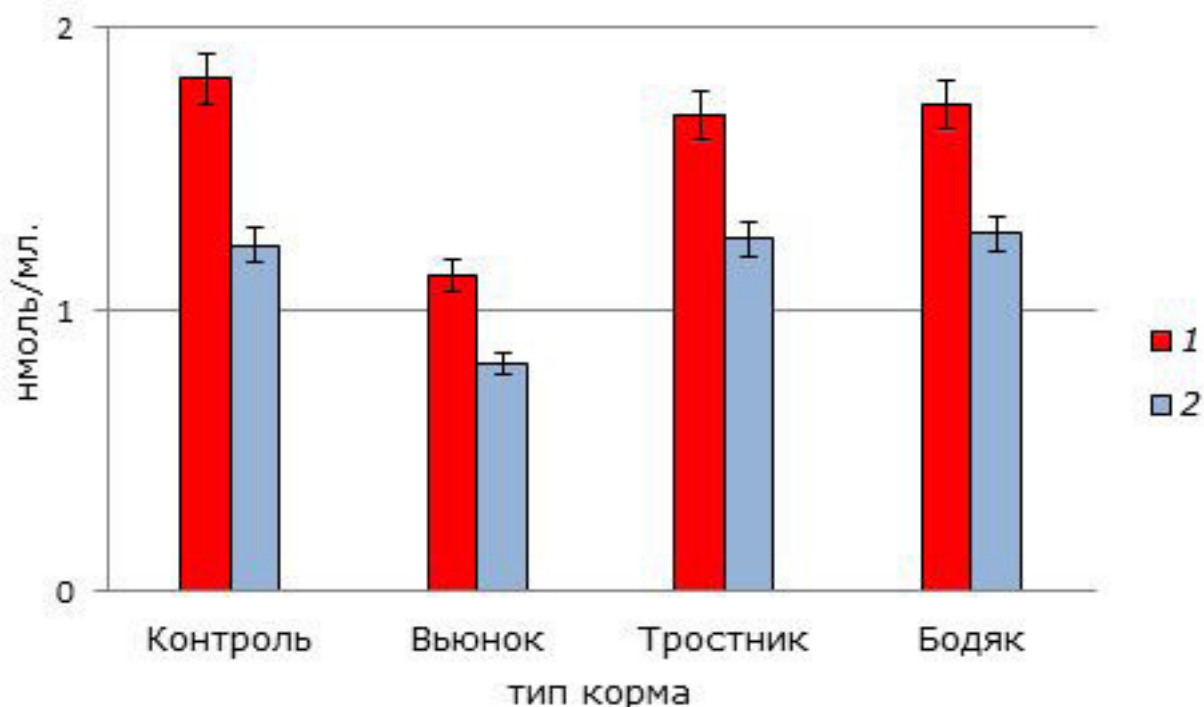


Рис. 2. Влияние дополнительных растительных компонентов в составе сена на уровень ПОЛ в плазме крови кролика (обозначения см. на рис. 1)

Fig. 2. The impact of additional plant components in the composition of hay on the level of lipid peroxidation in rabbit blood plasma (other designations see fig 1)

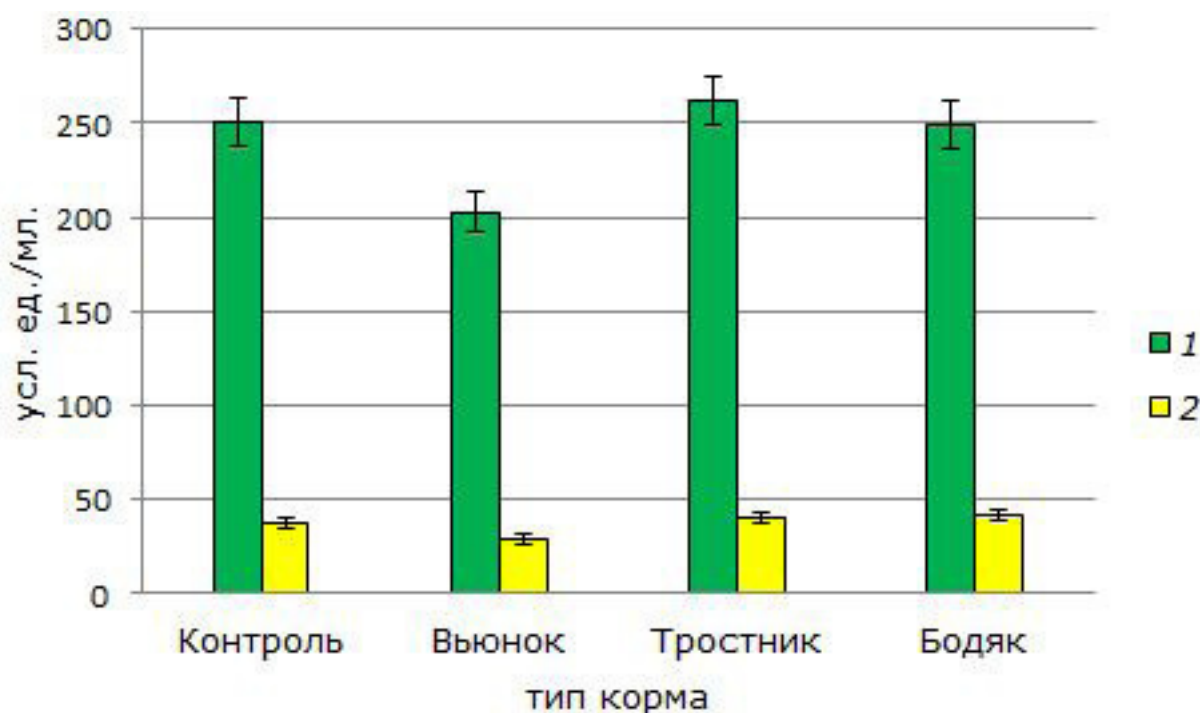


Рис. 3. Влияние дополнительных растительных компонентов в составе сочных кормов на активность антиоксидантных ферментов в плазме крови кролика: 1 – супероксиддисмутаза, 2 – каталаза

Fig. 3. The influence of additional plant components in the succulent fodder on the activity of antioxidant enzymes in rabbit blood plasma: 1 – superoxide dismutase, 2 – catalase

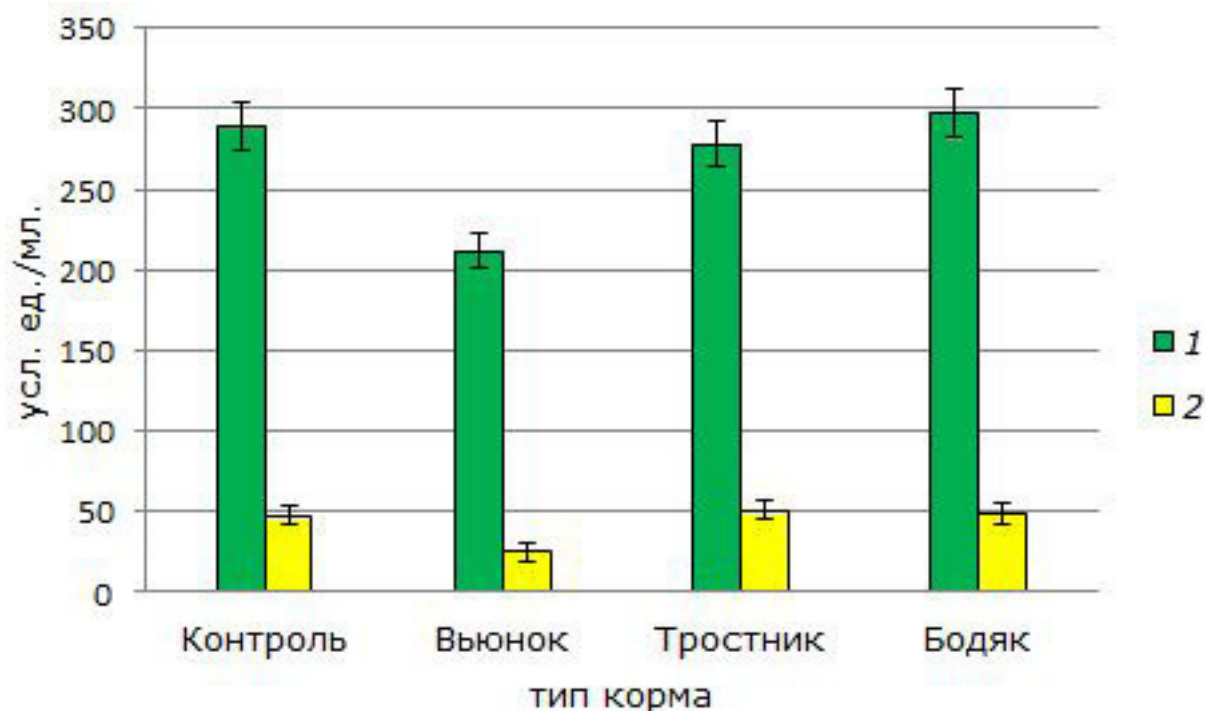


Рис. 4. Влияние дополнительных растительных компонентов в составе сена на активность антиоксидантных ферментов в плазме крови кролика (обозначения см. на рис. 3)

Fig. 4. The impact of additional plant components in the composition of hay on the activity of antioxidant enzymes in rabbit blood plasma (other designations see fig. 3)

данные (Ветрова и др., 2017) о высокой антиоксидантной активности алкалоидов. Исходя из анализа структуры данных веществ (Кретович, 1980) можно предположить, что они тоже могут обладать антиоксидантными свойствами (рис. 5), т. е. реагировать с АФК.

Так, например, конвольвулин, имея в своем составе ОН группу, может обладать аналогичным действием с полифенолами или токоферролами, а конволамин и конвольвин, возможно, присоединяют АФК к своей молекуле за счет метильных групп.

Общий уровень увеличения процессов ПОЛ и, соответственно, активности оксидоредуктаз в зимнее время, вероятнее всего, связан с интенсификацией процессов катаболизма, необходимых для поддержания постоянного температурного гомеостаза, в том числе и окислительного фосфорилирования, который, в свою очередь, может быть источником АФК (Биохимия, 2009). Более резко выраженное действие вьюнка полевого в зимнее время, вероятно, связано с тем, что в составе сочных кормов также содержится ряд антиоксидантных веществ, а вот сено

злаково-бобовых культур, по-видимому, бедно таковыми веществами.

Можно предположить, что снижение уровня окислительных процессов в плазме крови кролика при трофических отношениях с вьюнком распространяется на многих фитофагов и всеядных животных, в особенности близких систематических групп (зайцеобразные, грызуны, парно- и непарнокопытные и пр. млекопитающие), а также птиц, травоядных рептилий. Многие животные, потенциально поедающие вьюнок, имеют большое значение для человека. Так, известно, что вьюнок хорошо едят свиньи, коровы, козы и другие продуктивные млекопитающие. Возможно, поедая его в больших объемах, установленная зависимость может проявляться и у них. Таким образом, это растение можно использовать для разработки рационов, обладающих антиоксидантными свойствами. В природе, вероятно, животные поедают вьюнок и растения с подобными свойствами именно как источник биологически активных веществ, в том числе обладающих антиоксидантными свойствами.

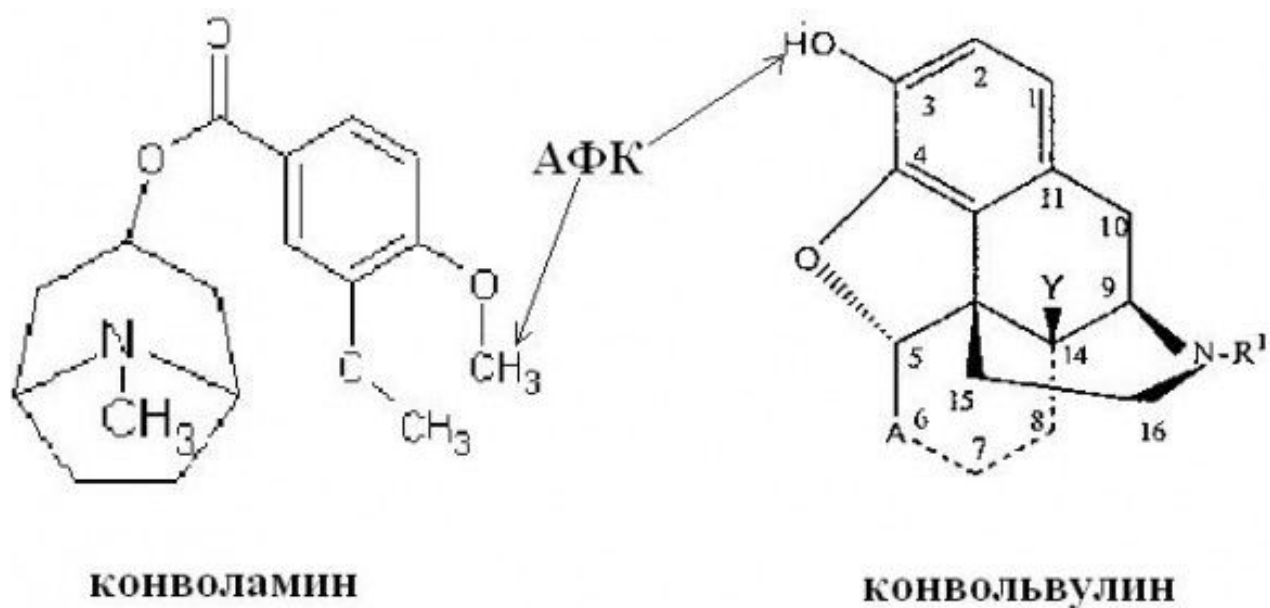


Рис. 5. Некоторые алкалоиды в составе вьюнка полевого и их вероятные участки присоединения АФК
Fig. 5. Some alkaloids in the composition of convolvulus and their probable connections with AFO

Заключение

Растения тростник и бодяк в составе сочного корма и сена существенно не оказали влияние на уровень перекисного окисления липидов, активность супероксиддисмутазы и каталазы в плазме крови кролика.

Зафиксировано уменьшение концентрации продуктов перекисного окисления липидов и снижение активности исследуемых оксидоредуктаз в плазме крови кролика при использовании в составе кормов вьюнка по сравнению с контролем.

Библиография

- Биохимия / Под ред. Е. С. Северина. М., 2009. 768 с.
- Биссвангер Х. Практическая энзимология. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 331 с.
- Ветрова Е. В., Борисенко Н. И., Хизриева С. С., Бугаева А. Ф. Изучение антиоксидантной активности апорфинового алкалоида глауцина и полученного в субкритической воде фенантренового алкалоида // Химия растительного сырья. 2017. № 1. С. 85–91.
- Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. 459 с.
- Губанов, И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (communis Trin.) Тростник обыкновенный, или южный // Иллюстрированный определитель растений Средней России: В 3 т. Т. 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). М.: Товарищество научных изданий КМК, Институт технологических исследований, 2002. 285 с.
- Донцов В. И., Крутько В. Н., Мрикаев Б. М., Уханов С. В. Активные формы кислорода как система: значение в физиологии, патологии и естественном старении // Труды ИСА РАН. 2006. Т. 19. С. 50–69.
- Дубинина Е. Е. Продукты метаболизма кислорода в функциональной активности клеток. СПб.: Медицинская пресса, 2006. 396 с.
- Дубинина Е. Е., Сальникова Л. А., Ефимова Л. Ф., Эварестов Н. А. Супероксиддисмутазная активность плазмы крови человека: влияние компонентных соединений Cu^{2+} // Украинский биохимический журнал. 1986. Т. 58. № 3. С. 31–36.
- Каган В. Е., Орлова О. Н., Прилипко Л. Л. Проблемы анализа эндогенных продуктов перекисного окисления липидов. М.: ВИНТИ АН СССР, 1986. 136 с.
- Кретович В. Л. Биохимия растений. М.: Высшая школа, 1980. 445 с.
- Мельников В. В. Лабораторные методы исследования в клинике. М.: Медицина, 1987. 367 с.
- Орехов А. П. Химия алкалоидов растений. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. 868 с.
- Седов Ю. Д. Кролики. Разведение, содержание, уход. Ростов н/Д: Феникс, 2009. 173 с.
- Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. Метод определения малонового диальдегида // Современные методы в биохимии / Под ред. В. Н. Ореховича. М., 1997. С. 66–68.

- Тарасов С. С. Применение некоторых нетипичных видов растений в составе сочных кормов и сена для кроликов // Кролиководство и звероводство. 2017. № 1. С. 76–85.
- Томмэ М. Ф. Кормовые рационы и нормы кормления для сельскохозяйственных животных . М.: Сельхозиздат, 1963. 461 с.
- Шептухов В. Н., Гафуров Р. М., Папаскири Т. В. и др. Атлас основных видов сорных растений России . М.: КолосС, 2009. 192 с.
- Dix T. A., Aikens J. Mechanisms and biological significance of lipid peroxidation initiation // Chem. Res. Toxicol. 2005. Vol. 6. P. 2–18.
- Halliwell B., Gutteridge J. M. C. Lipid peroxidation, oxygen radicals, cell damage, and antioxidant therapy // Lancet. 1984. P. 1396–1398.
- Meral A., Tuncel P., Surmen-Gur E. Lipid peroxidation and antioxidant status in beta-thalassemia // Pediatr. Hematol. Oncol. 2000. Vol. 17. P. 687–693.
- Neeraj K. Sethiya, Mishra Sh. Review on ethnomedicinal uses and phytopharmacology of memory boosting herb *Convolvulus pluricaulis* Choisy // Australian Journal of Medical Herbalism. 2010. Vol. 22 (1). P. 19–25.
- Patterson B. D., Paune L. A., Chen Yi-Zhu, Graham P. An inhibitor of catalase induced by cold in chilling-sensitive plants // Plant Physiology. 1984. № 4. Vol. 76. P. 1014–1018.

THE TROPHIC DEPENDENCE OF LIPID PEROXIDATION AND ANTIOXIDANT OXIDOREDUCTASES IN BLOOD PLASMA OF THE EUROPEAN RABBIT (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*) ON THE WEEDS CONSUMED BY IT

TARASOV
Sergey Sergeevich

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, National Research Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, tarasov_ss@mail.ru

KORYAGIN
Alexander Sergeevich

National Research Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod., ask@bio.unn.ru

GAVRILOVA
Anna Alexandrovna

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, anna-gavrilova-65@mail.ru

Key words:

Lipid peroxidation
superoxide dismutase
catalase
weeds
trophic connections
alternative feed
production
meadow farming

Summary: Studying trophic connections between animals and some weeds is important to understand the processes taking place in some populations during different successions. The results can be used for the development of new, ecologically clean feed for production animals. The aim of the investigation was to study the trophic dependence of the lipid peroxidation (LPO), the activity of superoxide dismutase (SOD) and catalase in rabbits' blood plasma on their consumption of some weeds. 50 % of a rough feed was replaced with the field bindweed (*Convolvulus arvensis*), the common reed (*Phragmites australis*) and the corn thistle (*Cirsium arvense*). As for the rest, the ration was the same. The blood plasma of rabbits was analyzed. The spectrophotometric level of LPO, SOD activity and catalase were determined. The ability of *Convolvulus arvensis* to influence the balance of antioxidant protection and to reduce oxidative stress was revealed.

Reviewer: V. A. Ilyuha

Received on: 25 June 2017

Published on: 25 March 2017

References

- Biochemistry, Pod red. E. P. Severina. M., 2009. 768 p.
Bissvanger H. Practical Enzymology. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2014. 331 p.
Dix T. A., Aikens J. Mechanisms and biological significance of lipid peroxidation initiation, Chem. Res. Toxicol. 2005. Vol. 6. R. 2–18.
Doncov V. I. Krut'ko V. N. Mrikaev B. M. Uhanov S. V. Active forms of oxygen as a system: ышптшашсфты in physiology, pathology and natural aging, Trudy ISA RAN. 2006. T. 19. P. 50–69.
Dubinina E. E. Sal'nikova L. A. Efimova L. F. Evarestov N. A. Superoxide dismutase activity of human blood plasma: the effect of Cu²⁺ component compounds), Ukrainskiy biohimicheskiy zhurnal. 1986. T. 58. No. 3. P. 31–36.
Dubinina E. E. Oxygen metabolism products in the functional activity of cells. SPb.: Medicinskaya pressa, 2006. 396 p.
Glanc S. Biomedical Statistics. M.: Praktika, 1999. 459 p.
Halliwell B., Gutteridge J. M. C. Lipid peroxidation, oxygen radicals, cell damage, and antioxidant therapy, Lancet. 1984. R. 1396–1398.
Kagan V. E. Orlova O. N. Prilipko L. L. Problems of analysis of endogenous lipid peroxidation products. M.: VINITI AN SSSR, 1986. 136 p.
Kretovich V. L. Biochemistry of plants. M.: Vysshaya shkola, 1980. 445 p.
Mel'nikov V. V. Laboratory Methods in clinic. M.: Medicina, 1987. 367 p.

- Meral A., Tuncel P., Surmen-Gur E. Lipid peroxidation and antioxidant status in beta-thalassemia, *Pediatr. Hematol. Oncol.* 2000. Vol. 17. P. 687–693.
- Neeraj K. Sethiya, Mishra Sh. Review on ethnomedicinal uses and phytopharmacology of memory boosting herb *Convolvulus pluricaulis* Choisy, *Australian Journal of Medical Herbalism.* 2010. Vol. 22 (1). P. 19–25.
- Novikov V. S. Tihomirov V. N. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (*P. communis* Trin.) – Common reed, or southern, Illyustrirovannyi opredelitel' rasteniy Sredney Rossii: V 3 t. T. 1. Paprotniki, hvoschi, plauny, golosemennye, pokrytosemennye (odnodol'nye). M.: Tovarischestvo nauchnykh izdaniy KMK, Institut tehnologicheskikh issledovaniy, 2002. 285 p.
- Orehov A. P. Chemistry of plant alkaloids. M.: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1955. 868 p.
- Patterson B. D., Paune L. A., Chen Yi-Zhu, Graham P. An inhibitor of catalase induced by cold in chilling-sensitive plants, *Plant Physiology.* 1984. No. 4. Vol. 76. P. 1014–1018.
- Sedov Yu. D. Rabbits breeding, management, care. Rostov n/D: Feniks, 2009. 173 p.
- Sheptuhov V. N. Gafurov R. M. Papaskiri T. V. Atlas of the main species of weed plants in Russia. M.: KolosS, 2009. 192 p.
- Stal'naya I. D. Garishvili T. G. Modern methods in biochemistry, *Sovremennyye metody v biohimii*, Pod red. V. N. Orehovicha. M., 1997. C. 66–68.
- Tarasov S. S. The application of some uncommon plants, consisting of succulent fodder and hay for rabbits, *Krolikovodstvo i zverovodstvo.* 2017. No. 1. P. 76–85.
- Tomme M. F. Feed rations and feeding standards for farm animals. M.: Sel'hozizdat, 1963. 461 p.
- Vetrova E. V. Borisenko N. I. Hizrieva S. S. Bugaeva A. F. The study of the antioxidant activity of aporphine alkaloid glaucine and the phenanthrene alkaloid received in subcritical water, *Himiya rastitel'nogo syr'ya.* 2017. No. 1. P. 85–91.