

В.И. Рошин, Н.А. Юрина, Д.С. Миксон, В.П. Короткий, В.А. Рыжов

**ЭКСТРАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА
ХВОЙНОЙ КОРМОВОЙ ФИТОДОБАВКИ
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ СТРЕССАХ**

Введение. Современное ведение интенсивного животноводства требует сбалансированного по компонентам общего обмена основного рациона, микро- и макроэлементам, витаминам и профилактическим лекарственным средствам по отношению к патогенам [Некрасов и др., 2018; Головань и др., 2007; Менькин, 1997].

Кроме этого, в процессе развития и в продуктивный период животных сопровождают стресс-факторы: послеродовой, кормовой, период отъема, технологический, поствакционный, санитарный, а также связанные с климатическими условиями, например, тепловой [Tao et al., 2014; Tao et al., 2012], влияющие на продуктивность и качество молока.

Все большее внимание уделяется экологизации сельского хозяйства. Одним из методов повышения адаптивных свойств является стимуляция физиолого-биохимических функций организма животного при помощи БАВ – иммуномодуляторов, витаминов, адаптогенов. Для этих целей приобретает популярность применения фитодобавок – природных источников БАВ [Ford, 2005; Podhorsky et al., 2007; Zenkin et al., 2014].

С 60-х годов прошлого столетия Лесотехническая академия (Проблемная лаборатория по использованию живых элементов дерева) совместно с институтами животноводства разработали несколько препаратов кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и птицы. В совхозах, животноводческих фермах работало около 2000 установок получения «Хвойной витаминной муки», «хвойной кормовой муки», препараты из древесной зелени – «Паста хвойная хлорофилло-каротиновая», «Провитаминный концентрат». Исследуемые препараты показали безопасность их использования, улучшения качества продукции и увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы. Было установлено, что по наиболее ценным компонентам – белку, высшим жирным кислотам, углеводам и витаминам, хлорофиллу и другим компонентам хвоя превосходит или не уступает сене [Солодкий и др., 1969; Калниньш, 1978; Репях и др., 1988]. Несмотря на по-

ложительный результат проведенных исследований в 60–80 годы прошлого столетия, в современных условиях требуют препараты, отвечающие последним научным достижениям в области подготовки кормов и технологиям кормления. Исходя из современных требований кормления животных, СПбГЛТУ, ООО НТЦ «Химинвест» и рядом научных учреждений сельскохозяйственного профиля была изготовлена кормовая хвойная энергетическая добавка к основному рациону крупному рогатому скоту (КРС). Проведенные исследования показали положительное влияние кормовой добавки ХЭД на увеличение продуктивности стада, улучшения качества молока и показателей рожденных телят, снижения заболеваний в процессе отела [Zenkin et al., 2014; Короткий и др., 2013; Короткий и др., 2017].

Но отсутствовали сведения о составе БАВ новой добавки, влияния технологических параметров на состав ХЭД и её нативность, а также влияния на некоторые стресс-факторы и, в частности, на тепловой стресс.

Цель исследования – изучение состава соединений хвойной энергетической фитодобавки, изготовленной в производственных условиях ООО НТЦ «Химинвест», и основных показателей продуктивности и качества молочной продукции, зоотехнических и физиолого-биохимических показателей сельскохозяйственных животных в условиях температурного стресса и отела.

Материалы и методика исследования. Исходная древесная зелень (ДЗ) сосны обыкновенной, взятая на изготовление партии хвойной фитодобавки (ХЭД) содержала 72% хвои и 28% побегов диаметром 5–7 мм, заготовленной в 130 км западнее Нижнего Новгорода. Содержание экстрактивных веществ, извлекаемых из измельченной ДЗ, определяли экстракцией в аппарате Сокслета, в качестве экстрагента использовали пропанол-2 (изопропиловый спирт, ИП). После отгонки растворителя экстракт последовательно экстрагировали петролейным эфиром (ПЭ, пределы кипения 40–70 °С), затем диэтиловым эфиром (ДЭ). К остатку добавляли воду, доводили общий объем остатка в воде до 500 мл, отбирали по 20 мл водного раствора остатка экстрактивных веществ, упаривали досуха на водяной бане, затем сушили в шкафу при 105 ± 2 °С до постоянной массы. Количество веществ, экстрагируемых ИП и остатка водорастворимых веществ, после экстракции ПЭ и ДЭ рассчитывали с учетом объема раствора [Роцин, 1995; Колодынская и др., 1984]. Влажность исходной ДЗ и твердого остатка ХЭД определяли перед экстракцией на влагомере.

Вещества, растворимые в ПЭ, разделили на группу кислот и неомыляемых веществ. Щелочной гидролиз (0,5М раствор гидроксида калия в этаноле) проводили в течение 30 минут при температуре кипения этанола

[Рощин и др., 1983]. Продукты гидролиза разделили на сумму кислот и неомыляемые вещества и в отличие от работы [Рощин и др., 1983] на производные хлорофилла. После отгонки 2/3 этанола продукты гидролиза перенесли в делительную воронку, подкислили 12% серной кислотой до $\sim$ pH-3, кислоты и неомыляемые вещества экстрагировали ПЭ (1:2) в три приема. Осадок хлорофиллиновых кислот в этих условиях располагался между кислой водой и ПЭ. После отделения ПЭ остаток экстрагировали ДЭ, раствор хлорофиллиновых кислот в ДЭ промывали водой до pH-7, сушили сернокислым натрием безводным, эфир отгоняли, остаток взвешивали. Раствор ПЭ, с суммой кислот и неомыляемых веществ, разделили на кислоты и неомыляемые вещества по кислотнo-щелочной схеме [Рощин и др., 1983]. Содержание производных хлорофилла в осадке хлорофиллиновых кислот и каротиноидов в неомыляемых веществах определяли спектрофотометрически на приборе UV-VIS2104PC при длине волны 665 нм (изопропанол) и 440нм (гексан) соответственно.

Хвойную фитодобавку (ХЭД) [Рыжов и др., 2014] разделили на жидкую (раствор экстрактивных веществ в глицерине) и твердую (измельченная ДЗ) части. ДЗ промыли на фильтре водой, промывные воды присоединили к раствору глицерина, а ДЗ экстрагировали в аппарате Сокслета. Полученный ИП-экстракт из ДЗ после отгонки ИП и водно-глицериновый экстракт ХЭД обрабатывали последовательно ПЭ (40–70 °C) и ДЭ, так же как и ИП-экстракт из исходной ДЗ. Полученные ПЭ- экстракты разделили на сумму кислот, неомыляемые вещества и хлорофиллиновые кислоты аналогично экстракту из исходной ДЗ. Состав кислотной фракции исходной ДЗ и из ХЭД в виде метиловых эфиров (диазометан) устанавливали методом хроматомасс-спектрометрии. Хроматомасс-спектрометр «Agilent Technologies» 5973/6890; детектор- квадрупольный масс-спектрометр; энергия ионизации 70 эВ; режим регистрации полного ионного тока; деление потока 1:100; газ-носитель – гелий, 1 мл/мин. Колонка капиллярная HP-5MS; длина колонки 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм. Состав кислот идентифицировали сравнением масс-спектров пиков соединений с данными масс-спектров известных соединений банка данных NIST 0.5.L. и WILEY 275.L., а также с выделенными и идентифицированными ранее соединениями из хвои сосны обыкновенной: кислоты лабданового типа 4-эпизмбрикаталового и антикапалового рядов, окисленные дитерпеновые кислоты дегидроабетинового и абетинового рядов [Рощин и др., 1985; Васильев и др., 1991].

Опыт на глубококостельных и новательных коровах проведен в СПК «Лиманский» Краснодарского края в июле – августе 2018 года, в условиях

экстремально высоких температур воздуха: в тени до 42 °С, среднесуточная 32,7±0,6 °С. Для опыта отобраны методом пар-аналогов три группы коров по 10 голов в каждой за 1,5 месяца до отела. Опыт продолжался до достижения 90 дней лактации. Первая группа животных получала только основной рацион (ОР), вторая – ОР + ХЭД по 150 г/гол за 15 дней до отела и месяц после, третья – ОР + ХЭД 300 г/гол соответственно.

В ходе исследования изучали молочную продуктивность, потери жировой массы при лактации, биохимические показатели сыворотки крови в конце опытного периода, влияние ХЭД на продуктивность и поведение животных в период теплового стресса по содержанию количества адреналина и кортизола в образцах крови радиоиммунологическим методом. Кровь животных брали у 3 голов – аналогов из каждой группы, утром до кормления из под хвостовой вены. Кровь исследовали на автоматическом гематологическом анализаторе MicroCC-20Plus и биохимическом анализаторе Хумалайзер 2000. Обработка полученных результатов исследования проведена методами математической статистики с использованием программы «Статистика», версия 2,6. Разницу по средним показателям между группами считали достоверной при уровне вероятности ($P=0,05$), определенной по критерию Стьюдента.

Результаты исследования. Опытный образец ХЭД к основному рациону крупного рогатого скота (КРС), полученного в производственных условиях ООО НТЦ «Химинвест» в количестве 2,55 кг, фильтрованием разделили на жидкую – 2, 11 кг и твердую – измельченную ДЗ, части. Твердую часть ХЭД дополнительно промыли на фильтре 1,0 л воды и получили осадок 0,204 кг в пересчете на сухое вещество. Промывные воды объединили с жидкой частью ХЭД. Твердый остаток экстрагировали ИП в аппарате Сокслета. ИП-экстракт содержал 45,1 г (22,1% от массы сух. твердой части) экстрактивных веществ. Исходную измельченную ДЗ в количестве 0,480 кг (влажность – 51%) аналогично экстрагировали ИП. Выход сухого остатка ИП-экстракта составил 72,4г (30,8% от массы сух.сырья).

Экстрактивные вещества ИП из исходной ДЗ и твердой части ХЭД экстрагировали ПЭ. Получено 27,0г (60,2% от массы ИП-экстракта твердой части ХЭД) и 37,7 г (51,5% от массы ИП-экстракта исходной части ДЗ соответственно). Жидкую часть ХЭД, объединенную с промывной водой 3,04 кг также экстрагировали ПЭ и выделили 2,05 г экстрактивных веществ, которые по данным ТСХ были близки к экстрактивным веществам из твердого остатка ХЭД, их объединяли, общая масса экстрактивных веществ, растворимых в ПЭ из ХЭД, составила 29,1 г.

После экстракции ПЭ остатки ИП-экстрактов из твердой части ХЭД и исходной ДЗ экстрагировали ДЭ. Выход веществ, растворимых в ДЭ, со-

ставил 2,28 г (4,3% от массы ИП-экстракта твердого остатка ХЭД) и 3,69 г (5,1% от массы ИП-экстракта исходной ДЗ). Из жидкой части ХЭД также выделили ДЭ 2,03г экстрактивных веществ. Общее количество экстрактивных веществ из ХЭД, растворимых в ДЭ, составило 4,31г.

Исходя из результатов исследования содержания экстрактивных веществ, растворимых в ПЭ исходной ДЗ (15,9% от массы сухого сырья), и экстрактивных веществ из ХЭД следует, что наименее полярная группа соединений ДЗ (липиды) осталась в твердом остатке (13,2% от массы сухого твердого остатка) и только небольшая часть соединений исходной ДЗ перешла в экстракт – 1,1% от массы исходной сухой ДЗ. Общий баланс экстрактивных веществ, растворимых в ПЭ, из исходной ДЗ и ПЭ-экстракта из твердой и жидкой частей ХЭД близок и составляет соответственно 15,9% и 14,3% от массы сухого сырья.

Вещества, растворимые в ДЭ, распределились в ХЭД в твердой и жидкой части более равномерно, а суммарное их содержание оказалось выше- 2,11% от массы сухой ДЗ, чем определенное в исходной ДЗ (1,57% от массы сухой ДЗ). Это объясняется наличием в ДЗ более полярной части экстрактивных веществ, чем липиды – ароматическими соединениями: производные коричных кислот, флавоноиды, лигнаны и др. [Рошин и др., 1995]. Ожидаемо, что эта часть экстрактивных веществ будет более растворима в водно-глицериновом экстракте, чем липиды.

Вещества, растворимые в ПЭ из исходной ДЗ и ХЭД разделили на группы соединений – производные хлорофилла, сумму кислот и неомыляемые вещества, в которых определили содержание каротиноидов. Результаты исследования групповых экстрактов приведены в табл.1.

Таблица 1

Групповой состав экстрактивных веществ, растворимых в ПЭ из исходной древесной зелени и хвойной кормовой добавки (ХЭД)

Group composition of extractives from PE extract of woody greens and the feed additive

№ п/п	Группа веществ	Содержание, % от массы экстрактивных веществ	
		исходная ДЗ	хвойная кормовая добавка
1	Кислоты	67,3	70,1
2	Неомыляемые вещества, в т. ч. каротиноиды	28,4 0,92(417)*	26,8 0,84 (323)*
3	Производные хлорофилла	3,60 (5702)*	2,34(3330)*

Примечание: * в скобках – в мг/1 кг исходной ДЗ и мг/1кг ХЭД

Из результатов определения групповых составов экстрактивных веществ, растворимых в ПЭ, из исходной ДЗ и ХЭД следует, что составы липидной части экстрактивных веществ достаточно близки. Составляют на 67–70% из кислот и 26–28% из неомыляемых веществ. Технологический процесс изготовления ХЭД позволяет обеспечить достаточно высокий уровень производных хлорофилла и каротиноидов в продукте. Состав кислот определили в исходной ДЗ и ХЭД в виде метиловых эфиров (диазометан) методом хроматомасс-спектрометрии. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Состав кислот исходной ДЗ и ХЭД (% площади пика компонента от суммы площадей метиловых эфиров кислот)

Composition of the acids from the woody greens and the feed additive (% peak area of the component from the sum of areas of methyl esters of acids)

Кислоты	ДЗ	ХЭД	
		из сухого остатка	из жидкой части
Лауриновая	0,5	0,4	Следы
Миристиновая	0,6	0,3	Следы
Х	0,7	Следы	–
Пальмитолеиновая	0,2	0,3	Следы
Пальмитиновая	5,4	4,5	3,5
14-Метилпальмитиновая	0,4	0,3	Следы
Х ₂	0,3	Следы	–
6,9,12- Октадекатриеновая	2,1	0,2	0,5
Х ₃	0,7	Следы	–
Линолевая	8,1	6,5	3,2
Линоленовая	9,9	9,0	5,2
Олеиновая	2,5	–	4,0
Стеариновая	0,4	0,5	Следы
Х ₄	0,2	Следы	–
13-Эпиманоилоксид-19-овая	2,4	1,5	Следы
Пимаровая	2,5	1,5	0,5
Сандаракопимаровая	1,0	0,5	Следы

Окончание табл. 2

Кислоты	ДЗ	ХЭД	
		Из сухого остатка	Из жидкой части
5,11,14-Эйкозатриеновая	1,3	0,4	Следы
7,11,14-Эйкозатриеновая	0,5	0,2	Следы
Изопимаровая	4,4	3,5	4,0
Левопимаровая	1,5	Следы	0,2
Дегидроабиетиновая	11,4	8,0	11,9
Абиетиновая	7,0	5,5	2,2
18- Гидроксиантикопаловая	0,9	0,5	Следы
Неоабиетиновая	2,9	1,1	1,5
Пинифоловая + 18-Метилпинифоловая	21,0	24,3	50,9
15- Гидрокси - дегидроабиетиновая	1,6	0,3	3,9
Бегеновая	1,9	0,5	Следы
15- Гидроксиабиетиновая	0,9	0,2	2,1
7-Гидрокси - дегидроабиетиновая	2,5	0,6	0,5
7-Кетодегидроабиетиновая	1,1	0,4	0,2

Из результатов определения состава кислот липидной части исходной ДЗ и ХЭД следует, что по качественному составу соединений исследуемые образцы кислот близки и несколько отличаются по составу компонентов. В кислотах из ХЭД в меньшем количестве представлены C_{18} и C_{20} кислоты и в большем количестве определены трициклические дитерпеновые и бициклические (лабдановые) кислоты.

Основными компонентами кислот среди высших жирных кислот являются незаменимые кислоты линолевая, линоленовая и олеиновая. В меньшем количестве присутствуют пальмитолеиновая и важные для арахидонового каскада ненасыщенные $C-20$ кислоты.

Среди трициклических дитерпеновых кислот основные компоненты: дегидроабиетиновая, абиетиновая и изопимаровая кислоты. Основными компонентами являются пинифоловая и монометиловый эфир пинифоловой кислоты, которые при метилировании дают один компонент – диметиловый

эфир пинифоловой кислоты (кислоты 4-эпиимбрикатового ряда лабданового типа). В меньшем количестве представлены кислоты антикопалового ряда. Ранее идентифицированные представители лабдановых кислот были определены только в хвое сосны обыкновенной [Роцин и др., 1985] и их присутствие является хематаксоническим признаком этого вида древесного растения и, соответственно, сырьевого источника – древесной зелени.

В литературе [Толстиков и др., 2011; Pferschy-Wenzig et al., 2018; Cronzalez et al., 2009; Iwamoto et al., 2003; Obbord et al., 1997; Fujita et al., 1980; Zhebrun et al., 2008] приведено значительное количество работ по изучению биологической активности дитерпеновых кислот. Установлено, что идентифицированные дитерпеновые кислоты относят к малоопасным веществам (практически все нетоксичны к клеткам млекопитающих животных и человека), но обладают высокой бактерицидной, вирулицидной и фунгицидной активностями по отношению к многим патогенам. Показано, что сумма кислот активна по отношению к бактериям *Helicobacter pylori* [Zhebrun et al., 2008; Zhebrun et al., 2012]. Сумма дитерпеновых кислот, содержащихся в препарате, 10 мг/мл показала ингибирующую активность близкую к антибиотику амоксицилину и значительно превосходила эффективность метронидазола. Полученные результаты, по мнению авторов, свидетельствуют о перспективности применения препарата в профилактике, комплексной и монотерапии, обладающего низкой токсичностью, антиоксидантными свойствами и широким спектром антимикробного действия.

Аналогичную высокую антипротозойную активность показал препарат, содержащий дитерпеновые кислоты, по отношению к жгутиковым и безжгутиковым формам *Trichomonas vaginalis* [Zhebrun et al., 2012; Kulyashova et al., 2019]. Установлено, что абиетиновая кислота проявляет противовоспалительное действие, связанное с её способностью подавлять экспрессию фактора некроза (ФНО- α , TNF- α) и циклооксигеназы-2 (COX-2), вовлеченных в процесс воспаления макрофагов, возбуждают рецепторы пероксисомы, активирующие их полиферацию [Pferschy-Wenzig et al., 2018]. В сравнении с преднизолоном абиетиновая кислота показала одинаковую противовоспалительную активность на модели защиты от экземы, вызываемой каррагенином ингибирование плазмы простагландином E₂. Обладая близкой к медицинским препаратам противовоспалительным эффектом, абиетиновая кислота значительно менее токсична по отношению к млекопитающим. Известны и другие активности дитерпеновых кислот по отношению к возбудителям различных заболеваний, в том числе и онкологических [Cronzalez et al., 2009; Iwamoto et al., 2003; Obbord et al., 1997; Fujita et al., 1980; Salminen et al., 2008; Son, 2005].

Полученная ХЭД в производственных условиях ООО НТЦ «Химинвест» использовалась в опытах на стельных и новостельных коровах при экстремально высокой температуре воздуха (июль-август месяцы, до 42 °С в тени, среднесуточная 32,7±0,6 °С). При отеле коровы подвергаются послеродовому стрессу. Высокие температуры воздуха в летний период оказывают также стресс, который в период лактации влияет на качество молока и продуктивность КРС. В период отела оба стресса накладываются и под их воздействием запускаются нейрогуморальные механизмы, направленные для устранения их негативного влияния. В этот период отмечена повышенная секреция кортизола, адреналина и мочевины в крови животных. Кортизол выполняет функцию мобилизации питательных веществ в организме во время стресса: белки организма распадаются до аминокислот (в том числе и мышечные), а гликоген – до глюкозы. Уровень аминокислот и глюкозы повышается в крови для того, чтобы в экстренной ситуации обеспечить организм строительным и энергетическим материалом для восстановления поврежденных систем.

При скармливании ХЭД установлено снижения воздействия стресс-факторов, которое проявилось в достоверном снижении содержания кортизола в крови животных на 1,7% – 5,9% ($P \leq 0,05$, на 90-й день лактации), адреналина на 4,7–8,4% ($P \leq 0,05$) и в сыворотке крови мочевины на 5,2 – 8,5% ($P \leq 0,05$) относительно контроля и в зависимости от количества добавляемой ХЭД к основному рациону. Наилучшие показатели достигнуты при скармливании 300 г ХЭД на голову коров.

В опытных группах наблюдалось улучшение обмена веществ по сравнению с контролем: определено повышение содержание общего белка в сыворотке крови животных на 1,4–3,3%, глюкозы – на 6,0–19,8%, снижение холестерина на 11,8–18,4%, билирубина на 10,1–22,1%, аспартатами-нотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) на 2,6–15,3%. Улучшились некоторые гематологические показатели крови: увеличилось содержание эритроцитов на 1,0–2,0%, гемоглобина на 1,5–5,7%, гематокрита на 1,2–2,0% и снизилось содержание лейкоцитов на 1,5–2,0%.

Кроме биохимических и гематологических показателей, в сыворотке крови определены некоторые показатели неспецифического иммунитета. Определено увеличение фагоцитарной активности у коров опытных групп на 12,2–17,3%, концентрации лизоцима на 11,7–18,5% и бактерицидной активности крови на 0,8–1,4%.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Васильев С.Н., Роцин В.И., Выродов В.А. Состав экстрактивных веществ древесной зелени сосны обыкновенной. М.: ВНИПИЭИЛеспром, 1991. 72 с.

Головань В.Т., Подворок Н.И., Сыроваткин М.И. Прогрессивные технологии выращивания молодняка крупного рогатого скота // Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. 2007. Т. 17. № 2. С. 225–234.

Калниньш А.Я. Лес – сельскому хозяйству: Пр-во и применение продуктов перераб. древес. отходов / под ред. А.Я. Калниньша. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 192 с.

Колодынская Л.А., Разина М.Ю., Роцин В.И., Соловьев В.А. О различии в групповом составе экстрактивных веществ хвои и побегов сосны обыкновенной // Химия древесины. 1984. № 5. С. 74–78.

Короткий В.П., Казанцев О.А., Есипович А.Л. Биологически активные кормовые добавки на основе древесной зелени // Современные тенденции в сельском хозяйстве : II Междунар. науч. Интернет-конференция. Казань. 2013. Т. 2. С. 103–104.

Короткий В.П., Рыжов В.А., Зенкин А.С. Антистрессовая фитонцидная кормовая добавка (иммуномодулятор) для животных // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2017. Т. 6, № 2. С. 195–200.

Менькин В.К. Кормление сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1997. 250 с.

Некрасов Р., Аникин А., Чабаев М., Головин А. Принципы нормирования комбикормов – концентратов в рационах коров // Комбикорма. 2018. № 2. С. 30–34.

Репях С.М., Левин Э.Д. Кормовые добавки из древесной зелени. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 96 с.

Роцин В.И. Состав, строение и биологическая активность терпеноидов из древесной зелени хвойных растений: автореф. дис. ... д-ра. хим. наук. СПб., 1995. 35 с.

Роцин В.И., Баранова Р.А., Белоозерских О.А., Соловьев В.А. Состав экстрактивных веществ хвои и побегов ели европейской // Химия древесины. 1983. № 4. С. 56–61.

Роцин В.И., Колодынская Л.А., Разина Н.Ю., Соловьев В.А. Трициклический дитерпеновые кислоты из обесхвоенных побегов сосны обыкновенной // Химия древесины. 1985. № 2. С. 106–107.

Рыжов В.А., Рыжова Е.С., Короткий В.П. и др. Хвойно-энергетическая кормовая добавка для животноводства // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. № Т26. С. 346–350.

Слодокий Ф.Т., Хинич В.И. О применении хвои и продуктов из нее в качестве биоактивных подкормок в животноводстве. Использование живых элементов дерева. 1969. Вып. 1. С. 119–125.

Толстиков Г.А., Толстикова Т.Г., Шульц Э.Э., Толстиков С.Е., Хвостов М.В. Новосибирск: Гео, 2011. 395 с.

Cronzalez M.A., Correa-Royero J., Agudelo L., Mesa A., Betaneur-Galvis L. Synthesis and biological evaluation of abietic acid derivatives // Eur. J. Med. Chem. 2009. Vol. 44. P. 2468–2472.

Ford S. Effects of early gestational undernutrition in the cou on fetal growth and placentomal composition // Journal of Animal Science. 2005. Vol. 83, no. 1. P. 297.

Fujita J., Sempuku K., Kitaguchi K., Mori T., Murai H., Yoshikuni J., Enomoto H., Loser R. New Hypocholesterolemic Abietamide Derivatives. 1. Structure – activity relationship // Chem. Pharm. Bull. 1980. Vol. 28, no. 2. P. 453–458.

Iwamoto M., Minami T., Tokuda H., Ohtsu H., Tanaka R. Potential antitumor promoting diterpenoids from the steam bark of Thuja standishii // Planta Medica. 2003. Vol. 69. P. 69–72.

Kulyashova L., Roschina N., Nikitina T., Soultanov V. Antiprotozoal activity of Conifer Green Needle Complex against Trichomonas vaginalis // Nat. Prod. Commun. 2019. 14(1). P. 147–150

Obbord E.A., Mac K., Avanti O., Pfeiser A.M.A. Mechanism involved in the chemoprotective effects of rosemary extract studied in human liver and bronchid cells // Cancer Lett. 1997. Vol. 114. P. 275–281.

Pferschy-Wenzig E.M., Kunert O., Presser A., Bauer R. In vitro anti-inflammatory activity of larch (*Larix decidua* L.) sawdust // J. Agric. Food Chem. 2018. Vol. 56. P. 11688–11693.

Podhorsky A., Pechova A., Dvorak R., Paviata L. Metabolic disorders in dairy calves in postpartum period // Acta Veterinaria Brno. 2007. Vol. 76. P. 45–53.

Roschin V.I., Soultanov V.S., Zhebrun A.B., Nikitina T.V., Kuliashova L.B. Medicinal agent exhibiting antiprotozoal activity to trichomonas vaginalis in an in-vitro model system // US patents US 9,669,061 B2, 2017.

Salminen A., Lehtonen M., Suuronen T. et al. Terpenoids: natural inhibitors of NK-kB signaling with anti-inflammatory and anticancer potential. *Cell. Mol. Life Sci.* 2008. 65. P. 2979–2999.

Son K.H., Oh H.M., Choi S.K. et al. Anti-tumor abietane diterpenes from the cones of *Sequoia sempervirens* // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2005. 15. P. 2019–2021.

Tao S., Monteiro A.P.A., Hayen M.J., Dahl G.E. Maternal heat stress during the dry period alters postnatal whole – body insulin response of calves / Journal of Dairy Science. 2014. Vol. 97. P. 897–901.

Tao S., Monteiro A.P.A., Thompson I.M., Hayen M.J., Dahl G.E. Effect of late – gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves // Journal of Dairy Science. 2012. Vol. 95. P. 7128–7136.

Zenkin A.S., Kindyaev V.M., Jedelkin A.V., Korotky V.P., Ryzhov V.A., Roschin V.I. Evaluation of the influence of original conifer-energy feed additive on productivity and metabolism of young cattle // Biol. Med. 2014. Vol. 6, no. 1. BM -004-14.

Zhebrun A.B., Soultanov V.S., Svarval A.V. et al. Study of effect of «Bioeffective A» substance on *Helicobacter Bacteria* (*Helicobacter Pylori* type) using an in vitro model // Proceedings of the International Conference, Institute Pasteur; June 2008; St. Petersburg. Russia. 2008. P. 120.

Zhebrun A.B., Soultanov V.S., Svarval A.V. et.al. Evaluation of the effect of a plant origin therapeutic substance from conifer needles, Bioeffective® A, in relation to bacteria of Helicobacter Genus (Helicobacter pyloriType) using in vitro model, compared with traditional antimicrobial drugs, in Proceedings of the ACM Australian Society for Microbiology Annual Scientific Meeting, Brisbane, Australia, July 2012.

References

Cronzalez M.A., Correa-Royero J., Agudelo L., Mesa A., Betaneur-Galvis L. Synthesis and biological evaluation of abietic acid derivatives. *Eur. J. Med. Chem.*, 2009, vol. 44, pp. 2468–2472.

Ford S. Effects of early gestational undernutrition in the cow on fetal growth and placentomal composition. *Journal of Animal Science*, 2005, vol. 83, no. 1, p. 297.

Fujita J., Sempuku K., Kitaguchi K., Mori T., Murai H., Yoshikuni J., Enomoto H., Loser R. New Hypocholesterolemic Abietamide Derivatives. 1. Structure – activity relationship. *Chem. Pharm. Bull.*, 1980, vol. 28, no. 2, pp. 453–458.

Golovan V.T., Podvorok N.I., Syrovatkin M.I. Progressive technologies for raising young cattle. *Scientific works of the State Scientific Institution VNIMZH of the Russian Agricultural Academy*, 2007, vol. 17, no. 2, pp. 225–234. (In Russ.)

Iwamoto M., Minami T., Tokuda H., Ohtsu H., Tanaka R. Potential antitumor promoting diterpenoids from the steam bark of Thuja standishii. *Planta Medica*, 2003, vol. 69, pp. 69–72.

Kalnins A.Ya. Forest – agriculture: Production and use of processed products. wood Waste / ed. AND I. Kalninsha. M.: Lesn. industry, 1978. 192 p. (In Russ.)

Kolodynskaya L.A., Razina M.Yu., Roshchin V.I., Soloviev V.A. On the difference in the group composition of extractive substances of Scots pine needles and shoots. *Chemistry of wood*, 1984, no. 5, pp. 74–78. (In Russ.)

Korotkiy V.P., Kazantsev O.A., Esipovich A.L. Biologically active feed additives based on tree greens. *Modern trends in agriculture: II International Scientific Internet Conference*. Kazan, 2013, vol. 2, pp. 103–104. (In Russ.)

Korotkiy V.P., Ryzhov V.A., Zenkin A.S. Anti-stress phytoncidal feed additive (immunomodulator) for animals. *Collection of scientific papers of the North Caucasus Research Institute of Animal Husbandry*, 2017, vol. 6, no. 2, pp. 195–200. (In Russ.)

Kulyashova L., Roschina N., Nikitina T., Soultanov V. Antiprotozoal activity of Conifer Green Needle Complex against Trichomonas vaginalis. *Nat. Prod. Commun.*, 2019, 14(1). pp. 147–150.

Menkin V.K. Agricultural feeding animals. M.: Kolos, 1997. 250 p. (In Russ.)

Nekrasov R., Anikin A., Chabaev M., Golovin A. Principles of rationing of mixed feed – concentrates in cow diets. *Mixed feed*, 2018, no. 2, pp. 30–34. (In Russ.)

Obbord E.A., Mac K., Avanti O., Pfeiser A.M.A. Mechanisms involved in the chemoprotective effects of rosemary extract studied in human liver and bronchid cells. *Cancer Lett.*, 1997, vol. 114, pp. 275–281.

Pferschy-Wenzig E.M., Kunert O., Presser A., Bauer R. In vitro anri-inflammatory activity of larch (*Larix decidua* L.) sawdust *J. Agric.Food Chem.*, 2018, vol. 56, pp. 11688–11693.

Podhorsky A., Pechova A., Dvorak R., Paviata L. Metabolic disorders in dairy calves in postpartum period. *Acta Veterinaria Brno*, 2007, vol. 76, pp. 45–53.

Repyakh S.M., Levin E.D. Feed additives from tree greens. M.: Forest industry, 1988, 96 p. (In Russ.)

Roschin V.I., Soultanov V.S., Zhebrun A.B., Nikitina T.V., Kuliashova L.B. Medicinal agent exhibiting antiprotozoal activity to trichomonas vaginalis in an in-vitro model system. US patents US 9,669,061 B2, 2017.

Roshchin V.I. Composition, structure and biological activity of terpenoids from green wood of coniferous plants: Author's abstract: diss. ... dr. chem. Sci. St. Petersburg, 1995. 35 p. (In Russ.)

Roshchin V.I., Baranova R.A., Beloozerskikh O.A., Soloviev V.A. Composition of extractive substances of Norway spruce needles and shoots. *Chemistry of wood*, 1983, no. 4, pp. 56–61. (In Russ.)

Roshchin V.I., Kolodynskaya L.A., Razina N.Yu., Soloviev V.A. Tricyclic diterpene acids from deconiferous shoots of Scots pine. *Chemistry of wood*, 1985, no. 2, pp. 106–107. (In Russ.)

Ryzhov V.A., Ryzhova E.S., Korotkiy V.P. and others. Coniferous-energy feed additive for livestock. *Scientific and methodological electronic journal «Concept»*, 2014, no. T26, pp. 346–350. (In Russ.)

Salminen A., Lehtonen M., Suuronen T. et al. Terpenoids: natural inhibitors of NK-kB signaling with anti-inflammateri and anticancer potencial. *Cell. Mol. Life Sci.*, 2008, 65, pp. 2979–2799.

Solodky F.T., Khinich V.I. On the use of pine needles and products made from them as bioactive fertilizers in animal husbandry. *Using living wood elements*, 1969, iss. 1, pp. 119–125. (In Russ.)

Son K.H., Oh H.M., Choi S.K et.al. Anti-tumor abietane deterpenes from the cones of Sequoia semprevirens. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2005, 15, pp. 2019–2021.

Tao S., Monteiro A.P.A., Hayen M.J., Dahl G.E. Maternal heat stress during the dry period alters postnatal whole – body insulin response of calves. *Journal of Dairy Science*, 2014, vol. 97, pp. 897–901.

Tao S., Monteiro A.P.A., Thompson I.M., Hayen M.J., Dahl G.E. Effect of late – gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 2012, vol. 95, pp. 7128–7136.

Tolstikov G.A., Tolstikova T.G., Shultz E.E., Tolstikov S.E., Khvostov M.V. Novosibirsk: Publishing House «Geo», 2011. 395 p. (In Russ.)

Vasiliev S.N., Roshchin V.I., Vyrodov V.A. Composition of extractive substances from the green wood of Scots pine. M.: VNIPIEILesprom, 1991. 72 p. (In Russ.)

Zenkin A.S., Kindyaev V.M., Jedelkin A.V., Korotky V.P., Ryzhov V.A., Roschin V.I. Evaluation of the influence of original conifer-energy feed additive on productivity and metabolism of young cattle. *Biol. Med.*, 2014, vol. 6, no. 1. BM-004-14.

Zhebrun A.B., Soultanov V.S., Svarval A.V. et. al. Study of effect of «Bioeffective A» substance on *Helicobacter Bacteria* (*Helicobacter Pylori* type) using an in vitro model. Proceedings of the International Conference, Institute Pasteur; June 2008. St. Petersburg, Russia, p. 120.

Zhebrun A.B., Soultanov V.S., Svarval A.V., et.al. Evaluation of the effect of a plant origin therapeutic substance from conifer needles, Bioeffective® A, in relation to bacteria of *Helicobacter Genus* (*Helicobacter pylori* Type) using in vitro model, compared with traditional antimicrobial drugs,” in Proceedings of the ACM Australian Society for Microbiology Annual Scientific Meeting, Brisbane, Australia, July 2012.

Материал поступил в редакцию 21.03.2024

Рощин В.И., Юрина Н.А., Миксон Д.С., Короткий В.П., Рыжов В.А. Экстрактивные вещества хвойной кормовой фитодобавки и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных животных при стрессах. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 250. С. 366–382. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.366-382

Представлены результаты исследования исходной древесной зелени – отхода лесозаготовки и полученной из неё хвойной кормовой добавки, определено влияние хвойной кормовой добавки на продуктивность и качество молочной продукции, физиолого-биохимические показатели животных в период стрессовых факторов – повышенной температуры воздуха и отела. Цель исследования – изучение состава групп веществ и соединений фракции кислот исходной древесной зелени и хвойной кормовой добавки, изготовленной в производственных условиях: основных показателей продуктивности и качества молочной продукции, зоотехнических и физиолого-биохимических показателей сельскохозяйственных животных в условиях температурного стресса и отела. Исследовали среднюю пробу исходной древесной зелени, побеги с хвоей – отход лесозаготовки и изготовленную в производственных условиях ООО НТЦ «Химинвест» хвойную кормовую добавку. Кормовую добавку разделили на твердую и жидкую части. Исходную древесную зелень и твердую часть кормовой добавки экстрагировали пропан-2-олом, остаток последовательно экстрагировали углеводородным экстрагентом (пределы кипения 40–70 °С) и диэтиловым эфиром. Жидкую часть кормовой добавки аналогично экстрагировали углеводородами и диэтиловым эфиром. В углеводородном экстракте определяли основные группы веществ – сумму смоляных и высших жирных кислот, неомыляемые вещества, содержание производных хлорофилла и

каротиноидов. Состав соединений кислот идентифицировали методом ГХ-МС. Результаты исследования показали, что составы групп веществ исходной древесной зелени и изготовленной хвойной кормовой добавки близки. Параметры технологического процесса изготовления кормовой добавки не оказывают влияния на нативность получаемой продукции. Использование хвойной кормовой добавки в период экстремально высоких температур воздуха (до 42 °С) в тени и отела снижало в крови содержание кортизола (на 1,7–5,9%), адреналина на (4,7–8,4%), мочевины (на 5,2–8,5%), повышало содержание общего белка (на 1,2–3,3%) и глюкозы (на 6,2–19,5%) при сравнении с контрольной группой животных. Полученные результаты исследования позволяют положительно оценить влияние хвойной кормовой добавки на физиолого-биохимические процессы животных в период теплового стресса и отела.

Ключевые слова: древесная зелень, сосна обыкновенная, кормовая добавка, коровы, стресс.

Roshchin V.I., Yurina N.A., Mikson D.S., Korotky V.P., Ryzhov V.A. Extractive substances of coniferous feed phyto additives and their influence of the productivity of farm animals under stress. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2024, iss. 250, pp. 366–382 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.366-382

The results of the study of the initial woody greens –logging waste and the coniferous feed additive obtained from it are presented, the influence of the coniferous feed additive on the productivity and quality of dairy products, physiological and biochemical parameters of animals during the period of stress factors – increased air temperature and calving is determined. The purpose of the study is to study the composition of groups of substances and compounds of the acid fraction of the initial woody greens and coniferous feed additives manufactured under production conditions: the main indicators of productivity and quality of dairy products, zootechnical and physiological and biochemical parameters of farm animals under conditions of temperature stress and calving. An average sample of the initial woody greens, shoots with needles – logging waste, and a coniferous feed additive manufactured under production conditions by STC «Khiminvest» LLC have been studied. The feed additive was divided into solid and liquid parts. The initial woody greens and the solid part of the feed additive were extracted with propane-2-ol, the remainder was sequentially extracted with a hydrocarbon extractant (boiling range 40–70 °C) and diethyl ether. The liquid part of the feed additive was similarly extracted with hydrocarbons and diethyl ether. The main groups of substances were determined in the hydrocarbon extract – the sum of resin and higher fatty acids, unsaponifiable substances, the content of chlorophyll derivatives and carotenoids. The composition of acid compounds was identified by GC-MS method. The results of the study showed

that the compositions of the groups of substances of the original woody greens and the manufactured coniferous feed additive are similar. The parameters of the technological process for the manufacture of feed additives do not affect the nativity of the products obtained. The use of a coniferous feed additive during extremely high air temperatures (up to 42 °C) in the shade and calving reduced the content of cortisol in the blood (by 1.7–5.9 per cent), adrenaline by (4.7–8.4 per cent), urea (by 5.2–8.5 per cent), increased the content of total protein (by 1.2–3.3 per cent) and glucose (by 6.2–19.5 per cent) when compared with the control group of animals. The obtained research results allow us to positively assess the effect of coniferous feed additives on the physiological and biochemical processes of animals during heat stress and calving.

Key words: woody greens, *pinus sylvestris*, feed additive, cows, stress.

РОЦИН Виктор Иванович – заведующий кафедрой технологии лесохимических продуктов, химии древесины и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, старший научный сотрудник, доктор химических наук. SPIN-код: 4517-6056. ORCID: 0000-0002-5410-9496.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: kaf.chemdrev@mail.ru

ROSHCHIN Viktor I. – DSc (Chemistry), Head of the Department of Technology of Forest Chemical Products, Wood Chemistry and Biotechnology, St.Petersburg State Forest Technical University, Senior Researcher. SPIN-code: 4517-6056. ORCID: 0000-0002-5410-9496.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: kaf.chemdrev@mail.ru

ЮРИНА Наталья Александровна – профессор Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина, доктор сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 7033-3840.

350044, ул. Калинина, д. 13, г. Краснодар, Россия.

YURINA Natalya A. – DSc (Agricultural), Professor of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. SPIN-code: 7033-3840.

350044. Kalinina str. 13. Krasnodar. Russia.

МИКСОН Дарья Сергеевна – доцент кафедры технологии лесохимических продуктов, химии древесины и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат химических наук. SPIN-код: 2132-0541. ORCID: 0000-0001-7828-2966.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: ms.mikson@mail.ru

MIKSON Darya S. – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Technology of Forest Chemical Products, Wood Chemistry and Biotechnology, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 2132-0541. ORCID: 0000-0001-7828-2966.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: ms.mikson@mail.ru

КОРОТКИЙ Василий Павлович – генеральный директор ООО НТЦ «Химинвест».

603001, Нижне-Волжская наб., д. 9/1, г. Нижний-Новгород, Россия. E-mail: himinvest@sandy.ru

KOROTKY Vasily P. – General Director of LLC Scientific and Technical Center «Himinvest».

603001. Nizhne-Volzhskaya emb. 9/1. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: himinvest@sandy.ru

РЫЖОВ Виктор Анатольевич – главный инженер ООО НТЦ «Химинвест». SPIN-код: 5609-7728.

603001, Нижне-Волжская наб., д. 9/1, г. Нижний-Новгород, Россия. E-mail: woodnn@yandex.ru

RYZHOV Viktor A. – Chief Engineer of LLC Scientific and Technical Center «Himinvest». SPIN-code: 5609-7728

603001. Nizhne-Volzhskaya emb. 9/1. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: woodnn@yandex.ru