

М.Н. ПАК, Р.В. ИВАНОВ, У.В. ХОМПОДОЕВА

## Оценка жирнокислотного состава кормовых трав тебеневочных пастбищ Центральной и Северо-Восточной Якутии

*Представлены результаты исследования питательных веществ и жирнокислотного состава сеяных и естественных травостоев, хвощовых и безхвощовых (разнотравных) пастбищ Якутии. Установлено, что в составе липидов овса посевного доминируют ненасыщенные жирные кислоты (56,59 %), у отавы естественного травостоя этот показатель почти 2 раза меньше (31,15 %). Хвощ пестрый также содержит значительное количество полиненасыщенных жирных кислот, особенно линолевой и арахидоновой. Хвощовое пастбище превосходит разнотравное по содержанию в растительности протеина, жира, золы и БЭВ, за исключением клетчатки. Полученные нами результаты свидетельствуют о необходимости широкого использования посевов овса и хвощовых пастбищ для нажировки табунных лошадей якутской породы.*

*Ключевые слова:* зимне-зеленая масса овса, отава естественного травостоя, урожайность, хвощ пестрый, пастбищная растительность, жирные кислоты, линолевая, линоленовая, арахидоновая кислоты, якутская лошадь.

**Evaluation of fatty acid composition of forage grasses of winter-grazing pastures in Central and Northeast Yakutia.** M.N. PAK, R.V. IVANOV, U.V. HOMPODOEVA (Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronov, Yakutsk).

*The article presents the results of the study of nutrients and fatty acid composition of seeded and natural grasslands, horsetail and horsetail-free pastures in Yakutia. It was found that unsaturated fatty acids dominate in the composition of oat lipids, the total content of which was 56.59 %, while the natural grass stand oats have almost 2 times less (31.15 %). Variegated horsetail contains a significant amount of polyunsaturated fatty acids, especially linoleic and arachidonic. Horsetail pasture is superior to mixed grass pasture in terms of protein, fat, ash and nitrogen-free extractive fraction, except fiber. The results that we obtained indicate the need for widespread use of oat crops and horsetail pastures in breeding herd horses of the Yakut breed.*

*Key words:* winter-green mass of oats, after-grass of natural grass, yield, variegated horsetail, pasture vegetation, fatty acids, linoleic, linoleic, arachidonic acids, Yakut horse.

### Введение

Якутия – регион с весьма суровым резко континентальным климатом, здесь находится полюс холода Азии. Абсолютная минимальная температура воздуха опускается до  $-69,8$  °С, а максимальная превышает  $+30$  °С. Лето тут короткое (50–70 дней), осенние температурные переходы через  $+5$  и  $0$  °С наблюдаются 7 и 22 сентября соответственно, зима длинная (7,5–8 мес.).

Суровый климат Якутии не помеха чрезвычайно быстрому развитию растительности, она исключительно приспособлена к местным природным условиям: биохимические

\*ПАК Мария Николаевна – научный сотрудник, ИВАНОВ Реворий Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией, ХОМПОДОЕВА Уйгулана Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова, Якутск). \*E-mail: conevods@mail.ru

процессы в растениях протекают бурно, интенсивно накапливаются ценные питательные вещества [4]. В литературе встречается много данных, свидетельствующих о богатстве питательными веществами и высокой перевариваемости животными растений Крайнего Севера. Так, известно, что кормовые растения Заполярья в некоторые периоды роста накапливают в листьях значительно большее количество сырого протеина, чем те же виды на юге. Также имеется ряд данных, показывающих более высокое накопление протеина и жира при низком содержании сырой клетчатки в растениях северной тундровой зоны, чем в растениях средней полосы России [8].

Отава и большинство осенневегетирующих травянистых растений, подвергаясь закаливанию, сохраняются до глубокой осени зелеными и в таком состоянии уходят под снег. В условиях криолитозоны в зимнее время сведены к минимуму такие неблагоприятные явления, как выпревание и выпаривание растений, что связано с отсутствием в этот период возвратных потеплений. Поэтому в Якутии широко распространены зимне-зеленые травянистые растения – зимний тебеневочный корм для многих травоядных животных [11].

В регуляции энергетики северных травоядных животных, включая якутскую лошадь, по-видимому, ключевое значение имеет биохимическая ценность их кормовой базы – осенневегетирующих и зимне-зеленых растений, уходящих под снег в зеленом состоянии (зеленый криокорм) и накапливающих к этому времени максимальное количество энергоемких и биологически активных веществ [10].

Среди таких веществ весьма важную роль в приспособлении организмов к низким температурам играют липиды. По результатам исследований К.А. Петрова известно, что в процессе адаптации к гипотермии травянистых растений в условиях осенних пониженных температур криолитозоны Якутии содержание всех классов полярных липидов, входящих в состав клеток, значительно увеличивается: так формируются ценные по биохимическому составу корма, подвергающиеся консервации естественным холодом и способствующие перезимовке северных видов животных, включая породу табунных лошадей Якутии [12]. На большое значение липидов кормовых трав для животных, в том числе сельскохозяйственных, обращает внимание А.В. Архипов, указывающий, что набором определенных кормов и кормовых добавок можно регулировать липидный и жирнокислотный состав рационов и изменять их влияние на продуктивность и обмен веществ в организме моногастричных животных [2]. Многие исследования свидетельствуют о влиянии полиеновых жирных кислот на устойчивость к холоду. В работе Р. Маали с соавторами разбирается механизм этого: A12-десатураза стимулирует биосинтез мембранных липидов и повышает уровень ненасыщенных жирных кислот, что может повышать холодостойкость [7]. В работе [14] утверждается, что рост содержания ненасыщенных жирных кислот в липидах мембран действительно приводит к увеличению устойчивости к холоду, однако это не единственный вариант ответа на понижение температуры.

Кормовые растения северо-востока Якутии представлены 70 видами, в основном многолетними травами [1]. Наибольшее значение имеют арктофила рыжеватая, вейники, осоки, пушицы, хвощи и некоторые другие.

Кормовые травы Центральной Якутии значительно более разнообразны. Широко распространены из злаков: кострец безостый, бекмания восточная, вейник Лангсдорфа, бескильница тонкоцветковая, лисохвост тростниковый, мятлик луговой, овсяница якутская, пырей ползучий и якутский, ячмень луговой; из осок: преимущественно о. Шмидта, вилюйская, водяная; из бобовых: мышинный горошек, чина болотная, клевер люпиновидный; разнотравье слагают полыни якутская и пушистая, тысячелистник обыкновенный, подмаренник настоящий [1].

Целью настоящей работы стало изучение питательной ценности и жирнокислотного состава некоторых трав тебеневочных пастбищ Центральной и Северо-Восточной Якутии.

## Материал и методика исследований

Для зоотехнической оценки питательной ценности однолетних замороженных на корню трав в 2010 г. в ООО «Красная звезда» Мегино-Кагаласского улуса (Центральная Якутия) был проведен посев овса по общепринятой технологии посевов однолетних культур в специально построенном загоне площадью 1,5 га. Также был огорожен часток в 1,5 га с естественным травостоем для контроля

Урожайность тебеневочного корма определена по методике полевого опыта [3]. Потребная площадь пастбы рассчитана по общепринятому методу. Зоотехнические опыты организованы методом групп-периодов на 3 головах меринов якутской породы лошадей.

Для проведения исследований в Верхоянском улусе (Северо-Восточной Якутия) нами выбраны два участка пастбищ в окрестностях р. Туостях, где обычно пасутся табуны лошадей янского типа якутской породы. На первом пастбище преобладала хвощово-разнотравная растительность, на другом – злаково-разнотравная. Объектом исследований являлись образцы пастбищных трав, хвощ пестрый (*Equisetum variegatum* Schleich. ex Web.). Пробы трав собирали в непосредственной близости от тебенующих животных по общепринятой методике рандоминации в 4-кратной повторности.

Пробы растительного материала массой 100 г брали с участка с площадью 1 м<sup>2</sup> в зимнее время. Биохимические анализы состава растений, в том числе содержания основных питательных веществ, проведены в лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции и биохимических анализов ЯНИИСХ спектральным анализатором ближней инфракрасной спектроскопии NIR SCANNER model 4250 производства США (подробно о методах см. [9]).

Работа с жирными кислотами (ЖК) липидов кормовых трав была проведена в ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН. Липиды из образцов выделяли смесью хлороформ : метанол (2 : 1) по методу Фолча из расчета 20 частей экстрагирующей смеси на 1 часть ткани. Метод позволяет извлекать 90–95 % всех клеточных липидов. Их чистоту проверяли методом тонкослойной хроматографии [6, 13]. Состав жирных кислот липидов кормовых трав определяли на газовом хроматографе HP 6890 фирмы Hewlett Packard производства США с плазменно-ионизационным детектором и капиллярными колонками из плавленного кварца размером 30 × 0,25 мм с неподвижными фазами различной полярности Silar ЮС и SE-30, соответственно инжектор – 200 и 250 °С, детектор – 220 и 250 °С; термостат колонки – в температурной программе от 150 до 200 °С. Идентификацию ЖК проводили путем сравнения со стандартами. Содержание индивидуальных ЖК выражали в процентах от их общего количества [6, 13].

Статистическая обработка данных проведена с использованием программного пакета Excel for Windows XP 2002, они представлены как  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $m$  – ошибка среднего. Степень достоверности выявленных различий определялась по  $t$ -критерию Стьюдента.

## Результаты эксперимента и их обсуждение

Замороженная естественным холодом зеленая масса овса посевного (*Avena sativa* L.) при тебеневке находилась в фазе выхода в трубку, отава естественного травостоя – в фазе кущения, с малым количеством перезревших огрубевших растений, т.е. в обоих случаях растения проходили примерно один и тот же цикл вегетации. Посевы овса были светло-зеленого цвета, верхушки растений побурели, отава естественного травостоя бледно-зеленый цвет сохранила только у корня растений. Результаты проведенного нами биохимического сравнения см. в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что урожайность овса посевного во много раз превышает урожайность отавы естественного травостоя. Кроме того, в нем больше в 5 раз каротина, в 1,7 –

Таблица 1  
Урожайность и химический состав посевов овса посевного в загонах для проведения опытов и отавы естественного травостоя (Центральная Якутия, февраль)

Показатели	Отава	Овес (зимне-зеленая масса)
Урожайность, ц/га	5,1 ± 0,09	161,1 ± 0,11
Сухое вещество, %	42,3 ± 0,53	63,7 ± 0,13
Содержание в абсолютно сухом веществе, %:		
протеин	9,0 ± 0,14	15,5 ± 0,77
жир	1,5 ± 0,08	2,2 ± 0,18
клетчатка	35,4 ± 0,13	35,5 ± 0,04
безазотистые экстрактивные вещества	49,1 ± 0,66	38,7 ± 0,43
зола	4,9 ± 0,34	8,1 ± 0,23
фосфор	0,20 ± 0,07	0,26 ± 0,04
кальций	2,34 ± 0,76	1,18 ± 0,35
Каротин, мг/кг	28,4 ± 0,76	133,0 ± 0,44

Таблица 2  
Жирнокислотный состав (%) овса посевного и отавы естественного травостоя (Центральная Якутия, февраль)

Кислота	Отава	Овес
Насыщенные		
Миристиновая C14:0	0,3 ± 0,01	2,23 ± 1,10
Пальмитиновая C16:0	14,0 ± 0,07	6,41 ± 0,13
Стеариновая C18:0	11,7 ± 0,03	1,43 ± 0,12
Сумма НЖК	32,5 ± 0,17	28,42 ± 0,40
Мононенасыщенные		
Олеиновая C18:1n9c	11,8 ± 0,04	6,09 ± 0,37
Эруковая C22:1n9t	–	6,69 ± 0,41
Сумма МНЖК	15,5 ± 0,17	15,88 ± 0,18
Полиненасыщенные		
Линолевая C18:2 w6	11,2 ± 0,17	18,84 ± 0,32
γ-Линоленовая C18:3 w6	2,75 ± 0,03	3,68 ± 0,43
α-Линоленовая C18:3 w3	0,44 ± 0,03	0,82 ± 0,19
Сумма ПНЖК	15,65 ± 0,18	40,71 ± 0,11

Примечание. Прочерк – не идентифицировано.

В целом по содержанию основных полиненасыщенных жирных кислот отава естественного травостоя уступает овсу посевному.

Другая часть нашего исследования относится к Верхоянскому району (Северо-Восточная Якутия). Здесь мы выясняли роль в том числе хвощовых пастбищ (табл. 3) для

протеина, в 1,5 – сырого жира, в 1,65 раза золы, на 23 % фосфора. Уровень сырой клетчатки практически одинаков в обоих вариантах. Безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) на 21,2 % больше в отаве.

Как было сказано выше, адаптация растений к продолжительному низкотемпературному стрессу тесно связана с основными источниками энергии – липидами и полиеновыми жирными кислотами, главным образом обеспечивающими высокую питательную ценность замороженной естественным холодом растительности криолитозоны [5, 12]. В табл. 2 показан жирнокислотный состав овса посевного на корню и отавы естественного травостоя.

По данным табл. 2, в составе липидов изученного сеяного травостоя доминируют ненасыщенные жирные кислоты (суммарное содержание 56,59 %), у отавы этот показатель почти в 2 раза меньше (31,15 %). В обоих случаях большая доля от общего содержания жирных кислот приходилась на ненасыщенные олеиновую и линолевою. У отавы естественного травостоя олеиновой кислоты больше в 2 раза, чем у овса посевного, а линолевой, наоборот, в 1,7 раза меньше. Обращают на себя внимание малые количества γ- и α-линоленовых кислот, что можно объяснить спецификой метаболизма исследованных растений.

Таблица 3  
Химический состав (%) кормовых растений Верхоянского района, окрестности р. Туостаах (ноябрь)

Группа кормовых трав	Гигровлага	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Зола	БЭВ
I (хвощовая)	9,79 ± 0,02	8,11 ± 0,17	2,72 ± 0,10*	29,45 ± 0,06	9,00 ± 0,02*	40,93 ± 0,10*
II (разнотравная)	7,44 ± 0,03	6,58 ± 0,17	0,98 ± 0,02	45,05 ± 0,08*	7,08 ± 0,10	32,87 ± 0,22

\*P > 0,999.

**Жирнокислотный состав хвощей пестрого (*Equisetum variegatum*) и камышового (*E. scirpoides*), % от суммы жирных кислот (Северо-Восточная Якутия, ноябрь)**

Кислота	Хвощ пестрый	Хвощ камышовый
Капроновая	1,95	3,4
Каприновая	3,21	3,38
Лауриновая	1,1	1,7
Тридекановая	1,28	1,0
Миристиновая	1,71	1,3
Пальмитиновая	18,4	20,2
Пальмитолеиновая	1,07	0,9
Гептадеценная	2,6	1,9
Стеариновая	5,55	6,36
Олеиновая	14,8	11,8
Линолевая	21,2	13,37
Арахидиновая	3,1	3,8
цис-Эйкозатриеновая $\omega$ -6	2,0	–
цис-Эйкозатриеновая $\omega$ -3	–	0,78
Арахидоновая	3,25	–
цис-Докозодиеновая	1,3	1,1
Сумма НЖК	37,98	42,47
Сумма МНЖК	19,13	15,32
Сумма ПНЖК	28,45	16,00
Неидентифицированные $C_6-C_{20}$	14,44	26,2

Примечание. Прочерк – не идентифицировано.

зимнего нагула лошадей. Известно, что хвощ пестрый по своим кормовым качествам приближается к пшеничным отрубям, это доказано химическим анализом [4].

Стоит отметить, что растительные образцы I группы (табл. 3) по питательной ценности достоверно превосходят растительные образцы II группы, в частности по сырому жиру на 64 %, золе на 21,3 % и БЭВ на 19,7 %.

О том, сказываются ли видовые различия хвощей на кормовых свойствах зеленой массы, позволяют судить результаты исследования качественного и количественного состава жирных кислот (содержание которых выше 1,0 %) двух растений семейства хвощовые (табл. 4).

Таким образом, жирнокислотный состав растений обоих видов хвощей представлен биологически активными жирными кислотами, в основном линолевой, олеиновой, арахидоновой и арахидиновой. Содержание пальмитиновой и стеариновой кислот почти одинаково, но линолевой и арахидоновой кислот в хвоще пестром содержится значительно больше, что следует учитывать при наживке табунных лошадей.

Хвощовый корм в условиях тебеневки обладает способностью восстанавливать силу и упитанность истощенных лошадей за короткий промежуток времени (30–45 дней). Интересно отметить, что сало лошадей, кормившихся на хвощовом лугу, имеет желто-оранжевый оттенок. К.М. Петров объясняет это накоплением в нем вторичных каротиноидов, предположительно из зеаксантина, синтез которых обусловлен адаптацией осенневегетирующего растения к понижающимся температурам [10].

## Заключение

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что в Центральной Якутии из двух исследованных пастбищ по питательной ценности кормов, в частности по содержанию сырого протеина, сырого жира, золы и каротина, зимне-зеленая масса овса превосходит отаву естественного травостоя, при этом в первом случае отмечен более высокий уровень полиненасыщенных жирных кислот. Больше по сравнению с естественным травостоем (в 2 раза) содержание ПНЖК в зимне-зеленой массе овса делает его более ценным кормом.

Из двух исследованных пастбищ северо-востока Якутии хвощовое по питательной ценности превосходит разнотравное, особенно по содержанию сырого жира, золы и БЭВ. У хвоща пестрого в составе липидов высокий уровень полиненасыщенных жирных кислот, особенно линолевой и арахидоновой, что ценно для наживки табунных лошадей.

Полученные нами результаты свидетельствуют о необходимости широкого использования овсяных посевов и хвощовых пастбищ при разведении лошадей якутской породы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов А.Ф. Воспроизводство и кормление якутских лошадей / Якут. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва. Якутск: Кн. изд-во, 1977. 96 с.
2. Архипов А.В. Липиды зеленых кормов и травяной муки // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2016. № 4. С. 20–30.
3. Доспехов Б.Д. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Егоров А.Д., Потапов В.Я., Романов П.А. Зонально-биохимические особенности кормовых растений Якутии и некоторые проблемы развития животноводства. Якутск: Кн. изд-во, 1962. 51 с.
5. Ильин А.Н., Иванов Р.В., Осипов В.Г. Использование в табунном коневодстве Центральной Якутии сеяных травостоев из однолетних и многолетних культур // Состояние и научные основы развития земледелия в Республике Саха (Якутия): сб. статей науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Д.П. Корнилова / отв. ред. М.П. Неустров. Якутск, 2010. С. 89–95.
6. Лисицын А.Б., Иванкин А.Н., Неклюдов А.Д. Методы практической биотехнологии. Анализ компонентов и микропримесей в мясных и других пищевых продуктах. М.: ВНИИМП, 2002. 408 с.
7. Маали Р., Шимшилашвили Х.Р., Пчёлкин В.П., Цыдендамбаев В.Д., Носов А.М., Лось Д.А., Голденкова-Павлова И.В. Сравнительное изучение экспрессии нативного гибридного гена ацил-липидной  $\Delta 9$ -десатуразы в бактерии *Escherichia coli* // Генетика. 2007. Т. 43, № 2. С. 176–182.
8. Макарец Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных. Калуга: Изд-во Н.Ф. Бочкаревой, 2007. 608 с.
9. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. М.: Колос, 1976. 303 с.
10. Петров К.А. Криорезистентность растений: эколого-физиологические и биохимические аспекты. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. 276 с.
11. Петров К.А., Перк А.А., Чепалов В.А., Охлопкова Ж.М. Особенности жирнокислотного состава некоторых растений Якутии в период формирования криорезистентности // Вестн. СВФУ. 2011. Т. 8, № 2. С. 26–30.
12. Петров К.А., Перк А.А., Чепалов В.А., Софронова В.Е., Ильин А.Н., Иванов Р.В. Эколого-физиологические и биохимические основы формирования зеленого криокорма в Якутии // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 6. С. 1129–1138.
13. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / Рос. акад. мед. наук. Ин-т питания; под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М.: Брандес : Медицина, 1998. 341 с.
14. Prasad R., Beard W.A., Wilson S.H. Studies of gapped DNA substrate binding by mammalian DNA polymerase beta. Dependence on 5'-phosphate group // J. Biol. Chem. 1994. Vol. 269. P. 18096–18101.