

УДК 636.085.12(470.31)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ САПРОПЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**В. И. ГЕОРГИЕВСКИЙ, Н. С. ШЕВЕЛЕВ, А. А. ХОРОЛЬСКИЙ,
Б. Е. МИТИН, Е. М. НИКИТИН, Т. П. УЛАСЕВИЧ****(Кафедра физиологии с.-х. животных)**

Изучался компонентный и химический состав сапропеля, определялась также возможность его применения в качестве минерально-витаминной добавки к рациону молодняка крупного рогатого скота.

Сапропель (озерный ил) в нашей стране распространен повсеместно. Запасы его огромны, только в Центральной Нечерноземной зоне РСФСР они составляют более 117,6 млрд. т сырца. В сельском хозяйстве сапропель используется в основном в качестве удобрений. Однако в последние 20—30 лет в разных зонах страны возобновились исследования в целях определения возможности его применения в качестве минерально-витаминной добавки к рационам сельскохозяйственных животных.

Нами были проведены более широкие исследования состава сапропелей, взятых из разных мест и слоев залегания, его питательных свойств и возможностей использования в качестве минерально-витаминной добавки к рациону молодняка крупного рогатого скота. Работа выполнена на основе хозяйственного договора с Объединением «Торфгеология» по теме «Определение химического состава и питательных свойств сапропелей центральных областей Нечерноземной зоны РСФСР».

Методика

Экспериментальные исследования проводили в 1983—1985 гг. в Тимирязевской академии и в совхозе «Русский» Рузского района Московской области. Образцы сапропелем были взяты из разных областей Нечерноземной зоны РСФСР: 1-й — зоогеновый, органический (оз. Кругловское Лотошинского района Московской обл.); 2-й — зоогеновый, карбонатный (там же, где и 1-й образец); 3-й — зоогеновый, органический (оз. Вельское Вышневолоцкого района Калининской обл.); 4-й — смешанноводородный, органический (оз. Тростинское Рузского района Московской обл.); 5-й — карбонатный (там же, где и 4-й образец); 6-й — органический (оз. Кругловское Бежецкого района Псковской обл.); 7-й — органический, торфянистый (оз. Коптевское Тейковского района Ивановской обл.).

Наиболее тщательно изучен состав сапропеля оз. Тростинское. Пробы брали из разных слоев залегания сапропеля с интерва-

лом 0,5 м по вертикали до глубины 7,5 м от акватории, толщина водного слоя 2—2,2 м.

В полученных пробах определяли следующие показатели: содержание сухого и органического вещества, протеина, жира, клетчатки, БЭВ и зольность — традиционными методами зоотехнического анализа [4]; белковой и небелковой фракций азота в сыром протеине — по Кьельдалю; аминокислотный состав — на аминокислотном анализаторе [1]; содержание витаминов: V_1 , V_2 — флюорометрическим методом [2], V_{12} — микробиологическим методом [5], аскорбиновой кислоты — титрованием кислотной вытяжки с 2,6-дихлорфенолиндофенолом [7], каротина — колориметрически по методу П. Х. Попандупуло, микро- и макроэлементов — энергодисперсионным рентгенофлуоресцентным методом [8]; реакцию среды — на рН-метре «рН-340».

Результаты

Результаты зоотехнического анализа сапропеля, взятого из разных слоев залегания в оз. Тростинское, показали, что в 5—5,5-метровом его пласте можно выделить: органический — 1—1,5-метровый слой (верхний), 23,3—24,2 % минеральных веществ; органоминеральный — 1—1,5-метровый слой (средний), 37,8—40,5 % минеральных веществ; минеральный — 2-метровый слой (нижний), 51,5—54,2 % минеральных веществ (табл. 1).

Результаты анализа сапропеля оз. Тростинское*

Глубина залегания, м	рН	Абсолютно сухое вещество	Воздушно-сухое вещество	Органическое вещество	Зола	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ
		%							
2,5	7,2	3,21	3,17	76,71	23,29	24,81	1,76	29,88	10,26
3,0	6,8	3,27	3,52	76,57	23,43	22,06	1,72	43,31	9,48
3,5	7,3	3,54	3,76	75,80	24,20	21,75	1,49	37,75	14,81
4,0	7,1	4,88	5,17	62,24	37,76	14,56	1,03	40,75	5,78
4,5	7,2	6,57	6,91	65,31	34,69	13,18	1,45	39,33	11,35
5,0	7,8	8,51	8,85	59,50	40,50	10,31	1,37	39,04	9,50
5,5	8,2	13,67	14,14	45,82	54,18	6,56	0,72	37,62	9,28
6,0	8,2	15,0	15,46	46,97	53,00	8,15	0,73	36,03	8,09
6,5	8,0	19,58	20,02	46,95	53,05	6,75	0,15	29,43	10,62
7,0	8,1	23,19	23,90	48,50	51,50	6,63	0,31	26,05	15,46
7,5	8,5	27,33	27,98	47,30	52,70	5,25	0,16	20,84	21,05

* Толщина водного слоя во время взятия проб 2 — 2,2 м.

Весьма интересным и в то же время далеко не ясным остается вопрос об идентификации механизма физиологического действия содержащихся в сапропеле биосоединений, к которым относятся подвижные гумусовые соединения, гуминовые кислоты и фульвокислоты, а также витамины.

Органическую массу сапропелей можно разделить на следующие группы:

- 1) битумы — вещества, извлекаемые органическими растворителями (воски, парафины, смолы);
- 2) водорастворимые и легкогидролизуемые вещества, выделяемые холодной и горячей водой и растворяющиеся в воде после гидролиза в присутствии минеральных кислот (в том числе сахара);
- 3) гуминовые вещества, извлекаемые раствором щелочи (гуминовые кислоты и фульвокислоты);
- 4) трудногидролизуемые вещества, выделяемые при гидролизе серной кислотой (в том числе целлюлоза);
- 5) негидролизуемый остаток — вещества, оставшиеся после выделения из органической массы сапропеля перечисленных выше веществ и не подвергающиеся гидролизу при действии кислот и щелочей.

Гуминовые вещества сапропелей состоят из гуминовых кислот, и фульвокислот. Гуминовые кислоты представляют собой группу веществ, извлекаемых щелочами, в виде более или менее темноокрашенного раствора гуматов натрия, калия или аммония и осаждаемых кислотами в виде аморфного осадка — геля.

По литературным данным [3, 6], содержание гуминовых кислот в сапропеле колеблется в пределах 2,0—48,8 % к массе всего органического вещества.

В исследуемых сапропелях озер Центральных районов Нечерноземной зоны РСФСР количество гуминовых веществ колеблется от 26 до 57,6 %. Наибольшим оно было в сапропеле оз. Коптевское, имеющем торфянистое происхождение.

Наибольшую ценность при практическом использовании сапропеля представляют легкогидролизуемые вещества, которые непосредственно могут усваиваться растениями и животными. Количество водорастворимых и легкогидролизуемых веществ в органических сапропелях колебалось от 5,5 (оз. Коптевское) до 17,8 % (оз. Кругловское). Небольшое содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ в органической части сапропеля оз. Коптевское и высокое содержание гуминовых веществ указывают на его низкую питательную ценность для сельскохозяйственных животных.

Состав органического вещества сапропеля (%)

Образец	Битумы	Водорастворимые и легкогидролизуемые вещества	В т. ч. редуцирующие вещества	Гуминовые вещества	В т. ч. гуминовые кислоты	Трудногидролизуемые вещества	В т. ч. целлюлоза	Негидролизуемый остаток	Итого
1-й	3,45	17,85	2,60	35,18	13,44	6,68	2,29	36,08	99,24
2-й	3,57	14,49	6,60	32,80	12,01	9,70	3,34	38,55	99,11
3-й	4,90	13,69	2,17	38,49	19,83	9,78	3,05	32,52	99,38
4-й	7,91	12,91	3,18	31,99	13,71	13,06	2,90	34,15	99,97
5-й	5,18	8,44	5,40	33,66	23,68	12,86	2,77	39,45	99,59
6-й	8,62	13,10	3,16	26,76	10,31	10,50	1,80	45,25	100,23
7-й	5,32	5,56	1,53	57,66	43,41	5,96	2,91	24,63	99,26

Наименьшее количество трудногидролизуемых веществ, в состав которых входит и целлюлоза, обнаружено в торфянистом сапропеле оз. Коптевское (5,96 %), а наибольшее (13 %) — в сапропеле оз. Тростинское. В карбонатных сапропелях оз. Кругловское и Тростинское количество трудногидролизуемых веществ колеблется от 9,7 до 12,9 %, т. е. их уровень приближается к таковому в органических сапропелях.

По завершении анализа компонентного состава сапропеля в нем остаются вещества, выдерживающие обработку щелочью и концентрированной кислотой. Это так называемый негидролизуемый остаток (условно лигнин). Его количество в изучаемых сапропелях колеблется от 24,6 до 45 %. Содержание негидролизуемого остатка наибольшее в сапропелях оз. Кругловское Псковской области и Тростинское, а наименьшее в сапропелях оз. Коптевское и Вельское (табл. 2).

Анализируя данные о компонентном составе сапропеля, взятого из различных горизонтов залегания оз. Тростинское, можно отметить, что в органических (верхних) слоях содержится более 1 % подвижных форм гумусовых соединений. В органо-минеральных слоях сапропеля подвижных гумусовых соединений гораздо меньше (0,20—0,66 %), чем в органических, а в минеральных (нижних) слоях совсем мало (0,10—0,13%).

Витаминный состав сапропелей различных месторождений сильно варьирует. Содержание каротина колеблется от 110 до 193 мг, фолиевой кислоты — от 3,0 до 9,0 мг, тиамин — от 0,8 (оз. Вельское) до 11,0 мкг (оз. Кругловское) на 1 кг воздушно-сухого вещества, рибофлавин а — от 40 (оз. Кругловское) до 231 мкг (оз. Тростинское), цианкобаламина (В₁₂) — от следов (оз. Кругловское) до 851 мкг на 1 кг воздушно-сухого вещества (оз. Вельское). Аскорбиновая кислота в сапропелях не обнаружена (табл. 3).

В сапропеле оз. Тростинское, взятом из разных слоев, обнаружены тиамин (витамин В₁), рибофлавин (витамин В₂) и каротин. Витамины

Таблица 3

Содержание витаминов в сапропелях (в расчете на 1 кг воздушно-сухого вещества)

Образец	Каротин, мг	Фолиевая кислота, мг	Тиамин, мкг	Рибофлавин, мкг	Аскорбиновая кислота, мг	В ₁₂ , мкг
1-й	193	5,0	10,0	80	—	154,0
2-й	136	3,0	11,0	40	—	Сл.
3-й	110	8,0	0,8	160	—	851,0
4-й	142	6,0	3,5	231	—	696,5
6-й	122	9,0	9,0	150	—	182,5
7-й	110	8,0	3,4	190	—	365,0

Примечание. 5-й образец не анализировали.

Содержание витаминов в сапропеле оз. Тростинское на разной глубине залегания
(в расчете на 1 кг воздушно-сухого вещества)

Глубина залегания сапропеля, м	Карогин, мг	Тиамин	Рибофлавин	Глубина залегания сапропеля, м	Каротин, мг	Тиамин	Рибофлавин
		мкг				мкг	
2,5	144,1	230,6	23,1	5,5	Ст.	Сл.	Нет
3,0	162,3	184,7	5,1	6,0	»	»	»
3,5	136,4	—	—	6,5	Нет	Нет	»
4,0	96,7	19,3	3,3	7,0	»	»	»
4,5	72,4	14,5	1,0	7,5	»	1	»
5,0	Сл.	Сл.	Сл.				

в основном содержатся в верхних слоях залегания сапропеля (до 4,5 м), при этом наибольший практический интерес как дополнительный источник витаминов В₁ и В₂ представляет верхний 1,5-метровый слой (табл. 4).

Сапропель является богатым источником минеральных веществ. В органических сапропелях озер Калининской, Московской, Псковской и Ивановской областей обнаружены все необходимые для животных минеральные вещества. Так, в исследованных нами органических сапропелях содержание меди составило 0,5—18,0 мг%, цинка — 2,7—11,0, никеля — 1,0—3,6, йода — 0,07—0,30, марганца — 10,4—87,0 мг%, что выше средней нормы микроэлементов в кормах, поэтому данные сапропели могут быть использованы в качестве минеральной добавки к основному рациону сельскохозяйственных животных.

Водорослево-известковистый сапропель оз. Кругловское Московской области так же, как и сапропель этого вида в оз. Тростинское, богат железом и марганцем, но беден другими микроэлементами.

Аналогичные результаты получены при изучении минерального состава карбонатных сапропелей оз. Кругловское и Тростинское Московской области (табл. 5).

Таблица 5

Содержание макро- и микроэлементов в сапропелях
(в расчете на 1 кг воздушно-сухого вещества)

Элемент	Образец						
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й
Микроэлементы, мг%:							
Mn	87,00	15,40	21,14	26,26	18,80	13,49	10,43
Fe	957,10	152,30	1764,70	1188,35	199,50	442,20	500,30
Ni	1,01	0,17	2,57	3,67	0,21	1,44	1,70
Cu	0,55	0,24	1,56	1,49	0,89	0,56	1,45
Zn	2,07	1,14	5,30	7,89	1,28	11,09	10,98
Pb	2,30	2,87	2,07	1,07	1,63	4,43	1,17
Rb	3,46	0,97	2,60	3,63	0,30	2,30	2,33
Sr	16,47	2,94	4,96	5,27	5,33	7,96	8,86
Zr	1,63	1,94	1,46	1,67	1,63	1,43	1,50
I	0,28	0,15	0,28	0,22	0,10	0,07	0,08
F	0,74	0,82	0,66	0,84	0,70	0,75	0,74
Макроэлементы, %:							
Mg	0,16	0,42	0,23	0,23	0,51	0,12	0,14
Al	0,26	0,10	1,23	0,95	0,31	0,50	0,43
Si	0,79	0,92	3,42	3,60	2,01	1,37	1,20
P	0,07	0,04	0,03	0,03	0,02	0,05	0,04
S	0,44	0,68	0,17	0,29	0,17	0,36	0,44
Cl	0,03	0,19	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
K	0,19	0,33	0,40	0,39	0,38	0,26	0,23
Ca	2,79	24,34	7,24	1,16	13,10	0,92	0,92
Na	0,10	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,03

Содержание макро- и микроэлементов в воздушно-сухом веществе сапропеля оз. Тростинское на разной глубине залегания

Элемент	Глубина залегания сапропеля, м									
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	» 7,5
Макроэлементы, %:										
Ca	0,016	1,258	6,762	11,899	11,437	19,797	18,656	19,597	20,384	21,175
Mg	0,01	0,18	0,26	0,18	0,15	0,28	0,26	0,25	0,30	0,31
Na	0,44	0,45	0,56	0,47	—	0,69	0,42	0,54	0,43	0,84
K	2,87	4,17	5,39	4,52	—	2,15	6,14	6,55	6,56	2,71
Микроэлементы, мг%:										
Fe	1288,6	1335,8	1643,8	555,0	648,0	747,7	710,6	445,6	384,2	399,5
Cu	1,78	1,89	1,49	0,69	0,48	0,78	0,64	0,42	0,31	0,21
Zn	11,72	8,71	8,97	4,37	2,92	2,17	1,69	2,33	2,47	1,79
Mn	19,92	18,59	20,55	15,26	18,47	23,95	18,88	14,32	16,86	18,87
Co	0,43	0,36	0,28	0,38	0,54	0,24	0,53	0,39	0,07	—
Sr	1,17	1,82	8,50	24,28	—	25,74	37,58	35,81	37,34	34,26
Cd	0,12	0,11	0,12	0,06	—	0,14	0,08	0,09	0,08	0,09
Cr	11,77	12,85	20,39	5,20	—	6,91	2,70	3,32	2,70	7,91
Ni	23,96	41,08	65,06	32,11	—	85,88	67,52	62,27	57,04	59,68

Примечание. Ag, Sn и Mo содержатся в следовых количествах.

Определенную опасность для животных могут представлять тяжелые металлы, содержание которых в отдельных кормах и кормовых добавках иногда превышает допустимые нормы. Мы определяли наличие в сапропелях ртути, мышьяка и свинца. В органических и карбонатных сапропелях указанных выше месторождений ртуть и мышьяк не обнаружены. Содержание свинца в них составляет 2—3 мг %, фтора — 0,7—0,8 мг %, что значительно ниже предельно допустимых норм.

В изучаемых сапропелях содержится йод — 0,1—0,2 мг %. Следовательно, их можно использовать для профилактики заболеваний, вызванных недостатком йода.

В сапропеле оз. Тростинское имеются практически все необходимые животным элементы, причем их концентрация зависит от глубины залегания (табл. 6). Наибольшее количество меди, цинка, кобальта, железа и других микроэлементов содержится в 1,5-метровом органическом слое сапропеля, т. е. там, где, очевидно, протекают наиболее активные процессы превращения органических соединений. Более глубоко залегающие слои гораздо беднее микроэлементами, и чем больше степень их минерализации, тем меньше микроэлементов содержится в сапропеле. Некоторое исключение составляет марганец, количество которого в разных по глубине залегания и степени минерализации слоев примерно одинаковое.

Закономерность распределения макроэлементов в сапропелях иная. Содержание кальция, магния и натрия в них возрастает параллельно с увеличением их минерализации и глубины залегания. Отсюда следует, что в качестве источника макроэлементов целесообразно использовать сапропель из более глубоких слоев.

Таким образом, все исследованные виды сапропелей богаты макро- и микроэлементами и могут быть использованы в качестве минеральной добавки к рационам сельскохозяйственных животных.

Как показали результаты экспертизы, в исследованных сапропелях не обнаружено патогенных анаэробов, энтеропатогенной палочки, возбудителя сальмонеллеза, ботулинуса, а также тяжелых металлов, вредных для здоровья животных.

Чтобы исключить возможность вредного воздействия сапропеля на животный организм, была проведена биологическая проба на белых крысах в возрасте 4—5 мес. Им скармливали специальный гранулированный комбикорм, предназначенный для крыс (основной рацион —

Показатели рубцового метаболизма у подопытных бычков

Группа бычков	Сухое вещество, %	Общий азот, мг %	Остаточный азот, мг %	Белковый азот, мг %	ЛЖК, ммоль/л
Опытная	4,0±1,1	310,7±12,0	36,3±3,1	274,3±11,0	185,6±5,2
Контрольная	4,5±0,2	259,0±6,2	38,0±1,6	221,0±3,8	194,8±21,0

ОР), в который добавляли сапропель. Крысы 1-й группы получали 50 % ОР + 50 % органического сапропеля оз. Кругловское Московской области, 2-й — 50 % ОР + 50 % карбонатного сапропеля того же озера, 3-й — 50 % ОР+50 % сапропеля оз. Вельское, 4-й — 50 % ОР+50 % сапропеля оз. Тростинское, 5-й — 25 % ОР + 75 % сапропеля оз. Тростинское, 6-й группы (контрольной) — 50 г крысиного комбикорма на 1 гол. в сутки.

В течение опыта учитывали общее состояние животных, живую массу (еженедельно), температуру тела и гематологические показатели (количество эритроцитов и лейкоцитов в крови в конце опыта).

Добавление сапропелей (до 50 % к массе основного корма) не сказывалось отрицательно на общем состоянии подопытных животных, приросте живой массы и гематологических показателях. При замене 50 % основного рациона крыс сапропелем оз. Тростинское наблюдалась тенденция к увеличению общей массы животных, количества гемоглобина и эритроцитов в крови.

Таким образом, противопоказаний к скармливанию исследуемых сапропелей животным не имеется.

Для того чтобы установить возможность и хозяйственно-экономическую целесообразность скармливания сапропеля бычкам, нами был проведен опыт в 1984—1985 гг. в совхозе «Рузский» Рузского района Московской области. Для опыта отобрали 18 бычков-аналогов чернопестрой породы в возрасте 2—3 мес и разделили их на 2 группы (по 9 гол. в каждой). Животные контрольной группы получали хозяйственный рацион, опытной — дополнительно к хозяйственному рациону по 4 кг сапропеля натуральной влажности на 1 гол. в сутки. Рацион бычков в летний период состоял из комбикорма (3 кг), травы злаковой вволю и соли-лизунца. Сапропель давали в смеси с концентратами. В начале опыта скармливали 0,5 кг сапропеля, затем норму ежедневно увеличивали на 0,5 кг и доводили ее до планируемой.

По содержанию общего азота в рубцовой жидкости бычки опытной группы достоверно превосходили контрольных (табл. 7), что свидетельствует о лучшем использовании азота. По остальным показателям рубцового метаболизма разница была незначительной.

Не установлено достоверных различий и по уровню общего и белкового азота в крови, но по содержанию остаточного азота в крови бычки опытной группы выгодно отличались от контрольной (табл. 8). Видимо, здесь сказывается положительное влияние метаболизма азотистых соединений в рубце.

Высокий уровень сахара, особенно у животных опытной группы, а также мочевины и кетоновых тел указывает на интенсивные процес-

Таблица 8

Биохимические показатели крови у подопытных бычков (мг %)

Группа бычков	Общий азот	Остаточный азот	Белковый азот	Сахар	Мочевина	Кетоновые тела
Опытная	2660,0±160	169,3±12,0	2490,6±170,0	97,1±9,6	32,3±6,1	7,9±1,1
Контрольная	2700±300	229,3±15,0	2478,0±25,0	90,7±6,2	34,7±2,2	7,4±1,9

Гематологические показатели у подопытных бычков

Группа бычков	Нв, %	Эритроциты, млн/мм ³	Лейкоциты, тыс/мм ³	Показатель гематокрита, %
В начале опыта				
Опытная	10,9±0,6	6,77±2,01	8,3±2,0	30,7±1,5
Контрольная	10,5±0,4	5,70±0,71	8,2±1,6	31,3±1,5
В конце опыта				
Опытная	11,3±0,4	6,80±0,64	8,3±1,6	32,3±0,9
Контрольная	11,3±0,5	5,9±0,44	8,3±1,3	32,0±1,4

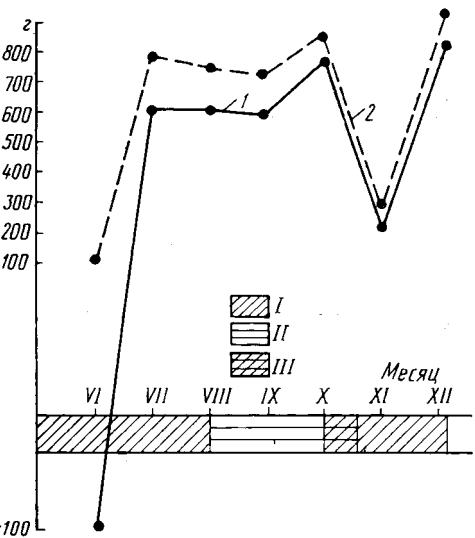
сы интерстициального обмена, в том числе азотистого. Сравнительно высокий уровень мочевины и кетоновых тел в крови, очевидно, не сказывался отрицательно на здоровье животных, ибо их гематологические показатели находились в пределах физиологической нормы на протяжении всего опыта (табл. 9).

Как показатели обмена, так и гематологические показатели животных опытной группы свидетельствуют о благотворном влиянии сапропеля, что также подтверждается более высокими приростами живой массы — на 19 % выше, чем в контроле (рисунк). Кроме того, было установлено, что бычки в возрасте 7—8 мес могут поедать до 10—12 кг сапропеля, однако скормливание 6—10 кг сапропеля в расчете на 1 гол. в сутки является чрезмерным и не стимулирует прирост живой массы. Наиболее целесообразно скормливать сапропель в зимне-весенний период, когда корма основного рациона наиболее бедны минеральными веществами, и особенно витаминами.

Использование сапропеля экономически выгодно, в нашем опыте затраты кормовых единиц на 1 ц прироста снижались в среднем на 16 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аларкон Н. Л., Жигалов Ю. А., Костерева Г. Н. Полупоточные линии гидролиза белков растительного происхождения. — Докл. ВАСХНИЛ, 1981, № 8, с. 15—16. — 2. Ермаков А. И., Аросимович В. В., Смирнова-Иконникова М. и др. Методы биохимических исследований растений. — М.-Л., 1952. — 3. Лопотко М. З. Сапропели БССР, их добыча и использование. — Минск: Наука и техника, 1974. — 4. Лукашик Н. А., Тащилин В. А. Зоотехнический анализ кормов. — М.: Колос, 1965. — 5. Нестерова Е. А. Методы определения витами-



Динамика прироста живой массы бычков с 3 до 10 мес.

I — контрольная группа; 2 — опытная группа; I — подкормка сапропелем; II — без подкормки; III — переходный период.

нов в кормах. — М.: Колос, 1967. — 6. Поздняк В. С., Раковский В. Е. О химическом составе органического сапропеля БССР. — В сб.: Химия и генезис торфа и сапропелей. Минск, 1962, с. 299—306. — 7. Разумов В. А. Массовый анализ кормов. — М.: Колос, 1962. — 8. Сорокин С. Е. Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный метод определения зольных элементов в растениях. — Автореф. канд. дис. М., 1982.

Статья поступила 10 июня 1987 г.