

УДК 636.2.085.51

**ГИДРОПОННЫЙ КОРМ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ,  
КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ****В.В. Попов**, кандидат биологических наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская обл., г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1  
[vniikormov@mail.ru](mailto:vniikormov@mail.ru)**HYDROPONIC FODDER: MERITS AND DEMERITS,  
QUALITY AND EFFICACY****V.V. Popov**, Candidate of Biological Sciences*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology*  
141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1  
[vniikormov@mail.ru](mailto:vniikormov@mail.ru)

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2019-3-86-101

Гидропонизация кормопроизводства позволяет поставить на промышленную основу выращивание высокоценных зеленых кормов. Показаны достоинства и недостатки гидропонного способа производства кормов. Для получения кормов с заданными свойствами необходима стандартизация технологии производства и требований к качеству гидропонного корма. В статье основное внимание уделено стандартизуемым показателям качества — органолептическим признакам, содержанию сухого вещества, обменной энергии, сырого протеина, неструктурных углеводов. Четко обозначены термины и определения понятия «гидропонный корм» и его отдельных составляющих. На основе многочисленных источников установлено, что концентрация основных питательных веществ гидропонного корма колеблется в широких пределах: сухого вещества — от 100 до 400 г в 1 кг корма, сырого протеина — от 76 до 367 г/кг СВ, сырой клетчатки — от 168 до 228 г/кг СВ, сырого жира — от 19 до 76 г/кг СВ, сырой золы — от 17 до 107 г/кг сухого вещества. Такой диапазон концентрации питательных веществ позволяет сформировать градации по классам качества. Приведены данные зоотехнической оценки гидропонного корма в рационах различных видов животных.

**Ключевые слова:** гидропонный корм, зелень, матрица, питательные вещества, переваримость, потребление, зоотехническая эффективность.

Hydroponics of fodder production allows to deliver on an industrial basis cultivation of high quality green forage. Merits and demerits of hydroponics are shown. Standardization of the "know-how" and hydroponic fodder quality is necessary to get the forage of preset properties. The basic attention in a review is given to quality indicators to be standardised and namely to organoleptic signs, dry matter content, metabolizable energy, crude protein, non structural carbohydrates. Terms and definitions of «hydroponic fodder» and its separate components are definitely designated. On the basis of numerous sources it is established, that a content of the basic nutrients in hydroponic fodders are varying over a wide range: dry matter – from 100 to 400 g in 1 kg of a forage, crude protein — from 76 to 367 g/kg DM, crude fiber – from 168 to 228 g/kg DM, crude fat — from 19 to 76 g/kg DM, crude ash — from 17 to 107 g/kg DM. Such range of concentration of nutrients allows to form a quality gradation. Data of a zootechnical evaluation of hydroponic fodder in rations of various animal kinds are cited.

**Keywords:** hydroponic fodder, hydroponic greens, hydroponic matrix, nutrients, digestibility, intake, zootechnical efficiency.

Гидропоника как способ выращивания растений без почвы, при котором растение получает из раствора все необходимые питательные вещества в нужных количествах и точных пропорциях, известна испокон веков (висячие сады Семирамиды, плавающие сады ацтеков [1]).

Гидропоника позволяет регулировать условия выращивания растений — создавать режим питания для корневой системы, полностью обеспечивающий потребности растений в питательных элементах, концентрацию углекислого газа в воздухе, наиболее благоприятную для

фотосинтеза, а также регулировать температуру воздуха и корнеобитаемого пространства, влажность воздуха, интенсивность и продолжительность освещения. Создание идеальных условий для роста растений обеспечивает получение высококачественных урожаев за минимально короткие сроки.

Гидропонный способ выращивания сочного корма представлен во многих публикациях [2–6]. Оценка перспективности использования этой технологии, с изложением позитивных и негативных ее сторон, дана в таблице 1.

### 1. Позитивные и негативные особенности гидропонного способа производства кормов

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Регулировка подкормки растений.</b> Питание растения находится под полным контролем.</li> <li>▪ <b>Экономия воды.</b> Растение транспирирует определенное количество воды. Ничто не исчезает в почве или при испарении.</li> <li>▪ <b>Экономия питательных веществ.</b> Растения целиком усваивают потребленные питательные вещества. Грунтовые воды не загрязняются.</li> <li>▪ <b>Меньше потребность в пестицидах.</b> Растение при правильном уходе растет быстро и не болеет, перерастает вредителей или, по крайней мере, оказывает им сопротивление.</li> <li>▪ <b>Гербициды не нужны.</b> В пластмассовых лотках или желобах сорнякам негде расти.</li> <li>▪ <b>Оптимальное использование генетического потенциала растений.</b> Можно создать для растений идеальные условия питания, освещенности, температуры и влажности.</li> <li>▪ <b>Повышаются урожай и качество.</b> Растения, свободные от вредителей и болезней, повышают урожайность. Наблюдается существенное увеличение активных веществ: витаминов и минеральных солей.</li> <li>▪ <b>Рациональное использование пространства.</b> Несмотря на большую плотность, растения могут получать все требуемое питание, не вступая в конкурентную борьбу меж собой.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Нужна высокая квалификация.</b> В здоровой почве все физические и биологические параметры находятся в равновесии. Если задать растениям избыток питательного вещества, неправильную смесь или запредельный уровень рН, это может привести к уничтожению всего урожая.</li> <li>▪ <b>Нельзя перегревать.</b> Температура — лимитирующий фактор. При 18–22 °С в пределах корневой зоны растения растут лучше всего. Они выдержат и больше (до 26 °С), затем рост замедлится, и где-то при 35 °С корни, лишенные растворенного кислорода, начинают быстро отмирать, а с ними и растения.</li> <li>▪ <b>Применимо не для всех растений.</b> Корнеплоды, клубнеплоды требуют особых приспособлений и сложной конструкции. Пшеница хорошо растет, но это экономически нецелесообразно.</li> <li>▪ <b>Высокая затратность.</b> Помещения (павильон, оранжерея, теплица и пр.), оборудование, дорогостоящие препараты, элитные семена и пр. Потери питательных веществ на дыхание прорастающего зерна достигают 20–25%. Совокупный расход электроэнергии на освещение и климат-контроль весьма значительны.</li> </ul>

Агротехника и питательные растворы для каждой культуры могут быть унифицированы, что позволит стандартизовать выращивание растений и получать корма с заданными свойствами. В связи с этим актуальным становится вопрос стандартизации требований к качеству гидропонного корма.

**Термины и определения.** Гидропонный корм — это сочный корм, приготовленный из семян злаковых или бобовых зерновых культур, пророщенных без почвы гидропонным способом, и использованный в срок максимального содержания в нем биологически активных веществ.

Гидропонный корм состоит из гидропонной зелени высотой 13–23 см и гидропонной матрицы (корневая масса и ферментированные зерна) высотой приблизительно 6 см. Готовая единица продукции представляет собой мат 60×60 см (возможны другие параметры) массой 13–15 кг. Для идентификации вида гидропонного корма рекомендуется указывать наименование исходной зерновой культуры (например, «гидропонный ячменный корм», «гидропонный овсяный корм» и т. д.).

Гидропонные корма выращивают из ячменя, овса, ржи, кукурузы, гороха, чины, вики, сои, а также из смеси злаковых и бобовых культур. Выбор зерна для производства гидропонного корма определяется агроклиматическими условиями, доступностью семян, а также их вкусовыми свойствами и биологической полноценностью для тех или иных видов животных и птицы. Так, в России при производстве гидропонного корма для жвачных животных преимущественно используется ячмень, в Индии предпо-

читают зерно кукурузы из-за его легкой доступности, низкой стоимости и быстрого роста зеленой биомассы. Гидропонные корма из семян бобовых считаются наиболее пригодными в питании птицы, требовательной к кормам, богатым протеином и энергией.

Немаловажно, чтобы зерно, намеченное к прорастанию, было чистым, здоровым, неповрежденным, свободным от инвазии насекомыми, необработанным химикалиями, жизнеспособным и хорошего качества для быстрого производства биомассы, то есть в соответствии с аксиомой: от худого семени не ждите хорошей гидропонной зелени.

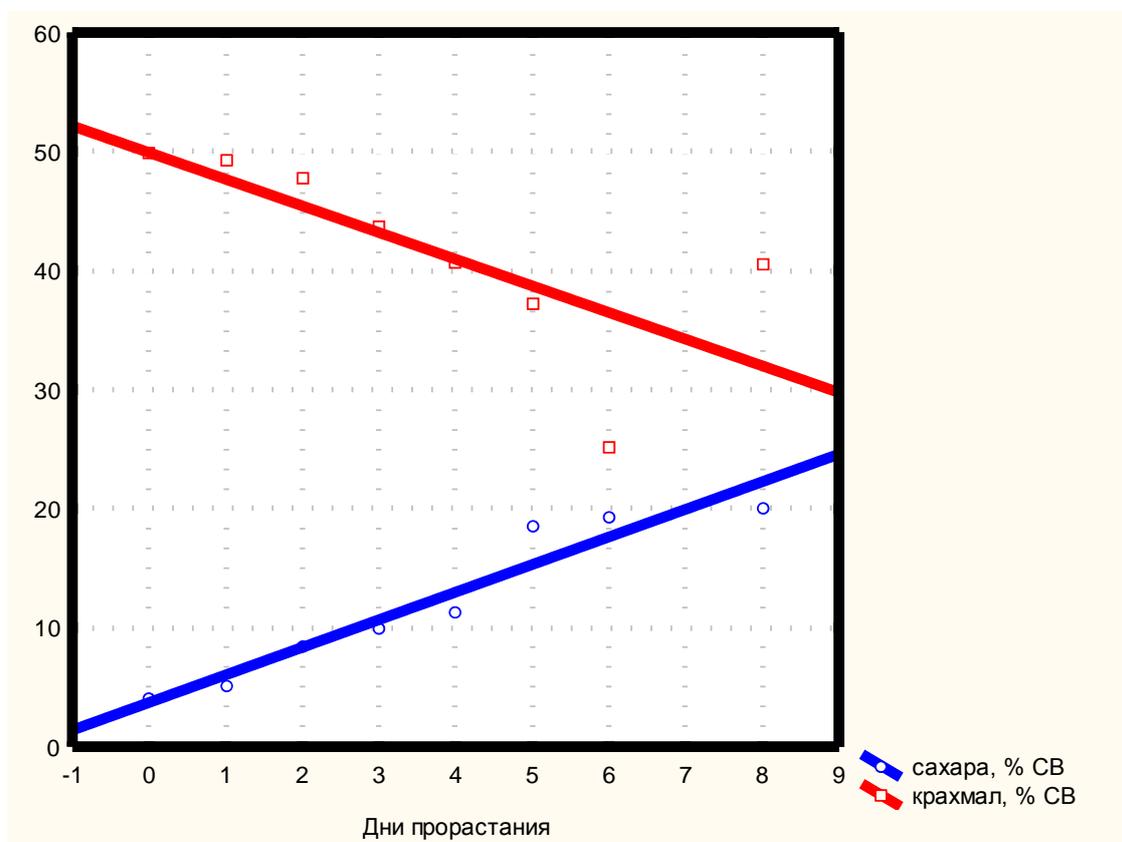
Выращивание гидропонного корма сопровождается потерей сухого вещества (СВ) исходного зерна. Наибольшие потери СВ наблюдаются в период проращивания корма в течение первых трех суток. В это время происходит основной расход пластических веществ зерновки, который не компенсируется приростом сухого вещества при фотосинтезе. Фотосинтез начинается на пятый день, когда активизируются хлоропласты, и наступает период накопления сухого вещества [7].

В процессе прорастания семян увеличивается урожай гидропонной массы. В опытах С.А. Куропаткина [8] из 1 кг зерна ячменя получено в среднем 1,5–2 кг зелени и 8–10 кг гидропонного корма с матрицей. Для кукурузы характерно пяти–шестикратное увеличение урожая зеленой массы и низкое содержание сухого вещества (12–18%).

На рис. 1 показано, как по мере прорастания зерна снижается концентрация крахмала в проростках, но возрастает доля водорастворимых углеводов («са-

харов»), главным образом глюкозы, которая расходуется на дыхание и на синтез сахарозы и органических кислот.

Кроме того, глюкоза используется для синтеза сахарозы, из которой строятся клеточные стенки проростков [8].



**Рис. 1.** Динамика изменения концентрации сахаров и крахмала в гидропонной массе по дням прорастания зерна

Трансформация зерна в условиях гидропоники сопровождается кардинальным изменением свойств корма. Одним из существенных недостатков гидропонного корма является низкое содержание в нем сухого вещества (в среднем 150 г в 1 кг корма). Простой подсчет показывает, что из 1 кг семян, содержащих 900 г СВ, производят примерно 600–700 г СВ гидропоники (5–6 кг зеленой массы с содержанием СВ 12%), что свидетельствует о значительных потерях СВ в процессе выращивания гидропонного корма. В опытах А.Н. Ембулатова [9] потери с гидропонным кормом в сравнении с исходным

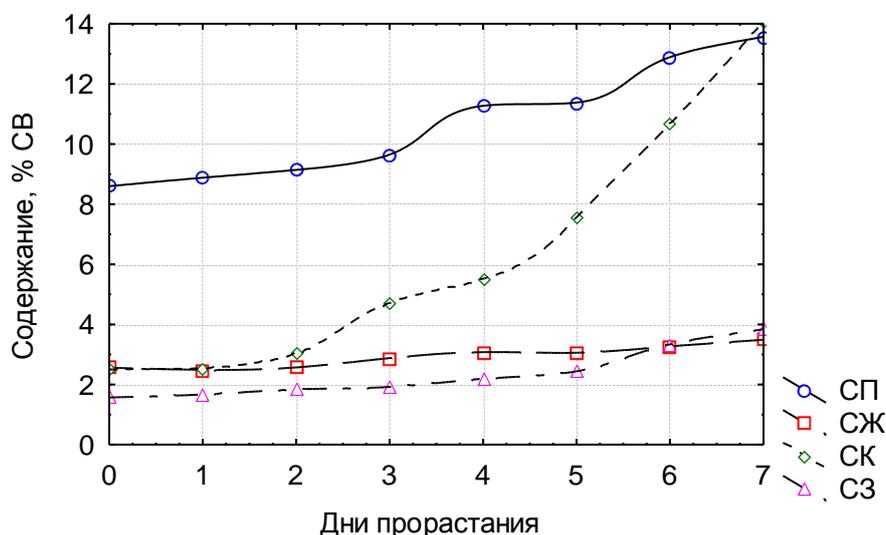
зерном кукурузы составили: сухого вещества — 45%, сырого протеина — 13, сырого жира — 26, БЭВ — 55%.

Потери СВ могут быть, по-видимому, уменьшены за счет технологических приемов. Путем прекращения полива растений за одни–двое суток до уборки урожая удастся повысить содержание СВ до 20% [5]. С.А. Куропаткин [8] выращивал гидропонную зелень с содержанием СВ в среднем 28%, а в зелени с матрицей — 40%.

Однако потери сухого и питательных веществ до некоторой степени компенсируются качественными преобразова-

ниями корма: повышается концентрация всех основных питательных веществ — протеина, клетчатки, жира, золы (рис. 2). По данным А.Р. Мадерушки и сотрудни-

ков [10], в сухом веществе гидропонного корма содержалось сырого протеина на 28,93%, сырого жира на 96,73% больше, чем в исходном фуражном ячмене.



**Рис. 2. Изменение концентрации питательных веществ в гидропонной массе по дням прорастания кукурузы**

(СП — сырой протеин, СЖ — сырой жир, СК — сырая клетчатка, СЗ — сырая зола)

Более того, наряду с повышением концентрации сырых питательных веществ происходят глубинные качественные изменения. По обобщениям Н.И. Капустина и Н.А. Щекутьевой [11], питательные вещества зерна переходят из сложных форм в более простые и легко усвояемые животными: крахмал распадается до водорастворимых углеводов, белки — до аминокислот, жиры превращаются в жирные кислоты. Идут процессы преобразования и новообразования витаминов, повышается активность и возрастает количество ферментов и стимуляторов роста. Правда, в опытах С.А. Куропаткина [8] каротина содержалось немного: в гидропонном корме — 86 мг/кг СВ, в зелени с матрицей — 40 мг/кг СВ. Наблюдалось увеличение в гидропонном корме содержания рибоф-

лавина, токоферола, аскорбиновой кислоты.

В таблице 2 приведены ориентировочные табличные данные сравнительного содержания питательных веществ в сухом веществе исходного зерна и полученного гидропонного корма.

За исключением сухого вещества и крахмала, все параметры концентрации питательных и биологически активных веществ гидропонного корма существенно превосходят аналогичные данные исходного зерна.

На химический состав и питательность гидропонной зелени существенное влияние оказывают условия проведения опыта (сортность семенного материала, агроклимат, состав питательного раствора, продолжительность выращивания растений и т. д.). Так, зерно ячменя, как и

других культур, характеризуется значительными сортовыми различиями по химическому составу. В частности, концентрация протеина колеблется от 11 до 15%.

Трудами Н.А. Родиной и сотрудников созданы высокоурожайные сорта ячменя

Север 1 и Дина, кормовые качества которых улучшены за счет повышения содержания протеина до 19%. Содержание сырой клетчатки и других веществ также сильно варьирует в зависимости от климатических условий и доз удобрений.

## 2. Сравнительный состав питательных веществ и энергия 1 кг сухого вещества зерна и гидропонного корма (по данным кормовых таблиц)

Показатель	Ячмень		Овес		Кукуруза		Горох	
	зерно	гидропонный корм	зерно	гидропонный корм	зерно	гидропонный корм	зерно	гидропонный корм
Обменная энергия, МДж	12,3	11,3	10,8	10	14,3	13,3	13,4	14
Сырой протеин, г	134	186	127	206	121	200	256	333
Лизин, г	4,8	9,7	4,2	10	2,5	10	16,7	16,6
Метионин + цистин, г	4,2	12,7	3,7	11,3	3,9	10,6	6,5	10,7
Сырая клетчатка, г	58	133	114	206	45	127	45	127
БЭВ, г	750	580	674	447	768	526	626	426
Крахмал, г	570	1,3	376	1,3	535	0,7	535	1,3
Сахара, г	23	—	29	—	47	—	65	—
Сырой жир, г	26	40	47	53	49	90	22	49
Сырая зола, г	32	61	38	78	17	57	51	65
Кальций, г	2,3	5,6	1,8	5,6	0,6	1,7	2,3	5,6
Фосфор, г	4,6	12	4	11,7	6,1	16,6	5	13,3
Магний, г	1,5	1,0	—	—	—	—	—	—
Натрий, г	0,1	0,2	—	—	—	—	—	—
Железо, г	59	167	48	140	35	153	70	187
Марганец, мг	16	367	66	376	4,6	353	24	393
Кобальт, мг	0,3	2,33	0,08	2,47	0,7	2,35	0,21	2,53
Цинк, мг	41	1533	26	1640	35	1566	31	1633
Селен, г	0,05	0,29	—	—	—	—	—	—
Медь, мг	5,7	27	6	27	3,4	26	9	25
Каротин, мг	1,6	147	1,5	113	8	106	0,3	120
Витамин С, мг	—	2666	—	933	—	2000	—	1666
Витамин Е, мг	—	233	—	—	—	—	—	—
Витамин РР, мг	70	220	15	233	40	226	40	287
Витамин В1, мг	4,1	14,7	8,6	16	4,7	15,3	8,8	14
Витамин В2, мг	1,3	15	1,3	16	1,4	17	2,7	16

Гидропонный ячменный корм также характеризуется достаточно высоким уровнем сырого протеина (147 г/кг СВ),

но низкой концентрацией кислотнo-детергентной клетчатки (199 г/кг СВ), нейтрально-детергентной клетчатки

(405 г/кг СВ) и низким содержанием сухого вещества (108 г/кг корма) [13].

Значительно реже проводили опыты и с такими зернофуражными культурами, как овес и вика в смеси с ячменем. Так, в опытах Воронежского ГАУ имени императора Петра I [14] изучали влияние различных питательных сред на интенсивность роста растений и питательность

гидропонного корма из этих видов культур (табл. 3). В 1 кг СВ гидропонной зелени из овса и вико-ячменной зелени, выращенной на оптимальном для данного опыта минеральном растворе, содержалось в среднем соответственно: 10,1 и 11,0 МДж обменной энергии, 129 и 112 г сахаров; 54 мг каротина в вико-ячменной зелени.

### 3. Сравнительный состав питательных веществ и энергии в разных гидропонных кормах

Показатель	Гидропонный корм							
	ячменный			овсяный		кукурузный		вико-ячменный
	[12]	[15]	[13]	[14]	[4]	[15]	[9]	[14]
Сухое вещество, г/кг	119	142	—	158	150	185	120	182
Обменная энергия, МДж	11,7	—	12,0	10,1	9,3	—	11,7	11,0
Сырой протеин, г	205	144	136	76	206	165	156	227
Лизин, г	—	—	7,4	—	10,0	—	5,9	—
Метионин + цистин, г	—	—	3,7	—	11,3	—	2,4	—
Сырая клетчатка, г	163	135	124	183	206	125	108	100
Сырой жир, г	35	56	33	19	—	47	84	32
Кальций, г	1,6	6,8	1,5	5,1	9,3	7,2	2,6	12,8

Параметры концентрации питательных веществ в разных видах гидропонного корма, представленные в таблице 3, контрастируют с данными сводной кормовой таблицы 1. Так, если в таблице 1 концентрация сырого протеина в гидропонном ячменном корме составляла 186 г, то в опытах она колебалась соответственно в пределах 136–205 г/кг СВ, что свидетельствует о нестабильности состава гидропонных кормов. Поэтому пользоваться усредненными данными кормовых таблиц при балансировании рационов крайне нежелательно.

В длительных опытах ВНИИ кормов [7] изучали закономерности формирования урожая и изменения качества гидропонных кормов в зависимости от видовых

и сортовых особенностей растений; разработаны оптимальные параметры технологических процессов выращивания гидропонного корма; определено содержание и переваримость питательных веществ корма; определена экономическая эффективность его выращивания и применения.

Результаты исследований показали, что наиболее ценный в кормовом отношении компонент гидропонного корма — зеленая масса, составляющая 18% общей массы сухого вещества корма. Содержание сырого протеина в зеленой массе возросло за период выращивания в 2,5 раза, сырой клетчатки — вдвое, БЭВ уменьшены в два раза. Содержание каротина и хлорофилла было максималь-

ным на шестые сутки выращивания (соответственно 515 и 6512 мг/кг СВ).

В таблицах 4 и 5 представлены извлечения из материалов этих опытов [7].

#### 4. Химический состав гидропонной зелени в зависимости от вида и сорта злаковых культур

Вид и сорт злаковой культуры	Концентрация питательных веществ, г/кг СВ						
	сырой протеин	сырая клетчатка	сырой жир	сырая зола	БЭВ	кальций	фосфор
Ячмень Московский 121	285	217	59	93	345	3,5	9,7
Ячмень Факел	281	179	59	102	384	5,4	10,5
Рожь Кормовая 61	294	205	65	107	325	3,2	9,7
Тритикале АМ-206	367	201	66	105	270	3,3	11,4
Тритикале 46-ПАД-137	345	194	56	103	304	7,8	10,6
Пшеница Московская 21	302	228	42	97	331	3,2	10,9
Пшеница Мироновская 808	308	168	47	89	385	3,2	10,5
Кукуруза Днепропетровская 247	289	187	76	103	345	4,4	7,8

#### 5. Химический состав гидропонной зелени в зависимости от вида и сорта бобовых культур

Вид и сорт бобовой культуры	Концентрация питательных веществ, г/кг СВ						
	сырой протеин	сырая клетчатка	сырой жир	сырая зола	БЭВ	кальций	фосфор
Горох посевной Ульяновский	423	130	66	81	300	3,6	7,4
Вика яровая Орловская	452	196	46	70	235	3,9	7,5
Люпин белый Солнечный	446	92	89	52	371	3,7	5,0
Бобы кормовые Аушра	482	105	91	85	256	2,7	9,1

Полученные данные показывают существенную вариабельность химического состава гидропонного корма по видам и сортам злаковых зерновых культур: по сырому протеину — от 281 до 367 г/кг СВ, по сырой клетчатке — от 168 до 228, по сырому жиру — от 42 до 76, по кальцию — от 3,2 до 7,8, по фосфору — от 7,8 до 10,5 г/кг СВ. Это позволяет целенаправленно подходить к выбору вида и сорта зернофуражной культуры. По комплексу показателей (выход зеленой массы, концентрации сырого протеина и клетчатки) автор считает наиболее пригодным для выращивания гидропонного корма ячмень Московский 21. По био-

химическим показателям от него не отличаются гидропонные корма из тритикале, ржи и пшеницы.

Взаимосвязь химического состава зерна и гидропонного корма особенно не проглядывается, но автор делает вывод, что высокое содержание сырого протеина в зерне тритикале сказалось, в конечном счете, на концентрации сырого протеина в гидропонной зелени.

Аналогичным образом изучены виды бобовых зернофуражных культур (табл. 5).

Обращает на себя внимание очень высокое содержание сырого протеина в гидропонной зелени всех видов бобовых

семян (423–482 г/кг СВ), что в 1,5–2 раза выше, чем в исходных семенах (20,2–31,4 г/кг СВ). Такие корма весьма ценно включать в рационы, бедные по протеину, а также для молодняка всех видов животных.

По всем другим показателям наблюдаются существенные различия: по сырой клетчатке — от 92 до 196 г/кг СВ, по сырому жиру — от 46 до 91, по фосфору — от 5,0 до 9,1 г/кг СВ.

Автор отмечает, что вика и горох наиболее перспективны для выращивания как в чистых посевах, так и в смеси с ячменем. Однако учитывая недостаточное и неустойчивое производство семян зернобобовых культур, и особенно вики яровой, наиболее целесообразно использовать ячмень, который возделывается на больших площадях во всех природных зонах, зерно его дешевле зерна других злаковых и бобовых культур. Наиболее пригодным для выращивания гидропонного корма является ячмень Московский 21.

Такой вывод нельзя понимать буквально. С ячменем (как правило, без указания названия сорта) проведено большое количество опытов другими авторами, что позволяет более подробно рассмотреть эту культуру как основу для выращивания гидропонного корма.

Быстрый рост растений обеспечивается в гидропонике свободным доступом к удобрениям в растворимой форме, что способствует накоплению нитратов в растительных тканях. При правильном дозировании удается избежать перенасыщения нитратами. Так, в данных опытах содержание нитратов не превышало 90 мг/кг при предельно допустимой их концентрации в кормах растительного

происхождения не более 500 мг/кг. Аналогично в опытах С.А. Куропаткина [8] количество нитратов в гидропонной зелени и в гидропонном корме составляло в среднем соответственно 60 и 40 мг/кг.

С.Н. Пиуткин [5] определял нитраты в сухой массе растений и в соломенном субстрате с остатками зерна и корней. На шестые–седьмые сутки нитратов (в пересчете на N-NO<sub>2</sub>) в гидропонной зелени содержалось 0,25–0,30% при минимально допустимой норме 0,20%.

В целом, при всех положительных изменениях, имеющих место при выращивании гидропонного корма, вопросы безопасности кормовой продукции для животных, а через них и для людей, стоят на первом месте. Упрощение технологии получения гидропонного корма приводит, как правило, к снижению его качества и даже к получению недоброкачественной массы.

Помимо строгого соблюдения технологических стандартов, высокие требования предъявляются к исходному сырью. Всхожесть элитных семян должна быть не ниже 90%, поскольку часть не всхожих зерен при проращивании загнивает, микроорганизмы, участвующие в этом процессе, вырабатывают токсины, которые снижают качество готового корма и могут привести к отравлению животных [3].

Самую главную опасность в гидропонном корме представляют плесень, грибки и подобные паразиты. Если небольшая часть продукции заражается плесенью, она поражает всю остальную партию, так как микомицеты быстро распространяются, и продукция уже не подходит для скармливания животным. У них могут развиваться атаксия и онемение.

ние задних конечностей, скованность путового сустава, негнушая походка, тремор, прогрессирующий парез, гиперчувствительность, лежащая позиция, конвульсии вегетативной нервной системы, снижение удоя и возможный летальный исход [16].

Свежий гидропонный корм пригоден для кормления практически всех видов животных. Вид, запах и вкус — основа для предпочтения пищи животными, рецепторы обоняния и вкусовых ощущений которых специфичны и сильно развиты. Запах минеральных и органических веществ питательного раствора, плесени и других факторов могут повли-

ять на потребление корма. К сожалению, вопрос о поедаемости тех или иных гидропонных кормов не изучен. За ориентировочную норму скармливания гидропонного корма можно принять: коровам и быкам-производителям — до 10 кг, свиньям — до 4 кг, овцам — 1–1,5 кг, кроликам — 400 г, птице — 50 г.

В опытах ВНИИ кормов [17] на коровах голштино-фризской породы изучали возможность использования гидропонного ячменного корма при частичной и полной замене в рационе кукурузного силоса. Предварительно в опытах на валухах определили переваримость и питательность гидропонного корма (табл. 6).

#### 6. Химический состав и переваримость гидропонного корма на основе ячменя

Показатель	Питательные вещества				
	органическое вещество	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	БЭВ
Содержание, г/кг СВ	965,6	164	44,5	125,1	632,2
Переваримость, %	75,54	69,94	73,80	56,82	80,94

В 1 кг СВ корма содержалось 11,33 МДж обменной энергии, 134,4 г водорастворимых углеводов («сахаров»), 11,8 г кальция, 5,4 г фосфора. Растворимость и расщепляемость протеина были на оптимальном уровне — соответственно 25,72 и 78,14–81,61%. Уровень нитратов (101 мг) не превышал допустимой нормы — 500 мг в 1 кг зеленого корма.

Тезис, что гидропонные корма и проросшие семена внутри корневой системы охотно поедаются животными, не всегда находит подтверждение. В частности, в данных опытах коровы потребляли умеренное количество гидропонного корма (18 кг), что способствовало повышению

удоя высокопродуктивных коров (на 8,7%), при этом возрастала обеспеченность животных каротином, протеином, сахаром. Полная замена силоса гидропонным кормом (59 кг на голову в сутки) приводила к нежелательным результатам: увеличение содержания небелкового и аммиачного азота в рубце, усиленное выделение его с мочой. Отмечается ее сильное закисление и экскреция. Поэтому авторы рекомендовали использовать гидропонный корм в качестве добавки в рационах высокопродуктивных коров [17].

Исследованиями А.Р. Мацерушки и сотрудников [10] установлено, что удои

коров опытной группы за 305 дней лактации был выше на 549,5 кг, или 6% по сравнению с коровами контрольной группы. Среднесуточный удой коров опытной группы был выше на 1,8 кг, или 6%, массовая доля жира в молоке — на 0,4%, массовая доля белка — на 0,35%. Вследствие этого количество молочного жира и белка в опытной группе было больше на 118 кг, или 17,5% и 98,9 кг, или 19,0% соответственно.

Более высокое содержание форменных элементов: эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов; кальция, неорганического фосфора, каротина; лизоцимная активность, были в крови лактирующих коров опытной группы. Это свидетельствует о более интенсивном обмене веществ в их организме и о положительном влиянии гидропонного зеленого корма из ячменя на переваримость протеина, жира, клетчатки, БЭВ и лучшему использованию азота, усвоению кальция и фосфора [10].

В целях сокращения потерь питательных веществ и замедления порчи не всхожих зерен в процессе проращивания зерна используют субстраты, включающие соломенную или травяную резку, а также верховой торф, сапрпель и мох сфагнум, обладающие фунгицидным и бактерицидным действиями, ускоряющие процесс прорастания зерна и используемые в качестве нетрадиционных видов кормовых средств для различных видов животных.

С.Н. Пиуткин [18] пришел к выводу, что изменяя соотношение зерна и соломы, а также состав питательного раствора, можно регулировать качество получаемого корма. В его опытах благодаря

соломе содержание клетчатки в гидропонном корме повысилось на 10,3%, а БЭВ снизилось на 9,7%.

По поводу поедаемости гидропонного корма нет единого мнения. Считается, что животные с удовольствием поедают гидропонный корм, особенно предпочитают корешки [4]. Иногда, наоборот, животные поедают облиственную часть гидропонного корма, оставляя корневую часть, чего удается избежать, смешивая гидропонный корм с другими компонентами рациона [19; 20]. Есть сообщения о снижении потребления животными СВ (табл. 7), когда в рацион включается гидропонный корм.

Скармливание гидропонного корма повышало переваримость питательных веществ рациона. Содержание переваримого протеина и СППВ (суммы переваримых питательных веществ) гидропонного ячменного корма было достаточным, чтобы удовлетворить потребность коров для производства продукции [19]. Надой повышался на 7,8–13,7%, по мнению авторов, за счет более высокой переваримости гидропонного корма [19; 20].

Изучение молочной продуктивности и качества молока дойных коров показало, что скармливание им гидропонного ячменного корма взамен 30% концентрированного корма по питательности было экономически выгодно [8]. Так, суточный удой коров в опытном варианте был выше на 24,2% в сравнении с контролем. По содержанию жира и белка в молоке коровы опытной группы также превосходили контроль на 0,04%. Живая масса коров контрольной группы увеличилась на 22,1 кг, а опытной — на 29,5 кг.

## 7. Влияние кормления гидропонным кормом из ячменя на потребление и переваримость питательных веществ

Показатель	Гидропонный корм в рационе	
	отсутствует	в наличии
<b>Потребление</b>		
гидропонного корма, кг/сутки	—	50,38
сухого вещества, кг/сутки	7,2–9,7	6,6–8,8
сухого вещества на 100 кг живой массы, кг	2,17–2,84	2,05–2,74
Соотношение «грубый корм : концентраты»	63 : 37	65 : 35
<b>Переваримость, %</b>		
сухого вещества	60,34–61,15	64,48–65,53
органического вещества	61,89–64,19	65,98–68,47
сырого протеина	61,89–68,86	66,77–72,46
сырого жира	69,92–82,05	77,6–87,69
сырой клетчатки	47,93–53,25	54,85–59,21
безазотистых экстрактивных веществ	65,84–67,37	68,13–70,47
<b>Питательность, %</b>		
содержание переваримого протеина	6,89–8,61	7,82–9,65
сумма переваримых питательных веществ	55,43–64,00	61,19–73,12
<b>Потребление питательных веществ, кг в сутки</b>		
сырого протеина	—	0,97
суммы переваримых питательных веществ	—	5,20

В странах с теплым благоприятным климатом, где кукуруза является основной зернофуражной культурой, ее используют для производства гидропонного корма. G. Rajkumar et al. [21] провели опыты по оценке влияния гидропонного кукурузного корма на трех группах телят, по шесть голов в каждой. Стартерные комбикорма были одинаковы по СППВ, но различались по содержанию сырого протеина (СП) — соответственно 24, 20 и 17%. Опытные группы 1 и 2 выравнивали по уровню СП в контрольном варианте за счет скармливания гидропонного корма. Данные о потреблении сухого вещества (СВ), приросте живой массы, среднесуточному привесу и затратам корма у телят группы 3 существенно отличались от результатов, полученных в группах 1 и 2. Различий по пе-

реваримости питательных веществ между вариантами опыта не обнаружено. Затраты корма на единицу прироста живой массы были существенно ниже в группе 3. Таким образом, частичная замена стартерного комбикорма (7% по протеину) гидропонным кормом из кукурузы повышает потребление сухого вещества, прирост живой массы, среднесуточный прирост и снижает затраты корма на единицу прироста живой массы телят.

Гидропонный корм считают полноценным кормом и для домашней птицы, поскольку в нем содержатся все незаменимые питательные вещества, витамины, макро- и микроэлементы, необходимые для производства мяса и яиц. Использование гидропонного корма в рационах домашней птицы укрепляет ее здоровье и активность, способствует производст-

ву более качественного яйца и мяса. В птицеводстве предпочтительны гидропонные корма из семян бобовых зернофуражных культур (прежде всего сои), богатых протеином и энергией. Из зерна злаковых культур предпочтительна кукуруза, так как ячмень содержит больше клетчатки и меньше энергии.

Изучению биологической ценности протеина гидропонного кукурузного корма была посвящена работа А.Н. Ембулатова [9]. Так как в промышленных условиях птицефабрики скормить цыплятам высоковлажную (до 88%) биомассу не представлялось возможным, гидропонный корм был высушен на агрегате витаминной травяной муки АВМ-0,4.

Для ростовых опытов на цыплятах часть протеина (~ 6%) кормосмеси контрольной и опытной групп, содержащей 17,1–17,3% СП, заменили зерном кукурузы (контроль) или мукой из высушенного гидропонного корма (опытные группы). Все основные показатели зоотехнической оценки (переваримость питательных веществ, использование энергии корма, ретенция азота и др.) кормосмесей с мукой из сухой гидропонной массы были хуже, чем кормосмесей с зерном кукурузы. Сделан вывод: биологическая ценность протеина гидропонного корма, выращенного из зерна кукурузы, значительно уступает биологической ценности протеина исходного зерна.

Поскольку в экспериментах на цыплятах вместо сочной биомассы скармливали грубый корм, то название темы и опыта следовало конкретизировать: «Об эффективности замены натурального гидропонного корма мукой, приготовленной из искусственно высушенной гидропонной зелени».

В Саратовском ГАУ им. Н.И. Вавилова [22] изучали эффективность гидропонного пшеничного корма в питании кур-несушек. Установлено, что включение гидропонного корма в рационы кур-несушек в количестве 5% от СВ комбикорма сказалось положительно как на их продуктивности, так и на качестве яиц (более прочная скорлупа, больше каротиноидов и витаминов А, Е, и В<sub>2</sub>).

Из представленного обзора вытекает, что производство гидропонного корма весьма неоднозначно. В развитых странах, где нет недостатка в качественных кормах, гидропонное производство кормов менее конкурентоспособно, чем традиционное кормопроизводство. Высокие первоначальные инвестиции в полностью автоматизированные коммерческие гидропонные системы и высокие затраты труда и энергии на поддержание требуемой среды в системе существенно увеличивают стоимость производства гидропонных кормов. Такие системы не являются экономически целесообразным вариантом для крупных животноводческих ферм, оптимально обеспеченных продуктивными пастбищами и высококачественными кормами.

Перед производителями молока нередко возникают такие негативные препятствия, как нехватка земельных угодий для производства зеленых кормов, дефицит поливной воды, отсутствие посевных семян хорошего качества, недостаток рабочей силы, органических и минеральных удобрений, продолжительный период роста трав (45–60 дней), необходимость ограждения посевов от диких животных и т. д. Например, в Индии, где дефицит зеленых и концентрированных кормов составляет 84–88%, нехват-

ка земельных угодий для производства фуража, качество которого нуждается в серьезном улучшении [15], гидропонный способ становится альтернативной технологией производства кормов для животных.

Многие ученые и специалисты в области кормления признают за гидропонным кормом определенное будущее, чтобы использовать генетический потенциал животных, эффективно вести агробизнес и получать при этом экологически безопасную продукцию с безупречными вкусовыми качествами. В настоящее время более 20 сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств России, в частности ГК «Лосево»

и ООО «СП Матросово» Ленинградской области, ввели гидропонный корм в повседневную практику [23].

Однако следует отметить, что, несмотря на продолжительную историю гидропоники, в области производства и использования кормов остается еще немало нерешенных вопросов. Практически не изучены вопросы поедаемости тех или иных гидропонных кормов в зависимости от их вкуса и структуры, состава, запаха минеральных и органических веществ питательных сред, наличия плесени и других факторов. Слабо изученной остается проблема безопасности кормовой продукции для животных, а следовательно, и для людей.

## Литература

1. Гидропоника: ее преимущества и в чем ее особенности [Электронный ресурс]. URL: <https://www.promgidroponica.ru/chtotakoegidroponika>
2. Ружанский И. Использование гидропонного зеленого корма в рационе сельскохозяйственных животных и птиц [Электронный ресурс] // Агровестник, 02.11.2016. URL: <https://agrovesti.net>
3. Капустин Н.И., Подгорнов Н.М. Усовершенствованная технология производства пророщенного зерна и гидропонной зелени : методические рекомендации. – Вологда, 1990. – 24 с.
4. Новые зеленые технологии [Электронный ресурс] // АгроИнфо, 12.12.2017. URL: <http://agroinfo.kz>
5. Пиуткин С. Оптимальные сроки выращивания гидропонного корма // Кормопроизводство. – 1987. – № 4. – С. 32–34.
6. Bakshi M.P.S., Wadhwa M., Makkar Harinder P.S. Hydroponic fodder production: A critical assessment. *Broadening Horizons*, N 48, Dec. 2017.
7. Пиуткин С.Н. Разработка приемов формирования урожая и изменения его качества при выращивании зеленого корма из зерна гидропонным методом : дис. ... канд. с.-х. наук. – М. : ВИК, 1984. – 135 с.
8. Куропаткин С.А. Молочная продуктивность коров при использовании в рационах гидропонного зеленого корма : дис. ... канд. с.-х. наук. – Оренбург, 2003. – 114 с.
9. Ембулатов А.Н. Биологическая ценность протеина гидропонного корма : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М. : ТСХА, 1968. – 17 с.
10. Мацерушка А.Р., Белик Н.И., Станишевская О.И. Биологическая ценность гидропонного зеленого корма для коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 45. – С. 118–123.
11. Капустин Н.И., Щекутьева Н.А. Новая ресурсосберегающая технология производства пророщенного зерна на кормовые цели // Кормопроизводство. – 2006. – № 12. – С. 24–26.
12. Hydroponic Green Fodder [Электронный ресурс]. Сайт: LVG Germany – "Turn-Key Solutions": Innovative Agro-Technologies. URL: [www.lvg-germany.de](http://www.lvg-germany.de)

13. Putnam D.H., Robinson P.H., Lin E. Does Hydroponic Forage Production Make Sense? *Alfalfa & Forage News*. October 11, 2013. URL: <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=11721>
14. Елизарова Т.И., Есаулова Л.А. Совершенствование гидропонной технологии получения зеленого корма // *Кормопроизводство*. – 2013. – № 10. – С. 11–15.
15. Weldegerima Kide Gebremedhin. Nutritional benefit and economic value of feeding hydroponically grown maize and barley fodder for Konkan Kanyal goats. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*. Vol. 8, Issue 7, Ver. II (July 2015), PP 24–30. DOI: 10.9790/2380-08722430. URL: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
16. McKenzie, R.A., Kelly, M.A., Shivas, R.G., Gibson, J.A., Cook, P.J., Widderick, K. and Guilfoyle, A.F. Aspergillus clavatus tremorgenic neurotoxicosis in cattle fed sprouted grains. *Australian Veterinary Journal*, 2004, N 82: 635–638.
17. Григорьев Н.Г., Фицев А.И., Лесницкая Т.И. Питательность гидропонного корма и его использование при кормлении высокопродуктивных коров // *Сельскохозяйственная биология*. – 1986. – № 7. – С. 47–50.
18. Пиуткин С.Н. Особенности распределения питательных веществ в компонентах гидропонного корма // *Вестник сельскохозяйственной науки*. – 1987. – № 7. – С. 92–95.
19. Reddy, G.V.N., Reddy, M.R. and Reddy, K.K. Nutrient utilization by milch cattle fed on rations containing artificially grown fodder. *Indian J. Anim. Nutr.* 1988, N 5, pp. 19–22.
20. Naik P.K., Swain B.K., Singh N.P. Production and utilization of hydroponics fodder. *Indian J. Anim. Nutr.* 2015, V. 32, N 1, pp. 1–9.
21. Rajkumar G., Dipu M.T., Lalu K., Shyama K. and Banakar P.S. Evaluation of hydroponics fodder as a partial feed substitute in the ration of crossbred calves. *Indian Journal of Animal Research*. 2018, V. 52, N 12, pp. 1809–1813.
22. Васильев А., Коробов А., Москаленко С., Сивохина Л., Кузнецов М. Гидропонный зеленый корм в рационах несущек // *Животноводство России*. – 2017. – № 7. – С. 13–15.
23. Усманова М., Туз Д., Мацерушка А. Зеленый гидропонный корм в рационе дойных коров // *Комбикорма*. – 2015. – № 4. – С. 75–76.

## References

1. Hidroponika: ee preimushchestva i v chem ee osobennosti [A hydroponics: its advantages and in what its feature]. URL: <https://www.promgidroponica.ru/chtotakoehidroponika>
2. Ruzhanskiy I. Ispolzovanie gidroponnogo zelenogo korma v ratsione selskokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptits [Utilization of hydroponic green fodder in a ration of agricultural animals and poultry]. *Agrovestnik [Agrobuletin]*, 02.11.2016. URL: <https://agrovesti.net>
3. Kapustin N.I., Podgornov N.M. Uovershenstvovannaya tekhnologiya proizvodstva proroshchennogo zerna i gidroponnoy zeleni [Improvement of the "know-how" for sprouted grains and hydroponic greens: methodical recommendation]. Vologda, 1990, 24 p.
4. Novye zelenye tekhnologii [New green technologies]. *AgroInfo*, 12.12.2017. URL: <http://agroinfo.kz>
5. Piutkin S. Optimalnye sroki vyrashchivaniya gidroponnogo korma [Optimal cultivation times for hydroponic fodder]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 1987, no. 4, pp. 32–34.
6. Bakshi M.P.S., Wadhwa M., Makkar Harinder P.S. Hydroponic fodder production: A critical assessment. *Broadening Horizons*, N 48, Dec. 2017.
7. Piutkin S.N. Razrabotka priyomov formirovaniya urozhaya i izmeneniya ego kachestva pri vyrashchivanii zelyonogo korma iz zerna gidroponnym metodom [Crop formation methods elaboration and change of its quality at cultivation of a green food from grain using hydroponic method : Dis. ... Candidate Sci. (Agro)]. Moscow, 1984, 135 p.

8. Kuropatkin S.A. Molochnaya produktivnost korov pri ispolzovanii v ratsionakh gidroponnogo zelyonogo korma [Dairy production efficiency using hydroponic green fodder in rations of cows : Dis. ... Candidate Sci. (Agro)]. Orenburg, 2003, 114 p.
9. Embulatov A.N. Biologicheskaya cennost proteina gidroponnogo korma [Biological value of hydroponic fodder protein : author's abstract Dis. ... Candidate Sci. (Agro)]. Moscow, 1968, 17 p.
10. Matserushka A.R., Belik N.I., Stanishevskaya O.I. Biologicheskaya cennost' gidroponnogo zelenogo korma dlya korov [Biological value of hydroponic green fodder for cows]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University]*, 2016, no. 45, pp. 118–123.
11. Kapustin N.I., Shchekuteva N.A. Novaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva proroshchennogo zerna na kormovye tseli [New cheep "know-how" of grains sprouting for fodder purposes]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 2006, no. 12, pp. 24–26.
12. Hydroponic Green Fodder. Site: LVG Germany – "Turn-Key Solutions": Innovative Agro-Technologies. URL: [www.lvg-germany.de](http://www.lvg-germany.de)
13. Putnam D.H., Robinson P.H., Lin E. Does Hydroponic Forage Production Make Sense? *Alfalfa & Forage News*. October 11, 2013. URL: <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=11721>
14. Elizarova T.I., Esaulova L.A. Sovershenstvovanie gidroponnoy tekhnologii polucheniya zelyonogo korma [Hydroponic technologies improving for green fodder production]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 2013, no. 10, pp. 11–15.
15. Weldegerima Kide Gebremedhin. Nutritional benefit and economic value of feeding hydroponically grown maize and barley fodder for Konkan Kanyal goats. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*. Vol. 8, Issue 7, Ver. II (July 2015), PP 24–30. DOI: 10.9790/2380-08722430. URL: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
16. McKenzie, R.A., Kelly, M.A., Shivas, R.G., Gibson, J.A., Cook, P.J., Widderick, K. and Guilfoyle, A.F. *Aspergillus clavatus* tremorgenic neurotoxicosis in cattle fed sprouted grains. *Australian Veterinary Journal*, 2004, N 82: 635–638.
17. Grigorev N.G., Fitsev A.I., Lesnitskaya T.I. Pitatelnost gidroponnogo korma i ego ispolzovanie pri kormlenii vysokoproduktivnykh korov [Hydroponic fodder nutritive value and its use at feeding of highly productive cows]. *Selskokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural biology]*, 1986, no. 7, pp. 47–50.
18. Piutkin S.N. Osobennosti raspredeleniya pitatelnykh veshchestv v komponentakh gidroponnogo korma [Features of allocation of nutrients in hydroponic fodder components]. *Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki [The Bulletin of Agricultural Science]*, 1987, no. 7, pp. 92–95.
19. Reddy, G.V.N., Reddy, M.R. and Reddy, K.K. Nutrient utilization by milch cattle fed on rations containing artificially grown fodder. *Indian J. Anim. Nutr.* 1988, N 5, pp. 19–22.
20. Naik P.K., Swain B.K., Singh N.P. Production and utilization of hydroponics fodder. *Indian J. Anim. Nutr.* 2015, V. 32, N 1, pp. 1–9.
21. Rajkumar G., Dipu M.T., Lalu K., Shyama K. and Banakar P.S. Evaluation of hydroponics fodder as a partial feed substitute in the ration of crossbred calves. *Indian Journal of Animal Research*. 2018, V. 52, N 12, pp. 1809–1813.
22. Vasilev A., Korobov A., Moskalenko S., Sivokhina L., Kuznetsov M. Gidroponnyy zelenyy korm v ratsionakh nesushek [Hydroponic green fodder in rations of layers]. *Zhivotnovodstvo Rossii [Animal husbandry of Russia]*, 2017, no. 7, pp. 13–15.
23. Usmanova M., Tuz D., Matserushka A. Zelyonyy gidroponnyy korm v ratsione doynnykh korov [Hydroponic green fodder in a ration of milk cows]. *Kombikorma [Mixed fodders]*, 2015, no. 4, pp. 75–76.