

УДК 636.085:633.1

Ю. В. ПУТЯТИН, Т. М. СЕРАЯ, Д. В. МАРКЕВИЧ, О. М. ТАВРЫКИНА

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПРОДУКЦИИ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Республика Беларусь, e-mail: put@tut.by

(Поступила в редакцию 10.07.2013)

Пищевая ценность зерна и продуктов его переработки определяется химическим составом, усвояемостью веществ, образующих их, и колеблется в зависимости от многих факторов. Зерновые культуры, относящиеся к разным семействам, отличаются не только соотношением питательных веществ, но и их составом и свойствами [1]. Зерновые культуры представляют собой самый крупный в мире источник белков. Их вклад составляет 57 % всех потребляемых белков, в то время как на клубневые и бобовые культуры приходится 23 %, на продукты животного происхождения (мясо, молочные продукты и т. д.) – 20 %. Заслуживает внимания также и тот факт, что фактическая ценность белка зерновых довольно близка к потенциальной [2], поэтому всякое повышение содержания белков и увеличение доли в них незаменимых аминокислот в результате селекционной работы или технологий возделывания является очень важным фактором увеличения питательной ценности растительных белков.

В природе известно свыше 30 аминокислот, хотя белки в основном состоят из 20 аминокислот, но наибольшее значение для организма имеют незаменимые аминокислоты [3–4], которые не могут синтезироваться в животном и человеческом организме, а образуются только в растениях и микроорганизмах [5]. Восемь аминокислот – валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин – относятся к незаменимым, и при отсутствии хотя бы одной из них синтез белка, а также белковых веществ невозможен [3, 6, 7].

Аминокислоты содержатся во всех тканях растений. Они играют важную роль в обмене веществ, многие из них служат активаторами ферментов и витаминов. Аминокислоты являются структурным материалом для образования белков в теле человека и животных. Состав аминокислот влияет на качество пищи (кормов); их недостаток вызывает серьезные заболевания людей и животных. Исследования показывают, что отсутствие или недостаток незаменимых аминокислот в пище приводит к нарушению обмена веществ (отрицательному азотному балансу), прекращению в организме регенерации белков, потере аппетита, патологическим изменениям в нервной системе, органах внутренней секреции, составе крови, ферментных системах и т. д. Суточная потребность человека в незаменимых аминокислотах (по данным Ф.М. Пруцкова и др.) составляет: лизина – 3,0–5,2 г, валина – 3,8–4,0, лейцина – 4,0–9,0, изолейцина – 3,0–4,0, метионина – 2,0–4,0, треонина – 2,0–3,5, триптофана – 1,0–1,1, фенилаланина – 2,0–4,4 г.

Специалисты по кормлению животных указывают, что определяющим в качестве кормов является не содержание белка и общего азота, а количество незаменимых аминокислот и их соотношение в корме. Для этого подбирают корма, дополняющие друг друга по аминокислотному составу, или добавляют к рациону синтетические аминокислоты. В настоящее время наиболее ценным в биологическом отношении по аминокислотному питанию (незаменимым аминокислотам) животных считается рацион, в котором в среднем на одну часть триптофана приходится, частей: лизина – 5,0, лейцина – 4,5, валина – 4,0, фенилаланина – 4,0, метионина – 3,0, изолейцина – 2,5, треонина – 2,5 и гистидина – 1,5 [8]. Введение в рацион животного незаменимых ами-

нокислот в достаточном количестве повышает использование других аминокислот в организме на 20–30 %, что позволяет более экономно использовать растительные корма.

Лизин входит в состав почти всех животных белков и очень важен для здоровья костей. Организм нуждается в этой аминокислоте для усвоения кальция и его доставки к костям. При низком содержании в кормах лизина замедляется рост животных. Лизин заслуживает внимания за участие в сохранении мышечной ткани, поддержании уровня энергии и здоровья сердца. К тому же он снабжает организм субстанциями для выработки аминокислоты карнитин, которая участвует в превращении жировых тканей в легкодоступное «топливо» для организма животного.

Метионин – это гликогенообразующая серосодержащая аминокислота, донор метильных групп. Участвует в процессах ферментативного метилирования, приводящих к образованию холина, адреналина и других биологически важных соединений. Отсутствие или недостаток метионина нарушает нормальную деятельность печени, витаминный обмен, деятельность некоторых желез внутренней секреции. Метионин препятствует также развитию атеросклероза [9]. Недостаток метионина в рационах животных снижает способность к усвоению ими питательных веществ, что является причиной снижения продуктивности животных и птицы.

Треонин необходим для нормальной работы иммунной системы, роста организма, способствует образованию коллагена, эластина, участвует в процессах метаболизма и усвоения, поддерживает работу желудочно-кишечного тракта.

Гистидин служит для синтеза гемоглобина и многих других белков, это источник биологически активного вещества гистамина, влияющего на многие жизненно важные процессы в организме.

Аминокислота *изолейцин* важна для построения мышечной ткани, *лейцин* обеспечивает рост организма, отвечает за нормальную работу щитовидной железы и почек.

Фенилаланин выполняет функцию строительного блока белков, в том числе инсулина, папаина, меланина, способствует выведению продуктов метаболизма и улучшает секреторные функции поджелудочной железы и печени.

Валин необходим для поддержания нормального обмена азота в организме, восстановления поврежденных тканей и метаболизма в мышцах. Его недостаток вызывает нарушение координации движений тела.

Триптофан участвует в образовании никотиновой кислоты (витамина РР) и серотина. Его недостаток обуславливает нарушение функций костного мозга и лимфоидной ткани, снижение в крови эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. С недостатком триптофана связано развитие пеллагры. Кроме того, при недостатке этой аминокислоты в кормах в организме происходят функциональные и органические расстройства [10–11].

Литературные данные по содержанию аминокислот в зерне у авторов весьма разнятся в связи с различным сортовым составом и развитием методов исследования аминокислот [5–7, 12]. В представленных ниже данных собран материал последних лет по основным сельскохозяйственным культурам, возделываемым в республике, анализ всех сельскохозяйственных культур был проведен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Цель исследований – сравнительная оценка сельскохозяйственных культур, возделываемых в республике, по содержанию и составу незаменимых аминокислот.

Материалы и методы исследования. Определение содержания незаменимых аминокислот (лизина, треонина, валина, метионина, изолейцина, лейцина, фенилаланина) проводили в лаборатории мониторинга плодородия почв и экологии Института почвоведения и агрохимии на жидкостном хроматографе Agilent 1100 после предварительной подготовки проб методом гидролиза (6 N соляная кислота, 108 ± 2 °C в течение суток). Для оценки сходимости времени удерживания и площадей, а также предела детектирования и линейности использовали пять различных концентраций стандартов аминокислот: 10, 25, 50, 100 и 250 пмоль/мкл. Онлайн-дериватизацию выполняли с использованием ортофталевого альдегида (ОРА) для первичных аминокислот и 9-флуоренилметилхлорформата (ФМОС) для вторичных аминокислот. Использовали 0,4 N боратный буфер с pH 10,4. Анализ аминокислот с использованием предколоночной онлайн-дериватизации выполняли при помощи флуоресцентного детектирования. Сходимость времени удерживания для флуоресцентного детектора ниже 0,2 %, сходимость площадей близка к 5 % [13].

Образцы зерна, клубней и зеленой массы для анализа получены в научных подразделениях Института почвоведения и агрохимии в погодно-климатических условиях 2008–2012 гг. Пробы представлены районированными сортами, выращенными в условиях применения различных уровней минеральных удобрений и на различных почвенных разновидностях. Для анализа использовали цельное зерно.

Стандартное отклонение (SD) и стандартную ошибку (SE) с уровнем надежности 95 % рассчитывали методом описательной статистики с использованием стандартного программного обеспечения (Microsoft® Excel 2003). Количество образцов (*n*), использованных для математической обработки, по каждой культуре представлены в табл. 1, 2, 4–6.

Расчеты сбора аминокислот с единицы площади проведены на основании статистических данных урожайности зерновых культур за 2008–2012 гг., опубликованных Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь [14]. При расчетах учитывали стандартную влажность зерна, полученного в производственных условиях, и влажность зерна, отобранного для анализа. Расчеты сбора аминокислот с единицы площади по голозерному овсу не проводили в связи с его низкой долей в производственных посевах.

Результаты и их обсуждение. Результаты химического анализа показали, что по содержанию незаменимых аминокислот озимые зерновые можно ранжировать по убыванию в следующем порядке: озимая пшеница (28,72) > озимая тритикале (26,92) > озимая рожь (24,81 г/кг) (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Состав незаменимых аминокислот в зерне озимых культур, г/кг на в.с.в.

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
Озимая рожь (n = 109)								
Среднее	3,02	4,38	1,27	4,34	3,30	6,04	2,46	24,81
Минимум	2,14	3,05	0,79	2,71	2,52	4,29	2,00	–
Максимум	4,24	5,78	2,00	6,24	4,26	8,24	3,27	–
SE	0,049	0,052	0,024	0,067	0,034	0,074	0,027	–
SD	0,516	0,540	0,255	0,699	0,351	0,768	0,286	–
Озимая пшеница (n = 61)								
Среднее	3,06	4,98	1,35	4,91	4,19	7,62	2,61	28,72
Минимум	2,05	3,68	0,99	3,25	3,15	5,82	1,98	–
Максимум	3,65	5,82	1,81	5,91	4,87	8,83	3,53	–
SE	0,034	0,050	0,022	0,057	0,043	0,065	0,062	–
SD	0,263	0,388	0,174	0,443	0,336	0,510	0,482	–
Озимая тритикале (n = 383)								
Среднее	3,02	4,70	1,44	4,35	3,67	6,45	3,29	26,92
Минимум	1,81	3,13	0,78	2,75	2,27	3,75	1,96	–
Максимум	4,11	5,86	2,41	5,80	4,90	8,72	5,58	–
SE	0,028	0,025	0,020	0,031	0,027	0,045	0,039	–
SD	0,557	0,497	0,389	0,597	0,526	0,883	0,772	–

По содержанию треонина, валина и метионина зерно озимых практически равноценно, озимая пшеница больше синтезирует изолейцина и фенилаланина, озимая тритикале – лизина. В целом можно наблюдать значительное варьирование содержания каждой из аминокислот в выборке от их усредненных показателей.

По содержанию незаменимых аминокислот яровые зерновые можно ранжировать по убыванию в следующем порядке: овес голозерный (42,36 г/кг) > ячмень (33,74) > просо (30,54) > яровая пшеница (30,03) > кукуруза (28,66) > гречиха (25,98) > овес (25,89) > яровая тритикале (24,33 г/кг) (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Состав незаменимых аминокислот в зерне яровых культур, г/кг на в.с.в.

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
Яровая пшеница (n=337)								
Среднее	3,21	4,92	1,65	5,13	4,07	7,73	3,32	30,03
Минимум	2,04	3,06	1,03	3,22	2,13	5,05	2,09	–
Максимум	4,83	7,04	2,84	7,48	6,43	10,36	5,91	–
SE	0,031	0,034	0,025	0,037	0,039	0,057	0,045	–
SD	0,564	0,618	0,468	0,685	0,711	1,051	0,819	–
Яровая тритикале (n=55)								
Среднее	2,62	4,39	1,17	3,95	3,23	5,85	3,12	24,33
Минимум	1,79	3,31	0,83	2,44	1,99	4,09	1,88	–
Максимум	3,83	5,80	1,73	5,68	4,66	8,26	4,70	–
SE	0,085	0,103	0,038	0,128	0,109	0,170	0,102	–
SD	0,628	0,766	0,279	0,952	0,809	1,260	0,757	–
Ячмень (n=274)								
Среднее	3,71	6,04	1,79	6,12	4,48	8,20	3,40	33,74
Минимум	2,14	3,89	0,85	3,61	2,65	5,25	2,00	–
Максимум	6,04	8,24	2,69	8,97	6,57	11,03	7,19	–
SE	0,045	0,056	0,023	0,071	0,044	0,074	0,071	–
SD	0,739	0,934	0,376	1,177	0,731	1,218	1,176	–
Овес (n=16)								
Среднее	3,04	4,84	1,23	4,37	3,49	6,49	2,43	25,89
Минимум	2,82	4,53	1,10	3,96	3,26	5,91	2,14	–
Максимум	3,23	5,24	1,31	4,79	3,73	7,07	3,27	–
SE	0,028	0,048	0,016	0,055	0,034	0,074	0,083	–
SD	0,111	0,192	0,062	0,220	0,136	0,294	0,333	–
Овес голозерный (n=101)								
Среднее	5,15	7,25	2,78	6,79	5,31	10,15	4,93	42,36
Минимум	2,71	4,87	1,44	4,36	3,31	6,85	2,96	–
Максимум	7,98	8,97	3,72	10,07	7,10	13,10	6,46	–
SE	0,120	0,086	0,054	0,096	0,083	0,134	0,085	–
SD	1,208	0,868	0,539	0,965	0,834	1,348	0,857	–
Просо (n=103)								
Среднее	2,92	4,57	2,45	5,10	4,02	11,48	< ПО*	30,54
Минимум	2,00	2,40	1,55	3,92	3,08	8,29	< ПО*	–
Максимум	3,69	5,57	2,99	5,82	4,71	13,29	< ПО*	–
SE	0,033	0,050	0,040	0,039	0,023	0,097	–	–
SD	0,331	0,508	0,409	0,392	0,232	0,981	–	–
Кукуруза (n=260)								
Среднее	3,48	4,82	1,75	4,37	3,48	10,76	< ПО*	28,66
Минимум	2,30	2,24	0,60	3,00	1,90	5,86	< ПО*	–
Максимум	5,38	6,89	2,49	6,33	4,81	13,79	< ПО*	–
SE	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,09	–	–
SD	0,63	0,85	0,42	0,57	0,57	1,43	–	–
Гречиха (n=17)								
Среднее	3,37	4,76	1,50	4,03	3,26	6,16	2,90	25,98
Минимум	3,06	4,44	1,15	3,67	3,00	5,68	2,16	–
Максимум	3,79	5,50	1,87	4,42	3,65	6,78	4,29	–
SE	0,048	0,073	0,048	0,062	0,045	0,079	0,130	–
SD	0,200	0,300	0,197	0,254	0,185	0,327	0,537	–

* Концентрация лизина ниже предела обнаружения (ПО) – 1,55 г/кг.

Существенные различия в биологической ценности голозерного и пленчатого овса обуславливаются тем, что у последнего пленчатость может достигать 50 %, соответственно, его биологическая ценность намного ниже. В значительной степени голозерный овес превосходит другие культуры по содержанию лизина и валина. Белок проса по сравнению с другими зерновыми богат лейцином и содержание его в семенах в среднем составило 11,48 г/кг при варьировании данного показателя 8,29–13,29 г/кг, а концентрация лизина в просе – ниже предела его обнаружения методом жидкостной хроматографии.

Ячмень, с точки зрения кормовой культуры, содержит меньше пленок, чем овес (от 6 до 17 %), поэтому лучше переваривается животными. По сравнению с пленчатым овсом он более богат безазотистыми экстрактивными веществами (крахмалом) и содержит значительно меньше жира и клетчатки. В ячмене имеется весь набор незаменимых аминокислот, в том числе и таких дефицитных, как лизин и триптофан. В 1 кг ячменя нормальной влажности в среднем содержится 116 г сырого протеина, в том числе переваримого – 108 г, сырого жира – 22, сырой клетчатки – 48, безазотистых экстрактивных веществ – 656, кальция – 1,23, фосфора – 3,3 г. Характеризуя питательную ценность, следует отметить, что в 1 кг сухого ячменя в среднем содержится 1,21 к. ед., 81 г переваримого протеина, 20 г переваримого жира, 16 г переваримой клетчатки, 603 г переваримых безазотистых экстрактивных веществ [6].

По содержанию незаменимых аминокислот озимые и яровые зерновые культуры можно ранжировать по убыванию в следующем порядке: овес голозерный > ячмень > просо > яровая пшеница > озимая пшеница > кукуруза > озимая тритикале > гречиха > пленчатый овес > озимая рожь > яровая тритикале. В среднем зерно по содержанию незаменимых аминокислот различается в 1,7 раза. В анализируемой выборке максимальное содержание незаменимых аминокислот и соответственно питательная ценность отмечена у голозерного овса, а из наиболее распространенных в производстве культур – у зерна ячменя.

По данным Э. М. Мухаметова с соавт. [15], ценность наиболее распространенных видов зерна распределяется в следующей убывающей последовательности: овес – тритикале – рожь – пшеница – гречиха – ячмень – рис – кукуруза.

Для планирования и обоснования оптимальной структуры посевов, обеспечивающей сбалансированные и полноценные рационы кормления животных, необходимо учитывать не только биологическую ценность возделываемых культур, но и их продуктивность, которая влияет на выход продукции с единицы площади и валовые сборы.

По сбору незаменимых аминокислот с урожаем с 1 га зерновые культуры можно ранжировать по убыванию в следующем порядке: ячмень (99,7 кг/га) > озимая пшеница (91,8) > яровая пшеница (88,6) > озимая тритикале (84,4) > овес (71,1) > яровая тритикале (63,5) > просо (58,8) > озимая рожь (57,4) > гречиха (22,6 кг/га) (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Ориентировочный выход незаменимых аминокислот с урожаем зерновых культур, 2008–2012 гг.

Культура	Средняя урожайность по республике, ц/га	Сбор незаменимых аминокислот, кг/га
Озимая рожь	25,70	57,4
Озимая пшеница	35,50	91,8
Яровая пшеница	32,78	88,6
Озимая тритикале	34,84	84,4
Яровая тритикале	28,98	63,5
Ячмень	32,84	99,7
Овес	30,52	71,1
Просо	21,38*	58,8
Гречиха	9,68	22,6

* Средняя урожайность проса приведена за 2007–2011 гг.

Важное место в рационе животных занимают зернобобовые культуры, отличающиеся от злаковых высоким содержанием белковых веществ (18–38 %). Зернобобовые культуры широко рас-

пространены в мировом сельскохозяйственном производстве – их посевная площадь составляет около 120 млн га, а валовой сбор достигает 140 млн т. Для разработки полноценных кормовых рационов для животных учитывается содержание аминокислот в структуре белка используемых в республике кормовых культур [16–18].

Горох – один из наиболее распространенных ингредиентов комбикормов, содержание сырого протеина в среднем составляет 20,4 % [19]. Анализ зерна гороха ($n=235$) показал в нем достаточно высокое содержание незаменимых аминокислот – 64,44 г/кг в.с.в. (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Состав незаменимых аминокислот в зерне зернобобовых культур, г/кг на в.с.в.

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
<i>Горох (n=235)</i>								
Среднее	7,21	8,94	2,20	9,25	8,12	14,13	14,59	64,44
Минимум	5,06	6,16	1,22	6,42	5,68	9,44	5,30	–
Максимум	10,86	12,21	3,49	15,60	11,69	19,32	28,96	–
SE	0,07	0,08	0,03	0,10	0,07	0,13	0,36	–
SD	1,14	1,19	0,45	1,60	1,14	1,95	5,45	–
<i>Люпин узколистный (n=92)</i>								
Среднее	9,05	11,26	2,13	9,58	10,76	17,84	9,67	70,29
Минимум	4,11	9,37	1,20	4,68	7,52	12,06	6,36	–
Максимум	13,54	13,17	3,03	11,92	12,77	21,15	13,98	–
SE	0,25	0,10	0,05	0,21	0,14	0,26	0,24	–
SD	2,40	1,00	0,44	2,05	1,39	2,53	2,30	–

Максимальное количество из незаменимых аминокислот в белках зерна гороха составляют лейцин и лизин, минимальное – метионин (см. табл. 4). По данным Ю. А. Пономаренко с соавт. [20], при добавке метионина в концентрированный корм биологическая ценность гороха повышается. Это объясняется недостаточным содержанием серосодержащих аминокислот в протеине гороха и наличием в нем ингибитора трипсина, который снижает скорость отщепления от молекулы протеина аминокислот, преимущественно метионина. Зерно гороха при вводе его в состав комбикормов подвергается только размолу. Вводят горох в комбикорма в количестве от 10 до 25 %.

Люпин широко культивируется как кормовая культура. Зеленая масса люпина содержит более 20 % протеина, зерно – более 40 %. По содержанию сырого протеина и обменной энергии он превосходит другие бобовые культуры, но уступает сое. Содержание аминокислот значительно варьирует в зависимости от видов люпина [20, 21].

В белках зерна узколистного люпина преобладают аминокислоты лейцин и валин (см. табл. 4). По содержанию валина, треонина, лейцина и изолейцина люпин превосходит горох, но уступает ему по содержанию лизина.

Рапс по содержанию масла и по концентрации обменной энергии превосходит бобовые культуры. Продукты переработки маслосемян – жмых и шрот – являются ценным белковым концентратом, содержащим все незаменимые аминокислоты, необходимые для животных и человека. Они содержат в 4–5 раз больше незаменимых аминокислот, чем злаковые культуры. Селекционерами Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию были созданы новые образцы рапса с высоким содержанием масла и белка и его качественным составом, в которых содержание незаменимых аминокислот составляет около 31 % [22]. Рапсовый шрот превосходит подсолнечниковый по содержанию практически всех незаменимых аминокислот, а по лизину – в 1,7 раза, его используют для балансирования зерновых по аминокислотам.

По нашим данным, из незаменимых аминокислот в наибольшем количестве в рапсе содержатся лейцин – 12,77 г/кг, валин – 9,90 и лизин – 9,84 г/кг, при этом сумма незаменимых аминокислот в среднем составляет 56,72 (табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Состав незаменимых аминокислот в продукции технических культур, г/кг на в.с.в.

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
Яровой рапс, семена (n = 31)								
Среднее	6,98	9,90	2,77	7,05	7,41	12,77	9,84	56,72
Минимум	4,25	8,34	2,33	6,45	6,78	11,58	7,74	–
Максимум	9,67	10,86	3,56	7,63	8,00	13,51	14,42	–
SE	0,40	0,13	0,06	0,07	0,06	0,10	0,32	–
SD	2,25	0,74	0,36	0,36	0,36	0,54	1,79	–
Картофель, клубни (n = 29)								
Среднее	1,99	5,07	1,26	3,88	3,42	5,70	3,81	25,13
Минимум	0,69	2,34	0,52	1,92	1,88	3,27	3,02	–
Максимум	3,33	10,20	1,98	7,62	6,24	10,08	4,49	–
SE	0,19	0,49	0,07	0,36	0,25	0,38	0,07	–
SD	1,01	2,65	0,36	1,93	1,37	2,05	0,39	–

Среди растительных белков из культурных растений протеин картофеля имеет самую высокую биологическую ценность, так как незаменимые аминокислоты составляют около 1/3 и более от общего количества аминокислот в клубнях [23].

В результате анализа аминокислотного состава клубней разных сортов картофеля было выявлено, что преобладающими в перечне незаменимых аминокислот являются: лейцин – 5,70 г/кг, валин – 5,07, фенилаланин – 3,88 и лизин – 3,81 г/кг в.с.в. при сумме незаменимых аминокислот, близкой к зерновым (см. табл. 5).

Зеленая масса люпина узколистного характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот с преобладанием лейцина, фенилаланина, валина и лизина (табл. 6).

Т а б л и ц а 6. Состав незаменимых аминокислот в зеленой массе, г/кг на в.с.в.

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
Клевер (n = 32)								
Среднее	6,24	9,46	2,40	7,32	5,50	11,24	5,14	47,3
Минимум	4,83	7,59	1,64	5,49	4,50	9,25	3,32	–
Максимум	9,03	10,91	3,22	9,46	7,70	13,80	8,33	–
SE	0,14	0,14	0,06	0,19	0,14	0,19	0,20	–
SD	0,82	0,77	0,35	1,06	0,78	1,08	1,13	–
Люпин узколистный (n = 104)								
Среднее	8,32	9,13	2,30	9,33	7,39	12,44	9,09	58,0
Минимум	5,34	8,19	1,72	6,14	5,17	10,31	5,40	–
Максимум	10,36	11,66	3,06	13,88	9,26	15,96	13,84	–
SE	0,10	0,06	0,03	0,21	0,07	0,11	0,19	–
SD	0,86	0,55	0,25	1,85	0,64	0,98	1,62	–
Кукуруза (n = 73)								
Среднее	2,92	3,88	1,03	3,11	2,77	6,00	2,78	22,49
Минимум	1,82	2,16	0,60	1,76	1,70	3,20	1,77	–
Максимум	4,86	5,99	1,61	4,94	4,52	9,17	5,27	–
SE	0,08	0,10	0,03	0,08	0,06	0,17	0,08	–
SD	0,66	0,86	0,24	0,68	0,54	1,49	0,70	–

Клевер по содержанию треонина, фенилаланина, изолейцина и лизина уступает люпину, однако по метионину и валину превосходит его. По литературным данным известно, что сено кле-

вера богато белком [20]: в 1 к. ед. содержится 160–175 г переваримого белка. Сено клевера богаче сена других многолетних трав такими аминокислотами, как лизин, гистидин, аргинин, треонин, но беднее триптофаном.

Зерно кукурузы обладает рядом ценных свойств – большим содержанием крахмала, высокой переваримостью (до 90 % органического вещества) и питательной ценностью (1,34 к. ед. в 1 кг корма), что обуславливает ее использование в животноводстве в качестве основы рационов [24]. Однако, подобно другим злакам, использование кукурузы в качестве единственного в рационе корма также ограничено, прежде всего из-за невысокого содержания протеина и недостаточности его аминокислотного состава. Зеленая масса кукурузы бедна метионином, изолейцином, лизином и треонином (см. табл. 6). По сумме незаменимых аминокислот зеленая масса кукурузы в значительной степени уступает питательности клевера и люпина – в 2,1 и 2,6 раза соответственно.

Выводы

1. В результате многолетних исследований (2008–2012 гг.) аминокислотного состава зерна установлено, что по содержанию незаменимых аминокислот озимые и яровые зерновые культуры можно ранжировать по убыванию в следующем порядке: овес голозерный (42,36 г/кг) > ячмень (33,74) > просо (30,54) > яровая пшеница (30,03) > озимая пшеница (28,72) > кукуруза (28,66) > озимая тритикале (26,92) > гречиха (25,98) > пленчатый овес (25,89) > озимая рожь (24,81 г/кг) > яровая тритикале (24,33 г/кг).

2. При сложившейся урожайности зерновых культур в республике за последние 5 лет сбор незаменимых аминокислот с 1 га в зависимости от возделываемой зерновой культуры может различаться в 1,7 раза.

3. По содержанию незаменимых аминокислот зеленая масса кукурузы в 2,1 раза уступает клеверу и в 2,6 раза люпину. Введением в состав концентрированных кормов зерна гороха, люпина и рапсового жмыха балансируются рационы по белку в соответствии с нормами потребности каждого вида животного.

Полученные данные исследований могут быть использованы для планирования и обоснования оптимальной структуры посевов, обеспечивающей сбалансированные и полноценные рационы кормления животных.

Литература

1. *Трисвятский, Л. А.* Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л. А. Трисвятский. – М.: Колос, 1983. – 390 с.
2. Растительный белок / пер. с франц. В. Г. Долгополова; под ред. Т. П. Микулович. – М.: Агропромиздат, 1991. – 684 с.
3. Биохимия / В. Г. Щербаков [и др.]. – М.: Колос, 2003. – 440 с.
4. *D'Mello, J. P. F.* Amino acids in animal nutrition / J. P. F. D'Mello. – 2th. ed. – Wallingford ; Cambridge : CAB International, 2003. – 513 p.
5. *Кретович, В. Л.* Биохимия зерна и хлеба / В. Л. Кретович. – М.: Наука, 1991. – 136 с.
6. *Плешков, Б. П.* Биохимия сельскохозяйственных растений / Б. П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 494 с.
7. *Казаков, Е. Д.* Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е. Д. Казаков, В. П. Кретович. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
8. *Таранов, М. Т.* Биохимия кормов / М. Т. Таранов, А. Х. Сабиров. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
9. *Емельянова, Н. А.* Белки семян и масличных культур / Н. А. Емельянова, А. Г. Тихонова. – М.: Колос, 1977. – 312 с.
10. *Беркутова, Н. С.* Методы оценки и формирование качества зерна. – М.: Росагропромиздат, – 1991. – 206 с.
11. *Крецу, Л. Г.* Мир пищевых растений / Л. Г. Крецу, Л. Г. Домашенко, М. Д. Соколов; под ред. А. Ф. Паляя. – Кишинев, 1989. – 328 с.
12. *Купцов, Н. С.* Роль белка и его аминокислотный состав в основных зернофуражных культурах / Н. С. Купцов, В. Ч. Шор // Наше сельское хозяйство. – 2009. – №5. – С. 8–13.
13. *Gratzfeld-Huesgen, A.* Sensitive and Reliable Amino Acid Analysis in Protein Hydrolysates using the Agilent 1100 Series HPLC. Technical Note / A. Gratzfeld-Huesgen. – Agilent Technologies, Publication Number 5968–5658E, 1999. – 12 p.
14. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / И. А. Костевич [и др.] // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2011. – 283 с.
15. Технология производства и качество продовольственного зерна / Э. М. Мухаметов [и др.]. – Минск, 1996. – 256 с.

16. *Борис, И.И.* Оценка зернобобовых культур по белковой продуктивности / И.И. Борис // Интенсификация производства продуктов животноводства: материалы междунар. науч.-произв. конф. – Жодино, 2002. – С. 86.
17. *Кукреш, Л.В.* Оценка белка зернобобовых культур по аминокислотному составу / Л.В. Кукреш, И.В. Рышкель // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2008. – № 1. – С. 36–40.
18. Оценка зернобобовых культур в современном кормопроизводстве / И.В. Рышкель [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. трудов: в 3 т. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия, Грод. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2011. – Т. 3: Агрономия. – С. 146–155.
19. *Лукашевич, Н.П.* Изучение новых сортов гороха зернофуражного использования / Н.П. Лукашевич, И.И. Злотник, Л.Ф. Крайко // Ресурсосберегающие технологии в кормопроизводстве: проблемы и пути совершенствования: материалы науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов. – Горки, 2003. – С. 61–63.
20. *Пономаренко, Ю.А.* Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров; рец.: В.Г. Гусаков, И.Д. Волотовский; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Рос. акад. с-х. наук. – Минск: Экоперспектива, 2012. – 863 с.
21. *Мироненко, А.В.* Биохимия люпина / А.В. Мироненко; Акад. наук БССР, Ин-т экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича. – Минск: Наука и техника, 1975. – 311 с.
22. *Пиллюк, Я.Э.* Рапс – универсальная маслично-белковая культура / Я.Э. Пиллюк // Проблемы дефицита растительного белка и пути его преодоления: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси. – Минск, 2006. – С. 162–168.
23. *Куликов, Я.К.* Изменение аминокислотного состава клубней картофеля в условиях коренного улучшения дерново-подзолистой почвы / Я.К. Куликов, Е.Я. Куликова // Адаптивное растениеводство: проблемы и решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2004. – С. 135–138.
24. *Циков, В.С.* Интенсивная технология возделывания кукурузы / В.С. Циков, Л.А. Матюха. – М.: Агропромиздат, 1989. – 246 с.

Yu. V. PUTYATIN, T. M. SERAYA, D. V. MARKEVICH, O. M. TAVRYKINA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF ESSENTIAL AMINO ACIDS IN THE PRODUCTS OF THE MAIN AGRICULTURAL CROPS

Summary

A five-year investigation of amino acid composition of grain shows that concerning the content of essential amino acids winter and spring cereals can be ranked in descending order: bare-grained oats (42.36 g/kg) > barley (33.74) > millet (30.54) > spring wheat (30.03) > winter wheat (28.72) > maize (28.66) > winter triticale (26.92) > buckwheat (25.98) > oats (25.89) > winter rye (24.81) > spring triticale (24.33 g/kg). It is established, that under the current productivity of cereals in the republic for the last 5 years the output of essential amino acids from 1 hectare can differ up to 1,7 times. On the total structure of essential amino acids the green mass of maize is considerably inferior to the nutritional value of clover (2.1 times) and lupine (2.6 times).