

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПРОДУКЦИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Ю.В. Путятин, Д.В. Маркевич, О.М. Таврыкина  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

В республике основным источником растительного белка для сельскохозяйственных животных являются кормовые культуры – кукуруза, рапс, люпин, горох и др. Содержание белка в них служит важнейшим критерием для оценки качества урожая. Однако этот показатель не стабилен, а изменяется в определенных пределах в зависимости от совокупного воздействия факторов: условий выращивания, почвенного питания, влажности почвы и воздуха, температуры, полегания, болезней и т.д.

Белковая питательность кормов и рационов, оцениваемая по количеству переваримого белка без учета его качества, обусловленного содержанием и соотношением незаменимых аминокислот, значительно снижает эффективность кормления. Биологическая роль незаменимых аминокислот определяется тем, что они входят во все важнейшие белки тела животных, но в организме не синтезируются и не заменяются другими аминокислотами. Они должны поступать в организм с кормом. Дефицит в рационе одной или нескольких из них неблагоприятно отражается на животных. 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 [1–3].

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.

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 [4]. Введение в рацион животного незаменимых аминокислот 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 [5]. 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 PP) 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 [6–7].

Литературные данные по содержанию аминокислот в зерне у авторов весьма разнятся в связи с различным сортовым составом и развитием методов исследования аминокислот [2, 3, 5, 8]. В представленных ниже данных анализ всех сельскохозяйственных культур был проведен методом высокоэффективной

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

жидкостной хроматографии и собран материал последних лет по основным кормовым культурам, возделываемым в республике.

Цель наших исследований заключалась в сравнительной оценке сельскохозяйственных культур, возделываемых в республике, по содержанию и составу незаменимых аминокислот.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Определение содержания незаменимых аминокислот (лизин, треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) проводилось в лаборатории мониторинга плодородия почв и экологии на жидкостном хроматографе Agilent 1100 после предварительной подготовки проб методом гидролиза (6 N соляная кислота,  $108 \pm 2$  °C в течение суток). Для оценки сходимости времен удерживания и площадей, а также предела детектирования и линейности использовали пять различных концентраций стандартов аминокислот: 10, 25, 50, 100 и 250 пмоль/мкл. Онлайн-дериватизация была выполнена с использованием ортофталевого альдегида (ОПА) для первичных аминокислот и 9-флуоренилметилхлорформата (FMOC) для вторичных. Использовали 0,4 N боратный буфер с pH 10,4. Анализ аминокислот с использованием предколоночной онлайн-дериватизации выполняли при помощи флуоресцентного детектирования. Сходимость времен удерживания для флуоресцентного детектора ниже 0,2%, сходимость площадей близка к 5% [9].

Образцы зерна, клубней и зеленой массы для анализа получены в научных подразделениях РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в погодноклиматических условиях 2008–2012 гг. Пробы представлены районированными сортами, выращенными на различных почвенных разновидностях и уровнях применения минеральных удобрений.

Стандартное отклонение (SD) и стандартная ошибка (SE) с уровнем надежности 95% рассчитаны методом описательной статистики с использованием стандартного программного обеспечения (Microsoft® Excel 2003). Количество образцов (n), использованных для математической обработки, по каждой культуре представлено в таблицах 1–3.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важное место в рационе животных занимают зернобобовые культуры, отличающиеся от злаковых высоким содержанием белковых веществ (18–38%). Они широко распространены 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 [6–7].

Горох – один из наиболее распространенных ингредиентов комбикормов с содержанием сырого протеина в среднем 20,4% [10]. Анализ зерна гороха (n=235) показал в нем достаточно высокое содержание незаменимых аминокислот – 64,44 г/кг в.с.в. (табл. 1). Максимальное количество из незаменимых аминокислот в белках зерна гороха составляют лейцин и лизин, минимальное –

метионин (табл. 1). По данным Пономаренко Ю.А. с соавторами [11], при добавлении 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 [11, 12].

В белках зерна узколистного люпина преобладают аминокислоты лейцин и валин (табл. 1). По содержанию валина, треонина, лейцина и изолейцина люпин превосходит горох, но уступает ему по содержанию лизина.

Таблица 1

**Состав незаменимых аминокислот в зерне зернобобовых культур, г/кг на в.с.в.**

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
<b>Горох (n = 235)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>7,21</b>	<b>8,94</b>	<b>2,20</b>	<b>9,25</b>	<b>8,12</b>	<b>14,13</b>	<b>14,59</b>	<b>64,44</b>
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	–
<b>Люпин узколистный (n = 92)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>9,05</b>	<b>11,26</b>	<b>2,13</b>	<b>9,58</b>	<b>10,76</b>	<b>17,84</b>	<b>9,67</b>	<b>70,29</b>
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	–

Рапс по содержанию масла и белка 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 Института земледелия были созданы новые образцы рапса с высоким содержанием масла и белка и его качественным

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

составом, в которых содержание незаменимых аминокислот составляет около 31% (% на белок). Рапсовый шрот превосходит подсолнечниковый по содержанию практически всех незаменимых аминокислот, а по лизину – в 1,7 раза, его используют для балансирования зерновых по аминокислотам [13].

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. 2).

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 их количества в клубнях [14].

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. (табл. 2).

Таблица 2

**Состав незаменимых аминокислот в продукции технических культур, г/кг на в.с.в.**

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
<b>Яровой рапс, семена (n = 31)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>6,98</b>	<b>9,90</b>	<b>2,77</b>	<b>7,05</b>	<b>7,41</b>	<b>12,77</b>	<b>9,84</b>	<b>56,72</b>
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	–
<b>Картофель, клубни (n = 29)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>1,99</b>	<b>5,07</b>	<b>1,26</b>	<b>3,88</b>	<b>3,42</b>	<b>5,70</b>	<b>3,81</b>	<b>25,13</b>
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	–

Зеленая масса люпина узколистного характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот с преобладанием лейцина, фенилаланина, валина и лизина (табл. 3). Клевер по содержанию треонина, фенилаланина, изолейцина и лизина уступает люпину, однако по метионину и валину превосходит его. По литературным данным известно, что сено клевера богато белком [11]. 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 [15]. 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 (табл. 3). По сумме незаменимых аминокислот зеленая масса кукурузы в значительной степени уступает питательности клевера и люпина – в 2,1 и 2,6 раза соответственно.

Таблица 3

Состав незаменимых аминокислот в зеленой массе, г/кг на в.с.в.

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
<b>Клевер (n = 32)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>6,24</b>	<b>9,46</b>	<b>2,40</b>	<b>7,32</b>	<b>5,50</b>	<b>11,24</b>	<b>5,14</b>	<b>47,3</b>
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	–
<b>Люпин узколистный (n = 104)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>8,32</b>	<b>9,13</b>	<b>2,30</b>	<b>9,33</b>	<b>7,39</b>	<b>12,44</b>	<b>9,09</b>	<b>58,0</b>
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	–
<b>Кукуруза (n = 73)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>2,92</b>	<b>3,88</b>	<b>1,03</b>	<b>3,11</b>	<b>2,77</b>	<b>6,00</b>	<b>2,78</b>	<b>22,49</b>
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	–

### ВЫВОДЫ

В результате исследований установлено, что содержание незаменимых аминокислот (треонин, валин, метионин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин) в зерне гороха в среднем составляет 64 г/кг, люпина – 70, в семенах ярового рапса – 57 г/кг сухого вещества.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Зеленая масса люпина узколистного характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот (58 г/кг) с преобладанием лейцина, фенилаланина, валина и лизина. Клевер по содержанию треонина, фенилаланина, изолейцина и лизина уступает люпину, однако по метионину и валину превосходит его. По содержанию незаменимых аминокислот зеленая масса кукурузы (22 г/кг) в 2,1 раза уступает клеверу и в 2,6 раза люпину.

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

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биохимия / В.Г. Щербаков [и др.]. – 2003. – 440 с.
2. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 494 с.
3. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.П. Кретович. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
4. D'Mello, J.P.F. Amino acids in animal nutrition / J.P.F. D'Mello. – 2th. ed. – Wallingford; Cambridge: CABI Publishing, 2003. – 513 p.
5. Кретович, В.Л. Биохимия зерна и хлеба / В.Л. Кретович. – М.: Наука, 1991. – 136 с.
6. Беркутова, Н.С. Методы оценки и формирование качества зерна. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 206 с.
7. Крецу, Л.Г. Мир пищевых растений / Л.Г. Крецу, Л.Г. Домашенко, М.Д. Соколов; под. ред. А.Ф. Паляя. – Кишинев, 1989. – 328 с.
8. 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.
9. Gratzfeld-Huesgen, A. Sensitive and Reliable Amino Acid Analysis in Protein Hydrolysates using the Agilent 1100 Series HPLC. Technical Note / A. Gratzfeld-Huesgen // Copyright © 1998, 1999 Agilent Technologies, Publication Number 5968–5658E, 1999. – 12 p.
10. 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.
11. Пономаренко, Ю.А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания: монография / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров; рец.: В.Г. Гусаков, И.Д. Волотовский; Минсельхозпрод РБ, Российская акад. с.-х. наук. – Минск: Экоперспектива, 2012. – 863 с.
12. 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.
13. Пилюк, Я.Э. Рапс – универсальная маслично-белковая культура / Я.Э. Пилюк // 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.

14. 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.

15. Циков, В.С. Интенсивная технология возделывания кукурузы / В.С. Циков, Л.А. Матюха. – М.: Агропромиздат, 1989. – 246 с.

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPOSITION OF ESSENTIAL AMINO ACIDS IN PRODUCTION OF FORAGE CROPS**

**Yu.V. Putyatin, D.V. Markevich, O.M. Tavrykina**

### **Summary**

As a result of researches it is established, that the contents of essential amino acids (lysine, threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine) in peas grain is 64 g/kg on the average, lupine grain – 70, in seeds spring rapeseed – 57 g/kg of a dry weight.

The green mass of narrow-leaved lupine is characterized by the high content of essential amino acids (58 g/kg) with prevalence of leucine, phenylalanine, valine and lysine. The clover on content of threonine, phenylalanine, isoleucine and lysine concedes lupine, however in methionine and valine surpasses it. On the content of essential amino acids the green mass of corn (22 g/kg) in 2,1 times concedes to a clover and in 2,6 times to lupine.

*Поступила 16.10.13*

УДК 631.461.5:631.559:633.22

## **ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЯ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФОСФОРНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ**

**В.В. Лапа, Н.А. Михайловская, Н.Н. Ивахненко, Т.В. Погирницкая**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема устойчивости почв к деградации имеет большое научное и практическое значение. Одним из видов химической деградации пахотных земель является истощение их элементами питания, что отчетливо проявляется при экстенсивном способе хозяйствования. При отсутствии или очень низком уровне