

А.Р.Цыганов, член-корреспондент ААН РБ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Т.Ф.Персикова, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В.Какшинцев, аспирант

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

Тадеуш Филипек, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Станислав Лабуда, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Сельскохозяйственная академия в Люблине, Польша

УДК 633.367:581.19

Минеральный и аминокислотный состав зерна люпина узколистного

В статье обобщены данные двухлетних опытов по минеральному и аминокислотному составу зерна люпина узколистного сорта Гелена, выращенного в северо-восточной части Беларуси.

Показана вариабельность элементов минерального питания, белка и составляющих его аминокислот, определены соотношения элементов в весовом и молярном виде, выявлены корреляционные зависимости между минеральными элементами, аминокислотами, а также между элементами и аминокислотами, рассчитана биологическая ценность белка, которая составила 79,8%.

The article summarizes the data of the two-year experiments on mineral and amino acid composition of the blue lupine grain variety "Helena", grown in the northeast of Belarus. It also demonstrates variability of the mineral nutrition elements; variability of protein and its amino acids. The article establishes correlation between the elements in the weight and molecular form; correlation between mineral elements and amino acids; as well as between elements and amino acids. Biological value of protein corresponding to 76.8% was established.

Введение

Люпин узколистный обладает рядом хозяйственно-полезных признаков, является источником экологически безопасного белка и считается одним из перспективных видов зернобобовых культур для возделывания в природно-экологических условиях Польши и Беларуси [3,9]. Во многих странах Европы, Южной Америки, Африки, Азии, в Австралии проводятся исследования по использованию в пищу недооцененного и забытого люпина. В Чили и Перу, согласно правительственным программам, в целях повышения в пище содержания белка добавляют его к хлебу. Идет работа над созданием аналога соевого молока из люпина [5]. На базе генофонда сладкого узколистного люпина созданы пищевые сортообразцы с содержанием ал-

калоидов в семенах 0,02% и ниже, которые проходят медико-биологическое испытание. Отмечается, что белок люпина узколистного имеет высокую сбалансированность по аминокислотному составу и по качеству приближается к сое [3], однако в отличие от нее не содержит ингибиторов пищеварительных ферментов, на разрушение которых тратится большое количество энергии.

Минеральный состав семян узколистного люпина свидетельствует, с одной стороны, о способности усваивать различные минеральные вещества из окружающей среды и использовать их в синтезе собственных клеточных структур [7], а с другой, может быть использован в практике животноводства для балансирования минерального питания сельскохозяйственных животных, так как недо-

статок или избыток содержания отдельных минеральных веществ в рационах может вызывать заболевания животных, снижение их продуктивности, ухудшение функции размножения, излишние затраты кормов на образование продукции [4, 6, 8].

Информацию о концентрации микроэлементов в семенном материале необходимо использовать при обосновании проведения предпосевной обработки семян [10].

В связи с тем, что почвенные и климатические условия в значительной степени влияют на показатели биологической ценности пищевых и кормовых продуктов [6, 7, 10], целью данных исследований являлось определение минерального и аминокислотного состава семян люпина узколистного, выращенного в условиях северо-восточной части Беларуси.

Материалы и методы

Люпин узколистный сорта Гелена выращивали в 1999–2000 гг. в полевых опытах на опытном поле “Тушково” Белорусской государственной сельскохозяйственной академии на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком, которая характеризовалась средним уровнем плодородия (коэффициент окультуренности — 0,61). Определение минерального и аминокислотного состава зерна проведено на кафедре агрономической химии и в центральной технической лаборатории сельскохозяйственной академии в Люблине (Польша).

Определение содержания сухого вещества в воздушно-сухом растительном материале проводилось в температуре 105 °С до постоянной массы. Озольнение растительных образцов проведено смесью концентрированной серной кислоты в присутствии H_2O_2 с последующим определением в минерализате элементов. Содержание азота установлено методом Кьельдаля на аппарате Парнаса-Вагнера. Фосфор определялся ванадо-молибденовым методом на спектрофотометре „СЕСИЛ СЕ 2011” (Англия) при длине волны $\lambda=470$ нм в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 10 мм. Элементы К,

Са, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu, а также Pb и Cd (в графитовой кювете) определены на атомно-адсорбционном спектрометре „НІТАСНІ Z-8200” (Japan).

Общее содержание белка было определено на аппарате „Kjeltec Auto 1030 Analyzer” методом Кьельдаля с коэффициентом пересчета азота в сырой белок 6,25 [2]. Аминокислотный состав белка определяли на автоматическом анализаторе аминокислот „Amino acid Analyzer T 339 M” (Mikrotechna-Praha), биологическую ценность — по методу Корпаца, Линдера и Варга [2].

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные в результате определения минерального состава данные (табл. 1) показывают, что содержание основных макроэлементов составляет следующий ряд: $K > P > Ca > Mg$. Магний, как важный биоэлемент, может служить критерием для оценки соотношения между макроэлементами. Отношение элементов к магнию нами дано в весовом и молярном виде, что более точно отражает соотношения элементов, так как воздействие их на живой организм зависит от количества элемента, т.е. от числа атомов [4].

Соотношение элементов в весовом виде относительно магния показывает, что калия и фосфора было соответственно в 5,2 и 2,6 раза больше, чем магния. Кальция было практически равное с магнием количество. В молярном виде эти соотношения выглядят как 3,2:2,1:0,6:1.

В целях поддержания в норме здоровья животных и повышения их продуктивности имеет значение не только абсолютное содержание в кормах минеральных веществ, но и их соотношения. С точки зрения кислотно-щелочного баланса кормов необходимо знать соотношение Са:Р и Са:Mg. В зерне люпина узколистного оно равняется в среднем 0,4 и 1,0 в весовом виде, в молярном — 0,3 и 0,6. Считается, что если в кормовом рационе на одну часть фосфора приходится 0,5–2,0 частей кальция, а на одну часть магния 2,0–3,0 части кальция, то их усвоение будет наилучшим [7], поэтому зерно люпина при использова-

Таблица 1. Содержание и вариабельность минеральных элементов в зерне люпина узколистного

Элемент	Минимальное	Среднее	Максимальное	Ошибка средней, \pm	Коэффициент вариации, %
Макроэлементы, % с.в.					
P	0,4850	0,5822	0,6652	0,04	6,5
K	0,6404	1,1486	1,4178	0,12	10,3
Ca	0,1630	0,2327	0,3161	0,03	12,8
Mg	0,1769	0,2137	0,2676	0,03	13,7
Микроэлементы, мг/кг с.в.					
Fe	12,3000	49,8000	194,7000	27,10	54,4
Mn	18,6000	28,6000	42,9000	5,90	20,7
Zn	24,6000	35,7000	77,8000	9,30	26,1
Cu	3,3000	5,5000	9,9000	1,60	30,2
Следовые элементы, μ г/кг с.в.					
Pb	31,7000	198,9000	395,5000	106,10	53,4
Cd	55,8000	112,0000	264,2000	49,60	44,3

нии в рационах кормления животных необходимо балансировать по кальцию минеральной подкормкой.

Из микроэлементов больше всего содержится железа, далее элементы расположились в следующем порядке: Fe>Zn>Mn>Cu. Если принять содержание меди за единицу, то соотношения микроэлементов будут выглядеть в весовом виде 9,9:5,8:5,2:1 и 11,2:5,6:6,0:1 в молярном.

Ошибка средней и коэффициент вариации (V) дают представление о колебании средних значений элементного состава семян люпина узколистного. Состав макроэлементов в семенах достаточно стабилен и не подвержен большим колебаниям. Менее всего варьировало содержание фосфора (V=6,5%) и наиболее всего изменялось содержание магния (V=13,7%).

Содержание микроэлементов более подвержено колебаниям. Наиболее варьировемым микроэлементом является железо. Его количество в зависимости от опыта и погодных условий изменялось от 12,3 до 194,7 мг/кг с.в., то есть в 15,8 раза. Коэффициент вариации составил 54,4%.

В результате корреляционного анализа выявлена средняя зависимость содержания азота от содержания в семенах фосфора ($r=0,42$). Положительно коррелировало содержание кальция с содержанием цинка ($r=0,43$), что указывает на синергический характер поступления этих элементов в семена. Отрицательные коэффициенты установлены для калия и магния ($r=-0,42$), магния и марганца ($r=-0,46$) и магния с цинком ($r=-0,53$). Это свидетельствует об антагонизме этих ионов.

Как видно, сила связи между элементами в среднем небольшая и колеблется от -0,53 до 0,46. Однако на степень корреляционной связи большое влияние оказывали усло-

вия опыта. Так, в 2000 г. зависимость содержания азота от содержания в семенах фосфора составляла 0,9-0,97, в то время как в 1999 г. связь между этими двумя элементами отсутствовала. Можно предположить, что характер связи, а в отдельных случаях и ее направленность зависят от конкретных условий эксперимента.

Наличие следовых элементов — свинца и кадмия — также показывает большое варьирование содержания их в зерне люпина узколистного. Средней степени положительная корреляционная зависимость определена для магния с кадмием и свинцом ($r=0,64$ и $0,54$), а также свинца с кадмием ($r=-0,46$). Отрицательная корреляция была у меди ($r=-0,54$) и у кальция ($r=-0,46$) со свинцом.

Наиболее важными составными частями организма являются белки. Среднее содержание сырого белка в люпине узколистном составляло 33,9%, разность между максимальным и минимальным его значением — 7,4%. Коэффициент вариации был равен 6,5%. При балансировании рационов только по количеству протеина коэффициент использования азотистых веществ кормов крайне низкий. Полноценность белкового корма определяется качеством белка, т.е. его аминокислотным составом.

В последнее время при исследованиях оперируют аминокислотами в пределах 20 названий: 8 незаменимых (валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, фенилаланин, триптофан, лизин), 2 условно заменимых (аргинин, гистидин) и 10 заменимых (аланин, аспарагиновая кислота, глицин, глутаминовая кислота, серин, тирозин, цистин, цистеин, пролин, оксипролин). Однако представление о заменимых и незаменимых аминокислотах значительно изменилось. Сейчас известно, что данная аминокислота может оказаться заменимой и незаменимой в

Таблица 2. Содержание и вариабельность аминокислот в белке зерна люпина узколистного

Аминокислота, г/16г N	Минимальное	Среднее	Максимальное	Ошибка средней, ±	Коэффициент вариации, %
Аспарагиновая кислота	8,96	9,85	10,74	0,49	4,90
Треонин	3,54	4,24	4,61	0,30	7,00
Серин	4,14	4,46	4,76	0,22	5,00
Глутаминовая кислота	21,1	22,0	23,06	0,68	3,10
Пролин	2,53	2,78	2,95	0,14	4,90
Глицин	3,49	3,66	3,87	0,10	2,80
Аланин	2,69	3,04	3,41	0,22	7,10
Валин	3,37	3,69	4,05	0,22	5,90
Метионин	1,05	1,30	1,54	0,16	12,10
Изолейцин	3,85	3,93	4,23	0,19	4,80
Лейцин	7,26	7,98	8,68	0,42	5,20
Тирозин	4,44	4,87	5,10	0,20	4,20
Фенилаланин	4,17	4,57	4,87	0,20	4,30
Гистидин	2,76	2,97	3,37	0,18	6,20
Лизин	4,63	5,04	5,50	0,26	5,10
Аргинин	11,09	11,96	12,59	0,49	4,10
Сумма незаменимых аминокислот	29,87	30,76	31,86	0,70	2,30
Сумма заменимых аминокислот	63,99	65,63	67,44	1,12	1,70
Общая сумма аминокислот	94,55	96,47	98,27	1,18	1,20
Содержание белка, %	31,10	33,90	38,50	2,20	6,50

зависимости от используемого критерия (например, сохранение азотистого равновесия), наличия в рационе других пищевых факторов (например, витаминов), возраста животного, наличия особых его физиологических и патологических состояний, поэтому возникает необходимость исследовать все аминокислоты [1].

Нами определено 16 аминокислот (табл. 2) и сделан анализ их вариабельности. По содержанию аминокислоты в белке распределились следующим образом: Глу>Арг>Асп>Лей>Лиз>Тир>Фен>Сер>Тре>Изол>Вал>Гли>Ала>Гис>Про>Мет. Как видно, белок люпина узколистного богат глутаминовой кислотой, аргинином, аспарагиновой кислотой, лейцином, лизином и беден метионином. Расчет коэффициентов вариации показал, что наиболее варьированной аминокислотой является метионин ($V=12,1\%$). Это говорит о возможности влиять на его содержание с помощью агротехнических приемов. Менее всего изменялась концентрация глицина. Показательным является то, что сумма аминокислот варьировала в незначительной степени ($V=1,2\%$).

Для выявления степени и направленности взаимосвязи между аминокислотами в белке были рассчитаны коэффициенты корреляции. Сильную положительную корреляционную зависимость между собой проявляют метионин и аргинин ($r=0,75$), валин и гистидин ($r=0,81$). С суммой незаменимых аминокислот наиболее тесно коррелируют фенилаланин ($r=0,75$) и лейцин ($r=0,69$), а с общей суммой аминокислот — глутаминовая кислота ($r=0,71$).

Имются данные о тесной связи микроэлементов с биосинтезом белка и составляющих его аминокислот [8]. Нами также проведен корреляционный анализ между содержанием отдельных микроэлементов с содержанием в семенах белка и аминокислот. В результате выявлена обратная связь между азотом и глицином ($r=-0,58$), фосфором и аланином ($r=-0,52$), кальцием и лейцином ($r=-0,64$), магнием и аланином ($r=-0,6$), марганцем и пролином ($r=-0,51$), кадмием и валином ($r=-0,6$).

Содержание фосфора и метионина ($r=0,67$), фосфора и аргинина ($r=0,55$), калия с тирозином ($r=0,53$) и глутаминовой кислотой ($r=0,61$), магния и метионина ($r=0,59$), марганца и лейцина ($r=0,65$) и кадмия с метионином ($r=0,64$) находилось в положительной корреляционной зависимости средней степени.

Определение биологической ценности белка, показывающей меру соответствия аминокислотного состава (соотношение между аминокислотами) люпина узколистного потребности животного, проводилось по наиболее распространенному методу Корпаца, Линднера и Варга [2].

В качестве эталона сравнения использован аминокислотный состав белка целого куриного яйца. Преимущество этого метода заключается в том, что наряду с основными факторами учитывается избыточное количество отдельных незаменимых аминокислот, а также общее содержание так называемых заменимых аминокислот. Если биологическую ценность белка целого куриного яйца принять за 100%, то ценность белка люпина узколистного по отношению к этому эталону составляет 67,8%. Полученная величина биологи-

ческой ценности белков характеризует процент их усвояемости при скармливании животным. Она, естественно, отличается от величины, которую можно получить в прямом эксперименте, однако достаточно корректна для достоверной характеристики кормовых достоинств белка [2].

Выводы

1. Содержание макроэлементов в зерне люпина узколистного относительно стабильно. Наиболее варьированным макроэлементом является магний ($V=13,7\%$), а менее всего изменялась концентрация фосфора ($V=6,4\%$). Относительно магния макроэлементы соотносятся в весовом виде как 5,2:2,6:1,0:1,0 и в молярном — как 3,2:2,1:0,6:1,0.

2. Микроэлементный состав зерна люпина узколистного подвержен значительным колебаниям. Вариабельность содержания железа составляла 54,4%, для марганца, цинка и меди она находилась в пределах от 20,7 до 30,2%. Соотношения микроэлементов относительно меди выглядят следующим образом в весовом виде 9,9:5,8:5,2:1 и 11,2:5,6:6,0:1 — в молярном.

3. Проявляется средней степени положительная корреляция между содержанием в зерне азота и фосфора, кальция и цинка, магния с кадмием и свинцом, а также свинца с кадмием. Это свидетельствует о синергизме этих ионов при поступлении в семена. Отрицательная корреляция средней степени определена для калия и магния, магния и марганца, магния и цинка, что может быть проявлением их антагонизма.

4. Зерно люпина узколистного содержит в среднем 33,9% белка, который богат глутаминовой кислотой, аргинином, аспарагиновой кислотой, лейцином, лизином и беден метионином. Наиболее варьированной аминокислотой является метионин, что говорит о возможности влиять на его содержание с помощью агротехнических приемов. Менее всего изменялось содержание глицина и общая сумма аминокислот.

5. Сильную положительную корреляционную зависимость между собой проявляют метионин и аргинин ($r=0,75$), валин и гистидин ($r=0,81$). С суммой незаменимых аминокислот наиболее тесно коррелируют фенилаланин ($r=0,75$) и лейцин ($r=0,69$), а с общей суммой аминокислот — глутаминовая кислота ($r=0,71$).

6. Выявлена обратная связь между азотом и глицином ($r=-0,58$), фосфором и аланином ($r=-0,52$), кальцием и лейцином ($r=-0,64$), магнием и аланином ($r=-0,6$), марганцем и пролином ($r=-0,51$), кадмием и валином ($r=-0,6$).

Содержание фосфора и метионина ($r=0,67$), фосфора и аргинина ($r=0,55$), калия с тирозином ($r=0,53$) и глутаминовой кислотой ($r=0,61$), магния и метионина ($r=0,59$), марганца и лейцина ($r=0,65$) и кадмия с метионином ($r=0,64$) находилось в положительной корреляционной зависимости средней степени.

7. Биологическая ценность белка люпина узколистного составляет 79,8%.

Литература

1. Аминокислотное питание высокопродуктивных коров. — Вологда: Северо-Зап. кн. изд-во, 1976. — 136 с.

2. Крищенко В.П. Методы оценки качества растительной продукции. – Москва: Колос, 1983. – С. 56-60.
3. Кукреш Л.В., Лукашевич Н.П. Зернобобовые культуры. – Минск: Ураджай, 1992. – 256 с.
4. Лабуда С., Веселовски М., Цыганов А., Кукреш С. Следовые элементы в агрохимической оценке качества урожаев и опасностей со стороны окружающей среды // Проблемы производства продукции растениеводства и пути их решения: Материалы науч.-практ. конф., Горки, 7-9 июня 2000 г. / БГСХА. – Горки, 2000. – С. 144-148.
5. Lampart-Szczapa E. Nasiona roślin strączkowych w żywieniu człowieka. Wartość biologiczna i technologiczna // Zeszyty problemowe postępow nauk rolniczych. – 1997. – № 446. – S. 76-77.
6. Минеральный состав кормов. – Москва: Колос, 1968. – С. 3.
7. Podstawy i skutki chemisacji agroekosystemow. – Lublin: WAR, 1999. – S. 195-197.
8. Химические элементы и аминокислоты в жизни растений, животных и человека / Под ред. П.А.Власюк. – Киев: Наук. думка, 1979. – 280 с.
9. Шутов Г.К. Современное состояние и пути увеличения производства кормового люпина. – Минск: БелНИИНТИ, 1982. – 44 с.
10. Вариабельность микроэлементного состава семян основных зернобобовых культур и факторы, ее определяющие / Б.А.Ягодин, С.П.Торшин, Н.Л.Кокурин, Н.А.Савидов // Агрохимия. – 1990. – № 3. – С. 126-138.