УДК 582.736:577.112(470.13-924.82)

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ *HEDYSARUM ALPINUM* L. В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРЫ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Н. В. Портнягина, М. Г. Фомина, Э. Э. Эчишвили

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук
Россия, 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28
E-mail: elmira@ib.komisc.ru*

Поступила в редакцию 17.09.2019 г.

После доработки 30.09.2019 г.

Принята к публикации 29.10.2019 г.

В статье представлены результаты многолетнего исследования аминокислотного состава белков лекарственного растения *Hedysarum alpinum* L. из семейства Fabaceae. Выявлено, что надземная сырьевая фитомасса многолетних растений копеечника альпийского, культивируемых в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми, в разные годы характеризовалась высокими и стабильными показателями сырого белка (18.1 – 23.8%) и суммарного содержания аминокислот (13.6 – 17.8%) независимо от репродукции семян, возраста растений и метеорологических условий вегетационных сезонов. Впервые исследовано распределение общего азота и аминокислот в надземных органах копеечника альпийского. Высокие показатели сырого белка (16.9 – 26.9%) и суммы аминокислот (12.4 – 16.8%) обнаружены в незрелых плодах, цветках и листьях, средние – в стеблях диаметром менее 3 мм, 10.6 – 15.0% сырого белка и 7.2 – 9.5% суммы аминокислот, низкие – в стеблях диаметром более 3 мм, 4.1 – 4.8% и 1.9 – 2.2% соответственно. В сырьевой надземной фитомассе, а также в различных органах растений копеечника альпийского обнаружены и количественно определены 17 аминокислот, в том числе семь незаменимых (треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, лизин). Доля незаменимых аминокислот варьировала от 36 до 40%. Наибольшее содержание в сырьевой фитомассе отмечалось для аминокислот: аспарагиновой, глутаминовой, лизина, лейцина, пролина, аланина, валина и тирозина – 15.1, 11.6, 8.6, 8.1, 6.6, 6.3, 6.0 и 5.5% соответственно.

Ключевые слова: *Hedysarum alpinum*, интродукция, общий азот, аминокислоты, аминокислотный анализатор.

DOI: 10.18500/1682-1637-2019-4-199-211

С целью сохранения природных растительных ресурсов и расширения сырьевой базы лечебных препаратов в ботанических садах проводят изучение полезных растений для дальнейшего их выращивания в условиях культуры. В этом плане актуально разностороннее изучение одного из представителей семейства Fabaceae – многолетнего травянистого растения копеечника альпийского (*Hedysarum alpinum* L.), в надземной части которого обнаружен ксантоновый гликозид – мангиферин, обладающий широким спектром фармакологического действия: противовирусным, кардиотоническим, диуретическим, желчегонным и др. (Атлас..., 2006; Кукушкина и др., 2011; Miura и др., 2011).

Этот евразийский вид произрастает от юга Кольского полуострова до Урала, Сибири и Дальнего Востока. Его ареал охватывает лесную и лесостепную зоны Восточной и Западной Сибири, Урала. Заросли копеечника приурочены к хорошо дренированным участкам пойм рек и ручьев. Растет во влажно-луговых сообществах, в ерниках и ивняках. Основные промысловые массивы растения выявлены в Читинской области (Растения..., 1996). В Республике Коми копеечник альпийский также произрастает, но включен в Красную книгу Республики Коми (2009) как редкий вид естественно низкой численностью (статус 3). Данный вид отнесен к группе лекарственных растений, не обеспеченных естественной сырьевой базой, и его рекомендуют к введению в культуру в разных регионах России (Майсурадзе, Угнивенко, 1985).

Интродукционное изучение копеечника альпийского ведется в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Северо-Восток Европейской части России, 62° с.ш., 50° в.д.) достаточно давно, с 1994 г. В результате первичной интродукционной оценки он признан перспективным для выращивания в подзоне средней тайги Республики Коми в качестве лекарственного растения (Мишуров и др., 1999, 2003). В настоящее время подведены итоги многолетнего изучения *H. alpinum* в условиях культуры. Исследованы онтогенез, рост и развитие, морфологические особенности генеративного побега растений разного возраста и определены сырьевая надземная фитомасса и содержание в ней мангиферина (Портнягина и др., 2014, 2015; Пунегов и др., 2015).

Цель нашей работы – изучение аминокислотного состава белков многолетних растений *Hedysarum alpinum* в зависимости от репродукции семян, возраста растений и метеорологических условий вегетационного сезона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служила надземная сырьевая фитомасса растений *Hedysarum alpinum* 4 – 11 годов жизни московской репродукции (2002 – 2009 гг.) и растений 2 – 5 годов жизни сыктывкарской репродукции (2010 – 2013 гг.). Исходные семена копеечника альпийского были получены в 1994 г. из Всероссийского института лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР, г. Москва).

Заготовку лекарственного сырья проводили в фазу массового цветения, в которую растения вступали, в разные по метеоусловиям годы, в первую – третью декады июля. Облиственные побеги срезали секатором на высоте 10 – 20 см от поверхности почвы, взвешивали, определяли структуру урожая и удаляли из растительного сырья грубые стебли диаметром более 3 мм ($d > 3$ мм), затем сырье высушивали естественным путем до воздушно-сухого состояния.

Определение массовой доли азота и аминокислотного состава в надземной сырьевой фитомассе многолетних растений копеечника альпийского разного возраста выполнено в аккредитованной экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Массовая доля азота в сухой надземной фитомассе растений определялась методом газовой хроматографии на элементном анализаторе EA1110 (CHNS-O). Пересчет общего азота на сырой белок в процентах проведен по формуле ($N \times 6.25$). Количественное измерение содержания аминокислот, входящих в состав белков растений, проводили методом жидкостной хроматографии на ионообменных смолах с использованием автоматического аминокислотного анализатора AAA339 (Чехия). Распределение осадков и ход среднесуточной температуры воздуха в период роста и развития растений от начала отрастания до фазы массового цветения приведены по данным Коми центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований аминокислотного состава растений копеечника альпийского в течение 11 лет и метеорологические условия соответствующих вегетационных сезонов представлены в табл. 1. Следует отметить, что метеорологические условия в годы проведения исследований были неодинаковыми. В период роста и развития многолетних растений копеечника альпийского до вступления их в фазу

массового цветения наблюдались значительные различия по влагообеспеченности и температурному режиму. Более теплыми с достаточным количеством осадков, превышающих средние многолетние показатели на 11 – 28%, были 2004, 2006 и 2010 годы. Дождливый этот период оказался в 2007, 2009 и 2012 годах, когда осадков выпало на 54 – 67% выше нормы, а наиболее засушливым (77 – 92% от нормы) – в 2005, 2011 и 2013 годах. Среднесуточная температура воздуха в этот период варьировала по годам от 11.5 до 14.5°C и была близка к средней многолетней в 2002, 2007, 2008 и 2009 годах, а в остальные годы превышала средние показатели на 1.4 – 3.0°C. Особенно теплыми были последние четыре года (2010 – 2013).

Анализ на содержание общего азота и пересчет его на сырой белок (2.89 – 3.80%) показал, что культивируемые растения копеечника в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми в разные по метеословиям годы накапливали в надземной фитомассе большое количество азотистых веществ. Суммарное содержание аминокислот (13.57 – 17.77%) в сырьевой надземной фитомассе характеризовалось также высокими и стабильными показателями по годам исследований и не зависело от репродукции семян, возраста растений и метеорологических условий сезонов. В белках из надземной фитомассы копеечника альпийского выявлены и количественно определены 17 аминокислот, в том числе семь незаменимых (треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин и лизин). Доля незаменимых аминокислот составляла в среднем 37% от общего количества, из них на долю лизина, лейцина и валина приходилось 23%. Триптофан при гидролизе полностью разрушается, поэтому определение его этим методом не проводили. Серусодержащие аминокислоты (метионин и цистин) отличались низким содержанием, так как при кислотном гидролизе белков они разлагаются. Наибольшее содержание в сырьевой фитомассе отмечалось для аминокислот: аспарагиновой, глутаминовой, лизина, лейцина, пролина, аланина, валина и тирозина – 15.1, 11.6, 8.6, 8.1, 6.6, 6.3, 6.0 и 5.5% соответственно. Помимо определения на протяжении ряда лет массовой доли азота и аминокислотного состава белков в средней пробе из надземной фитомассы копеечника альпийского, в 2013 г. впервые было исследовано на растениях четвертого и восьмого годов жизни распределение аминокислот в надземных органах: лист, цветок, незрелый плод, стебель $d < 3$ мм и стебель $d > 3$ мм.

Таблица 1. Аминокислотный состав белков интродуцированных растений *Nedusargium alpinum*
Table 1. Amino acid composition of proteins of introduced plants *Nedusargium alpinum*

Аминокислоты (АК) Amino acids (AA)	Дата сбора растительного сырья / Date of collection of plant materials												Доля АК от общего содержания, % The share of AA from the total content, %	
	23.07. 2002	27.07. 2004	27.07. 2005	13.07. 2006	12.07. 2007	23.07. 2008	23.07. 2009	06.07. 2010	19.07. 2011	20.07. 2012	15.07. 2013	lim	lim	Мем
Аспарагиновая / Aspartic	2.18	1.58	2.47	2.47	2.88	2.59	2.58	3.57	2.46	1.79	1.74	11.2-21.9	15.1±0.97	
Треонин* / Threonine	0.79	0.75	0.83	0.96	0.82	0.85	0.84	0.82	0.86	0.71	0.71	4.9-5.4	5.2±0.04	
Серин / Serine	0.81	0.70	0.78	0.87	0.88	0.84	0.86	0.90	0.86	0.68	0.73	4.9-5.5	5.1±0.05	
Глутаминовая / Glutamic	2.10	1.61	1.67	1.91	1.91	1.94	1.84	1.55	1.98	1.71	1.77	9.5-13.0	11.6±0.32	
Пролин / Proline	0.99	0.78	0.89	1.20	1.18	1.19	0.99	1.18	1.03	0.92	0.87	5.5-7.2	6.4±0.15	
Глицин / Glycine	0.86	0.78	0.78	0.88	0.82	0.85	0.83	0.69	0.90	0.69	0.81	4.2-5.9	5.0±0.15	
Аланин / Alanine	1.04	0.91	0.93	1.00	0.93	0.95	1.03	0.87	1.08	0.96	1.00	5.3-7.3	6.3±0.18	
Цистин / Cystine	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0-0.1	0.2±0.01	
Валин* / Valine	1.10	0.90	0.96	1.07	0.98	1.07	0.98	0.90	0.90	0.72	0.79	5.3-6.8	6.0±0.14	
Метионин* / Methionine	0.02	0.01	0.02	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.09	0.06	0.02	0-0.1	0.2±0.01	
Изолейцин* / Isoleucine	0.60	0.70	1.09	0.83	0.73	0.81	0.69	0.53	0.61	0.46	0.52	3.2-7.0	4.4±0.34	
Лейцин* / Leucine	1.47	1.35	0.89	1.45	1.32	1.35	1.32	0.99	1.42	1.08	1.27	5.7-9.6	8.1±0.35	
Тирозин / Tyrosine	0.88	0.70	0.82	1.13	0.86	0.94	0.82	0.93	1.01	0.80	0.66	4.8-6.4	5.5±0.14	
Фенилаланин* / Phenylalanine	0.78	0.80	0.81	0.78	0.81	0.90	0.73	0.73	0.92	0.66	0.62	4.4-5.7	4.8±0.12	
Гистидин / Histidine	0.38	0.36	0.43	0.46	0.39	0.39	0.33	0.37	0.37	0.30	0.26	1.9-2.8	2.3±0.08	
Лизин* / Lysine	1.21	1.29	1.45	1.56	1.54	1.43	1.08	1.31	1.32	1.25	1.24	6.9-9.3	8.6±0.22	
Аргинин / Arginine	0.90	0.87	0.78	1.14	0.74	0.93	0.73	0.79	0.76	0.75	0.69	4.6-6.4	5.2±0.16	
Сумма, % / Amount, %	16.12	14.10	15.61	17.77	16.79	17.04	15.65	16.33	16.63	13.57	13.71	-	100	
Доля незаменимых АК, % Share essential AA, %	37	41	39	38	37	38	36	33	37	36	38	37±1	37±1	
Массовая доля азота, % Mass fraction of nitrogen, %	3.10	2.89	3.10	3.60	3.60	3.50	3.41	3.80	3.30	3.53	2.95	3.34±0.1	3.34±0.1	
Содержание сырого белка, % Crude protein content, %	19.4	18.1	19.4	22.5	22.5	21.9	21.3	23.8	20.6	22.1	18.4	20.9±0.5	20.9±0.5	
Среднесуточная температура, °С Average daily temperature, °С	11.5	13.9	13.8	13.9	12.2	11.8	12.5	14.1	14.5	14.4	14.3	13.4±0.3	13.4±0.3	
Сумма осадков, мм / % к норме Precipitation amount, mm / % to normal	158	192	135	144	212	136	237	144	134	233	134	169	169	
	102	117	82	111	167	107	154	128	92	138	77	118	118	

Примечание: * – здесь и далее незаменимые аминокислоты.

Note: * – hereinafter irreplaceable amino acids.

Таблица 2. Аминокислотный состав белков надземных органов многолетних растений *Недусати адрити*, % (2013 г.)
Table 2. Amino acid composition of proteins of aerial organs of perennial plants *Недусати адрити*, % (year 2013)

Аминокислоты (АК) Amino acids (AA)	Лист Leaf		Цветок Flower		Незрелый плод Immre fruit		Стебель, $d < 3$ мм Stem $d < 3$ mm		Стебель, $d > 3$ мм Stem $d > 3$ mm	
	4*	8*	4*	8*	4*	8*	4*	8*	4*	8*
Аспарагиновая / Aspartic	1.54	1.74	2.06	2.20	2.64	2.53	1.24	1.32	0.30	0.27
Треонин* / Threonine	0.65	0.71	0.67	0.62	0.83	0.80	0.34	0.47	0.12	0.10
Серин / Serine	0.65	0.73	0.80	0.71	0.91	0.88	0.39	0.50	0.14	0.12
Глутаминовая / Glutamic	1.49	1.77	1.44	1.37	1.85	1.92	0.67	0.97	0.23	0.18
Пролин / Proline	0.80	0.87	0.86	0.76	0.85	0.91	0.39	0.67	0.11	0.15
Глицин / Glycine	0.73	0.81	0.65	0.61	0.75	0.77	0.32	0.42	0.11	0.10
Аланин / Alanine	0.91	1.00	0.86	0.78	0.99	1.02	0.42	0.56	0.15	0.13
Цистин / Cystine	0.01	0.02	0.04	0.03	0.06	0.03	0.02	0.04	0.00	0.00
Валин* / Valine	0.72	0.79	0.70	0.63	0.82	0.83	0.36	0.50	0.13	0.10
Метонин* / Methionine	0.03	0.01	0.05	0.03	0.06	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01
Изолейтин* / Isoleucine	0.52	0.52	0.49	0.43	0.57	0.62	0.27	0.36	0.09	0.07
Лейцин* / Leucine	1.19	1.27	0.98	0.93	1.26	1.24	0.52	0.69	0.18	0.14
Тирозин / Tyrosine	0.76	0.66	0.84	0.75	1.14	0.93	0.75	0.88	0.14	0.12
Фенилаланин* / Phenylalanine	0.70	0.62	0.51	0.50	0.69	0.67	0.29	0.36	0.09	0.08
Истидин / Histidine	0.27	0.26	0.31	0.24	0.41	0.46	0.15	0.23	0.04	0.03
Лизин* / Lysine	1.16	1.24	1.54	1.23	2.24	2.20	0.77	1.05	0.25	0.27
Аргинин / Arginine	0.69	0.69	0.57	0.53	0.78	0.77	0.25	0.42	0.08	0.07
Сумма, % / Amount, %	12.82	13.71	13.37	12.35	16.85	16.59	7.18	9.47	2.17	1.94
Доля незаменимых АК, % Share essential AA, %	39	38	37	36	38	38	36	36	40	40
Массовая доля азота, % Mass fraction of nitrogen, %	2.87	2.95	3.38	2.70	3.78	4.30	1.7	2.4	0.65	0.76
Содержание сырого белка, % Crude protein content, %	17.9	18.4	21.1	16.9	23.6	26.9	10.6	15.0	4.1	4.8

Примечание: 4* – растения четвертого года жизни, 8* – растения восьмого года жизни.

Note: 4* – plants of the fourth year of life, 8* – plants of the eighth year of life.

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ КОПЕЕЧНИКА

Согласно результатам аналитических исследований высокие показатели массовой доли азота и суммарного содержания аминокислот обнаружены в незрелых плодах, цветках и листьях, низкие – в стеблях диаметром более 3 мм (табл. 2). Установлено, что стебли диаметром более 3 мм практически не представляют ценности для использования в качестве растительного сырья: содержание азота в сухом веществе составляло 0.65 – 0.76%, а суммарное содержание аминокислот в них – 1.94 – 2.17%, что в 7.8 – 8.6 раза ниже, чем в незрелых плодах, в 6.2 – 6.4 раза ниже, чем в цветках, в 5.9 – 7.1 раза ниже, чем в листьях и в 3.3 – 4.9 раза ниже, чем в стеблях диаметром менее 3 мм (табл. 2). Такая же закономерность по снижению содержания мангиферина у растений копеечника альпийского в стеблях диаметром более 3 мм по сравнению с другими органами отмечалась нами ранее (Пунегов и др., 2015).

Доля незаменимых аминокислот от общего количества аминокислот в различных органах растения копеечника альпийского варьировала от 36 до 40%. Долевое участие каждой аминокислоты в общем содержании по органам растения представлено в табл. 3. Наибольшее количество отмечено для аминокислот: аспарагиновой (12 – 17.8%), глутаминовой (8.9 – 12.9%), лизина (9 – 13.9%), лейцина (6.3 – 8.3%), аланина (5.2 – 7.3%), пролина (5.0 – 7.7%), валина (4.6 – 6.0%) и тирозина (4.8 – 10.4%). Выявлено, что количество разных аминокислот в надземных органах, а также общее содержание аминокислот в них, в том числе незаменимых, не зависели от возраста растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе анализа результатов многолетних исследований аминокислотного состава белков лекарственного растения *H. alpinum* установлено, что в условиях культуры среднетаежной подзоны Республики Коми многолетние растения копеечника альпийского характеризовались высокими и стабильными показателями массовой доли азота (с пересчетом на сырой белок) и суммарного содержания аминокислот.

В белках из надземной сырьевой фитомассы растений выявлены и количественно определены 17 аминокислот, в том числе 7 незаменимых (треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, лизин).

Таблица 3. Доля аминокислот от общего содержания в надземных органах *Hedysarum alpinum*, % (2013 г.)

Table 3. Share of amino acids from the total content in the above-ground organs *Hedysarum alpinum*, % (2013)

Аминокислоты Amino acids	Лист Leaf		Цветок Flower		Незрелый плод Unripe fruit		Стебель $d < 3$ мм Stem $d < 3$ мм		Стебель $d > 3$ мм Stem $d > 3$ мм		$\bar{X}$
	4*	8*	4*	8*	4*	8*	4*	8*	4*	8*	
Аспарагиновая / Aspartic	12.0	12.7	15.4	17.8	15.7	15.2	17.3	13.9	13.8	13.9	15.1±0.97
Треонин* / Threonine	5.1	5.2	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.3	5.5	5.2	5.2±0.04
Серин / Serine	5.1	5.3	6.0	5.7	5.4	5.3	5.4	5.3	6.4	6.2	5.1±0.05
Глутаминовая / Glutamic	11.6	12.9	10.8	11.1	11.0	11.6	9.3	8.9	10.6	9.3	11.6±0.32
Пролин / Proline	6.2	6.3	6.4	6.2	5.0	5.5	5.4	6.2	5.1	7.7	6.6±0.15
Глицин / Glycine	5.7	5.9	4.9	4.9	4.4	4.6	4.4	4.4	5.1	5.2	5.1±0.15
Аланин / Alanine	7.1	7.3	6.4	6.3	5.9	6.2	5.9	5.2	6.9	6.7	6.3±0.18
Цистин / Cystine	0.1	0.1	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4	0	0	0.20±0.0
Валин* / Valine	5.6	5.8	5.2	5.1	4.8	5.0	5.0	4.6	6.0	5.1	6.0±0.14
Метионин* / Methionine	0.2	0.1	0.4	0.2	0.4	0.1	0.4	0.3	0.5	0.5	0.3±0.0
Изолейцин* / Isoleucine	4.1	3.8	3.7	3.5	3.4	3.7	3.9	3.3	4.2	3.6	4.4±0.34
Лейцин* / Leucine	9.3	9.3	7.3	7.5	7.5	7.5	7.2	6.3	7.1	8.3	8.1±0.35
Тирозин / Tyrosine	5.9	4.8	6.3	6.1	6.8	5.6	6.4	6.2	10.4	8.1	5.8±0.14
Фенилаланин* / Phenylalanine	5.5	4.5	3.8	4.0	4.1	4.0	4.0	3.3	4.1	4.1	4.9±0.12
Гистидин / Histidine	2.1	1.9	2.3	1.9	2.4	2.8	2.1	2.4	1.8	1.5	2.3±0.08
Лизин* / Lysine	9.0	9.0	11.5	10.0	13.3	13.3	10.7	9.7	11.5	13.9	8.6±0.22
Аргинин / Arginine	5.4	5.0	4.3	4.3	4.6	4.6	3.5	4.4	3.7	3.6	5.2±0.16

Примечание: 4* – растения четвертого года жизни, 8* – растения восьмого года жизни. $\bar{X}$ – Средний показатель надземной сырьевой фитомассы, %.

Note: 4* – plants of the fourth year of life, 8* – plants of the eighth year of life. $\bar{X}$ – The average aboveground phytomass raw %.

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ КОПЕЕЧНИКА

Доля незаменимых аминокислот составляла в среднем 37% от общего количества аминокислот. Наибольшее содержание в сырьевой фитомассе копеечника альпийского отмечалось для аминокислот: аспарагиновой, глутаминовой, лизина, лейцина, пролина, аланина, валина и тирозина – 15.1, 11.6, 8.6, 8.1, 6.6, 6.3, 6.0 и 5.5% соответственно.

Впервые исследовано распределение аминокислот в надземных органах растения. Наибольшие показатели общего азота и суммы аминокислот обнаружены в незрелых плодах, цветках и листьях, наименьшие – в стеблях диаметром более 3 мм. Доля незаменимых аминокислот по органам растения варьировала от 36 до 40%. Долевое участие каждой аминокислоты в общем содержании в различных органах копеечника альпийского аналогично средним показателям общей надземной сырьевой фитомассы растения. Выявлено, что количество разных аминокислот и их соотношение, а также содержание общего азота, сумма аминокислот и доля участия в них незаменимых аминокислот в надземной сырьевой фитомассе не зависели от возраста многолетних растений, репродукции семян, а также метеорологических условий вегетационных сезонов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена на базе УНУ «Научная коллекция живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН», регистрационный номер 507428, и в рамках государственного задания № 0414-2018-0006 (РК: АААА-А17-117122090004-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас лекарственных растений России / под общей ред. акад. РАМН и РАСХН, проф. В. А. Быкова. М.: ВИЛАР, 2006. С. 122 – 123.

Красная книга Республики Коми. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. 472 с.

Кукушкина Т. А., Зиннер Н. С., Высочина Г. И., Свиридова Т. П. Содержание ксантонов в надземной части растений *Hedysarum theinum* Krasnov и *Hedysarum alpinum* L. (Fabaceae) при выращивании в Сибирском ботаническом саду (г. Томск) // Химия растительного сырья. 2011. № 3. С. 113 – 116.

Маисурадзе Н. И., Угениченко В. В. Задачи интродукции лекарственных растений и пути их решения // Результаты и перспективы научных исследований в области создания лекарственных средств из растительного сырья. М.: ВИЛР, 1985. С. 294 – 251.

Мишуров В. П., Волкова Г. А., Портнягина Н. В. Интродукция полезных растений в подзоне средней тайги Республики Коми: итоги работы Ботанического сада за 50 лет. Т. 1. СПб.: Наука, 1999. 216 с.

Мишуров В. П., Портнягина Н. В., Зайнуллина К. С., Шалаева О. В., Шелаева Н. Ю. Опыт интродукции лекарственных растений в среднетаежной подзоне Республики Коми. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2003. 243 с.

Портнягина Н. В., Фомина М. Г., Пунегов В. В., Зайнуллина К. С., Эчишвили Э. Э. Итоги интродукции *Hedysarum alpinum* L. в условиях среднетаежной подзоны в Республике Коми // Известия Самарского Научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 1 (3). С. 796 – 799.

Портнягина Н. В., Фомина М. Г., Эчишвили Э. Э. Копеечник альпийский (*Hedysarum alpinum* L.) в культуре средней подзоны тайги Республики Коми // Вестник Института биологии Коми Научного центра Уральского отделения Российской академии наук. 2015. № 6 (194). С. 6 – 9.

Пунегов В. В., Фомина М. Г., Чуча К. В. Содержание мангиферина в сырьевой фитомассе и органах растения *Hedysarum alpinum* L. в культуре в средней подзоне тайги Республики Коми // Вестник Института биологии Коми Научного центра Уральского отделения Российской академии наук. 2015. № 6 (194). С. 13 – 16.

Растения для нас: справочное издание. СПб. : Учебная книга, 1996. 654 с.

Miura T., Ichiki H., Hashimoto I., Kao M., Kubo M., Ishihara E., Komatsu Y., Okada M., Ishida T., Tanigawa K. Antidiabetic activity of a xanthone compound, mangiferin // Phytomedicine. 2001. Vol. 8, № 2. P. 85 – 87.

Образец для цитирования:

Портнягина Н. В., Фомина М. Г., Эчишвили Э. Э. Аминокислотный состав белков *Hedysarum alpinum* L. в условиях культуры среднетаежной подзоны республики Коми // Бюл. Бот. сада Сарат. гос. ун-та. 2019. Т. 17, вып. 4. С. 199 – 211.
DOI: 10.18500/1682-1637-2019-4-199-211.

**AMINO ACID COMPOSITION OF PROTEINS
HEDYSARUM ALPINUM L. UNDER CONDITIONS OF CULTURE
OF THE MID-TAIGA SUBZONE OF THE REPUBLIC OF KOMI**

N. V. Portnyagina, M.G. Fomina, E. E. Echishvili

*Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
28 Kommunisticheskaya Str., Syktyvkar 167920, Russia
E-mail: elmira@ib.komisc.ru*

Received September 17, 2019

Revised September 30, 2019; Accepted October 29, 2019

The article presents the results of a long-term study of the amino acid composition of the proteins of the medicinal plant *Hedysarum alpinum* L. from the Fabaceae family. It was revealed that the above-ground raw phytomass of perennial alpine penny plants cultivated in the mid-taiga subzone of the Komi Republic in different years was characterized by high and stable crude protein (18.1 – 23.8%) and total amino acid content (13.6 – 17.8%) in them, regardless of reproduction seeds, plant age and meteorological conditions of the growing season. For the first time, the distribution of total nitrogen and amino acids in the aerial organs of Alpine penny worm was studied. High levels of crude protein (16.9 – 26.9%) and the amount of amino acids (12.4 – 16.8%) were found in unripe fruits, flowers, and leaves, medium in stems with a diameter of less than 3 mm, 10.6 – 15.0% of crude protein, and 7.2 – 9.5% of the amount of amino acids low – in stems with a diameter of more than 3 mm, 4.1 – 4.8% and 1.9 – 2.2%, respectively. In the raw above-ground phytomass, as well as in various organs of alpine cepa plants, 17 amino acids were found and quantified, including seven essential amino acids (threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, lysine). The proportion of essential amino acids ranged from 36 to 40%. The highest content in the raw phytomass was noted for amino acids: aspartic, glutamine, lysine, leucine, proline, alanine, valine and tyrosine – 15.1, 11.6, 8.6, 8.1, 6.6, 6.3, 6.0 and 5.5%, respectively.

Key words: *Hedysarum alpinum*, introduction, total nitrogen, amino acids, amino acid analyzer.

DOI: 10.18500/1682-1637-2019-4-199-211

ACKNOWLEDGMENTS

The work was carried out on the basis of the unique scientific setting “Scientific Collection of Living Plants” of the Botanical Garden Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences № 507428 and as part of a state assignment № AAAA-A17-117122090004-9.

REFERENCES

Atlas of Medicinal Plants of Russia. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 2006. pp. 122 – 123. (in Russian).

Kukushkina T. A., Zinner N. S., Vysochina G. I., Sviridova T. P. The content of xanthones in the aerial part of plants *Hedysarum theinum* Krasnov and *Hedysarum alpinum* L. (Fabaceae) when grown in the Siberian Botanical Garden (Tomsk). *Khimija rastitel'nogo syr'ja* (Chemistry of plant raw material), 2011, vol. 3, pp. 113 – 116. (in Russian).

Maysuradze N. I., Ugnivenko V. V. The tasks of introducing medicinal plants and ways to solve them. In: *Results and prospects of scientific research in the field of creating medicines from plant materials: abstracts of the All-Union Scientific Conference*. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 1985. pp. 294 – 251. (in Russian).

Mishurov V. P., Volkova G. A., Portnyagina N. V. *Introduction of useful plants in the subzone of the middle taiga of the Komi Republic: Results of the Botanical Garden over 50 years*. Vol. 1. St. Petersburg: Nauka Publ., 1999. 216 p. (in Russian).

Mishurov V. P., Portnyagina N. V., Zaynullina K. S., Shalaeva O. V., Shelaeva N. Yu. *Experience in introducing medicinal plants in the mid-taiga subzone of the Komi Republic*. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2003. 243 p. (in Russian).

Miura T., Ichiki H., Hashimoto I., Kao M., Kubo M., Ishihara E., Komatsu Y., Okada M., Ishida T., Tanigawa K. Antidiabetic activity of a xanthone compound, mangiferin. *Phytomedicine*, 2001, vol. 8, iss. 2, pp. 85 – 87.

Portnyagina N. V., Fomina M. G., Punegov V. V., Zaynullina K. S., Echishvili E. E. The results of the introduction of *Hedysarum alpinum* L. under the conditions of the middle taiga subzone in the Komi Republic. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 16, iss. 1 (3), pp. 796 – 799. (in Russian).

Portnyagina N. V., Fomina M. G., Echishvili E. E. Alpine penny (*Hedysarum alpinum* L.) in the culture of the middle subzone of the taiga of the Komi Republic. *Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2015, vol. 6 (194), pp. 6 – 9. (in Russian).

Plants for us: reference publication. St. Petersburg: Educational Book, 1996. 654 p. (in Russian).

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ КОПЕЕЧНИКА

Punegov V. V., Fomina M. G., Chucha K. V. The content of mangiferin in the raw phytomass and organs of the plant *Hedysarum alpinum* L. in a culture in the middle subzone of the taiga of the Komi Republic. *Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2015, vol. 6 (194), pp. 13 – 16. (in Russian).

Red Book of the Komi Republic. Rare and endangered species of plants and animals. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2009. 472 p. (in Russian).

Cite this article as:

Portnyagina N. V., Fomina M. G., Echishvili E. E. Amino acid composition of proteins *Hedysarum alpinum* L. under conditions of culture of the mid-taiga subzone of the Republic of Komi. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2019, vol. 17, iss. 4, pp. 199 – 211. (in Russian). DOI: 10.18500/1682-1637-2019-4-199-211.