

УДК 547.917:575.2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА COUSINIA NINAE JUS

¹Турдумамбетов К.Т., ²Ажибаева З.С., ¹Бакирова Г.А., ¹Джорупбекова Ж.Д.

¹*Институт химии и фитотехнологии НАН Кыргызской Республики,
Бишкек, e-mail: him-teh-ugl@mail.ru;*

²*Ошский государственный университет, Ош, e-mail: zulaika75@mail.ru*

Приоритетным направлением в изучении углеводов является поиск новых источников полисахаридов и их производных, которые обладают высокой физиологической активностью. Углеводный состав растений представляет собой весьма сложную смесь: редуцирующие сахара, олигосахариды, полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлоза и остатки растительных тканей (целлюлозы). Изучены качественный и количественный углеводный состав растений *C. ninae* Juz, как биологически активных компонентов, обуславливающих ее противовоспалительную и иммуностимулирующую активность. Наблюдения в течение ряда лет за ростом *C. ninae* Juz позволили сделать вывод о том, что динамика накопления углеводов зависит от периода вегетации и от биологических особенностей растений, что связано с различной интенсивностью процессов роста и развития растений. В период отрастания (розеточная форма) содержание полисахаридов очень низкое, максимальное их накопление отмечается в период цветения и плодоношения, а к концу вегетационного периода их концентрация заметно снижается. А содержание олигосахаридов преобладает в фазе бутонизации. Установлено, что их содержание зависит от места произрастания, качества почвы и влажности. Определено что наибольшее количество глюкофруктанов содержится в корнях *C. ninae* Juz в фазе плодоношения. Изучение распределения содержания глюкофруктанов по длине корня показало, что наибольшая локализация глюкофруктанов происходит в верхней части корня. Результаты, полученные в ходе эксперимента, свидетельствуют о том, что растения *C. ninae* Juz являются перспективными источниками получения глюкофруктанов, определяют возможности расширения сырьевой базы для получения биологически активных соединений.

Ключевые слова: *C. ninae* Juz, углеводный состав, глюкофруктан, олигосахариды

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE CARBOHYDRATE COMPOSITION COUSINIA NINAE JUS

¹Turдумамбетов К.Т., ²Azhibayeva Z.S., ¹Bakirova G.A., ¹Dzhorupbekova Zh.D.

¹*Institute of Chemistry and Phytotechnology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
Bishkek, e-mail: him-teh-ugl@mail.ru;*

²*Osh State University, Osh, e-mail: zulaika75@mail.ru*

A priority in the study of carbohydrates is the search for new sources of polysaccharides and their derivatives, which have high physiological activity. The qualitative and quantitative carbohydrate composition of *C. ninae* Juz plants was studied as biologically active components that determine its anti-inflammatory and immunostimulating activity. Observations over a number of years over the growth of *C. ninae* Juz led to the conclusion that the dynamics of carbohydrate accumulation depends on the growing season and on the biological characteristics of plants, which is associated with different intensities of plant growth and development. During the growing period (rosette form), the content of polysaccharides is very low, their maximum accumulation is noted during the flowering and fruiting period, and by the end of the growing season their concentration decreases markedly. And the content of oligosaccharides prevails in the budding phase. It was found that their content depends on the place of growth, soil quality and humidity. It was determined that the largest number of glucofructans is found in the roots of *C. ninae* Juz in the fruiting phase. A study of the distribution of glucofructane content along the length of the root showed that the greatest localization of glucofructans occurs in the upper part of the root. The results obtained during the experiment indicate that *C. ninae* Juz plants are promising sources for the production of glucofructans, determine the possibilities of expanding the raw material base for the production of biologically active compounds.

Keywords: *C. ninae* Juz, carbohydrate composition, glucofructan

Углеводный состав растений представляет собой весьма сложную смесь: редуцирующие сахара, олигосахариды, полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлоза и остатки растительных тканей (целлюлозы). Известно, что лекарственное растительное сырье при достаточной фармакологической активности легко усваивается организмом, обладает меньшей токсичностью и аллергенностью. Приоритетным направлением в изучении углеводов является поиск новых источников полисахаридов

и их производных, которые обладают высокой физиологической активностью [1, 2].

Установленные фармакологические эффекты водорастворимых полисахаридов связаны, в частности, с наличием фруктозосодержащих углеводов – глюкофруктанов. В наших предыдущих работах были описаны исследования по изучению углеводного состава родов *Cousinia*, а также структуры, свойств и практического применения глюкофруктанов выделенных из этих растений [3, 4].

Цель работы: изучение углеводного состава и особенностей накопления полисахаридов в растениях *Cousinia ninae* Juz, произрастающих в Кыргызстане.

Материалы и методы исследования

На территории Кыргызстана встречается 73 вида растений рода *Cousinia* относящиеся семейству Сложноцветных, что составляет более 30% их видового содержания в СНГ [5]. Растения *C. ninae* Juz является одним из представителей этого рода.

C. ninae Juz – сорные, колючие, двухлетние растения высотой 20–70 см, которые растут обычно сплошными зарослями в пустырях, пастбищах и сенокосах. В настоящее время они не находили существенно применения.

По литературным данным растения *C. ninae* Juz содержат в основном глюкофруктан, мономерный состав которого состоит из глюкозы и фруктозы.

Образцы растительного сырья собраны в Чуйской и Ферганской долинах. Воздушно-сухие, измельченные корни (к) и надземную часть (н/ч) растений обрабатывали 82% и 96%-ным этанолом для удаления низкомолекулярных соединений, красящих веществ и влаги. Моно- и олигосахариды извлекали экстракцией этанолом, мономерный состав определяли кислотным гидролизом, а с помощью бумажной хроматографии (БХ) идентифицировали глюкозу и фруктозу.

Из состава растения последовательно выделяли спирторастворимые сахара (ОС), водорастворимые полисахариды (ВРПС), пектиновые вещества и гемицеллюлозу (ГЦ) [6].

Результаты исследования и их обсуждение

В корнях и надземных частях растений в зависимости от периода вегетации было определено содержание углеводов. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, в фазе бутонизации количество олигосахаридов в корнях этих растений достигает максимума – 6,9%, а полисахаридов в фазе цветения – плодоношения – 10,9% и 16,4%. В надземных частях в фазе бутонизации содержание олигосахаридов достигает 3,2%.

Таким образом, было установлено: накопление глюкофруктанов значительно меняется в течение вегетационного периода, что связано с различной интенсивностью процессов роста и развития растений. В период отрастания (розеточная форма) содержание полисахаридов очень низкое, максимальное их накопление отмечается в период цветения и плодоношения, а к концу вегетационного периода их концентрация заметно снижается. А содержание олигосахаридов преобладает в фазе бутонизации. Содержание же редуцирующих сахаров в корнях и надземной части невелико. Кроме того, на содержание углеводов оказывают влияние как погодные-климатические условия, так и почвенный состав. Также было установлено, что между содержанием углеводов в растениях и местом их произрастания существует прямая зависимость (табл. 2).

При изучении изменения количества углеводов в течение года было определено, что в количественном отношении содержание углеводов в корнях растений меняется на протяжении всего периода вегетации. Даже в зимний период углеводы не исчезают. В период бутонизации содержание олигосахаридов достигает максимума – 6,9%, а в это же время количество полисахаридов снижается до 6,4%. Определено, что с увеличением количества полисахаридов в фазе цветения наблюдается уменьшение содержания олигосахаридов до 4,2%. Содержание же пектинов и гемицеллюлоз по мере роста растений увеличивается, достигая максимума в фазе цветения и плодоношения, затем снижается равномерно до фазы покоя.

Таблица 1

Содержание углеводов в зависимости от периода вегетации растений *C. ninae* Juz

Фаза развития	Части растений	МС %	ОС %	ПС %	ПВ %	ГЦ %
Розеточная форма	К	0,7	3,3	3,4	2,2	1,8
	н/ч	1,1	2,0	1,1	1,0	1,2
Бутонизация	К	0,9	6,9	6,4	3,2	4,8
	н/ч	1,7	3,2	1,4	1,3	2,2
Цветение	К	0,7	5,5	10,9	3,6	5,6
	н/ч	0,4	2,5	1,1	1,2	3,0
Плодоношение	К	0,6	4,2	16,4	3,2	5,4
	н/ч	0,4	2,1	1,0	1,0	3,1

Таблица 2

Изменение содержания углеводов в зависимости от места произрастания растений *C. ninae* Juz (фаза цветения)

Место отбора проб	Часть растения	МС %	ОС %	ПС %	ПВ %	ГЦ %
Кок-Бель (перевал)	к	0,5	2,5	15,9	1,7	3,1
	н/ч	1,0	2,4	1,7	0,9	2,7
Торкент (село)	к	1,1	5,3	12,7	2,0	3,7
	н/ч	1,3	2,2	0,9	2,1	1,9
Уч-Терек (село)	к	1,4	6,2	14,3	2,1	3,9
	н/ч	0,6	1,9	2,1	2,3	2,2
Таш-Мойнок (перевал)	К	1,7	5,2	16,5	2,7	4,1
	н/ч	1,5	1,4	1,2	1,9	0,2
Сосновка (село)	к	1,0	6,9	14,4	2,6	4,3
	н/ч	0,6	1,7	1,7	1,7	2,1
Александровка (село)	к	1,5	5,4	12,9	2,9	4,1
	н/ч	0,9	1,4	2,1	1,9	2,0

Таблица 3

Углеводный состав растения *C. ninae* Juz в течение года

Время года	Фаза развития	Содержание углеводов, %				
		МС	ОС	ПС	ПВ	ГЦ
Январь	Покой	0,7	2,9	6,2	2,1	2,5
Февраль	Покой	0,7	3,0	6,3	2,2	2,5
Март	Пробуждение	0,9	7,6	6,9	2,7	2,6
Апрель	Розетка	1,2	4,9	7,5	3,1	2,9
Май	Бутонизация	У	6,9	6,4	3,9	3,1
Июнь	Цветение	У	4,2	10,9	4,2	4,0
Июль	Плодоношение	0,7	4,0	11,6	4,2	4,1
Август	Плодоношение	0,7	4,0	16,9	4,2	4,1
Сентябрь	Отмирание н/ч	0,6	2,7	9,0	4,2	4,0
Октябрь	Начало покоя	0,4	2,6	8,0	4,0	3,7
Ноябрь	Покой	0,5	2,6	7,7	3,9	3,3
Декабрь	Покой	0,6	2,7	7,0	3,0	2,7

В стадии покоя происходит процесс синтеза более высокомолекулярных водорастворимых полисахаридов до максимального уровня к началу новой вегетации. В табл. 3 представлены результаты изучения углеводного состава растения *C. ninae* Juz в течение года.

На примере изучения эндемного *C. ninae* Juz показано, что состав его корней представлен весьма сложной смесью (табл. 4).

Кроме того, были проведены работы по изучению влияния погодно-климатических условий на содержание углеводов. Изучение проводилось на двухлетних растениях *C. ninae* Juz в период 2015–2016 и 2017–2018 гг. Образцы растений, корни и надземную часть брали в одном и том же месте произрастания. Нами были установлены особенности изменения суммы олигосахаридов в зависимости от погодных условий. Так как сезоны 2016 и 2018 гг. по сравнению с предыдущими были аномально засушливыми, было замечено, что в корнях и надземной части растений происходило увеличение содержания суммы углеводов (табл. 5).

Таблица 4

Химический состав корней *C. ninae* Juz

Химический состав	%, от массы корня
Сухие вещества	45,3
Вода	7,2
Общий сахар, в том числе:	30,2
Моносахариды	1,2
Олигосахариды	6,7
Полисахариды	12,9
Пектиновые вещества	4,2
Г емицеллюлоза	5,2
Несахаристые вещества, в том числе:	
Азот	1,4
Зола	5,9
Дубильные вещества	2,1
Смола (красящие вещества)	1,2
Жиры	1,5
Сесквитерпеновые лактоны	0,3
Белковые вещества	1,75
Каучук	0,25

Таблица 5

Зависимость углеводного состава *C. ninae* Juz от климатических условий

Исследуемый орган	Фаза развития	Год сбора (сумма углеводов)			
		2015	2016	2017	2018
к	Бутонизация	29,6	33,0	30,4	32,9
н/ч	-//-	24,2	27,2	23,2	26,8
к	Цветение	34,0	38,1	33,2	37,3
н/ч	-//-	22,2	24,1	21,7	24,6
к	Плодоношение	29,9	33,6	35,5	36,8
н/ч	-//-	20,2	22,8	19,8	22,2
к	Отмирание	29,0	31,2	26,3	29,5
н/ч	-//-	17,1	20,3	17,0	19,7

Таблица 6

Зависимость выхода глюкофруктанов от массы корней

Масса сырого корня	Моносахариды, %	Олигосахариды, %	Глюкофруктаны, %	Общий сахар, %	ГФ от общего сахара, %
500	1,3	13,7	30,00	45,00	66,04
800	1,25	7,79	35,00	44,34	44,26
100	0,5	7,00	38,50	46,00	83,70
120	0,55	6,80	41,00	48,35	84,78

Таблица 7

Распределение углеводов по длине корня растений

Исследуемая часть корня	МС, %	ОС, %	Глюкофруктаны, %	Общий сахар, %	Глюкофруктаны от общего сахара, %
Корневище (головка) шейка, 6 см длины	0,50	8,20	32,10	40,80	78,67
Основание корня с корневищем	0,55	9,00	37,56	47,05	79,70
Длина от начала подземных органов:					
10 см	0,35	9,80	37,34	47,40	78,13
20 см	1,22	13,28	36,90	51,40	71,78
38 см	1,13	11,94	36,40	49,11	74,11
Боковые корни	1,13	7,80	35,26	44,28	79,62

Наблюдения в течение ряда лет за ростом *C. ninae* Juz позволили сделать вывод о накоплении углеводов в зависимости от биологических особенностей растений. Установлено, что содержание углеводов зависит от места произрастания, качества почвы и влажности. Причем замечено, что с увеличением количества влаги повышается содержание олигосахаридов (фаза бутонизации), но снижается количество полисахаридов.

Продолжая исследования растений, изучена зависимость выхода глюкофруктанов от массы корней растений (табл. 6).

Как видно из табл. 6, наибольшее количество глюкофруктанов содержится в корнях массой 120 г. С увеличением массы содержание глюкофруктанов в них уменьшается и достигает минимума, так как большинство корней обычно бывают подгнившими.

Далее было проведено изучение распределения содержания глюкофруктанов по длине корня (табл. 7).

Результаты исследования показали, что наибольшая локализация глюкофруктанов происходит в верхней части корня (до 15 см его длины). Поэтому заготовку корней надо осуществлять с неполным выкапыванием корня, а только на глубине более 20 см. Это предохранит почву от эрозии, а их оставшихся корней произойдет отрастание новых побегов. Боковые корни содержат до 36% глюкофруктанов, и при заготовке их тоже надо выкапывать на глубине не более 20 см.

Исследования показали, что в подземных органах растений количество глюкофруктанов во внутренних древесных тканях больше, чем в наружных. В начале корня (длиной до 10 см) разница между содержа-

нием глюкофруктанов в коре и в середине меньше, чем в нижней части корня.

Показаны различия в количественном содержании и моносахаридном составе выделенных фракций полисахаридов, что может быть связано с индивидуальными особенностями растений.

Выводы

Наблюдения в течение ряда лет за ростом *C. ninae* Juz позволили сделать вывод о том, что накопление углеводов зависит от периода вегетации и от биологических особенностей растений, что связано с различной интенсивностью процессов роста и развития растений. Установлено, что их содержание зависит от места произрастания, качества почвы и влажности. При исследовании глюкофруктанов определено что наибольшее количество глюкофруктанов содержится в корнях *C. ninae* Juz в фазе плодоношения.

Результаты, полученные в ходе эксперимента, свидетельствуют о том, что расте-

ния *C. ninae* Juz являются перспективными источниками получения глюкофруктанов и определяют возможности расширения сырьевой базы для получения биологически активных соединений

Список литературы

1. Сафонова Е.А. Полисахариды растений как корректоры цитостатической терапии экспериментальных опухолей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2011. 26 с.
2. Дьякова Н.А. Рационализированная методика количественного определения водорастворимых полисахаридов и ее валидация // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2015. № 2. С. 106–111.
3. Турдумамбетов К., Ажибаева З.С., Усубалиева Г.К., Джорупбекова Дж., Гончарова Р.А. Олиго- и полисахариды некоторых видов растений семейства Сложноцветных // Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. 2011. № 4. С. 49–53.
4. Турдумамбетов К., Ажибаева З.С. Растения родов *Cousinia* – источник получения глюкофруктанов (инулина) // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 28. С. 21–25.
5. Флора Киргизии. Фрунзе: Илим, 1965. Т. XI.
6. Жданов Ю.А. Практикум по химии углеводов. М., 1973. С. 179–183.