

А. Л. Ефремов, профессор;

Н. В. Новикова, ассистент (Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова)

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ И ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ФИТОМАССЕ ЧЕРНИКИ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСАХ Г. МОГИЛЕВА

Enzymatic activity and amino acid composition of tissues aboveground and root mass of bilberries reflects the transformation of the nutrients and polysaccharides in depends on the degree of acidity. According to the results of spectrophotometric studies of leaves and roots of *Vaccinium myrtillus* L. have not been detected exceeding the allowable concentrations of heavy metals, determining the carcinogenic situation in the recreational forests of Mogilev town, most adjacent to the car track and often visited the urban population.

Введение. В рекреационных лесах объектом пристального посещения является черника (*Vaccinium myrtillus* L.), растущая большими зарослями в сосняках и ельниках в сообществе с *Chimaphila umbelata*, *Pyrola rotundifolia*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Fragaria vesca*, *Molinia caerulea*, *Pteridium aquilinum*, на болотах совместно с *Ledum palustre* и *Vaccinium uliginosum*.

Основная часть. В рекреационных мшисто-, лещиново-, елово-черничных сосновых биогеоценозах исследовали химический состав, кислотность, ферментативную активность, количественный спектр микроэлементов и состав свободных аминокислот в надземной и корневой фитомассе биохимическими и спектрофотометрическими методами [1, 2].

Исследования проводились в 2000–2005 гг. на кафедре биологии факультета естествознания Могилевского государственного университета им. А. А. Кулешова под руководством доктора биологических наук А. Л. Ефремова. Пробные площади (ПП) закладывались в рекреационной зоне г. Могилева в Любужском лесничестве ГЛХУ «Могилевский лесхоз» в черничных сосняках на дерново-палево-подзолистых почвах [2].

Углерод в надземной фитомассе черники равен 59–68%, в корневой массе – 34–60%, азот в надземной части равен 1,9–2,4%, в корневой части – в 2–3 раза меньше, доля фосфора достигает 0,6–0,8 и 0,3–0,4%, соотношение С:N равно в надземной массе 1:28–1:31, в корневой системе возрастает от 1:55 до 1:85 (табл. 1).

Каталазная активность в надземной части *Vaccinium myrtillus* в сосновых биогеоценозах составляет 1,05–2,25, а в корневой массе в 4–10 раз выше: 8,35–14,90 см³ O₂ за 2 мин на 1 г воздушно-сухой фитомассы. Инвертазная активность в живой вегетативной фитомассе *Vaccinium myrtillus* в сосновых биогеоценозах колеблется от 600 до 1090 единиц, а в корнях стабильна в пределах 175–187 мг глюкозы за 4 ч на 1 г высушенной массы. Фосфатазная активность *Vaccinium myrtillus* в сосняках в надземной и корневой частях варьируется незначительно от 5,0–5,4 до 4,3–5,0 мг P за 24 ч на 1 г воздушно-сухой массы [2].

Кислотность (рН_{KCl}) в листьях и корнях черники изменяется от сильнокислой реакции в надземной части (3,39–3,89) до среднекислой – в корневой фитомассе (4,0–4,3).

Кислая среда надземной массы черники не способствует вымыванию биогенных составляющих в сравнении с корневой частью, которая более чувствительна к ферментативной экскреции. По ферментативному потенциалу листья и корни черники обладают высокой инвертазной активностью, а их полисахариды служат энергетическим субстратом инвертазы.

Среди микроэлементов выделяют свыше 40 тяжелых металлов, по токсичности и накоплению в живых организмах выделяются 14 элементов: Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Sn, As, Se, Cd, Hg, Te, Sb, Bi, Mn, в ходе геохимического круговорота они разрушают природные экосистемы. Исследовали количественный спектр микроэлементов Cu, Cr, Co, Ni, Mn, Fe, Mo, Ms, Cd, Pb, Z в надземной и корневой массе черники.

Медь: min–max содержание в надземной фитомассе черники – 3,33–10,00 мг/кг (НСР 0,214), от неблагоприятных рекреационных условий к контрольным площадкам (4,3 мг/кг), уровень возрастания меди в корнях незначительный 5–6 мг/кг (НСР 0,036).

Хром: содержание в надземной части – 0,33–1,00 мг/кг (0,069, НСР 0,212), отмечаются резкие колебания в корнях от 1 до 5,3 мг/кг с высоким уровнем достоверности (НСР 0,051).

Кобальт: содержание в надземной части – 0,17–0,60 мг/кг (0,007, НСР 0,021), в корневой массе существенные разбежки с min–max на площадках, близких к автомобильной трассе, в корнях есть увеличение кобальта в 1,5–2,5 раза от 0,25 до 0,83 мг/кг (0,011, НСР 0,033).

Никель: содержание в надземной части – 4,17–9,51 мг/кг (0,014, НСР 0,045), с аналогичной закономерностью, в корневой массе менее значимые колебания 4,17–5,67 мг/кг (0,017, НСР 0,052).

Марганец: надземная фитомасса черники характеризуется стабильно высоким числом 1052,1–1450,3 мг/кг (0,025, НСР 0,077). В корнях характерно меньшее содержание марганца – от 835,17 до 1100,20 мг/кг (0,012, НСР 0,037).

Содержание свободных аминокислот в фитомассе *Vaccinium myrtillus* L.

№ п/п	Аминокислота	Надземная фитомасса		Корневая фитомасса	
		мг/кг	%	мг/кг	%
1	Цистеин	25,74	10,57	20,21	10,38
2	Лизин	24,79	10,18	20,29	10,42
3	Гистидин	29,93	12,29	24,22	12,44
4	Аспарагиновая	45,11	18,53	34,16	17,55
5–6	Серин + глицин	26,64	10,94	21,58	11,10
7	Глютаминовая	19,34	7,94	14,53	7,47
8	Треонин	14,25	5,85	11,88	6,10
9	Аланин	9,97	4,09	8,20	4,21
10	γ-Аминомасляная	5,54	2,27	3,95	2,03
11	Тирозин	13,05	5,36	10,20	5,24
12–13	Валин + метионин	7,60	3,12	6,08	3,12
14	Фенилаланин	8,03	3,30	8,29	4,26
15–16	Лейцин + изолейцин	13,48	5,54	11,03	5,67
Общее содержание аминокислот, мг/кг		243,47		194,62	

Железо: фитомасса черники очень богата железом – от 143,36–421,75 до 1431,90 мг/кг (0,021, НСР 0,065), в корневой массе черники характерно более стабильное содержание железа – 308,40–713,48 мг/кг (0,093, НСР 0,285) с тенденцией увеличения от рекреационных насаждений к контрольным черничным соснякам.

Молибден: фитомасса черники характеризуется менее варьирующей долей молибдена, аналогичной как в надземной массе (0,63–0,88 мг/кг (0,009, НСР 0,028), так и в корневой части (0,58–0,78 мг/кг (0,012, НСР 0,037).

Мышьяк: содержание мышьяка в надземной массе черники сравнительно низкое – от 0,17 до 0,33 мг/кг (0,009, НСР 0,021), только «следы» (0,03 мг/кг) на ПП 19 в сосняке елово-черничном. В корневой фитомассе выявлено фактически аналогичное содержание мышьяка 0,17–0,23 мг/кг, однако min = 0,07 мг/кг на ПП 14 и max = 0,59 мг/кг на ПП 16 (0,07, НСР 0,020).

Кадмий: надземная фитомасса черники характеризуется низким содержанием кадмия – 0,07–0,13 мг/кг (0,002, НСР 0,007), однако в корнях наблюдается увеличение в 2–3 раза – 0,13–0,32 мг/кг (0,003, НСР 0,010).

Свинец: по содержанию свинца в надземной части черники не отмечается значительное накопление – 2,00–4,22 мг/кг (0,029, НСР 0,089). В корнях черники аналогично с кадмием также увеличивается содержание свинца 3,33–4,67 с max = 6,50 мг/кг (0,010, НСР 0,030).

Цинк: содержание цинка в тканях черники незначительно варьируется как в надземной части – 3,45–5,50 мг/кг (0,172, НСР 0,533), так и в корневой массе – 5,67–7,00 мг/кг (0,015, НСР 0,046). Динамика содержания тяжелых металлов в листьях и корнях черники не превышает токсичных концентраций.

В фитомассе черники методом нисходящей бумажной хроматографии по реакции с нингидрином идентифицированы свободные аминокислоты: цистеин, лизин, аланин, серин, глицин, валин, гистидин, треонин, аспарагиновая, глютаминовая, γ-аминомасляная кислоты, тирозин, метионин, фенилаланин, лейцин с изолейцином, их общий запас равен 195–243 мг/кг сухой массы, аминный азот составляет 28–35 мг/кг, или 12–14% от общего количества аминокислот (таблица).

В надземной фитомассе в заметных количествах представлены глютаминовая, аспарагиновая и серин с глицином (8–18% от запаса), высокую долю занимают основные аминокислоты: цистеин, лизин, гистидин (10–12%), широко представлены ароматические кислоты: тирозин и фенилаланин (3–5%), содержание аминокислот в корнях черники снижается в 1,2–1,5 раза.

Заключение. Ферментативная активность фитомассы черники отражает уровень трансформации биогенных элементов и полисахаридов в зависимости от степени кислотности. По результатам исследований не было выявлено токсичных концентраций тяжелых металлов, определяющих канцерогенную ситуацию в рекреационных лесах г. Могилева, максимально сопредельных с автомобильной трассой и часто посещаемых городским населением.

Литература

- Ефремов, А. Л. Методические особенности определения биогенности почв фитоценозов: учеб. пособие / А. Л. Ефремов. – Могилев: МГУ им. А. А. Кулешова, 2002. – 72 с.
- Новикова, Н. В. Биота пригородных лесов города Могилева / Н. В. Новикова, Г. Н. Тихончук, А. Л. Ефремов; под ред. А. Л. Ефремова. – Могилев: МГУ им. А. А. Кулешова, 2007. – 204 с.