УДК 595.78

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ ДЕНДРОФИЛЬНЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

С.И. Денисова
Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

В работе приводятся данные о биохимическом составе кормовых растений дендрофильных чешуекрылых в Белорусском Поозерье.

Цель статьи – определение сезонной динамики содержания витаминов, первичных, вторичных метаболитов и элементов минерального питания в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых.

Материал и методы. *Исследования по теме проводились на кафедре зоологии ВГУ имени П.М. Машерова в 2016–2018 гг. Материалом послужили зеленая дубовая листовертка (Tortrix viridis L.), совка-лишайница (Moma alpium Osbrech.), зимняя пяденица (Operophtera brumata L.), малый ночной павлиний глаз (Eudia pavonia L.). Кормовыми растениями являлись дуб черешчатый (Qereus robur L.), береза повислая (Betula pendula Roth.), яблоня обыкновенная (Malus palustris L.), рябина (Sorbus aucuparia L.), черемуха обыкновенная (Padus racemosa G.).*

Результаты и их обсуждение. *Установили, что лист дуба значительно превосходит лист других кормовых растений по содержанию тиамина, фолиевой кислоты и аскорбиновой кислоты. Лист яблони характеризуется наименьшим содержанием аскорбиновой кислоты в начале вегетации. В листьях березы, рябины, черемухи содержание витаминов приблизительно одинаково. Все витамины имеют тенденцию к увеличению содержания на протяжении июня-июля. Содержание первичных метаболитов в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых характеризуется следующим: в листьях березы имеется меньше воды, но больше жиров по сравнению с другими растениями, лист дуба содержит больше золы и свободных аминокислот, лист рябины и черемухи – наименьшее количество свободных аминокислот на протяжении вегетации. Лист дуба содержит наибольшее количество таннинов, пирокатехина и пирогаллола по сравнению с листом березы, яблони, рябины и черемухи и поэтому является более предпочтительным кормовым растением для насекомых-фитофагов. Лист дуба обладает наиболее богатым содержанием макро- и микроэлементов по сравнению с листом березы, яблони, рябины и черемухи. В листе яблони, рябины и черемухи находится меньше макро- и микроэлементов, чем в листе дуба и березы.*

Заключение. *Лист дуба содержит наибольшее количество тиамина, фолиевой кислоты, пирокатехина, пирогаллола, макро- и микроэлементов, чем лист березы, яблони, рябины и черемухи.*

Ключевые слова: *витамины, первичные метаболиты, вторичные метаболиты, кормовые растения, макроэлементы, микроэлементы.*

BIOCHEMICAL COMPOSITION OF DENDROPHIL LEPIDOPTERA FODDER PLANTS IN BELARUSIAN LAKE DISTRICT (POOZERIYE)

S.I. Denisova
Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

Data on the biochemical composition of Dendrophil Lepidoptera fodder plants in Belarusian Lake District are presented in the article.

The purpose of the article is identification of the seasonal dynamics of vitamin composition, primary and secondary metabolites and elements of mineral nutrition in Dendrophil Lepidoptera fodder plant leaves.

Material and methods. *The research was conducted at Zoology Department of Vitebsk State P.M. Masherov University in 2016–2018. The material was Tortrix viridis L., Moma alpium Osbrech., Operophtera brumata L., Eudia pavonia L. The fodder plants were Qereus robur L., Betula pendula Roth., Malus palustris L., Sorbus aucuparia L., Padus racemosa G.*

Findings and their discussion. *It was found out that the oak tree leaf has a much bigger amount of thiamine, folic acid and ascorbic acid compared to other fodder plant leaves. The apple tree leaf is characterized by the smallest amount of ascorbic acid at the beginning of vegetation. Birch tree, mountain ash, bird cherry leaves have about the same amount of vitamins. All the vitamins have the tendency to the increase of the content throughout June and July. The contents of primary metabolites in fodder plant leaves of Dendrophil Lepidoptera are characterized by the following: birch leaves contain less water but more fats compared to other plants, oak leaves contain more ash and free amino acids, mountain ash and bird cherry leaves contain the smallest amount of amino acids throughout vegetation. The oak tree leaf contains the biggest amount of tannins, catechol and pyrogallol compared to the birch, apple, mountain ash and bird cherry leaves and thus is a more preferable fodder plant for phytophage insects. The oak tree leaf has a richer amount of macro and micro elements compared to the birch, apple, mountain ash and bird cherry leaves. The apple, mountain ash and bird cherry tree leaves contain less macro and micro elements than the oak and birch tree leaves.*

Conclusion. *The oak tree leaf contains the biggest amount of thiamine, folic acid, catechol. pyrogallol, macro and micro elements than the birch tree, apple tree, mountain ash, bird cherry tree leaves.*

Key words: *vitamins, primary metabolites, secondary metabolites, fodder plants, macro elements, micro elements.*

Репозиторий ВГУ

Питание насекомых-фитофагов – сложный динамический процесс, связывающий воедино физиологические требования, выживание, рост, размножение и распространение фитофагов с экологическими особенностями среды обитания. Растения содержат не только собственные питательные вещества (белки, жиры, углеводы, аминокислоты), но и множество промежуточных и конечных продуктов вторичного обмена.

Многие вторичные вещества лежат в основе защитных систем растений против фитотрофных насекомых. Они играют в основном роль антифидантов, пищевых детергентов и фитотоксикантов. Роль пищевых детергентов могут играть таннины, алкалоиды и фенолы.

Таким образом, хемометрия является важным средством для экологических исследований взаимодействий в системе растение–насекомое. Процесс выбора растения насекомыми определяется взаимодействием репеллентов и аттрактантов. Следует отметить, что современным теориям эволюции защитных систем растений не достает экспериментальных данных о временной (сезонной) и пространственной (в пределах растения) динамике содержания аллелохемиков в тканях разных древесных пород.

Экологическое взаимодействие и коэволюция растений и растительноядных животных не могут быть поняты без изучения механизмов, которые травоядные используют, чтобы наиболее эффективно эксплуатировать кормовые растения.

Цель статьи – определение сезонной динамики содержания витаминов, первичных, вторичных метаболитов и элементов минерального питания в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых.

Материал и методы. Исследования по теме проводились на кафедре зоологии ВГУ имени П.М. Машерова в 2016–2018 гг. Материалом послужили зеленая дубовая листовертка (*Tortrix viridis* L.), совка-лишайница (*Moma alpium* Osbrech.), зимняя пяденица (*Operophtera brumata* L.), малый ночной павлиний глаз (*Eudia pavonia* L.). Кормовыми растениями были дуб черешчатый (*Qereus robur* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), яблоня обыкновенная (*Malus palustris* L.), рябина (*Sorbus aucuparia* L.), черемуха обыкновенная (*Padus racemosa* G.).

В навесках листьев выявлялись первоначальная и гигроскопическая влага, зола, общий азот и белковый по Кьельдалю, растворимые сахара по Бертрану, содержание общих липидов по Сокслету, содержание аминокислот методом бумажной хроматографии [1]. В листьях и экскрементах определялось содержание фенолов, таннинов, пирокатехина и пирогаллола [2; 3].

Содержание макро- и микроэлементов в листьях, экскрементах устанавливалось по методикам, описанным Х.Н. Починком [4], а также с помощью прибора «Спектроскан-20».

Результаты и их обсуждение. Многие витамины входят в состав ферментов или гормонов, поэтому они оказывают сильнейшее влияние на процессы обмена веществ, рост и развитие животных. У насекомых существует специфическая потребность в водорастворимых витаминах групп В, которые могут быть исключены из пищевого рациона только в том случае, когда они синтезируются симбиотическими микроорганизмами, заселяющими кишечник и жировое тело. Насколько известно, сами насекомые не в состоянии синтезировать многие витамины этой группы [5; 6]. Почти все исследованные насекомые нуждаются в таких водорастворимых витаминах, как тиамин (B_1); рибофлавин (B_2); никотиновая кислота (B_5); фолиевая кислота (B_9). Полное исключение любого из этих веществ из пищевого рациона ведет к приостановке развития и гибели насекомых [5].

Витамин B_1 является коэнзимом кокарбоксилазы и, таким образом, участвует в процессах обмена углеводов, белков и жиров. Обеспечивает нормальный рост и повышает двигательную и секреторную активность пищеварительной системы. Его недостаток приводит к замедлению роста и, иногда, к гибели личинок [7]. По данным Б. Ефремова [8] экспериментальное понижение содержания витамина B_1 приводило к уменьшению массы тела пчел и появлению уродов с недоразвитыми крыльями. У насекомых, которых кормили белком с добавлением девяти витаминов группы В, за исключением тиамина, не развивалась глоточная железа и уменьшалось содержание азота в организме. В эксперименте через 20 дней после рождения погибло 95% пчел, тогда как в контроле через 26 дней – лишь 20%.

Б. Ефремов [8] проводил опыты по влиянию витамина B_1 на эффективность вывода маток, а также на качество пчел и развитие семей. Семьи-воспитательницы получали ежедневно по 0,5 л сахарного сиропа (1:1) с добавкой 200 мг витамина B_1. В контроле семья получала только сироп. Исследования проводили в течение двух сезонов на пчелах серой горной кавказской породы. Масса маток, выведенных в семьях, получавших витамин B_1, была на 20% больше, чем в контроле. Число яйцевых трубочек в среднем на 6,5% больше, чем в контроле. Семьи, подкармливаемые сиропом с добавками B_1, имели на 45% больше расплода, собрали меда с рапса и гречихи больше, чем в контроле, на 40% и 30% соответственно, а после зимовки имели на 20% меньше подмора, чем в контроле.

Рибофлавин (B_2) входит в состав флавопротеиновых ферментов, участвующих в процессах клеточного дыхания. Этот витамин не синтезируется животными, поэтому он должен входить в пищевой рацион всех насекомых, развивающихся в отсутствии симбионтов, способных его синтезировать.

Никотиновая кислота (B_5) входит в состав никотинамидных ферментов НАД и НАДФ, играющих важную роль в промежуточном дыхательном обмене. Никотиновая кислота требуется различным насекомым, но у некоторых синтезируется симбиотическими микроорганизмами и поэтому их потребность в витамине не всегда выявляется [5].

Репозиторий ВГУ

Фолиевая кислота (B_9) представляет собой важный коэнзим, участвующий в реакциях синтеза муравьиной кислоты и некоторых заменимых аминокислот. Она не является необходимым компонентом пищи у мухи Agria offinis [9]. У всех остальных насекомых фолиевая кислота должна обязательно включаться в пищевой рацион [5].

Аскорбиновая кислота (витамин С) участвует в окислительно-восстановительных процессах клеточного дыхания. По данным Л. Проссера [10] насекомые, за исключением некоторых видов, не нуждаются в аскорбиновой кислоте, т.к. сами синтезируют ее. По данным В.П. Тыщенко [5] насекомым необходим витамин С, они сами стабилизировать его не могут. Поэтому в синтетические и полусинтетические среды для разведения гусениц обязательно включается аскорбиновая кислота как важный антиоксидант, повышающий жизнеспособность и продуктивность насекомых в культуре [5; 11].

Таблица 1

Сезонная динамика содержания витаминов в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых

Кормовое растение	Месяц	Содержание витаминов, мг, %				
		Тиамин (B_1)	Рибофлавин (B_2)	Никотиновая кислота (B_3)	Фолиевая кислота (B_9)	Аскорбиновая кислота (С)
Дуб	июнь	1,80±0,004	0,73±0,01	4,84±0,25	0,66±0,02	29,31±0,45
	июль	1,93±0,08	1,35±0,04	6,21±0,25	1,05±0,03	34,23±1,15
Береза	июнь	1,12±0,06	1,21±0,08	4,19±0,12	0,30±0,01	24,20±0,66
	июль	1,56±0,03	1,54±0,03	5,62±0,13	0,56±0,01	28,75±0,25
Яблоня	июнь	0,87±0,02	0,76±0,01	5,38±0,15	0,44±0,02	19,84±0,75
	июль	1,21±0,05	1,74±0,05	4,71±0,20	0,73±0,03	28,64±0,67
Рябина	июнь	2,11±0,04	1,19±0,04	3,96±0,15	0,36±0,01	27,52±0,50
	июль	2,30±0,07	1,45±0,08	4,59±0,25	0,51±0,01	33,02±0,81
Черемуха	июнь	1,38±0,07	0,79±0,07	3,81±0,17	0,42±0,02	24,21±0,45
	июль	1,76±0,04	1,15±0,03	4,20±0,25	0,76±0,01	30,15±0,45

Из данных табл. 1 следует, что количество тиамина в листьях всех кормовых растений увеличивается от июня к июлю. Самое высокое содержание тиамина наблюдается в листьях дуба, по сравнению с листьями березы, яблони, рябины, черемухи. Содержание рибофлавина также возрастает от июня к июлю, но выделить какое-либо растение в зависимости от количества рибофлавина затруднительно. Содержание этого витамина в листьях всех кормовых растений приблизительно равноценно. Никотиновая кислота также увеличивается в листьях всех кормовых растений на протяжении двух месяцев (июнь, июль), в которые происходит развитие гусениц и их питание. Количество никотиновой кислоты в листьях всех кормовых растений приблизительно одинаково. Содержание фолиевой кислоты резко увеличивается от июня к июлю, почти в два раза в листьях всех кормовых растений. Самое большое количество фолиевой кислоты наблюдается в листьях дуба (почти в два раза), по сравнению с листьями березы, яблони, рябины и черемухи. В листьях березы и рябины фолиевой кислоты меньше, чем в листьях других кормовых растений. Значение содержания фолиевой кислоты в листьях березы и рябины приблизительно одинаковое, но, как уже отмечалось, самое низкое из всех кормовых растений. Аскорбиновой кислоты содержится в наибольшем количестве в листьях дуба и рябины на протяжении июня-июля. Меньше всего имеется аскорбиновой кислоты в июньских листьях яблони, в июльских листьях количество аскорбиновой кислоты приближается по содержанию к июльским листьям других растений. Листья черемухи и березы располагают приблизительно равным количеством аскорбиновой кислоты. Таким образом, лист дуба значительно превосходит лист других кормовых растений по содержанию тиамина, фолиевой кислоты и аскорбиновой кислоты. Лист яблони характеризуется наименьшим содержанием аскорбиновой кислоты в начале вегетации. В листьях березы, рябины, черемухи содержание витаминов приблизительно одинаковое. Все витамины имеют тенденцию к увеличению содержания на протяжении июня-июля.

По мнению многих исследователей, эффективность влияния утилизации и использования корма на рост тела насекомых зависит от обводнения растительных тканей, соотношения основных групп питательных веществ [12]. Некоторые ученые считают, что высокая питательная ценность листьев компенсирует любые отрицательные эффекты, связанные с присутствием вторичных метаболитов [7]. Нами было проведено определение содержания основных питательных веществ в кормовых растениях дендрофильных чешуекрылых на протяжении вегетации (табл. 2).

Репозиторий ВГУ

Таблица 2

Динамика содержания первичных метаболитов в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых

Кормовое растение	Месяц	Содержание первичных метаболитов, % к сухой массе						
		Вода	Сухое вещество	Растворимые углеводы	Общий азот	Зола	Жиры	Свободные аминокислоты
Дуб	июнь	61,77±1,2	3823±0,37	12,01±0,9	2,97±0,01	6,23±0,10	4,83±0,01	12,54±0,11
	июль	60,45±1,2	39,55±0,12	15,75±0,58	2,78±0,01	5,87±0,12	4,85±0,02	16,39±0,15
Береза	июнь	50,14±1,3	49,86±1,15	12,57±0,6	2,71±0,02	4,75±0,11	8,47±0,08	8,43±0,41
	июль	55,44±0,32	44,56±1,2	13,34±0,25	2,72±0,06	4,53±0,06	9,05±0,05	14,52±0,25
Яблоня	июнь	62,23±1,65	37,77±0,64	12,14±0,22	2,83±0,02	3,97±0,09	5,12±0,03	10,06±0,27
	июль	60,83±1,12	39,17±0,81	16,18±0,45	3,01±0,01	3,92±0,10	5,45±0,04	13,45±0,36
Рябина	июнь	58,15±0,35	41,85±1,08	13,45±0,36	2,84±0,08	3,86±0,03	5,0±0,02	7,21±0,08
	июль	60,35±1,03	34,65±1,32	12,36±0,51	3,02±0,25	3,75±0,07	5,20±0,01	11,30±0,03
Черемуха	июнь	57,88±1,10	42,62±0,65	11,71±0,12	3,10±0,01	5,20±0,06	4,35±0,05	9,25±0,03
	июль	59,81±0,8	40,19±0,09	13,10±0,10	3,25±0,05	5,45±0,05	4,81±0,01	9,98±0,20

Исходя из данных табл. 2, следует отметить, что обводненность листьев всех кормовых растений, кроме березы, в начале вегетации приблизительно одинакова и не меняется на протяжении июня-июля. Лист березы в начале вегетации имеет воды на 10% меньше, по сравнению с другими кормовыми растениями. В июле содержание воды в листьях березы на 5% повышается, но все равно не достигает значений других кормовых растений по этому показателю. Соответственно, содержание сухого вещества листа березы самое высокое по сравнению с другими растениями. Концентрация растворимых углеводов увеличивается в листьях всех кормовых растений на протяжении вегетации и находится приблизительно на одном уровне у всех кормовых растений. Количество общего азота в листьях всех кормовых растений находится на одном уровне и практически не изменяется на протяжении вегетации. Зольность листа дуба самая высокая, на втором месте по этому показателю следует поставить лист черемухи, на третье место лист березы. Самая низкая зольность у листа яблони и рябины. Жиров больше всего содержится в листьях березы, приблизительно на 4–5% по сравнению с другими кормовыми растениями и в июне, и в июле. В листьях дуба, яблони, рябины, черемухи количество жиров примерно одинаково и не меняется в течение вегетации.

Содержание свободных аминокислот максимальное в листьях дуба, по сравнению с другими кормовыми растениями. Превышение составляет 4–5% в начале вегетации. В июле содержание свободных аминокислот возрастает на всех кормовых растениях, но в листьях дуба более высокая концентрация свободных аминокислот сохраняется. Самое низкое содержание свободных аминокислот на протяжении всего периода вегетации наблюдается в листьях черемухи и рябины.

Таким образом, содержание первичных метаболитов в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых характеризуется следующим: в листьях березы имеется меньше воды, но больше жиров по сравнению с другими растениями, лист дуба содержит больше золы и свободных аминокислот, лист рябины и черемухи – наименьшее количество свободных аминокислот на протяжении вегетации.

К одному из крайне перспективных для практического применения направлений изучения химических взаимоотношений в природе относится исследование аллелохимических взаимодействий фитофагов и их кормовых растений. Известно, что продуцируемые растениями аллелохемики могут служить атрактантами во взаимодействии с одними организмами и репеллентами при контакте с другими.

Установлено, что гидролизируемые таннины, содержащиеся в дубе красном, снижают плодовитость непарного шелкопряда. Изучено влияние возраста растений на состав вторичных метаболитов и влияние последних на усвоение пищи Daphnis nerii. Предполагается, что биодоступность пищи блокируется вторичными метаболитами, такими как фенолы и цианогенные глюкозиды, появляющиеся в старых листьях. Ряд авторов считает, что сам факт повреждения растений фитофагами индуцирует химическую защиту у растений. Так, листья картофеля инфицировались Myzus persicae, что приводило с течением времени к увеличению продукции гликоалкалоидов в листьях, и это повышало уровень индивидуальной эндогенной защиты растения против насекомых-вредителей. Химическая защита растений от насекомых-вредителей определяется не только веществами качественного действия (алкалоидами), но и веществами количественного действия – таннинами. Высокое содержание таннинов и более эффективная химическая защита были у немирмекофильных видов, лишь факультативно связанных с муравьями в сравнении с облигатными мирмекофилами.

Накопление фактического материала в данном направлении необходимо для разработки основных положений трофической теории динамики численности хвое- и листогрызущих насекомых. Но пока исследования такого типа немногочисленны и полученные нами данные о сезонной динамике некоторых вторичных и пер-

Репозиторий ВГУ

вичных метаболитов в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых актуальны и позволяют несколько восполнить имеющуюся нехватку экспериментального материала.

По мнению многих ученых, трофические свойства растений изменяются во времени и пространстве и являются ведущим фактором, определяющим вспышки массового размножения насекомых-вредителей.

Таблица 3

Динамика содержания вторичных метаболитов в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых

Кормовое растение	Месяц	Содержание вторичных метаболитов, % к сухой массе			
		Фенолы	Таннины	Пирогаллол	Пирокатехин
Дуб	июнь	0,65±0,01	0,69±0,02	0,86±0,01	1,0±0,03
	июль	0,72±0,02	1,20±0,10	1,13±0,21	1,26±0,01
Береза	июнь	0,84±0,05	0,44±0,01	0,24±0,01	0,11±0,01
	июль	0,96±0,01	0,56±0,01	0,37±0,02	0,16±0,01
Яблоня	июнь	0,54±0,01	0,26±0,01	0,12±0,001	0,12±0,01
	июль	0,82±0,03	0,65±0,03	0,18±0,001	0,14±0,01
Рябина	июнь	1,32±0,01	0,29±0,01	0,09±0,001	0,06±0,001
	июль	1,44±0,14	0,47±0,01	0,12±0,001	0,11±0,001
Черемуха	июнь	1,35±0,01	0,45±0,01	0,07±0,001	0,04±0,001
	июль	1,56±0,04	0,93±0,03	0,16±0,001	0,9±0,001

Анализ полученных данных, приведенных в табл. 3, показал, что в листьях дуба больше всего имеется таннинов, пирокатехина и пирогаллола по сравнению с другими кормовыми растениями. Пирокатехин и пирогаллол по содержанию превосходят другие кормовые растения в среднем в 4–7 раз. Следовательно, лист дуба содержит очень большое количество флавоноидов, являющихся аттрактантами.

Фенолов больше всего содержат листья рябины и черемухи, так как фенолы – сильные репелленты, то лист черемухи и рябины будет менее привлекательным кормом для дендрофильных чешуекрылых по сравнению с листом дуба, березы и яблони. Следует отметить, что содержание всех вторичных метаболитов возрастает в листьях всех кормовых растений с июня по июль.

Таким образом, лист дуба обладает наибольшим количеством таннинов, пирокатехина и пирогаллола по сравнению с листом березы, яблони, рябины и черемухи и поэтому является более предпочтительным кормовым растением для насекомых-фитофагов.

Таблица 4

Сезонная динамика макро- и микроэлементов в листьях кормовых растений дендрофильных чешуекрылых

Кормовое растение	Месяц	Содержание макро- и микроэлементов, % сухого вещества						
		Ca	K	Mg	P	Fe	Mn	Zn
Дуб	июнь	0,33± 0,05	1,61± 0,02	0,63± 0,02	1,83± 0,02	0,025± 0,002	0,003± 0,0001	0,0008± 0,00001
	июль	1,8± 0,01	1,52± 0,03	0,66± 0,01	1,65± 0,05	0,021± 0,001	0,003± 0,0001	0,0008± 0,00001
Береза	июнь	0,88± 0,01	0,86± 0,01	0,51± 0,02	1,52± 0,01	0,019± 0,001	0,001± 0,0001	0,0006± 0,00001
	июль	1,62± 0,01	0,94± 0,02	0,59± 0,01	1,64± 0,01	0,011± 0,003	0,001± 0,0001	0,0005± 0,00001
Яблоня	июнь	0,51± 0,01	0,61± 0,01	0,47± 0,01	1,09± 0,02	0,016± 0,001	0,0005± 0,00001	0,0003± 0,00001
	июль	0,85± 0,01	0,74± 0,01	0,53± 0,01	1,13± 0,02	0,09± 0,001	0,0005± 0,00001	0,0003± 0,00001
Рябина	июнь	0,54± 0,01	0,64± 0,01	0,33± 0,01	0,72± 0,01	0,08± 0,001	0,001± 0,0001	0,0001± 0,00001
	июль	0,91± 0,01	0,75± 0,01	0,44± 0,02	0,99± 0,01	0,07± 0,001	0,001± 0,0001	0,0001± 0,00001
Черемуха	июнь	0,81± 0,02	0,78± 0,01	0,55± 0,01	1,26± 0,01	0,016± 0,002	0,001± 0,0001	0,0003± 0,00001
	июль	0,93± 0,01	0,97± 0,02	0,63± 0,01	1,55± 0,01	0,014± 0,001	0,001± 0,0001	0,0003± 0,00001

Для нормального роста и развития насекомых-фитофагов не менее важное значение, чем органические, имеют минеральные компоненты листа кормового растения, которые играют важную роль в построении карбонатно-бикарбонатной буферной системы регуляции кислотно-основного равновесия в органах пищеварения и калий-гистидин-глутаминовой системы в гемолимфе [20]. Микроэлементы, получаемые с кормом, входят в состав коферментов, ферментов, гормонов и витаминов организма насекомых [6].

Репозиторий БГУ

Для выяснения роли макроэлементов K, Ca, Mg, P и микроэлементов Fe, Mn и Zn в процессах роста и развития олиго- и политрофных чешуекрылых нами была предпринята попытка мониторинга их концентрации в листьях кормовых растений на протяжении вегетации.

Данные о содержании физиологически наиболее важных минеральных элементов листа кормовых растений приведены в табл. 4. Из нее следует, что макроэлементов K, Ca, Mg, P и микроэлементов Fe, Mn и Zn в листьях дуба содержится больше, чем в листьях других кормовых растений. Лист яблони, рябины и черемухи имеет меньше макро- и микроэлементов, чем лист дуба. Лист березы уступает по количеству макро- и микроэлементов листу дуба, но содержит их больше по сравнению с другими растениями.

Количество макроэлементов в листьях всех растений возрастает в процессе вегетации, количество микроэлементов имеет другую тенденцию. Содержание железа в листьях всех кормовых растений уменьшается от июня к июлю, содержание Mn и Zn не меняется.

Таким образом, лист дуба обладает наиболее богатым содержанием макро- и микроэлементов по сравнению с листом березы, яблони, рябины и черемухи. В листе яблони, рябины и черемухи находится меньше макро- и микроэлементов, чем в листе дуба и березы.

Заключение. Установлено, что лист дуба значительно превосходит лист других кормовых растений по содержанию тиамина, фолиевой кислоты и аскорбиновой кислоты. Лист яблони характеризуется наименьшим содержанием аскорбиновой кислоты. В листьях березы, рябины, черемухи количество витаминов приблизительно одинаково. Все витамины имеют тенденцию к увеличению содержания на протяжении июня-июля.

В листьях березы имеется меньше воды, но больше жиров по сравнению с другими растениями, лист дуба содержит больше золы и свободных аминокислот, лист рябины и черемухи – наименьшее количество свободных аминокислот на протяжении вегетации.

Наибольшее количество таннинов, пирокатехина, пирогаллола макро- и микроэлементов содержит лист дуба по сравнению с листом березы, яблони, рябины и черемухи и поэтому является более предпочтительным кормовым растением для насекомых-фитофагов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппович, Ю.Б. Практикум по общей биохимии / Ю.Б. Филиппович, Т.А. Егорова, Г.А. Севастьянова. – М.: Просвещение, 1985. – 318 с.
2. Feeny, P. Effect of tannins in the feeding control of larvae Operophtera brumata / P. Feeny // Ecology. – 1970. – Vol. 51. – P. 565–581.
3. Гринкевич, Н.И. Химический анализ лекарственных растений / Н.И. Гринкевич, Л.Н. Сафронич. – М.: Высшая школа, 1983. – 175 с.
4. Починок, Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок. – Киев: Навукова думка, 1976. – 334 с.
5. Тыщенко, В.П. Основы физиологии насекомых: в 2 ч. / В.П. Тыщенко. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. – Ч. 1: Физиология метаболических систем. – 363 с.
6. Шмидт-Нильсен, К. Физиология животных. Приспособление и среда. Кн. 1: пер. с англ. / К. Шмидт-Нильсен // пер. М.Д. Гроздовой, Г.И. Рожковой; под ред. и с предисл. Е.М. Крепса. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
7. Akovs, S. Antimetabolitas in the nutrition of Aedes aegyptil. Larvae. Pyridoxine antagonists – «compare» / S. Akovs, K. Guggenheim // Biochem. Physiol. – 1963. – Vol. 9. – P. 61–68.
8. Ефремов, Б. Значение витаминов в жизни пчел / Б. Ефремов // Пчеловодство. – 1998. – № 4. – С. 29.
9. Barlov, I.S. Fatty acidcharacteristics of some insect taxa / I.S. Barlov // Nature. – 1963. – Vol. 197. – P. 311.
10. Проссер, Л. Сравнительная физиология животных / Л. Проссер. – М.: Мир, 1977. – Т. 1. – 608 с.
11. Тамарина, И.А. Основы технической энтомологии / И.А. Тамарина. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 205 с.
12. Шумаков, Е.М. Современные представления о специфике питания насекомых-фитофагов / Е.М. Шумаков, Н.М. Эдельман // Успехи современной биологии. – 1979. – Т. 88, вып. 2. – С. 277–291.

REFERENCES

1. Filippovich Yu.B., Yegorova T.A., Sevastyanova G.A. *Praktikum po obshchei biologii* [Practice Book of General Biology], M.: Prosveshcheniye, 1985, 318 p.
2. Feeny P. Effect of tannins in the feeding control of larvae Operophtera brumata // Ecology, 1970, Vol. 51, p. 565–581.
3. Grinkevich N.I., Safronich L.N. *Khimicheski analiz lekarstvennykh rastenii* [Chemical Analysis of Medical Plants], M.: Vysshaya shkola, 1983, 175 p.
4. Pochinok Kh.N. *Metody biokhimicheskogo analiza rastenii* [Methods of Biochemical Analysis of Plants], Kiev: Navukova dumka, 1976, 334 p.
5. Tyshchenko V.P. *Osnovy fiziologii nasekomykh. Fiziologiya metabolicheskikh system* [Basics of Insect Physiology. Physiology of Metabolic Systems], L.: Izd-vo LGU, 1976, 363 p.
6. Shmidt-Nilsen K. *Fiziologiya zhivotnykh. Prisposobleniye i sreda* [Physiology of Animals. Adaptation and Environment], M.: Mir, 1982, 416 p.
7. Akovs, S. Antimetabolitas in the nutrition of Aedes aegyptil. Larvae. Pyridoxine antagonists – «compare» / S. Akovs, K. Guggenheim // Biochem. Physiol. – 1963. – Vol. 9. – P. 61–68.
8. Tefremov B. *Zhurnal «Pchelovodstvo»* [Journal Apiculture], 1998, 4, pp. 29.
9. Barlov, I.S. Fatty acidcharacteristics of some insect taxa / I.S. Barlov // Nature. – 1963. – Vol. 197. – P. 311.
10. Prosser L. *Sravnitelnaya fiziologiya zhivotnykh* [Comparative Physiology of Animals], M.: Mir, 1977, 1, 608 p.
11. Tamarina I.A. *Osnovy tekhnicheskoi entomologii* [Basics of Technical Entomology], M.: Izd-vo MGU, 1990, 205 p.
12. Shumakov E.M., Edelman N.M. *Uspekhi sovremennoi biologii* [Success of Contemporary Biology], 1979, 88(2), pp. 277–291.

Поступила в редакцию 23.07.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: kzoolog@vsu.by – Денисова С.И.

Репозиторий ВГУ