

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ГУСЕНИЦАМИ ОЛИГО- И ПОЛИТРОФНЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ НА РАЗНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЯХ

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 [1]. Микроэлементы, получаемые с кормом, входят в состав коферментов, ферментов, гормонов и витаминов организма насекомых. Поэтому целью нашей работы является определение макро- и микроэлементов в гусеницах шелкопрядов в зависимости от вида кормового растения. Исследования проводились на базе биологического стационара «Щитовка» и в лабораториях биологического факультета ВГУ имени П. М. Машерова в период с 2016 по 2018 гг. В качестве объекта исследований использовались китайский дубовый шелкопряд (*Antheraea pernyi* G.-M.), непарный шелкопряд (*Lymantria dispar* L.) и березовый шелкопряд (*Endromis versicolora* L.). Кормовыми растениями вышеуказанных видов служили дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), ива корзиночная (*Salix viminalis* L.). Содержание макро- и микроэлементов в листьях, экскрементах, гусеницах шелкопрядов определялось с помощью прибора «Спектроскан-20». Для выяснения роли макроэлементов К, Са, Mg, Р и микроэлементов Fe, Mn и Со в процессах роста и развития олиго- и политрофных чешуекрылых нами была предпринята попытка мониторинга их концентрации в корме и гусеницах на протяжении вегетации. Данные о содержании физиологически наиболее важных минеральных элементов листа кормовых растений приведены в таблице 1, причем определение содержания микроэлементов и макроэлементов в теле гусениц шелкопрядов проводится впервые.

Таблица 1 – Сезонная динамика макро- и микроэлементов листа кормовых растений листогрызущих чешуекрылых

Месяц	Содержание элементов, % сухой массы						
	макроэлементы				микроэлементы		
	Са	К	Mg	Р	Fe	Mn	Со
Дуб							
Июнь	1,37±0,14	1,61±0,03	0,32±0,04	1,83±0,02	0,019±0,001	0,003±0,001	0,0008±0,0001
Июль	1,80±0,12	1,53±0,05	0,47±0,05	1,65±0,07	0,016±0,002	0,003±0,001	0,0008±0,0001
Август	1,95±0,08	1,29±0,15	0,55±0,01	1,51±0,05	0,016±0,001	0,001±0,001	0,006±0,001
Береза							
Июнь	1,15±0,02	1,41±0,05	0,33±0,01	1,52±0,01	0,021±0,001	0,001±0,001	0,0005±0,0001
Июль	1,50±0,07	1,33±0,07	0,47±0,02	1,44±0,03	0,019±0,002	0,001±0,001	0,0005±0,0001
Август	1,60±0,05	1,13±0,08	0,61±0,05	1,09±0,02	0,011±0,003	0,0005±0,0001	0,002±0,001
Ива							
Июнь	1,20±0,01	1,33±0,01	0,47±0,01	1,61±0,02	0,025±0,002	0,001±0,001	0,0003±0,0001
Июль	1,50±0,05	1,20±0,01	0,56±0,02	1,55±0,01	0,021±0,001	0,0001±0,00001	0,0003±0,0001
Август	1,65±0,07	1,10±0,02	0,66±0,01	1,26±0,03	0,019±0,001	0,001±0,001	0,0001±0,0001

Из данных таблицы 1 следует, что количество Са и Mg возрастает в листьях от весны к осени, а количество К и Р уменьшается. Это происходит в листьях всех изученных видов кормовых растений.

Содержание в листьях микроэлементов также имеет тенденцию к достоверному уменьшению в течение вегетации. Анализ содержания макроэлементов в зависимости от вида кормового растения показал, что лист дуба более богат Са, К и Р, чем лист березы и ивы. Магния приблизительно одинаковое количество в листьях дуба и березы и несколько повышенное – в листьях ивы на протяжении периода наблюдения.

Сравнительный анализ содержания микроэлементов в листьях растений указывает на повышенную концентрацию марганца и кобальта в листьях дуба, по сравнению с листом березы и ивы. Содержание железа в листьях дуба, березы и ивы не имеет достоверных отличий между собой. Итак, лист дуба более богат элементами минерального питания, такими как Са, К, Р, Mn и Со по сравнению с листом березы и ивы, что наряду с повышенным содержанием первичных метаболитов (растворимых углеводов и свободных аминокислот и их оптимальном соотношением) делает лист дуба наиболее полноценным кормом. Большая значимость минерального состава листа дуба для гусениц шелкопрядов определяется тем, что повышенное содержание ионов К и Са в корме будет способствовать более успешной нейтрализации избыточной

кислотности в кишечнике. Нейтрализация этих кислот и продуктов их распада осуществляется с помощью буферных систем, работа которых во многом зависит от нормального снабжения организма минеральными веществами. Так как в листьях дуба содержание натрия ничтожно [2], то калий и кальций являются, по-видимому, главным источником веществ основного характера для гусениц шелкопрядов, обеспечивающих нормальную работу бикарбонатного, белкового и фосфорного буферов. Нарушение работы буферных систем вследствие недостатка минеральных компонентов приводит к нарушению кислотно-основного равновесия в организме гусениц. Вот почему повышенное содержание кальция и калия в листьях дуба делает его более ценным кормом, чем лист березы и ивы.

Анализ соотношений Са:К и К:Р в листьях всех кормовых растений шелкопрядов (таблица 1) показал, что оптимальным сбалансированности минеральных компонентов не обладает ни одно из изученных кормовых растений шелкопрядов. Можно только констатировать, что в начальный период вегетации (июнь, июль) лист дуба приближается к оптимальной сбалансированности минеральных элементов в большей степени, чем лист березы и ивы. Таким образом, по содержанию и сбалансированности компонентов органического и минерального питания лист дуба является наиболее оптимальным кормом для гусениц дубового, непарного и березового шелкопрядов, что подтверждается лучшими показателями роста и развития этих насекомых при питании листом дуба. Согласно данным некоторых авторов [3, 4] содержание Мп в растениях равно, 0,0004 % сухой массы указывает на его недостаток в растении и бедность почв по содержанию данного элемента. Концентрация марганца в листьях исследуемых нами растений очень низкая, даже у дуба несколько ниже минимума, очевидно, это особенность места произрастания их в районе расположения биологического стационара (д. Щитовка, Сенненский р-н Витебской обл.), где проводились выкормки. Какова потребность организма чешуекрылых в марганце не известно, но известно, что обработка корма раствором KMnO_4 дала положительный результат в опытах с гусеницами непарного шелкопряда [5].

Кобальта в листьях исследуемых кормовых пород достаточно, так как минимальные значения кобальта в растениях – 0,00002 % сухой массы, а в нашем случае кобальта на порядок больше в листьях всех растений, хотя лист ивы характеризуется наименьшим содержанием Со. Так как кобальт не накапливается в организме [3], то его избыточное содержание в корме вряд ли оказывает токсичное действие на организм животных.

Известно, что токсичный уровень кобальта для крупного рогатого скота составляет 90–110 мг на 100 кг живого веса в день [3]. О токсичном действии кобальта на насекомых данных в доступной нам литературе не обнаружено. Можно предположить, что самый высокий уровень содержания кобальта в листьях дуба, равный 0,0008 % от сухой массы, не оказывает токсичного действия на насекомых, потому что показатели прироста массы, скорости роста и плодовитости – самые высокие у шелкопрядов именно при питании на дубе.

Относительно содержания макро- и микроэлементов в гусеницах дубового, непарного и березового шелкопрядов следует отметить, что таких исследований с чешуекрылыми, кроме тутового шелкопряда, не проводилось. Имеются данные о локализации некоторых макро- и микроэлементов в покровах, жировом теле, кишечнике имаго двукрылых, жесткокрылых, коллембол [6, 7], яйцекладах и мандибулах перепончатокрылых [8].

Какую информацию несут полученные данные, приведенные в таблице 2. Во-первых, необходимо указать, что гусеницы дубового шелкопряда накапливают самое большое количество Са, К, Mg и Р на всех кормовых растениях по сравнению с непарным и березовым шелкопрядами на тех же растениях. Во-вторых, меньше всего макроэлементов содержится в телах гусениц дубового, непарного и березового шелкопрядов, питавшихся листом ивы. Учитывая роль вышеуказанных макроэлементов в процессах питания, дыхания и биосинтеза, их большая концентрация именно у насекомых, питавшихся дубом, является косвенным подтверждением наибольшей оптимальности минерального состава листа этого кормового растения. В-третьих, микроэлементов больше накапливается у гусениц всех видов насекомых, также питавшихся листом дуба. В-четвертых, самое большое содержание микроэлементов наблюдается у гусениц непарного шелкопряда на дубе и березе, что, вероятно, можно объяснить более интенсивным обменом веществ у полифага – непарного шелкопряда, который требует большего количества микроэлементов для обеспечения работы ферментативных систем.

Максимальное накопление макроэлементов Са, К, Mg и Р именно в организме гусениц дубового шелкопряда можно объяснить особенностями биологии этого насекомого. Гусеницы его перед окукливанием завивают плотный крупный кокон, в состав которого входят, по нашим данным, 78,0 % Са, 12,0 % Mg, 14,0 % К и 15,0 % фосфора от общего количества каждого из этих элементов, содержащихся в теле гусениц, воспитанных на дубе. В коконе, полученном при питании гусениц листом березы и ивы, кальция и фосфора столько же, как при питании листом дуба, калия и магния на 3,0–4,0 % меньше. Таким образом, изучение содержания макроэлементов Са, К, Mg, Р и микроэлементов Fe, Мп, Со в листьях дуба черешчатого, березы повислой и ивы корзиночной, в телах шелкопрядов в зависимости от срока вегетации показало, что в начале

лета лист всех растений более богат К, Р, Fe, Mn и Co. Лист дуба содержит самое большое количество всех изучаемых элементов на протяжении всего вегетационного периода и имеет наиболее благоприятное соотношение таких минеральных компонентов, как Са:К и К:Р в начале вегетации. Гусеницы олигофагов – дубового и березового шелкопрядов больше накапливают макроэлементов, а гусеницы полифага – непарного шелкопряда – микроэлементов, но и те и другие максимальное количество макро- и микроэлементов имеют при питании гусениц листом дуба. Следовательно, минеральный состав корма коррелирует с минеральным составом тела насекомых-фитофагов, так как лист дуба содержит наибольшее количество минеральных компонентов по сравнению с листом березы и ивы.

Таблица 2 – Содержание макро- и микроэлементов в гусеницах шелкопрядов перед окукливанием на разных кормовых растениях

Кормовое растение	Содержание элементов, % сухой массы						
	макроэлементы				микроэлементы		
	Са	К	Mg	Р	Fe	Mn	Co
Дубовый шелкопряд							
Дуб	2,51±0,12	0,34±0,01	0,06±0,01	1,36±0,08	0,000007±0,000001	0,0000003±0,0000001	0,0000002±0,0000001
Береза	2,25±0,11	0,27±0,05	0,05±0,02	1,29±0,12	0,000005±0,000001	0,0000002±0,00000001	0,000001±0,0000001
Ива	1,96±0,10	0,24±0,03	0,04±0,01	0,93±0,07	0,000004±0,000001	0,0000002±0,0000001	0,0000006±0,0000001
Непарный шелкопряд							
Дуб	1,37±0,05	0,25±0,08	0,03±0,02	0,91±0,05	0,00001±0,00001	0,0000005±0,0000001	0,0000003±0,0000001
Береза	1,29±0,06	0,23±0,01	0,02±0,03	0,82±0,04	0,000008±0,000001	0,0000003±0,0000001	0,0000002±0,0000001
Ива	1,15±0,04	0,17±0,05	0,02±0,01	0,74±0,03	0,000006±0,000001	0,0000003±0,0000001	0,0000001±0,0000001
Березовый шелкопряд							
Дуб	1,62±0,10	0,21±0,05	0,03±0,01	1,15±0,06	0,000006±0,000001	0,0000003±0,0000001	0,0000001±0,0000001
Береза	1,60±0,12	0,18±0,01	0,02±0,01	1,02±0,05	0,000006±0,000001	0,0000003±0,0000001	0,0000001±0,0000001
Ива	1,39±0,06	0,14±0,01	0,02±0,03	0,77±0,02	0,000004±0,000001	0,0000002±0,0000001	0,0000001±0,0000001

Список литературы

1. Генсикский, И. П. Олигомеризация буферных систем организма личинок некоторых чешуекрылых / И. П. Генсикский // Значение процессов метаболизма некоторых чешуекрылых. – Киев, 1977. – С. 20–25.
2. Арсеньев, А. Б. Питательное достоинство и химический состав корма гусениц тутового и дубового шелкопрядов / А. Б. Арсеньев // Уч. зап. Моск. гос. пед. ин-та. – М., 1945. – Т. 34, вып. 5. – С. 3–65.
3. Clark, E. W. A review of literature on calcium and magnesium in insects / E. W. Clark // Ann. Ent. Soc. Amer., 1958. – V. 51, N2. – P. 142–154.
4. Шабельская, Э. Ф. Физиология растений / Э. Ф. Шабельская – Мн.: Вышэйшая школа, 1987. – 240 с.
5. Злотин, А. З. Влияние плотности популяции и химической обработки корма на развитие *Ocneria dispar* L. при лабораторном разведении / А. З. Злотин // Зоол. ж., 1965. – Т. XLIV, вып. 12. – С. 1809–1812.
6. Ballan-Dufrançais Christiane. Localization of metals in cells of pterigote insects / Christiane Ballan-Dufrançais // Microsc. Res. And. Techn., 2002. – 56, N 6. – P. 403–420.
7. Köhler, H.-R. Localization of metals in cells of saprophagous soil arthropods (Isopoda, Diplopoda, Collembola) / H.-R. Köhler // Microsc. Res. and Techn., 2002. – 56, N 5. – P. 393–401.
8. Quicke, Donald L. J. Manganese and zinc in the ovipositors and mandibles of hymenoptera insect / L. J. Donald Quicke, Paul Wyeth, James D. Fawke, Hasan H. Basybuyuk, Julian F. V Vinsent // Zool. J. Linn. Soc., 1998. – 124, N 4. – P. 387–396.

Caterpillars of oligophages – oak and birch silkworms accumulate macroelements more, and caterpillars of a polyphage – unpaired silkworm – microelements, but also those and others have a maximum amount of macro- and microelements when feeding oak leaves. Consequently, the mineral composition correlates with the mineral composition of the body of phytophagous insects, because the oak leaf contains the greatest amount of mineral components in comparison with the birch and willow leaf.

Денисова С. И., Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, Витебск, Беларусь, e-mail: denisova-99@rambler.ru.