

ZUR KENNTNIS DER ZUSAMMENSETZUNG DES HONIGTAUES

Étude de la composition du miellat

Hubert ZIEGLER und Sigrid PENTH

*Institut für Botanik und Mikrobiologie der
Technischen Universität München
München (B.R.D.)*

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF HONEYDEW-COMPOSITION

Honeydew produced by several aphid species and one coccid was analyzed by chemical and microbiological methods. In any of the honeydew samples the water-soluble vitamins ascorbic acid, thiamine, biotin, folic acid, pyridoxine, riboflavin, niacin, pantothenic acid, and myo-inositol were identified. All analyzed samples contained ATP, ADP and AMP; the energy charge was between 0,13 and 0,63, which is considerably below the values determined in the sieve tube exudates.

ZUSAMMENFASSUNG

Honigtau von verschiedenen Aphidenarten und einer Coccide wurde mit chemischen und mikrobiologischen Methoden analysiert. In allen geprüften Proben konnten die wasserlöslichen Vitamine Ascorbinsäure, Thiamin, Biotin, Folsäure, Pyridoxin, Riboflavin, Niacin, Pantothensäure und myo-Inosit nachgewiesen werden. Alle darauf analysierten Honigttau-Proben enthielten ATP, ADP und AMP; die « energy charge » lag zwischen 0,13 und 0,63 und war damit wesentlich niedriger als in den bisher untersuchten Siebröhrensäften.

I. — EINLEITUNG

Honigtau wie Nektar leiten sich letztlich vom Inhalt der Assimilatleitbahnen der Pflanzen ab, wobei dieser im einen Fall durch die (z.T. spezifische)

Entnahme von Stoffen durch die Siebröhren-ausbeutenden Insekten, im anderen Fall durch das Zurückhalten (bzw. die Rückresorption) einzelner Stoffe durch das Nektarium verändert ist. Über die Zusammensetzung des Honigtaues gibt es zahlreiche Arbeiten, wobei u.a. Kohlenhydrate, Zuckeralkohole, organische Säuren, Stickstoffsubstanzen, Mineralstoffe, Wachststoffe und einige Enzyme analysiert wurden (vgl. Übersicht bei KLOFT, MAURIZIO u. KAESER, 1965; KLOFT, 1968). Hier soll über den Gehalt einiger Honigtausorten an wasserlöslichen Vitaminen und an Komponenten des Adenylsäuresystems berichtet werden, die bisher unseres Wissens noch nicht getestet worden waren.

II. — MATERIAL UND METHODE

Die Pflanzen mit den auf ihnen saugenden Insekten stammten aus dem Botanischen Garten und den Gewächshäusern des Botanischen Institutes der TH Darmstadt. Die Bestimmung der Aphiden und der Coccide übernahmen dankenswerterweise die Herren Prof. Dr. K. Heinze, Berlin, und Prof. Dr. H. Schmutterer, Gießen.

Die mit Honigtau-produzierenden Insekten befallenen Pflanzen oder Pflanzenteile (diese in Leitungswasser gestellt) wurden in einem verdunkelten Raum bei 19-20 °C gehalten, der Honigtau auf Glasplatten aufgefangen, mit aqua dest. aufgenommen, gefriergetrocknet und bis zur Analyse bei -30 °C aufbewahrt.

Die Vitamine wurden chemisch (Ascorbinsäure) oder mikrobiologisch (alle anderen), wie in ZIEGLER u. ZIEGLER (1962) angegeben, bestimmt. Da nach BUCHNER (1966) Honigtauhonig gegenüber Bakterien wachstumshemmend wirken kann, wurde geprüft, ob er auch gegenüber den zum Vitamintest verwendeten Bakterien- und Pilzstämmen ähnliche Wirkungen hat. Dies war aber sowenig der Fall wie bei einem von R. BUCHNER zur Verfügung gestellten Honigtau-Honig (Tanne) und einem Blütenhonig (Rebinie).

ATP wurde fluorimetrisch mit dem Firefly-Enzymtest, ADP und AMP mit Hilfe der Enzymtest-Kombination TC-K (Fa. Boehringer und Söhne, Mannheim) bestimmt (vgl. KLUGE u. ZIEGLER, 1964). Zum ATP-Test wurden 3 und 6 mg Honigtau-Trockensubstanz in aqua bidest. gelöst, während für den ADP- und AMP-Nachweis verschiedene Mengen, je nach Honigtauart, gewählt wurden.

III. — ERGEBNISSE UND DISKUSSION

1. — Vitaminbestimmungen

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, sind alle geprüften Vitamine in den verschiedenen Honigtausorten nachweisbar. Die Konzentration der einzelnen Vitamine ist erwartungsgemäß bei den verschiedenen Honigtauproben unterschiedlich, auch bei Herkunft von der gleichen Aphidenart (z.B. *Aphis fabae*) auf verschiedenen Wirtspflanzen, von der gleichen Wirtspflanze (*Urtica dioica*) mit verschiedenen Aphiden, oder bei gleicher Wirtspflanze und gleichem Insekt zu verschiedenen Jahreszeiten. Soweit Vergleiche möglich sind, sind auffallende Unterschiede in der Konzentration dieser wasserlöslichen Vitamine im Honigtau einerseits und in den Siebröhrensäften (ZIEGLER u. ZIEGLER, 1962)

TAB. I. — Vitamingehalte einiger Honigtausorten. Die Mengenangaben bei den einzelnen Vitaminen bedeuten zuerst $\mu\text{g}/\text{mg}$ Gefriertrockensubstanz und dann mg/g Zucker.TABL. I. — Teneur en vitamines de quelques types de miellat. Les quantités de vitamines sont exprimées d'abord en $\mu\text{m}/\text{mg}$ de substance sèche congelée, puis en mg/g de sucre.

Wirtspflanze Plante-hôte (Insekt) (Insecte)	Sammel- zeit Mois	Ascorbin- säure acide ascorbique	Thiamin thiamine	Biotin biotine
(Blattläuse) (Pucerons)				
<i>Urtica dioica</i> L. (<i>Aphis urticae</i> F.)	Sept.	1,05/1,5	$2,7 \cdot 10^{-5}/3,7 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-12}/8 \cdot 10^{-12}$
<i>Euonymus hamiltonianus</i> Wall. (<i>Aphis fabae</i> Scop.)	Mai	0,74/4,8	$2 \cdot 10^{-5}/13 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-12}/58 \cdot 10^{-12}$
<i>Vicia faba</i> L. (<i>Aphis fabae</i> Scop.)	Mai	0,32/2,8	—	$15 \cdot 10^{-12}/138 \cdot 10^{-12}$
<i>Sambucus nigra</i> L. (<i>Aphis sambuci</i> L.)	Juni	0,76/1,4	$2,7 \cdot 10^{-5}/5 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-12}/74 \cdot 10^{-12}$
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L. (<i>Myzus ornatus</i> Laing. u. <i>Myzodes persicae</i> Sulz)	Dez. März	0,25/— 0,42/—	— —	$6,5 \cdot 10^{-12}/—$ $7,2 \cdot 10^{-12}/—$
<i>Clematis dioscoreifolia</i> Levl. et Van. (<i>Myzodes varians</i> Davids.)	Nov.	1,5/4,5	$2,6 \cdot 10^{-5}/7,8 \cdot 10^{-5}$	—
<i>Cornus sanguinea</i> L. (<i>Anoecia corni</i> F.)	Okt. Mai	5,7/9 4,6/7	$4,7 \cdot 10^{-5}/7,4 \cdot 10^{-5}$ —	$9,7 \cdot 10^{-12}/15 \cdot 10^{-12}$ $7,7 \cdot 10^{-12}/12 \cdot 10^{-12}$
<i>Urtica dioica</i> L. (<i>Microlophium evansi</i> Theob.)	Juni	0,31/1,5	—	$9,8 \cdot 10^{-12}/47 \cdot 10^{-12}$
<i>Prunus padus</i> L. (<i>Rhopalosiphum padi</i> L.)	Okt. Mai	5,3/15,8 0,3/0,9	— $6 \cdot 10^{-5}/20 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-12}/20 \cdot 10^{-12}$ $10 \cdot 10^{-12}/35 \cdot 10^{-12}$
<i>Prunus domestica</i> L. (<i>Hyalopterus pruni</i> Geoffr.)	Mai	0,35/0,8	$8,6 \cdot 10^{-5}/19,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-12}/10 \cdot 10^{-12}$
(Schildlaus) (Cochenilles)				
<i>Ficus benjaminii</i> L. (<i>Coccus hesperidum</i> L.)	Jan.	2,3/3,5	$1 \cdot 10^{-4}/16,4 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-12}/5,7 \cdot 10^{-12}$

Wirtspflanze Plante-hôte (Insekt) (Insecte)	Sammel- zeit Mois	Folsäure Acide folique	Pyridoxin Pyridoxine	Riboflavin Riboflavine
(Blattläuse) (Pucerons)				
<i>Urtica dioica</i> L. (<i>Aphis urticae</i> F.)	Sept.	$4 \cdot 10^{-5}/5 \cdot 10^{-5}$	—	—
<i>Euonymus hamiltonianus</i> Wall. (<i>Aphis fabae</i> Scop.)	Mai	$1 \cdot 10^{-4}/6,5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}/27 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}/7 \cdot 10^{-4}$
<i>Vicia faba</i> L. (<i>Aphis fabae</i> Scop.)	Mai	$1,7 \cdot 10^{-4}/15 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}/16 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}/12 \cdot 10^{-4}$
<i>Sambucus nigra</i> L. (<i>Aphis sambuci</i> L.)	Juni	$1,4 \cdot 10^{-4}/2,6 \cdot 10^{-4}$	$4,7 \cdot 10^{-4}/8,8 \cdot 10^{-4}$	$0,7 \cdot 10^{-4}/1,3 \cdot 10^{-4}$
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L. (<i>Myzus ornatus</i> Laing. u. <i>Myzodes persicae</i> Sulz).	Dez. März	$5 \cdot 10^{-5}/—$ $2 \cdot 10^{-5}/—$	—	—
<i>Clematis dioscoreifolia</i> Levl. et Van. (<i>Myzodes varians</i> Davids.)	Nov.	—	$16,6 \cdot 10^{-4}/49 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}/5,9 \cdot 10^{-4}$
<i>Cornus sanguinea</i> L. (<i>Anoecia corni</i> F.)	Okt. Mai	$1 \cdot 10^{-4}/1,6 \cdot 10^{-4}$ $7 \cdot 10^{-4}/12 \cdot 10^{-4}$	— —	$0,8 \cdot 10^{-4}/1,3 \cdot 10^{-4}$ —
<i>Urtica dioica</i> L. (<i>Microlophium evansi</i> Theob.)	Juni	$3 \cdot 10^{-4}/15 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}/15 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-4}/2,4 \cdot 10^{-4}$
<i>Prunus padus</i> L. (<i>Rhopalosiphum padi</i> L.)	Okt. Mai	$2 \cdot 10^{-5}/6 \cdot 10^{-5}$ $2 \cdot 10^{-4}/8 \cdot 10^{-4}$	— —	— —
<i>Prunus domestica</i> L. (<i>Hyalopterus pruni</i> Geoffr.)	Mai	$1,6 \cdot 10^{-4}/3,7 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}/4 \cdot 10^{-4}$	$0,9 \cdot 10^{-4}/2 \cdot 10^{-4}$
(Schildlaus) (Cochenilles)				
<i>Ficus benjaminii</i> L. (<i>Coccus hesperidum</i> L.)	Jan.	$2 \cdot 10^{-5}/3 \cdot 10^{-5}$	—	—

Wirtspflanze Plante-hôte (Insekt) (Insecte)	Sammel- zeit Mois	Niacin Niacine	Pantothensäure Acide pentothénique	myo-Inosit Myo-inositol
--	-------------------------	-------------------	---------------------------------------	----------------------------

(Blattläuse)
(Pucerons)

<i>Urtica dioica</i> L. (<i>Aphis urticae</i> F.)	Sept.	$4,6 \cdot 10^{-3}/6,5 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}/3,4 \cdot 10^{-3}$	38,6/60,8
<i>Euonymus hamiltonianus</i> Wall. (<i>Aphis fabae</i> Scop.)	Mai	0,2/1,5	$12 \cdot 10^{-3}/0,7$	20,4/133
<i>Vicia faba</i> L. (<i>Aphis fabae</i> Scop.)	Mai	0,2/1,77	$7 \cdot 10^{-3}/0,6$	1,4/12,3
<i>Sambucus nigra</i> L. (<i>Aphis sambuci</i> L.)	Juni	$6 \cdot 10^{-3}/0,1$	$1 \cdot 10^{-3}/2,2 \cdot 10^{-3}$	16,5/30,7
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L. (<i>Myzus ornatus</i> Laing. u. <i>Myzodes persicae</i> Sulz.)	Dez. März	$4,8 \cdot 10^{-3}/$ — —	$4,9 \cdot 10^{-3}/$ — $5,7 \cdot 10^{-3}/$ —	— 1,0/ —
<i>Clematis dioscoreifolia</i> Levl. et Van. (<i>Myzodes varians</i> Davids.)	Nov.	—	—	7,58/22,3
<i>Cornus sanguinea</i> L. (<i>Anæcia corni</i> F.)	Okt. Mai	$8,7 \cdot 10^{-3}/0,14$ $8,2 \cdot 10^{-3}/0,13$	$1,3 \cdot 10^{-3}/2,0 \cdot 10^{-3}$ $3,2 \cdot 10^{-3}/4,9 \cdot 10^{-3}$	38,6/60,8 33,2/50,6
<i>Urtica dioica</i> L. (<i>Microlophium evansi</i> Theob.)	Juni	$9,2 \cdot 10^{-3}/0,44$	$3 \cdot 10^{-3}/14,5 \cdot 10^{-3}$	8,78/42,4
<i>Prunus padus</i> L. (<i>Rhopalosiphum padi</i> L.)	Okt. Mai	$5 \cdot 10^{-3}/0,15$ $5,4 \cdot 10^{-3}/0,18$	$3,8 \cdot 10^{-3}/11,3 \cdot 10^{-3}$ $6,3 \cdot 10^{-3}/21,3 \cdot 10^{-3}$	12,9/38,4 10,7/36,6
<i>Prunus domestica</i> L. (<i>Hyalopterus pruni</i> Geoffr.)	Mai	$4,8 \cdot 10^{-3}/0,11$	$4,6 \cdot 10^{-3}/10,1 \cdot 10^{-3}$	12,1/27,3

(Schildlaus)
(Cochenilles)

<i>Ficus benjaminii</i> L. (<i>Coccus hesperidum</i> L.)	Jan.	$2,8 \cdot 10,3/4,4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}/3 \cdot 10^{-3}$	2,62/3,9
--	------	------------------------------------	-----------------------------------	----------

TAB. 2. — *Gehalt an ATP, ADP und AMP ($\mu\text{g}/\text{mg}$ Tr.-Gew.) sowie « energy charge » in verschiedenen Honigtausorten. (NB : Bei der Ermittlung der « energy charge » gehen die Molaritäten in die Berechnung ein!)*

TABLE 2. — *Teneur en ATP, en ADP et en AMP ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids sec) et charge énergétique de divers types de miellat. (NB : Pour calculer la charge énergétique, on tient compte des molarités!)*

Wirtspflanze Plante-hôte (Insekt) (Insecte)	Sammelzeit Mois	ATP ATP	ADP ADP	AMP AMP	energy charge Charge énergétique
(Blattläuse) (Pucerons)					
<i>Euonymus hamiltonianus</i> (<i>Aphis fabae</i>)	Mai	0,61	1,5	1,12	0,37
<i>Vicia faba</i> (<i>Aphis fabae</i>)	Mai	0,28	2,31	1,74	0,28
<i>Sambucus nigra</i> (<i>Aphis sambuci</i>)	Juni	0,48	0,47	0,37	0,48
<i>Clematis dioscoreifolia</i> (<i>Myzodes varians</i>)	Nov.	0,26	2,6	1,51	0,32
<i>Cornus sanguinea</i> (<i>Anæcia corni</i>)	Okt. Mai	0,62 0,32	0,51 —	0,69 —	0,41 —
<i>Urtica dioica</i> (<i>Microlophium evansi</i>)	Juni	0,49	—	—	—
<i>Prunus padus</i> (<i>Rhopalosiphum padi</i>)	Okt. Mai	0,3 0,05	1,06 0,35	0,92 0,97	0,32 0,13
<i>Prunus domestica</i> (<i>Hyalopterus pruni</i>)	Mai	0,13	0,9	1,09	0,23
(Schildlaus) (Cochenilles)					
<i>Ficus benjaminii</i> (<i>Coccus hesperidum</i>)	Jan.	1,66	0,8	0,52	0,63

andererseits nicht festzustellen; d.h., die phloemausbeutenden Insekten nehmen die genannten, für sie fast durchwegs lebensnotwendigen (vgl. AUCLAIR, 1965; DADD, KRIEGER u. MITTLER, 1967) Vitamine etwa in gleichem Maße auf wie den Zucker, sodaß sich der Vitamingehalt bei Bezug auf den Zucker nicht wesentlich ändert. Vielleicht bildet die einzige untersuchte Coccide eine Ausnahme: Sie hat allgemein einen relativ geringen Vitamingehalt im Honigtau, und es könnte sein, daß sie einen größeren Vitaminbedarf (geringere Eigenversorgung über Symbionten?) hat als die Aphiden. Dies müßte aber durch eingehendere Untersuchungen erhärtet werden. Auch gegenüber dem Vitamingehalt des Nektars (ZIEGLER, LÜTTGE u. LÜTTGE, 1964) ist der des Honigtaues nicht sehr verschieden. Die Bienen werden ihren Bedarf aber wohl vorwiegend durch den Pollen decken, der besonders vitaminreich ist (vgl. Literatur bei ZIEGLER, LÜTTGE u. LÜTTGE).

2. — Bestimmungen von ATP, ADP und AMP

Sämtliche geprüften Honigtausorten enthalten alle Glieder des Adenylsäuresystems (Tab. 2). Obwohl ATP offensichtlich für phloemsaugende Insekten förderlich ist (HERTEL, 1974), wird es sowenig wie die Vitamine vollständig aus der Nahrung resorbiert. Allerdings ist im Honigtau das Adenylsäuresystem gegenüber dem Siebröhrensaft (KLUGE u. ZIEGLER, 1964) zum energieärmeren Zustand hin verschoben. Dies kommt in der « energy charge » zum Ausdruck:

$$\frac{1}{2} \frac{[\text{ADP}] + 2 [\text{ATP}]}{[\text{AMP}] + [\text{ADP}] + [\text{ATP}]}$$

Sie kann grundsätzlich zwischen 1,0 (nur ATP vorhanden) und 0 (nur AMP) variieren. Die energy charge im Siebröhrensaft von *Robinia* betrug 0,88, von *Tilia* 0,77 (vgl. ZIEGLER), während sie in den geprüften Honigtausorten der Aphiden zwischen 0,13 und 0,48, bei der Coccide bei 0,63 lag. Nimmt man an, daß die energy charge im Siebröhrensaft der in dieser Arbeit untersuchten Arten ähnlich liegt wie bei den beiden Bäumen, so würde dies darauf hinweisen, daß die Insekten (vor allem die Aphiden) bevorzugt die energiereicheren Glieder des Adenylsäuresystems absorbieren (oder daß die energiereichen Bindungen im ATP und ADP bei der Passage durch die Insekten teilweise gespalten werden).

Eingegangen im März 1977.

Reçu pour publication en mars 1977.

RÉSUMÉ

On a analysé le miellat de différentes espèces d'Aphidiens et de quelques Coccidés par des méthodes chimiques et microbiologiques. Dans tous les échantillons testés on a pu mettre en évidence les vitamines hydrosolubles suivantes: acide ascorbique, thiamine, biotine, acide

folique, pyridoxine, riboflavine, niacine, acide pentothénique et méso-inositol. Tous les échantillons analysés renfermaient de l'ATP, de l'ADP et de l'AMP; la charge énergétique se situait entre 0,13 et 0,63, ce qui est nettement inférieur aux valeurs déterminées pour les exsudats des tubes criblés.

LITERATUR

- AUCLAIR J. L., 1965. — Feeding and nutrition of the pea aphid *Acyrtosiphon pisi* (Homoptera: Aphididae) on chemically defined diets of various pH and nutrial levels. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **58**, 855-875.
- BUCHNER R., 1966. — Vergleichende Untersuchungen über die antibakterielle Wirkung von Blüten- und Honigtauonigen. *S. W. dtsh. Imker*, **18**, 240-241.
- DADD R. H., KRIEGER D. L., MITTLER, T. E., 1967. — Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (SULZER)-IV. Requirements for water-soluble vitamins and ascorbic acid. *J. Insect Physiol.*, **13**, 249-272.
- HERTEL R., 1974. — Einfluß von ATP in einer holidischen Diät auf *Myzus persicae* (SULZ.) (Aphidina). *Experientia*, **30**, 775-776.
- KLOFT W., 1968. — Les insectes producteurs de miellat. In : *Traité de Biologie de l'Abeille*. Ed. R. Chauvin, S. 248-262. Paris : Masson et Cie.
- KLOFT W., MAURIZIO A., KAESER W., 1965. — *Das Waldhonigbuch*. München : Ehrenwirth-Verlag.
- KLUGE M., ZIEGLER H., 1964. — Der ATP-Gehalt der Siebröhrensäfte von Laubbäumen. *Planta* **61**, 167-177.
- ZIEGLER H., 1976. — Nature of transported substances. *Transport in Plants I*, Encyclopedia Plant Physiology, New Series, Vol. 1, 59-100. Berlin-Heidelberg-New York : Springer-Verlag.
- ZIEGLER H., LÜTTGE U., LÜTTGE U., 1964. — Die wasserlöslichen Vitamine des Nektars. *Flora*, **154**, 215-229.
- ZIEGLER H., ZIEGLER I., 1962. — Die wasserlöslichen Vitamine in den Siebröhrensäften einiger Bäume. *Flora*, **152**, 257-287.