

LES ABEILLES OUVRIÈRES (APIS MELLIFERA L.) SONT CAPABLES D'UTILISER L'AMIDON COMME COMBUSTIBLE POUR LE VOL, PENDANT QUE LES FAUX BOURDONS N'ONT PAS CETTE CAPACITÉ

N. HRASSNIGG

e-mail: norbert.hrassnigg@uni-graz.at, tel.: ++43 (0)316 380 5617, Fax.: ++43 (0)316 380 9875

Robert Brodschneider, Paul Fleischmann, Karl Crailsheim

Institut für Zoologie an der Karl-Franzens-Universität in Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz

¹ Institut für Biomedizinische Technik, Technische Universität Graz, Krenngasse 37, A-8010 Graz

Résumé

Quant les ouvrières vieilles, dont les spécimens ont été prélevés dans une station d'alimentation, ont été nourries avec une solution bimolaire de glucose qui contenait en plus un équivalent d'amidon soluble de glucose 1-molaire, elles ont augmenté leur période de vol de 24% approximativement. Les faux bourdons en vol, nourris avec les mêmes quantités de sucre et amidon, n'ont pas augmenté leur temps de vol, mais au contraire, celui-ci a diminué de 23.6 %, en comparaison avec la période pendant laquelle on les a nourri avec une solution bimolaire pure. Les deux régimes d'alimentation n'ont pas modifié la vitesse moyenne ni chez les ouvrières ni chez les faux bourdons. Nos résultats montrent que les ouvrières peuvent utiliser l'amidon pendant la période de vol, tandis que les abeilles mâles ne peuvent pas le faire. Ce fait constitue la preuve que l'amylase enzymatique trouvée dans les glandes hypopharyngiennes des ouvrières âgées accroît son efficacité dans l'utilisation des hydrates de carbone complexes et souligne le rôle important qu'elles jouent dans la modification de la nourriture, à l'intérieur du système social hautement évolué des abeilles.

Mots-clés: faux bourdon, métabolisme du vol, amidon, enzyme, digestion

Introduction

Chez les abeilles, le travail hautement spécialisé comprend l'exécution avec l'âge de différentes tâches, la digestion entre autres. Les ouvrières à l'âge de soigner les larves, consomment la plupart du pollen apporté dans la colonie par butineuses et produisent dans leur glandes spécialisées la gelée protéique (la nourriture des larves). Celle-ci est distribuée aux larves, à d'autres ouvrières, aux faux bourdons et à la reine (CRAILSHEIM 1992; CRAILSHEIM et al, 1992; HRASSNIGG et CRAILSHEIM, 1998a, b). Les ouvrières font preuve d'une grande efficacité dans la digestion de la nourriture ingérée, qui consiste en nectar et en pollen. Ce fait est reflété dans la production d'enzymes comme la saccharase (SIMPSON et al., 1968) ou l'amylase, dans les glandes hypopharyngiennes qui digèrent les hydrates de carbone, et se retrouve aussi dans la présence des enzymes protéolytiques dans l'intestin, utilisés surtout dans la dégradation des protéines de pollen (MORITZ and CRAILSHEIM, 1987). La production de ces enzymes dépend en grande mesure de l'activité des ouvrières. Chez les abeilles jeunes (nourrices), les glandes hypofaryngiennes produisent surtout de la gelée protéique, mais chez les abeilles plus âgées (butineuses) leur activité de synthèse se modifie, produisant surtout des enzymes servant à la digestion des hydrates de carbone (HALBERSTADT 1980; KUBO et al., 1996). L'amylase et la saccharase dégradent les hydrates de carbone complexes, en les simplifiant dans leurs monomères, pendant que la glucose oxydase sert à la bonne conservation du miel, par la production de petites quantités de peroxyde d'hydrogène. Ces carbohydrases se trouvent aussi dans le miel stocké dans des rayons.

Le genre masculin manque de glandes hypopharyngiennes (SNODGRASS, 1956). Les faux bourdons ne sont pas impliqués dans le processus de collecter et de déposer les réserves de nourriture pour la colonie. Leur tâche principale - et la seule, selon nos connaissances - est de produire du sperme et de s'accoupler avec la reine. Pour accomplir cette mission, ils doivent avoir une grande résistance pendant le vol (GMEINBAUER et CRAILSHEIM, 1993). Ils puisent leur énergie pour voler du miel ingéré des réserves existantes dans la colonie.

On connaît que les abeilles sont capables de digérer de l'amidon, mais pour l'instant, il n'est pas clair si ce processus est suffisamment rapide pour soutenir le métabolisme de vol. On ne sait ni si les faux

bourdons peuvent digérer de l'amidon, ou s'ils peuvent l'utiliser pour le vol. Ainsi, une question se pose: sont les ouvrières et les faux bourdons de l'abeille mellifère capables d'utiliser l'amidon dans le métabolisme de vol?

Matériel and méthodes

En vue d'étudier le métabolisme de vol, des ouvrières et des faux bourdons ont été entraînés pour voler dans le carrousel déjà décrit par HRASSNIGG et CRAILSHEIM (1999). Si l'on utilise de l'amidon dans le mécanisme de vol des abeilles, une administration supplémentaire d'amidon dans une solution de glucose devrait accroître le temps de vol et/ou le nombre de tours parcourus par les abeilles en volant à l'intérieur de la volière. Si l'amidon n'est pas utilisé, on ne devrait découvrir aucune augmentation du temps de vol.

On a prélevé les spécimens chez les ouvrières d'une station d'alimentation, près de la colonie, après l'administration d'une solution 1-molaire de saccharose. On a pris les faux bourdons des cadres latérales d'une colonie, là où l'on peut trouver d'habitude les faux bourdons adultes. Les abeilles ont été préparées pour être attachées au bras du carrousel. On a premièrement stimulées les insectes de voler sans que l'alimentation supplémentaire les oblige à dépenser leur réserves d'énergie (sucre). Ultérieurement, on les a nourris avec des quantités bien fixés de solutions de glucose, ou de glucose-amidon, et on les a stimulées de nouveau. Chaque tour parcouru en vol par les abeilles a été enregistré par les ordinateurs et en plus, le temps total de vol a été chronométré manuellement de façon que, dans les calculs qui suivent, on n'ait pas pris en considération seulement la période active de vol.

Après le premier vol, on a administré aux ouvrières et aux faux bourdons 10 μ L de solution de glucose pure (2M) et on les a stimulés de voler après une période de repos longue de cinq minutes. Quand ils ont été épuisés, ils ont été pris du bras du carrousel et nourris avec une solution de glucose-amidon (la concentration de la glucose étant de 2M et celle de l'amidon, calculée comme glucose anhydrique, de 1M). Pour les expériences, on a utilisé de la glucose pure et de l'amidon soluble (selon Zulkowsky) de Merck. La quantité d'amidon a été calculée pour les monomères de celui-ci, comme glucose anhydrique (C₆H₁₀O₅), avec un poids moléculaire de 162 g. On a augmenté la quantité d'amidon de 10%, pour compenser la présence de l'eau, physiquement liée à lui.

Résultats

La période de vol des abeilles dans le carrousel, après leur avoir administré la même quantité de glucose (10 μ L, 2M), a été de 19% plus longue que celle des faux bourdons. (Figure 1).

Quand on a administré de la solution de glucose pure (10 μ L, 2M glucose) aux faux bourdons, ils ont volé significativement plus longtemps que lorsqu'on les a nourris de glucose et amidon (10 μ L, 2M glucose et 1M anhydroglucose). Ainsi, la période de vol des faux bourdons auxquels on a supplémentairement administré de l'amidon, a été réduite de 23.6% (Figure 1).

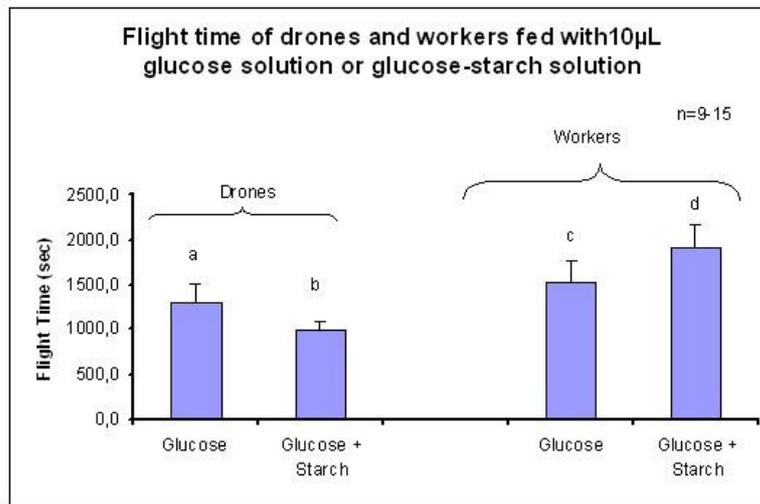


Fig. 1 - Le temps total de vol des faux bourdons et des ouvrières nourris soit avec une solution bimolaire de glucose 10µL, soit avec 10µL d'une solution bimolaire de glucose et amidon, ce qui équivaut à une solution trimolaire de glucose. Les letters identiques au-dessus des colonnes indiquent le manque de différences statistiquement significatives (ANOVA; $P < 0.05$)

(en haut) Le temps de vol des faux bourdons et des ouvrières, nourris avec 10µL de solution de glucose, ou avec de la glucose plus amidon

(verticalement) Le temps de vol (secondes)

(horizontalement, en haut) Faux bourdons Ouvrières n=9-15

(horizontalement, en bas) Glucose Glucose + Amidon Glucose Glucose + Amidon

Les ouvrières nourries avec la même quantité de glucose et amidon ont prolongé leur temps de vol avec 24.2%, en comparaison avec celles nourries seulement de glucose. On n'a identifié aucune différence significative dans la période totale de vol quand les ouvrières ont été nourries avec 10µL d'une solution de glucose 3 molaire ou avec 10µL d'une solution contenant 2M de glucose et 1M d'anhydroglucose.

La distance parcourue en vol dans le carroussel par les ouvrières nourries de glucose (10µL, 2M) a été significativement plus courte que celle parcourue par les ouvrières nourries de glucose plus amidon (10µL, glucose 2M et 1M d'anhydroglucose), qui a été de 1665.0 ± 199.1 m (n=11) et 2249.4 ± 331.1 m (n=15) respectivement (Test U, $P < 0.001$). Les mêmes régimes de nourriture ont fait les faux bourdons qui avaient ingéré de la glucose voler sur une distance de 1727.0 ± 357.3 m (n=9) et les faux bourdons qui avaient ingéré de la glucose plus amidon voler sur une distance significativement plus courte, de 1380.7 ± 153.1 m (n=9) (Test U, $P < 0.05$). Pendant que les ouvrières et les faux bourdons qui avaient été nourris avec une solution de glucose pure ont parcouru en vol des distances approximativement égales ($P = 0.70$), les faux bourdons, lorsqu'on leur a administré en plus de l'amidon ($P < 0.001$), ont parcouru une distance significativement plus courte.

Nos résultats démontrent que l'équipement enzymatique des ouvrières les rend aptes de valorifier pour leur métabolisme intense de vol non seulement les saccaroses, mais aussi l'amidon, ce qui n'est pas le cas aussi des faux bourdons, qui ont montré une performance de vol encore plus réduite après avoir ingéré de l'amidon.

Discussion

L'amidon ne constitue pas un élément essentiel dans la nutrition de l'abeille mellifère. Il est présent dans le pollen, dans de différentes quantités, car pour *Zea mays* on a enregistré un contenu relativement élevé, 22.4%, d'amidon (STANLEY and LINSKENS, 1985). On estime qu'une colonie d'abeilles mellifères consomme en moyenne 80 kg de miel et 20 kg de pollen chaque année (Seeley, 1985). Si l'on suppose que le pollen a un contenu moyen d'amidon de 10% du poids sèche, il en résulte une quantité supplémentaire de 2.0 kg d'anhydroglucose, ce qui équivaut à approximativement 2.6 kg de miel. C'est probablement une sous-

estimation, car cela suppose que l'amidon présent dans le pollen est digéré et absorbé. Si on le compare avec la quantité totale de hydrates de carbones (82.6 kg: miel plus amidon), l'équivalent énergétique de l'amidon constitue seulement une partie estimée à 3.1 %. Cela paraît relativement peu et probablement, ce sera encore moins à la lumière du fait que les plantes entomophiles produisent moins d'amidon que celles aérophiles (cf Stanley and Linskens, 1985). Par conséquent, on peut spéculer que l'amylase des ouvrières de l'abeille mellifère est importante non seulement dans l'augmentation de la réserve énergétique, mais aussi dans le processus général de la digestion du pollen.

Pourtant, à la différence des faux bourdons, les ouvrières sont capables d'utiliser l'amidon dans leur métabolisme de vol, fait qui accroît leur efficacité de vol, en contraste avec les faux bourdons. En même temps, nos résultats montrent que les faux bourdons sont spécialement adaptés à la nourriture préprocessée qu'ils prennent dans les cellules des rayons de miel, de façon qu'ils n'ont plus besoin de produire de l'amylase pour pouvoir digérer l'amidon. Cela correspond à la découverte conformément à laquelle les faux bourdons ingèrent des quantités très petites de pollen, fait reflété aussi dans la présence réduite des enzymes protéolytiques dans leur intestines (SZOLDERITS et CRAILSHEIM, 1993). Il reste à investiguer encore si les reines, qui appartiennent à la caste des femelles reproductives, sont ou non capables de valorifier l'amidon.

La performance réduite de vol des faux bourdons de notre expérimentation peut être due à l'absorption de glucose dans les molécules de l'amidon ingéré. Dans des conditions naturelles, les faux bourdons s'alimentent avant le vol avec du miel des cellules des rayons. Ainsi, ils ingèrent aussi les enzymes produites par les ouvrières. Ce n'était pas le cas dans cette expérimentation, où les faux bourdons ont été nourris d'une solution pure de sucre ou de sucre plus amidon. Ainsi il se pourrait que, dans des conditions naturelles, l'amidon ingéré soit valorifié par les faux bourdons par l'intermédiaire des enzymes fournis avec le miel ou de la nourriture offerte par les ouvrières. Mais cela ne fera que souligner une fois de plus, la fonction importante qui revient aux ouvrières dans la transformation de la nourriture et dans le support du genre masculin.

Nos résultats offrent une preuve supplémentaire de la division hautement évoluée du travail dans les colonies de l'abeille mellifère, où les ouvrières s'occupent non seulement de ramasser la nourriture, mais elles la pré-digèrent aussi pour d'autres membres de la colonie.

R É F É R E N C E S

- Gmeinbauer R, Crailsheim K (1993): Glucose utilization during flight of honeybee (*Apis mellifera*) workers, drones and queens. *J Insect Physiol* 39: 959-967.
- Crailsheim K. (1992) The flow of jelly within a honeybee colony. *J Comp Physiol B* 162: 681-689.
- Crailsheim K., Schneider L.H.W., Hrassnigg N., Bühlmann G., Brosch U., Gmeinbauer R. and Schöffmann B. (1992) Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): Dependence on individual age and function. *J Insect Physiol* 38: 409-419.
- Halberstadt K (1980) Elektrophoretische Untersuchungen zur Sektetionstätigkeit der Hypopharynxdrüse der Honigbiene (*Apis mellifera* L.). *Insectes Sociaux* 27: 61-77.
- Hrassnigg N, Crailsheim K (1998a) The influence of brood on the pollen consumption of worker bees (*Apis mellifera* L.). *J Insect Physiol* 44: 393-404.
- Hrassnigg N, Crailsheim K (1998b) Adaptation of hypopharyngeal gland development to the brood status of honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *J Insect Physiol* 44: 929-939.
- Hrassnigg N, Crailsheim K (1999) Metabolic rates and metabolic power of honeybees in tethered flight related to temperature and drag (Hymenoptera: Apidae). *Entomol Gener* 24: 23-30.
- Kubo T, Sasaki M, Nakamura J, Sasagawa H, Ohashi K, Takeuchi H, Natori S (1996) Change in the expression of hypopharyngeal-gland proteins of the worker honeybees (*Apis mellifera* L.) with age and/or role. *J Biochem* 119: 291-295
- Moritz B, Crailsheim K (1987) Physiology of protein digestion in the midgut of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *J Insect Physiol* 33: 923-931.
- Seeley TD (1985) *Honeybee Ecology*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey pp202.
- Simpson J, Riedel IBM, Wilding N (1968) Invertase in the hypopharyngeal glands of the honeybee. *J Apic Res* 7: 29-36.
- Snodgrass R. E. (1956) *Anatomy of the honey bee*. Cornell University Press, Ithaca, London.
- Stanley RG, Linskens HF (1985) *Pollen*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Szolderits MJ, Crailsheim K (1993) A comparison of pollen consumption and digestion in honeybee (*Apis mellifera carnica*) drones and workers. *J Insect Physiol* 39: 877-881.