

Pszczoly jako zbieraczki energii

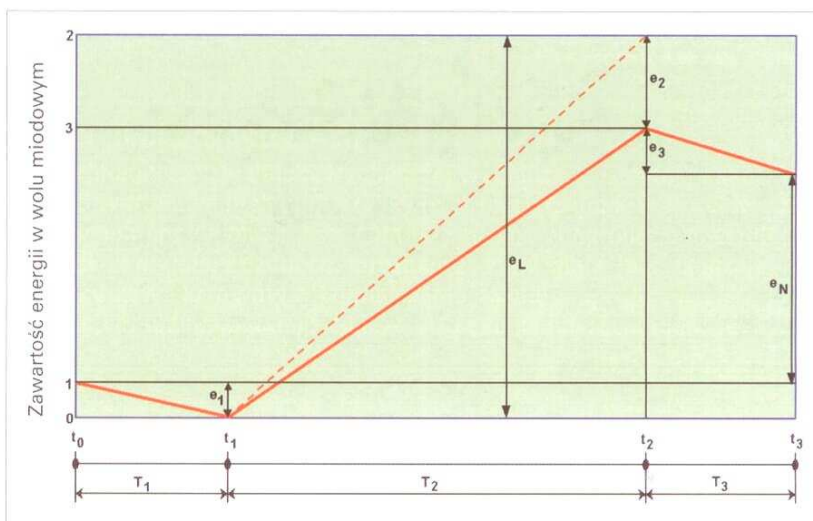
Miód zmagazynowany w plastrach ma służyć pszczołom jako źródło energii w czasie, gdy będą jej potrzebowały. Spójrzmy więc na zbieranie pożytku (nektaru lub spadzi) przez zbieraczki z energetycznego punktu widzenia. Jak efektywna jest ich praca i od czego zależy efektywność zbierania pożytku? Ile energii zużywa pszczoła podczas tej pracy? Czy zachowuje się przy tym ekonomicznie? Jeśli tak, to czym się przy tym kieruje? Spróbujmy znaleźć odpowiedź na niektóre z tych pytań.

Zbierając pożytek pszczoła gromadzi go w swoim wolu miodowym, a jednocześnie zużywa energię na lot i na samo zbieranie. Wyobrażenie o tym, jak lot na pożytek wygląda z energetycznego punktu widzenia, pokazano na **rysunku**. Czerwona linia obrazuje ilość energii w pokarmie niesionym przez pszczołę. Na lot do miejsca zbierania pożytku zużywa ona określoną ilość energii (e_1), którą musi zabrać ze sobą z ula. Ilość energii w postaci zbieranego pożytku obrazuje odcinek od punktu t_1 do punktu t_2 , przy czym ciągła linia czerwona pokazuje czysty przyrost energii (e_N), a przerywana – całą ilość energii zawartą w zebranych pożytku (e_L). Różnicę stanowi energia, którą pszczoła zużywa na zbieranie pożytku (e_2). Powrót do ula wymaga dalszego zużycia energii (e_3), które jest większe od zużycia energii na pokonanie takiej samej odległości podczas lotu do miejsca zbierania pożytku, ponieważ pszczoła wracająca z wziętkiem jest cięższa ($e_3 > e_1$).

Ile energii zużywa i zyskuje pszczoła podczas całego lotu na pożytek i od czego to zależy? Zużycie energii można obliczyć na podstawie danych o jednostkowym zużyciu energii przez pszczołę (na 1 s i 1 mg masy ciała) podczas lotu bez wziętku. Wynosi ono $4,84 \cdot 10^{-4}$ J (Seeley, 1986). Zbieraczka bez wziętku ma masę wynoszącą około 80 mg, zużywa więc podczas lotu około $3,82 \cdot 10^{-2}$ J/s. Gdy pszczoła leci z wziętkiem, na każdy miligram wziętku dolicza się 0,76% wspomnianego jednostkowego zużycia energii (Schmid-Hempel i in., 1985). Wartość energetyczna cukru wynosi 16,7 J/mg. Pszczoła lata z prędkością 20 km/godz. Na podstawie tych danych wyjściowych można ustalić całkowity bilans energetyczny pszczoły podczas jej lotu. Do obliczeń są potrzebne jeszcze inne dane, które trudno ściśle określić, dlatego w odniesieniu do konkretnego pożytku korzystamy z danych szacunkowych. Do takich danych należy czas trwania całego lotu pszczoły na pożytek; zwykle lot ten trwa od 30 do 60 min. Dla bilansu energetycznego ważny jest również udział czasu przelotu pszczoły między poszczególnymi miejscami zbierania pożytku w całkowitym czasie spędzonym przez nią na terenie, gdzie rośnie dana roślina pożytkowa (T_2), po-

nieważ na lot pszczoła zużywa mniej więcej 6-krotnie więcej energii niż na chodzenie (Seeley, 1986). Ten udział określa się szacunkowo w zależności od charakteru pożytku, a w szczególności od obfitości jego źródeł (przyjęto, że wynosi on około 50%). Również odległość między ulem a miejscem zbierania pożytku można oszacować, jeśli znamy źródło pożytku.

Do obliczeń bilansu energetycznego zbierania pożytku przez pszczoły wykorzystaliśmy własne dane z kilku po-



Bilans energetyczny zbierania nektaru lub spadzi przez pszczołę. Zawartość energii w wolu miodowym (J): e_1 – zużycie energii podczas lotu pszczoły do miejsca zbierania pożytku, e_2 – zużycie energii podczas zbierania pożytku, e_3 – zużycie energii podczas lotu z miejsca zbierania pożytku do ula, $e_1 + e_2 + e_3 = e_s$ – zużycie energii podczas całego lotu na pożytek, e_L – cała ilość energii zawarta w zebranych pożytku, e_N – czysty przyrost energii w wyniku lotu na pożytek (uzyskana ilość energii netto), t_0, t_1, t_2, t_3 – punkty w czasie, T_1, T_2, T_3 – przedziały czasu, T_1 – czas trwania lotu pszczoły z ula do miejsca zbierania pożytku, T_2 – czas trwania zbierania pożytku z określonej rośliny występującej na określonym terenie z przelotami między poszczególnymi miejscami zbierania włącznie, T_3 – czas trwania lotu pszczoły z powrotem do ula. Ciągła linia czerwona – wykres zawartości energii w żołądku miodowym zbieraczki, przerywana linia czerwona – wykres całej ilości energii zawartej w zebranych pożytku

żytków. W wylocie ula złapaliśmy 20 pszczoł wracających bez pyłku i uśmierciliśmy je cyjanowodorem, który ma tę zaletę, że nie wywołuje skurczu mięśni i w konsekwencji wymiotowania zawartości wola miodowego. Następnie, ostrożnie ściskając odwłok każdej pszczoły dwoma palcami, wyciskaliśmy z niego zawartość wola miodowego na jej języczek. Stamtąd pobieraliśmy nektar do kalibrowanej kapilary szklanej. W ten sposób określaliśmy obje-

tość zawartości żołądka miodowego. Potem oznaczaliśmy za pomocą refraktometru stężenie cukru w pobranym nektarze. Na podstawie tych dwóch wskaźników obliczaliśmy inne parametry, a więc zawartość suchej masy w zebranych pożytku, która jest prawie równa zawartości w nim cukru, masę wziętku, masę samej pszczoły oraz masę pszczoły z wziętkiem. Na podstawie tych parametrów określaliśmy ilość energii zebranej przez każdą pszczołę i zużytej przez nią podczas lotu. Obliczaliśmy także efektywność pracy każdej pszczoły przy zbieraniu nektaru jako stosunek uzyskanej ilości energii netto do ilości energii zużytej podczas całego lotu na pożytek (e_N/e_s).

Rodzina oznaczona jako P5 w 1987 r. zbierała wysoko-wartościowy nektar z akacji. Średnie stężenie cukru w tym nektarze wynosiło 60,7%. Choć rodzina ta była umieszczona wśród kwitnących drzew akacji, przyjęliśmy, że średnia odległość pokonywana przez pszczoły podczas lotu na miejsce zbierania nektaru wynosiła 500 m, ponieważ akacje rosły tam na bardzo rozległym terenie. Ze względu na obfity dzienny wziętek (kwiaty akacji wydzielają duże ilości nektaru) w obliczeniach przyjęliśmy duży udział czasu zużytego przez pszczołę na pobieranie nektaru (70%) i krótki czas trwania lotu pszczoły (30 min.). Z otrzymanych danych wynika, że pszczoły przynosiły do ula wziętek o średniej masie 61,4 mg, a więc ich masa zwiększyła się w porównaniu z momentem wylotu z ula o 77%. Przy tak obfitym wziętku każda pszczoła dostarczyła wielką ilość energii zawartej w cukrach (e_L). Wynosiła ona średnio 663,9 J, ale z niej średnio 45,7 J pszczoły zużyły na cały swój lot. Tak więc ilość uzyskanej energii netto (e_N) wynosiła średnio 618,2 J. Efektywność pracy pszczoł była bardzo wysoka – w przeliczeniu na każdą jednostkę zużytej energii przyniosły one do ula 13,4 jednostki energii w postaci zapasu pokarmu. Ale nie zawsze tak jest, np. w innym okresie odnotowaliśmy także wziętek nektarowy z akacji o stężeniu cukru wynoszącym zaledwie 35%; w takiej sytuacji średnia efektywność zbierania nektaru przez pszczołę przy niezmiennych pozostałych parametrach spadłaby do około 7.

Kolejne badania przeprowadziliśmy trzy tygodnie później na pożytku spadziowym ze świerka, w północnej części Słowacji. Rodzina P3 zbierała spadź, w której stężenie cukru było większe niż w nektarze z akacji zbieranym przez rodzinę poprzednią i wynosiło średnio 69,3%. Ale średnia objętość wziętku była w tym wypadku mniejsza, wynosiła bowiem 37,2 μ l, podczas gdy średnia objętość wziętku z akacji – 45,0 μ l. Pasieka znajdowała się w odległości około 1 km od skraju lasu świerkowego, który był źródłem spadzi. Dlatego przyjęto, że średnia odległość pokonywana przez pszczoły podczas lotu na miejsce zbierania pożytku wynosiła 2000 m. W obliczeniach przyjęliśmy umownie, że udział czasu zużytego przez pszczołę na pobieranie nektaru w całkowitym czasie spędzonym przez nią w lesie świerkowym wynosi 50%, a cały lot pszczoły trwa średnio 50 min. Wyniki obliczeń wskazują, że pszczoły przynosiły do ula wziętek o średniej masie 54,8 mg, a więc ich masa zwiększyła się w porównaniu z momentem wylotu z ula o 68%. Każda pszczoła zebrała więcej energii zawartej w cukrach (e_L) niż na pożytku z akacji, pomimo mniejszej objętości zawartości wola miodowego – średnio 716,5 J. Zbieranie spadzi wymagało jednak większego zużycia energii – pszczoły zużyły na nie średnio 103,8 J, a uzyskana ilość energii netto (e_N) była podobna jak na pożytku z akacji

i wynosiła średnio 612,7 J. Wskutek zwiększenia energii na zbieranie spadzi efektywność pracy pszczoł była w tym wypadku niższa w porównaniu z pracą przy zbieraniu pożytku z akacji – w przeliczeniu na każdą jednostkę zużytej energii przyniosły one do ula 5,9 jednostki energii w postaci zapasu pokarmu.

Omówione badania dotyczyły pożytków obfitych, a więc atrakcyjnych dla pszczoł. Czy zbierają one jednak pożytek również z wyraźnie uboższych źródeł? Odpowiedź dają nam badania przeprowadzone w roku 1983, kiedy w okresie, gdy brakowało pożytku, pszczoły przynosiły do ula pożytek jedynie przez część dnia z oddalonego o 400 m miejsca, w którym rósł nostrzyk biały. Przrosty masy pnia były małe (0,1 – 0,2 kg). Przyczyny tego wyjaśniono dzięki badaniom zawartości woli miodowych pszczoł wracających do ula. Okazało się, że pszczoły z rodziny oznaczonej jako C₁ zbierały bardzo rzadki nektar, w którym średnie stężenie cukru wynosiło 24,6%. Średnia objętość nektaru zebranego przez jedną pszczołę była prawie taka sama jak średnia objętość zebranej spadzi, wynosiła bowiem 37,4 μ l. Pszczoły zebrały w postaci nektaru średnio 226,4 J energii (e_L), a więc wyraźnie mniej niż z obfitych źródeł pożytku w omówionych wcześniej badaniach. Udało im się jednak uzyskać pewną ilość energii netto ($e_N=180$ J) dzięki małemu zużyciu energii na zbieranie nektaru o niskim stężeniu cukru i małej odległości źródła pożytku od ula ($e_s=46,4$ J). W przeliczeniu na każdą jednostkę zużytej energii przyniosły one do ula 3,8 jednostki energii w postaci zapasu pokarmu.

Z naszych badań i obliczeń wynika, że pszczoły zbierają pokarm cukrowy o bardzo różnej wartości energetycznej. Różna bywa też efektywność ich pracy przy zbieraniu pożytku. Gdy nie mają obfitego źródła pożytku, potrafią wykorzystać również ubogie źródło, jeśli nie wiąże się to ze stratami energii. Artykuł ukazuje tylko niektóre aspekty zbierania pożytku przez pszczoły. O ilości zebranego nektaru i ogólnym zbiorze miodu od rodziny decyduje szereg innych czynników, których tutaj nie analizowaliśmy. W celu uzyskania pełnego obrazu wymienimy tylko główne spośród nich: siła rodziny, liczba zbieraczek, które zbierają nektar (lub udział zbieraczek nektaru w ogólnej liczbie pszczoł), odległość wykorzystywanego źródła pożytku, czas trwania lotów w ciągu dnia i liczba lotów na pożytek i z powrotem, zużycie pokarmu zależne głównie od liczby karmionych larw, długowieczność poszczególnych zbieraczek i ich wydajność w ciągu całego życia. Pszczoły miodne nie zbierają jednak pokarmu przypadkowo, tak jak np. trzmiele. Pszczoła miodna podczas zbierania nektaru korzysta z życia gromadnego swojej społeczności. Polega ona na tym, że w rodzinie gromadzone są informacje od pszczoł wywiadowczyń o źródłach pożytku w bliskiej i dalszej okolicy ula oraz o ich obfitości i innych cechach. Kryterium jakości źródła pożytku, jest nie tylko ilość uzyskanej z niego energii lub np. jego odległość od ula, ale właśnie wskaźnik efektywności zbierania z niego pożytku e_N/e_s , który wykorzystaliśmy w naszych obliczeniach. Udowodniono, że pszczoły zachowują się tak, aby stosunek e_N/e_s był możliwie jak największy (Seeley, 1986), a więc zgodnie z modelem maksymalizacji efektywności swojej pracy. Godne podziwu jest to, że w przeciwieństwie do ludzi nie potrzebują do tego żadnych obliczeń ani urządzeń technicznych. ■