

Včely sbírající energii

Květoslav Čermák

Ano, včely sbírají a shromažďují ve svém úlu zásoby potravy. Med si ukládají do plástů jako zdroj energie pro čas potřeby. Podívejme se tedy na sběr medu včelami – létavkami netradičně, z energetického hlediska. Jak efektivní je její práce a na čem efektivnost sběru potravy závisí? Jaké výkony musí včela při sběru odvést? Chová se při tom včela vůbec ekonomicky? Pokud ano, co ji k tomu vede či usměňuje? Takové a podobné otázky nás mohou napadnout. Zkusíme na některé z nich najít odpověď.

Při sběru medu (resp. nektaru nebo medovice) včela shromažďuje potravu ve svém medném váčku, při tom zároveň spotřebovává energii na let a na vlastní sběr potravy. Představu, jak takový let vypadá z energetického hlediska, dává graf na obr. 1. Plná silná čára vyjadřuje množství energie v potravě, kterou včela s sebou nese. Aby dolétla na místo sběru medu (do porostu), určité množství energie na to spotřebovuje (e_1), tu si musí vzít z úlu s sebou. Energii sbírané potravy vyjadřuje úsek od momentu t_1 do t_2 , přičemž plná silná čára je čistý přírůstek energie e_N a přerušovaná čára veškerá energie nasbírané potravy (e_L). Rozdíl je energie, kterou včela průběžně spotřebovává na sběr potravy (e_2). Při návratu do úlu včela spotřebovuje další energii (e_3), která je vyšší než energie spotřebovaná na stejnou vzdálenost při letu na místo



Foto Květoslav Čermák

sběru, protože se vrací těžší o nasbíranou potravu, $e_3 > e_1$.

Na čem závisí a jaké má hodnoty energie spotřebovaná a získaná včelou během celého letu? Spotřebu energie lze odvodit z údaje o výkonu včely bez nákladu za letu: $4,84 \cdot 10^{-4}$ W/mg (Seeley, 1986).

Včela létavka bez nákladu potravy má hmotnost asi 80 mg, za letu tedy podává výkon $3,82 \cdot 10^{-2}$ W.

Podle Schmid-Hempel aj. (1985) na let včely s nákladem se připočítává na každý 1 mg nákladu 0,76 % výkonu navíc. Energetická hodnota cukrů je 16,7 J/mg. Včela létá rychlostí asi 20 km/hod.

Tab. 1 – Akát, 10.20 hod., 12. 6. 1987, Kiarov (jižní Slovensko), včelstvo P5

Včela	c (%)	V (μl)	S (mg)	m_1 (mg)	δ (mg)	e_1 (J)	e_2 (J)	e_N (J)	e_N/e_2
1	62,5	41,4	33,7	137,2	57,2	635,5	44,8	590,7	13,2
2	62,0	44,1	35,6	140,6	60,6	666,4	45,5	620,9	13,6
3	59,0	36,0	27,2	129,3	49,3	523,2	43,1	480,1	11,1
4	65,5	47,7	41,3	146,3	66,3	766,1	46,7	719,4	15,4
5	60,0	49,5	38,3	147,0	67,0	711,7	46,9	664,8	14,2
6	58,0	40,5	30,0	134,8	54,8	569,6	44,3	525,3	11,9
7	57,0	35,1	25,4	127,7	47,7	491,3	42,8	448,5	10,5
8	62,5	40,5	33,0	136,0	56,0	623,0	44,5	578,4	13,0
9	58,0	34,2	25,3	126,8	46,8	490,0	42,6	447,4	10,5
10	62,0	54,0	43,5	153,5	73,5	802,5	48,3	754,3	15,6
11	57,5	61,2	44,8	161,2	81,2	822,5	49,9	772,6	15,5
12	61,5	45,9	36,6	142,8	62,8	684,4	46,0	638,4	13,9
13	58,0	36,0	26,6	129,1	49,1	512,7	43,1	469,7	10,9
14	65,5	46,8	40,6	145,1	65,1	752,9	46,5	706,4	15,2
15	60,0	44,1	34,1	140,0	60,0	640,5	45,4	595,1	13,1
16	60,0	49,5	38,3	147,0	67,0	711,7	46,9	664,8	14,2
17	63,0	58,5	48,2	159,7	79,7	881,6	49,6	832,0	16,8
Průměr	60,7	45,0	35,4	141,4	61,4	663,9	45,7	618,2	13,4

Vzdálenost úlu od porostu = 500 m, doba pobytu létavky mimo úl = 30 minut, hmotnost vylétující včely = 80 mg, podíl času sběru sladiny včelou : času strávenému v porostu = 70 %

Z těchto výchozích údajů lze odvodit celkovou energetickou bilanci včely během jejího letu. Pro výpočty jsou zapotřebí další údaje, které se obtížně dají změřit, proto v konkrétní snůšce použijeme jejich odhad. Je to trvání celého letu včely za potravou; obvykle činí mezi 30 a 60 min. Pro energetickou bilanci je významný také podíl času přeletů včely mezi jednotlivými místy sběru potravy na celkovém času stráveném v porostu (T_2), protože na let včela vydává asi šestkrát vyšší výkon než na chůzi (Seeley, 1986). Tento podíl se odhaduje podle charakteru snůšky – vydatnosti zdroje (jednotlivých míst sběru, např. nektarodámosti květů) ve výši okolo 50 %. Také vzdálenost mezi úlem a místem sběru potravy lze odhadnout, pokud známe zdroj snůšky.

Pro výpočty energetické bilance sběru medu včelami jsme použili vlastní data nasbíraná v několika snůškách. Na česně úlu jsme nacytili asi 20 vracejících se včel bez pylu a usmrtili je kyanovodíkem, který je výhodný v tom, že nezpůsobuje smršťování svalů a tak vyvrhování obsahu medného váčku. Z každé včely jsme potom opatrným stlačováním zadečku mezi dvěma prsty vytlačili obsah medného váčku na sosák a tam sladinu jímali do předem kalibrované skleněné kapiláry. Tak jsme zjistili objem obsahu medného váčku. Potom jsme změřili koncentraci cukrů odebrané sladiny refraktometrem. Z těchto dvou údajů jsme vypočetli další parametry včelou donesené potravy, jako obsah

sušiny, který se téměř shoduje s obsahem cukrů, hmotnost nákladu, hmotnost včely i s nákladem a vyjádřili energii nasbíranou a spotřebovanou během letu včely. Vypočítali jsme také efektivnost práce každé včely při sběru medu jako poměr netto energie ku spotřebované energii během letu (e_N/e_S). Výsledky takto získané od tří včelstev ve třech odlišných snůškách jsou přehledně v tabulkách č. 1, 2 a 3. Pokud se některá včela vracela bez potravy v medném váčku nebo pouze s vodou, nešlo o sběratelku medu a do výsledků jsme ji nezahrnuli. Takových případů však bylo velmi málo, protože šlo o měření v době snůšky.

Včelstvo č. P5 v r. 1987 (tab. 1) sbíralo vysoce hodnotný nektar z akátu, průměrná koncentrace nektaru byla 60,7 %. Ačkoliv bylo umístěno přímo v porostu kvetoucího akátu, předpokládáme průměrnou vzdálenost letu včel na místo sběru nektaru 500 m, protože šlo o velmi rozsáhlý akátový porost. Vzhledem k tomu, že byly vysoké denní přínosy medu do úlů – porost akátů silně medoval, zadali jsme do výpočtu vysoký poměr času stráveného včelou při sání nektaru (70 %) a krátké trvání celého letu včely (30 min.). Z výsledků je zřejmé, že včely přinášely do úlu v průměru náklad o hmotnosti $\delta = 61,4$ mg, tedy jejich hmotnost se proti momentu výletu z úlu zvýšila o 77 %. V tak vydatné snůšce každá včela přinesla velké množství v cukrech obsažené energie – v průměru $e_L = 663,9$ J, z ní však v průměru 45,7 J včely spotřebovaly na svůj celý let, tedy čistý zisk energie činil průměrně $e_N = 618,2$ J. Efektivnost jejich práce byla velmi vysoká, na každou jednotku spotřebované energie včely přinesly do úlu 13,4 jednotek energie v potravě jako zásobu. Ne vždy je tomu tak, např. jsme zaznamenali (v jinou dobu) také přínosy



Včelstvo č. P5 v roce 1987 sbíralo vysoce hodnotný nektar z akátu

nektaru z akátu o koncentraci jen 35 % – v takové situaci by průměrná efektivnost sběru medu včelou při stejných ostatních parametrech klesla na hodnotu asi 7.

Další měření uvádíme ve snůšce odlišného charakteru, a to z medovice na smrku na severu Slovenska o tři týdny později (tab. 2). Včelstvo č. P3 sbíralo medovici ještě více koncentrovanou než byl nektar v předchozí snůšce, průměrná koncentrace byla 69,3 %, průměrný objem donášené sladiny však byl nižší, a to 37,2 μ l (v akátu 45,0 μ l). Stanoviště včelstev bylo asi 1 km od okraje smrkového lesa, jenž poskytoval zdroj medovice, proto předpokládáme průměrnou vzdálenost letu včel na místo sběru 2000 m. Do výpočtu jsme zadali poměr času stráveného včelou při sání nektaru k celkové době strávené v porostu 50 % a trvání celého letu včely průměrně v délce 50 min. Výsledky výpočtů ukazují, že včely při-

nášely do úlu v průměru náklad o hmotnosti $\delta = 54,8$ mg, tedy jejich hmotnost se proti momentu výletu z úlu zvýšila o 68 %. Každá včela nasbírala více v cukrech obsažené energie než v akátové snůšce i navzdory nižšímu objemu sladiny v medných váčkách – v průměru $e_L = 716,5$ J. Sběr medovice však byl energeticky náročnější – z ní včely v průměru spotřebovaly 103,8 J a čistý zisk energie byl podobný jako v akátu – činil průměrně $e_N = 612,7$ J. V důsledku vyšší spotřeby energie na sběr medovice byla efektivnost práce včel nižší proti situaci v akátu – na každou jednotku spotřebované energie včely přinesly do úlu 5,9 jednotek energie v potravě do zásob.

Pozoruhodná je v obou snůškách vysoká vyrovnanost hodnot všech v tabulkách vyčíslených údajů v rámci vzorku 17, resp. 13 včel. Je to dáno tím, že šlo o hlavní snůšku, na kterou se soustředilo prakticky celé včelstvo a tak i nasbíraná potrava a její energetická hodnota byla u jednotlivých včel značně podobná.

Obě předchozí měření byla ze snůšek vydatných a pro včely tedy zajímavých. Sbírají však med i ze zdrojů výrazně slabších? Odpověď nám dá měření z roku 1986, kdy v čase jinak bez snůšky včelstva nosila potravu jen část dne. Průzkumem jsme zjistili, že nosila nektar z blízkého (400 m) nevelkého porostu komonice bílé (*Melilotus alba*). Přírůstky na váze byly nízké, 0,1 až 0,2 kg. Vysvětlení dalo měření obsahu medných váčků do úlů se vracejících včel – viz tab. 3.

Včely z úlu C1 sbíraly velmi řídký nektar, o průměrné koncentraci cukrů 24,6 %, dokonce včela č. 4 nasbírala nektar

Tab. 2 – Medovice na smrku, 10:40 hod., 6. 7. 1987, Závažná Poruba, včelstvo P3

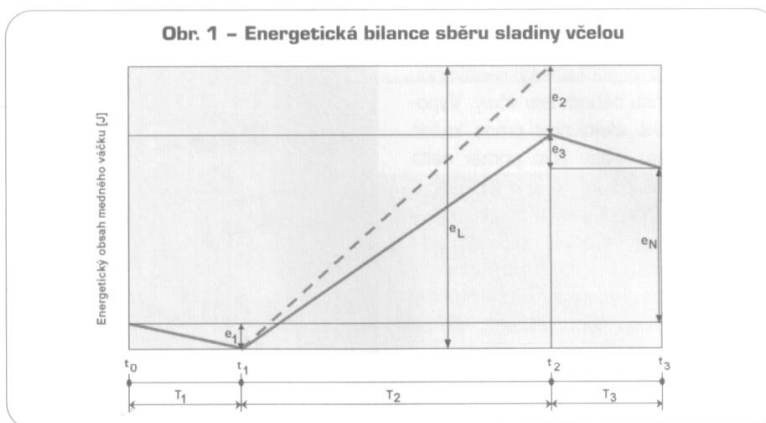
Včela	c (%)	V (μ l)	S (mg)	m ₁ (mg)	δ (mg)	e_L (J)	e_S (J)	e_N (J)	e_N/e_S
1	73,0	35,3	35,4	133,1	53,1	727,8	102,9	624,9	6,1
2	68,0	35,3	32,2	132,0	52,0	669,9	102,3	567,5	5,6
3	65,5	28,7	24,9	122,5	42,5	542,0	97,6	444,4	4,6
4	71,0	32,0	30,9	128,1	48,1	648,8	100,4	548,4	5,5
5	67,0	41,8	37,3	140,5	60,5	760,0	106,7	653,4	6,1
6	72,0	40,2	39,6	139,7	59,7	799,9	106,2	693,7	6,5
7	68,5	43,5	40,0	143,3	63,3	807,1	108,0	699,1	6,5
8	73,0	43,5	43,6	144,6	64,6	870,9	108,7	762,2	7,0
9	70,0	33,6	31,8	130,1	50,1	664,6	101,4	563,2	5,6
10	69,0	36,1	33,5	133,3	53,3	694,2	103,0	591,2	5,7
11	70,5	45,9	43,9	147,1	67,1	875,1	110,0	765,2	7,0
12	66,0	33,6	29,4	129,2	49,2	621,5	101,0	520,5	5,2
13	67,0	33,6	30,0	129,4	49,4	632,1	101,1	531,0	5,2
Průměr	69,3	37,2	34,8	134,8	54,8	716,5	103,8	612,7	5,9

Vzdálenost úlu od porostu = 2000 m, doba pobytu létavky mimo úl = 50 minut, hmotnost vyletující včely = 80 mg, podíl času sběru sladiny včelou : času strávenému v porostu = 50 %

s pouze 12 % obsahem cukrů. Objem nektaru byl v průměru prakticky stejný jako ve snůšce medovice (v tab. 2), tedy 37,4 μl . Včely nasbíraly v nektaru průměrně $e_L = 226,4$ J energie, tedy výrazně méně než na bohatých zdrojích snůšek v předchozích dvou případech. Čistý zisk energie byl v průměru jen $e_N = 149$ J. Protože sběr tak málo koncentrovaného nektaru byl energeticky málo náročný, také díky malé vzdálenosti zdroje od úlu ($e_S = 46,4$ J), byl ještě ziskový ($e_N = 180$ J) a tedy efektivní – vyplatil se v průměru 3,8 krát.

Z uvedených měření a výpočtů vyplývá, že včely sbírají cukernou potravu o velmi různé energetické hodnotě, s velmi rozdílnou efektivností. Pokud nemají bohatý zdroj potravy, jsou schopné využít i málo výhodný zdroj, pokud jeho využívání není ztrátové.

Článek poukazuje jen na některé aspekty sběrací činnosti včel. O množství nasbíraného medu a celkové produkci medu včelstva rozhoduje řada dalších faktorů, vlastností a schopností včelstev, které jsme zde nerozebírali. Kvůli celkové představě jen zmíníme ty hlavní: Početnost včelstva (síla), množství létavek které se věnují sběru medu (nebo podíl sběratelek medu ze všech



Legenda k obrázku:

- e_1 – spotřeba energie při letu včely z úlu na místo sběru sladiny
- e_2 – spotřeba energie po dobu sběru
- e_3 – spotřeba energie při letu z místa sběru do úlu
- $e_1 + e_2 + e_3 = e_S$ – spotřeba energie za dobu letu včely
- e_L – včelou v porostu nasbíraná energie (brutto)
- e_N – čistý zisk energie za dobu letu (netto), $= e_L - e_S$
- t_0, t_1, t_2, t_3 – časové momenty
- T_1, T_2, T_3 – časové úseky:
- T_1 – doba letu včely z úlu na místo sběru
- T_2 – doba sběru sladiny v porostu včetně přeletů mezi jednotlivými místy sběru
- T_3 – doba letu včely zpět do úlu
- plná čára – průběh energetického obsahu medného včáčku včely sběratelek
- přerušovaná čára – průběh sběru energie (brutto)

včel), vzdálenost využívaného zdroje, délka letového dne a počet obrátek každé létavky za den, spotřeba potravy daná hlavně množstvím živých larev,

dlouhověkost a celoživotní výkonnost jednotlivých létavek. Včely létavky ovšem nesbírají potravu ve svém okolí náhodně jako např. čmeláci. Včela medonosná při sběru medu využívá výhody sociálního života jejího společenství a pokud jde o sběr potravy, uplatňuje tzv. strategii informačního centra. Ta spočívá v tom, že ve včelstvu se soustřeďují informace od včel pátraček o zdrojích potravy v blízkém i vzdálenějším okolí úlu, o jejich vydatnosti, resp. výhodnosti a ostatní včely sběratelek tyto informace využívají pro srovnání s výhodností zdroje, který dosud využívaly. Zjistí-li, že se objevil v okolí zdroj potravy výhodnější, mohou se přeorientovat na tento výhodnější zdroj. Kriteřiem výhodnosti zdroje není pouhé množství na něm získané energie nebo např. vzdálenost od úlu, nýbrž právě ukazatel efektivnosti sběru potravy na daném zdroji, který jsme v našich výpočtech použili: e_N/e_S . Je prokázáno, že včely se chovají tak, aby tento poměr byl co nejvyšší (Seeley, 1986), tedy podle modelu maximalizace efektivnosti své práce. Obdivuhodné je, že k tomu na pomoc nepotřebují žádné inženýrské výpočty a techniku jako my lidé.

Tab. 3 – Komonice, 10.20 hod., 30. 6. 1986, Liptovský Hrádok, včelstvo C1

Včela	c (%)	V (μl)	S (mg)	m_t (mg)	δ (mg)	e_t (J)	e_s (J)	e_n (J)	e_n/e_s
1	29,0	30,2	9,8	116,9	36,9	219,5	44,6	174,9	3,9
2	21,5	44,5	10,4	131,8	51,8	229,6	48,1	181,5	3,8
3	26,5	33,6	9,9	120,4	40,4	220,3	45,4	174,8	3,8
4	22,3	42,0	10,2	129,2	49,2	226,2	47,5	178,7	3,8
5	19,0	31,9	6,5	117,8	37,8	160,6	44,8	115,8	2,6
6	19,0	30,2	6,2	115,9	35,9	154,3	44,4	110,0	2,5
7	21,0	56,3	12,8	144,7	64,7	272,9	51,1	221,8	4,3
8	27,5	35,3	10,8	122,5	42,5	236,8	45,9	190,9	4,2
9	13,5	32,8	4,7	118,4	38,4	127,6	45,0	82,6	1,8
10	42,0	30,2	15,0	118,8	38,8	312,9	45,1	267,8	5,9
11	24,5	49,6	13,4	138,0	58,0	281,9	49,5	232,4	4,7
12	31,5	38,6	13,8	126,8	46,8	288,9	46,9	242,0	5,2
13	19,0	42,8	8,8	129,6	49,6	200,6	47,6	153,0	3,2
14	28,5	37,0	11,8	124,5	44,5	254,1	46,4	207,7	4,5
15	41,5	38,6	19,0	128,7	48,7	380,3	47,4	332,9	7,0
16	17,3	16,8	3,1	101,3	21,3	99,0	41,0	58,1	1,4
17	22,0	45,5	10,9	133,0	53,0	238,5	48,4	190,1	3,9
18	17,5	37,8	7,1	124,0	44,0	170,7	46,3	124,4	2,7
Průměr	24,6	37,4	10,2	124,6	44,6	226,4	46,4	180,0	3,8

Vzdálenost úlu od porostu = 400 m, doba pobytu létavky mimo úl = 25 minut, hmotnost vyletující včely = 80 mg, podíl času sběru sladiny včelou : času strávenému v porostu = 50 %

Význam symbolů v tabulkách:

- c – koncentrace včelou přinášené sladiny, %
- V – objem přinášené sladiny, μl
- S – obsah sušiny (cukrů) ve sladině, mg
- m_t – hmotnost včely při skončení sběru sladiny, před návratem do úlu, mg
- δ – přírůstek hmotnosti včely (nákladu sladiny) za dobu sběru, mg
- e_L – včelou nasbíraná energie v porostu, J
- e_S – spotřeba energie včelou při letu do porostu + při sběru sladiny + při návratu do úlu, J
- e_N – čistý zisk energie (netto) během jednoho vyletu pro potravu, J
- e_N/e_S – poměr čistého zisku energie ku vřadajům energie na celý let včely; efektivnost práce včely

Ing. Květoslav Čermák, CSc.
e-mail: vigor@vigorbee.cz