

DOSAŽENÍ MAXIMÁLNÍ DOJIVOSTI PŘI NEVYROVNANÝCH OBSAZÍCH ŽIVIN V SILÁŽOVANÝCH OBJEMNÝCH KRMIVECH V ZIMNÍM OBDOBÍ

V tomto článku řešíme problém sestavení vyrovnané krmné dávky pro dojnice na celé zimní krmné období při kolísajících obsazích živin v jednotlivých jamách s objemným krmivem a při respektování omezenosti zdrojů doplňků krmné dávky. Předpokládáme, že jde o jeden až dva typy objemného krmiva, že současně mohou být otevřeny nejvýše dvě jámy a že při krmení dvěma typy objemného krmiva (siláž-senáž) je v případě nezbytnosti povoleno použití dvojího krmiva stejného typu (např. senáž-senáž). Za těchto předpokladů ukážeme, jak stanovit pořadí otevírání jam a skladbu krmné dávky tak, aby bylo dosaženo maximální užítkovosti na stájový průměr.

Od jiných přístupů (Rous. Stašek 1976, Rohn, Sklenář 1977) se tento postup liší tím, že za daných předpokladů lze matematicky dokázat, že vypočtená užítkovost je maximální možná. Vzhledem k povaze tohoto článku zde postup důkazu jen naznačíme a zájemce o bližší podrobnosti odkazujeme na práci Rohn (1977).

Jelikož lze předpokládat, že zdroje slámy a minerálních přísad jsou s ohledem na potřebná množství prakticky neomezené, zaměřujeme se v dalším pouze na dvě rozhodující živiny, jimiž jsou stravitelné dusíkaté látky (SNL) a škrobová hodnota (ŠH). Normy živin, potřebné k dosažení dojivosti d (v kg) u dojnice s hmotností Q (v tunách) počítáme podle vzorců

$$\begin{aligned} n_{SNL} &= 0,6 Q + 0,0625 d \\ n_{SH} &= 5,0 Q + 0,285 d \end{aligned}$$

Základní myšlenkou našeho postupu je sestavení takového rozpisu pořadí otevírání jam a čerpání z nich, při kterém bude během celého krmného období v denní krmné dávce z objemných krmiv dosaženo zcela vyrovnaného množství SNL a ŠH. Díky tomu bude skladba doplňků krmné dávky stejná po celé zimní krmné období, což umožňuje např. sestavení receptury tvarovaného krmiva, které bude během celého krmného období dodáváno v konstantní dávce. Postup předpokládá výpočet pro stájový průměr; o možnosti rozlišení dojnic podle hmotnosti se zmíníme později.

Vstupními daty úlohy jsou: požadovaná délka krmného období T , počet dojnic D , stájový průměr Q , počet jam s objemným krmivem a u každé z nich typ, obsah základních živin a hmota jámy.

Postup sestavení rozpisu pořadí jam a jejich čerpání je následující:

1. Vypočteme průměrné množství stravitelných dusíkatých látek v objemných krmivech na kus a den (v kg), které označíme P , a průměrné množství škrobové hodnoty v objemných krmivech na kus a den (ve ŠJ), které označíme R , a vypočteme celkový úživný poměr v objemných krmivech $u_0 = \frac{R}{P}$

2. Pro každou jámu vypočteme její úživný poměr $u = \frac{\dot{S}H}{SNL}$ a číslo $k = \frac{P}{SNL}$

kde SNL , $\dot{S}H$ jsou obsahy živin v 1 kg krmiva.

3. Jámy rozdělíme do 4 skupin: do skupiny I dáme jámy, pro které $u < u_0$, do skupiny II jámy s $u > u_0$, do skupiny III jámy s $u = u_0$ a $k \geq 35$, do skupiny IV jámy s $u = u_0$ a $k < 35$ (některá z posledních dvou skupin, popř. obě, nemusí obsahovat žádné jámy).

4. Pořadí jam stanovíme takto:

a) Je-li pro každou jámu číslo $k \leq 35$, je možno jámy v rámci každé skupiny seřadit libovolně. Jde-li o jámy dvou typů, např. siláž-senáž, je vhodné ve skupinách I, III seřadit nejdříve silážní a potom senážní jámy, ve skupinách II, IV naopak nejdříve senážní a potom silážní jámy.

b) Jsou-li některá čísla $k > 35$, seřadíme jámy ve skupinách I, III v pořadí klesání čísla k a jámy ve skupinách II, IV naopak v pořadí růstu čísla k .

5. Nejprve kombinujeme jámy skupin I, II tak, aby byla vždy otevřena jedna jáma skupiny I a jedna jáma skupiny II, přičemž se jámy postupně otvírají v pořadí, uvedeném v bodě 4. Množství na kus a den z jámy skupiny I určíme podle vzorce

$$x_1 = k_1 \frac{u_2 - u_0}{u_2 - u_1}$$

a množství z jámy skupiny II ze vzorce

$$x_2 = k_2 \frac{u_0 - u_1}{u_2 - u_1}$$

kde k_1 , u_1 jsou čísla z bodu 2 pro jámu I, k_2 , u_2 totéž pro jámu II, u_0 celkový úživný poměr z bodu 1.

6. Tímto způsobem se k jistému datu vyčerpají současně skupiny I, II. Dále krmíme kombinacemi jam skupin III, IV, přičemž množství z jámy skupiny III určíme ze vzorce

$$x_3 = 0,5 k_3$$

a z jámy skupiny IV ze vzorce

$$x_4 = 0,5 k_4$$

kde k_3 , k_4 jsou čísla z bodu 2 pro jámy III, IV. Vyčerpá-li se jedna ze skupin, nebo neobsahuje-li některá z nich od začátku žádné jámy, krmíme zbylými jamami jednotlivě podle vzorce

$$x = k$$

7. Po vyčerpání všech jam je dosaženo požadované délky krmeného období T a každá denní krmená dávka objemných krmiv pro 1 dojnici obsahuje SNL v množství P a $\dot{S}H$ v množství R , takže během celého

krmného období je dosaženo vyrovnané dávky těchto živin v objemných krmivech.

K postupu uvedeme několik poznámek. Rozdělení a řazení jam (body 3 a 4) je motivováno požadavkem, aby celkové množství objemného krmiva v žádné krmné dávce nepřekročilo hodnotu 35 kg. Jestliže přesto dojde k tomu, že tato hranice je někde podstatně překročena, pak uvedený postup selhává a výsledek svědčí o příliš nízkém obsahu živin v některých jamách. Jako nejméně vhodné se z hlediska našeho postupu jeví jámy, jejichž číslo k je podstatně větší než 35 a úživný poměr je blízký celkovému úživnému poměru u_0 .

Uvedeme ilustrativní příklad z praxe (podklady dodány o. p. Státní statky Tachov) se 4 silážními a 4 senážními jamami, jejichž ukazatele jsou shrnuty v tab. I (vstupní údaje: $T = 240$ dní, $D = 742$ dojníc, $Q = 0,5$ t). Průměrné množství SNL na kus a den v těchto 8 jamách je

I. Parametry jam ilustrativního příkladu

Číslo	Typ	SNL (kg)	SH (ŠJ)	Hmotnost (t)	k	u
1	SI	0,0244	0,1506	678,2	29,5	6,17
2	SI	0,0237	0,1603	296,1	30,4	6,76
3	SI	0,0280	0,1686	602,0	25,7	6,02
4	SI	0,0314	0,1226	600,0	22,9	3,90
5	SE	0,0319	0,1470	247,0	22,6	4,61
6	SE	0,0233	0,1675	370,8	30,9	7,19
7	SE	0,0543	0,2134	632,0	13,3	3,93
8	SE	0,0320	0,2249	571,1	22,5	7,03

$P = 0,72$ kg, průměrné množství energie na kus a den $R = 3,85$ ŠJ. Hodnoty k, u jsou pro každou jámu uvedeny v posledních dvou sloupcích tab. I. Jelikož $u_0 = 5,35$, patří do skupiny I jámy č. 4, 5, 7, do skupiny II jámy č. 1, 2, 3, 6, 8, skupiny III a IV neobsahují žádné jámy. Protože všechna čísla k jsou menší než 35, seřadíme podle 4a) jámy skupiny I v pořadí 4, 5, 7, jámy skupiny II v pořadí 6, 8, 1, 2, 3. Jednotlivé kombinace těchto jam, hodnoty x_1, x_2 a délky částečných krmných období jsou v tab. II. Celková délka krmného období je 239,7 dne, odchylka 0,3 dne je způsobena zaokrouhlováním při výpočtu. K dosažení vyrovnané dávky bylo zapotřebí ve dvou případech kombinovat jámy stejného typu (5-8, 7-8). K tomuto příkladu se později vrátíme.

O dalších komponentech krmné dávky předpokládáme, že mají konstantní obsah živin a že omezení na jejich zdroje jsou dvojího typu: u jádrného krmiva je povoleno dávkování nejvýše a kg na 1 kg vyrobeného mléka (např. $a = 0,25$ kg), u ostatních zdrojů je dána kapacita a čerpání není vázáno na výši produkce. Pro výpočet maximální vyrovnané doživnosti rozlišíme dva případy:

II. Rozpis čerpání objemných krmiv

Období	Číslo jámy skup. I	Číslo jámy skup. II	x_1 (kg)	x_2 (kg)	$x_1 + x_2$ (kg)	Délka (dny)
1	4	6	12,8	13,6	26,4	36,7
2	4	8	12,3	10,4	22,7	27,6
3	5	8	15,7	6,9	22,6	21,2
4	7	8	7,2	10,3	17,5	32,6
5	7	1	4,9	18,7	23,6	48,9
6	7	2	6,6	15,3	21,9	26,2
7	7	3	4,3	17,5	21,8	46,5

A/ Doplnění krmné dávky bez použití jádra. Jelikož předchozí postup zaručuje vyrovnanou úroveň živin dodávaných objemnými krmivy, je třeba rovněž doplňky krmné dávky rozdělit rovnoměrně, tj. dodat do denní krmné dávky od každého doplňku jeho průměrné množství, které je k dispozici na kus a den. Označíme-li P^* resp. R^* hodnotu P resp. R , zvětšenou o obsah SNL resp. ŠH v doplňkových krmivech v denní krmné dávce, bude užítkovost poskytovaná touto krmnou dávkou maximální možná a rovna

$$d = \min(16P^* - 9,6Q; 3,5R^* - 17,5Q) \quad (1)$$

kde $\min(\dots; \dots)$ znamená menší z obou čísel.

B/ Doplnění krmné dávky s použitím jádra. Předpokládejme, že v 1 kg jádra je obsaženo s kg SNL a h škrobových jednotek a že na 1 kg mléka je povoleno použít maximálně a kg jádra. Nejprve dodáme tak jako v předchozím případě do denní krmné dávky průměrná denní množství nejadrných doplňků a výsledné obsahy SNL, ŠH označíme opět P^* , R^* . Maximální dosažitelná doживost se pak vypočte podle vzorce

$$d = \min\left(\frac{P^* - 0,6Q}{0,0625 - a \cdot s}; \frac{R^* - 5Q}{0,285 - a \cdot h}\right) \quad (2)$$

a dosáhne se doplněním krmné dávky o $y = a \cdot d$ kg jádra.

Ukážeme použití obou vzorců na našem příkladu. Statek má pro $D = 742$ dojnic na $T = 240$ dní k dispozici 142,5 t melasy, což odpovídá průměru 0,8 kg na kus a den, a může použít některou ze směsí DOB, DOG, DOMT maximálně v množství $a = 0,25$ kg na 1 kg mléka. Podle skladby krmné dávky rozlišíme různé případy:

A1. Objemné krmivo bez doplňků. Použijeme vzorce (1) pro $P^* = P = 0,72$, $R^* = R = 3,85$. Vychází $d = 4,7$.

A2. Doplnění pouze melasou. Denní dávka se doplní průměrným množstvím melasy, které činí 0,8 kg, takže vycházíme-li z toho, že obsah SNL v melase činí 0 % a obsah ŠH 41 %, je $P^* = P = 0,72$, $R^* = R + 0,33 = 4,18$ a dosazením do vzorce (1), $d = \min(6,7; 5,9) = 5,9$.

B1. Doplnění pouze jádrem. Např. pro směs DOB s obsahem $s =$

$= 0,138$ kg, $h = 0,55$ ŠH dostáváme podle (2) $d = \min(15,0; 9,2) = 9,2$.
Potřebné množství jádra je 2,3 kg. Výsledky pro DOG a DOMT jsou v tab. III.

B2. Doplnění jádrem a melasou. Zde je opět jako v A2 $P^* = 0,72$, $R^* = 4,18$ a podle vzorce (2) pro DOB je $d = \min(15,0; 11,4) = 11,4$.
Výsledky jsou přehledně shrnuty v tab. III. Nejvyšší dojivost $d = 13,4$ kg se dosáhne doplněním základní denní krmné dávky o 0,8 kg melasy a 3,3 kg DOMT.

Vycházíme-li naopak z daného plánu, který předpokládá denní produkci d kg mléka na dojnici, požadujeme sestavení takové krmné dávky, při které by použité množství jádra bylo minimální. Rozdělíme-li opět nejadrná krmiva během celého krmného období rovnoměrně, bude minimální množství jádra na 1 kg mléko rovno

$$a = \max \left(\frac{0,6Q + 0,0625d - P^*}{s \cdot d}; \frac{5Q + 0,285d - R^*}{h \cdot d} \right) \quad (3)$$

(větší z obou čísel). Výsledky pro náš příklad a dojivost 10 kg jsou v tab. IV.

III. Maximální dojivost při různých doplňcích krmné dávky

Doplňek	Max. dojivost (kg)
—	4,7
melasa	5,9
DOB	9,2
DOG	10,0
DOMT	10,7
DOB + melasa	11,4
DOG + melasa	12,5
DOMT + melasa	13,4

IV. Minimální potřeba jádra na 1 kg mléka při užitkovosti 10 kg

	Bez melasy	S 0,8 kg melasy
DOB	0,27	0,21
DOG	0,25	0,19
DOMT	0,24	0,18

Vraťme se opět k popsanému postupu sestavení krmné dávky, který zaručuje maximální užitkovost. Dosud jsme sledovali jen SNL a ŠH; máme-li sestaveny krmné dávky s ohledem na tyto dvě živiny, provedeme doplnění slámou a minerálními přísadami, aby bylo dosaženo norem sušiny a minerálních látek na vypočtenou maximální užitkovost. Je vhodné dodávat tyto doplňky během celého krmného období v konstantním množství, i za cenu překročení norem v některých částečných krmných obdobích, neboť potom bude receptura doplňků v celém krmném období jednotná a může být podle ní vyrobena tvarovaná vyrovnávací směs.

Dosavadní výpočty byly prováděny pro stájový průměr Q . Předpokládejme nyní, že dojnice jsou rozděleny do více skupin podle své hmotnosti a našim cílem je opět dosažení maximální vyrovnané užitkovosti. Za jistých dodatečných předpokladů se dá ukázat, že vypočteme-li stájový

průměr Q a pro něj použijeme popsané metody, dostaneme maximální užítkovost i pro tento případ, s tím rozdílem, že dávkování jádra pro vypočtenou maximální užítkovost bude u různých skupin dojnic různé, přičemž však bude zaručeno, že v celkovém průměru nebude spotřeba jádra na 1 kg mléka vyšší než povolená hranice a .

Nakonec naznačíme stručně postup odvození uvedených výsledků. Mějme vypočteny průměrné dávky SNL a ŠH v objemných krmivech na kus a den, které jsme označili P , R . Máme-li nyní dvě jámy o obsahích $SNL1$, $ŠH1$ resp. $SNL2$, $ŠH2$ a chceme-li sestavit dávku tak, aby obsahovala přesně P stravitelných dusíkatých látek a R škrobových jednotek, musí pro hledaná množství x_1 , x_2 platit

$$\begin{aligned} SNL1 \cdot x_1 + SNL2 \cdot x_2 &= P \\ ŠH1 \cdot x_1 + ŠH2 \cdot x_2 &= R \end{aligned}$$

Tato soustava má nezáporná řešení x_1 , x_2 jedině když buď $u_1 \leq u_0 \leq u_2$, nebo $u_2 \leq u_0 \leq u_1$. Z toho plyne rozdělení jam do skupin I, II, III, IV (bod 3) a vzorce pro výpočet x_1 , x_2 resp. x_3 , x_4 (bod 5 a 6).

Protože P , R jsou hodnoty na kus a den, vystačí uvedený způsob krmení přesně na T dní. Ze vzorců pro x_1 , x_2 , x_3 , x_4 plyne, že $\min(k_1, k_2) \leq x_1 + x_2 \leq \max(k_1, k_2)$, analogicky pro $x_3 + x_4$, takže je třeba jámy s většími hodnotami k kombinovat s jámami s menšími k . Odvození vzorce (2): použijeme-li pro dojivost d jádro v množství ad , platí

$$\begin{aligned} P^* + ads &\geq 0,6Q + 0,0625d \\ R^* + adh &\geq 5Q + 0,285d \end{aligned}$$

a vypočtením d dostáváme

$$d \leq \min \left(\frac{P^* - 0,6Q}{0,0625 - a \cdot s}; \frac{R^* - 5Q}{0,285 - a \cdot h} \right)$$

takže maximální dojivost je ta, pro kterou nastane rovnost, což je vzorec (2). Podobně se dokáží vzorce (1), (3). Bližší postup důkazu rozveden v práci Rohn (1977).

Metoda nebyla dosud vyzkoušena v praxi, můžeme proto pouze zrekapitulovat její teoretické vlastnosti. Její výhodou je sestavení konstantní receptury doplňků, kterou se dosáhne maximální dojivosti, nevýhodou je možnost zařazení dvou krmiv stejného typu do krmné dávky i v případě, že jsou k dispozici dva typy objemného krmiva. Při sestavování krmné dávky jsme rovněž nepřihlíželi k její stravitelnosti, metodu by však bylo možno v tomto směru upravit.

Literatura

- ROHN, J.: Optimalizace produkce mléka. Ekon.-mat. obzor, 13, 1977, s. 444–450.
 ROHN, J. - SKLENÁŘ, I.: Automatizovaný systém sestavování plánů krmení dojnic. Zeměd. Ekon., 23, 1977, č. 1, s. 49–57.
 ROUS, J. - STÁŠEK, Č.: Centrální řazení výživy skotu v rámci oborového podniku Státní statky Tachov. In: Počítače v živočišné výrobě, sborník 11. mezinárodního symposia, Agroplan 1976, s. 187–199.

Došlo dne 7. 9. 1977

Adresa autora:

Jiří Rohn, matematicko-fyzikální fakulta KU, Malostranské nám. 25, 118 00 Praha 1