

MODELOVÁNÍ RŮSTU VYKRMOVANÝCH PRASAT A VLIV STRESOVÝCH FAKTORŮ NA SPOTŘEBU KRMIVA

L. Novák, L. Zeman, P. Novák, P. Mareš

Došlo: 15. července 2005

Abstract

NOVÁK, L., ZEMAN, L., NOVÁK, P., MAREŠ, P.: *Modeling the pigs body mass growth and the stressing factors impact on the daily feed intake*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 5, pp. 105–116

Modeling the body mass growth in fattened pigs by means of the exponential growth function enables to simulate the growth curve from three constants of the gender's, or the hybrid's combination, represented by their body mass phenotype: body mass at birth (G0) genetic limit of body mass (GLi) and the maximum body mass increase reached in the inflexion of the growth curve (dG max). However the expression of animal's genome to its body mass phenotype depends on the amount and quality of the feed mixture consumed and mainly on the fact how much of the net energy gained remains left for production (NEp), after the mandatory needs of the body maintenance functions are saturated. Only this amount of net energy for production may be deposited into the proteins and fats of the body mass increase (dG/dt). The net energy for production (NEp) is restricted; if a greater amount of net energy gained (NE) is spend, for compensation of the stressors impact (NE stx). The sum of particular stressor's action is expressed by stressor's index (STX) and indicates the proportional increase of net energy (NE) spend for the maintenance requirement of the animal (NEm). This contribution extends, the classic method of modeling the body mass growth, by the simultaneous modeling of the daily feed mixture intake (DFI) with the content of metabolizable energy (SMEF). The daily feed intake is calculated with respect to the impact of stressors on the net energy consumption. The setting of the model automatically increases the amount of the daily feed intake, so that the adequate amount of net energy for production will not be disturbed. The basic equation for the appropriate daily feed intake sounds as follow

$$DFI = (NEp + (STX + 1) \cdot BM) / (0,6 \text{ SMEF}) \text{ [kg/d]}. \quad \text{the } BM = 0,3 \cdot G^{3/4} \text{ [MJ/d]}$$

Details for calculation, of the net energy for production (NEp) from the input values of the body mass phenotype (G0, GLi, dG max), the content of the metabolizable energy in the feed (SMEF) and of the stressors index value (STX), are described. The validation of the method developed has been approved using the experimental data gained in the fattening of 33 pigs, both sexes, of PIC hybrid combination. The animals were fattened with the standard feed mixture TESTA in a controlled condition of stable's climate and appropriate stockbreeder's and veterinary care.

modeling body mass growth, daily feed intake, stressing factors impact, pigs fattening

Fenotyp hmotnosti prasat je projevem exprese genomu zvoleného plemene nebo hybridní kombinace. V předchozím sdělení (Novák, L. et al., 2004), bylo

dokumentováno, že průběh růstu hmotnosti vykrmovaných prasat je charakterizován fenotypem hmotnosti vyjádřeným porodní hmotností, (G0, kg), gene-

tickou limitní hmotností (GLi, kg) odpovídající hmotnosti plemenného standardu a hodnotou maximálního přírůstku (dG max, kg/d) jakého může daný jedinec dosáhnout v oblasti inflexe růstové křivky. Růstová křivka generovaná z uvedených hodnot fenotypu hmotnosti je funkcí plynoucího času. Vliv výživy a stresových faktorů přítomných v použité technologii výkrmu i kvalita ošetřovatelské péče ovlivňují průběh růstu hmotnosti vykrmovaných zvířat. Ve fenotypu hmotnosti se mohou vlivy stresových faktorů projevit snížením standardní hodnoty maximálního dosaženého přírůstku (dG max) nebo při zachování hodnoty maximálního přírůstku (dG max), naopak zvýšením spotřeby krmiva (DSK) oproti ideálním podmínkám prostředí výkrmu. Ovšem rozlišení vlivu měrného obsahu metabolizovatelné energie (MOME) v podávané krmné směsi, denní spotřeby krmiva (DSK, kg/d) a vlivu stresových faktorů charakterizovaných indexem (STX) vyžaduje použití nových metodických přístupů.

V tomto sdělení je naším cílem seznámit vědeckou i odbornou chovatelskou veřejnost s metodou modelování růstu vykrmovaných prasat při současném stanovení nepříznivého vlivu stresových faktorů. Metoda modeluje růstovou křivku z genetické charakteristiky zvířat vyjádřené jejich fenotypem hmotnosti (G0, GLi, dG max) stanoveným ve skutečných podmínkách výkrmu prasat. Novým prvkem je stanovení kvantitativních vztahů mezi denní spotřebou krmiva (DSK, kg/d) s definovaným měrným obsahem metabolizovatelné energie (MOME, MJ/kg) a zvýšením denní spotřeby krmiva působením zátěžových faktorů kvantifikovaných indexem stresorů (STX). Pomocí indexu stresorů (STX) je pak možné vyjádřit množství netto energie (NE, MJ/d), kterou organizmus spotřebovává na vyrovnávání účinku stresorů (NE stx). Tuto ztrátu lze vyjádřit i odpovídajícím množstvím denní spotřeby krmiva (DSK stx), která byla prasaty navíc spotřebována oproti ideálním bezstresovým podmínkám.

MATERIÁL A METODY

Výkrm hybridních prasat vepříků a prasniček byl proveden v pokusné stáji na Školním zemědělském podniku Žabčice. Zvířata byla krmena směsí TESTA – složení viz Tab. I., podávanou v semi ad libitním množství ve formě granulí (velikost 6 mm). Krmná směs měla stálý měrný obsah metabolizovatelné energie (MOME = 13,02 MJ/kg) v podávané krmné směsi při obsahu 88,2 % sušiny. Prasata byla ustá-

jena po čtyřech kusech v kotcích (3,4 x 3,5 m). Průměrná denní spotřeba krmiva byla pro každou skupinu zvlášť vyhodnocována podle protokolových záznamů. Zvířata byla jednotlivě vážena 1x za 14 dní a jejich hmotnosti protokolovány. Funkce technologie větrání a vytápění chovné haly při udržování tepelně vlhkostního klimatu ve stáji byla kontrolována zařízením typu „Černá skříňka“ (L3120, fy COMET CZ), a to v půlhodinových intervalech nepřetržitě během dne i noci.

Pro modelování růstu hmotnosti byly použity rovnice odvozené Novákem v „Samoregulačním modelu růstu“ SMR, (Novák, 1996) a „Biologickém modelu růstu normovaného virtuálního organismu“ BIOM N, (Novák, 2000, 2003a, Novák et al, 2003b, 2004). Princip uvedených metodických přístupů spočívá v tom, že růst hmotnosti těla je simulován jako proces genomem řízené syntézy sušiny proteinů. Vytvořená sušina proteinů na sebe váže minerální látky a vodu. Další složkou modelu je oddělená syntéza lipidů uskutečňovaná z netto energie produkce (NEp) nespotřebované na syntézu sušiny proteinů. Jak patrně na Obr. 1., genomem přímo řízená syntéza proteinů vytváří spolu s minerály a vodou hmotnost těla bez tuku (lean body). Růst sušiny proteinů i sušiny lipidů je závislý na společném zdroji netto energie produkce (NEp, MJ/d), rovnice (1), vznikající z metabolizovatelné energie přijaté ve spotřebovaném krmivu (PME, MJ/d). Z přijaté metabolizovatelné energie obsažené v potravě jsou v cyklu kyseliny citronové uvolněné vodíkové ekvivalenty přenášeny na respirační řetězec, kde z nich za účasti atmosférického kyslíku vznikají molekuly vody. Část energie uvolněné při vzniku molekul vody je ukládána do vysokoenergetických (makroergických) vazeb molekul ATP, zbytek je teplo kalorigenního účinku přijaté potravy, viz schéma Obr. 2. Ze schématu je patrné, že netto energie produkce (NEp) představuje rozdíl mezi metabolizovatelnou energií přijatou v krmné směsi a celkovou produkcí tepla (CPT). Současně je množství netto energie produkce (NEp) spojeno s přírůstkem hmotnosti (dG), vyjádřeném rovnicemi pro normovaný virtuální organizmus (Novák, 2000, 2003a). Sumární rovnice pro přírůstek živé hmotnosti (dG/dt, kg/d) virtuálního normovaného zvířete s průměrným obsahem sušiny proteinů (cPRs, kg/kg žh = 0,16), průměrným obsahem minerálních látek, popelovin (cPop, kg/kg žh = 0,04) a obsahem vody v části těla bez tuku (cVoda, kg/kg žh = 0,8) má tvar

$$dG/dt = NEp. (0,262.(1-G/GLi)+0,026.G/GLi) \quad [kg/d]. \quad (1)$$

Ze vztahů mezi fenotypem hmotnosti a rovníci exponenciální růstové funkce uvedenými v Tab. II vyplývá, že hodnotu přírůstku (dG/dt , kg/d) můžeme jednoznačně stanovit pomocí konstanty specifického

růstu (B) hmotnosti (G_t a GL_i) vypočtené podle věku zvířete rovníci uvedenými v Tab. II. Potom hodnotu netto energie produkce (NEp) potřebnou pro vytvoření přírůstku hmotnosti (dG/dt) určuje rovnice

$$NEp = (dG/dt) / (0,262 \cdot (1 - G/GL_i) + 0,026 \cdot G/GL_i) \quad [MJ/d]. \quad (2)$$

Podle schématu na Obr. 2 z metabolizovatelné energie přijaté z krmné směsi je vytvářena netto energie (NE).

$$NE = \begin{matrix} \text{PŘÍJEM ME} \\ \text{V KRMIVU (PME)} \end{matrix} - \begin{matrix} \text{KALORIGENNÍ} \\ \text{ÚČINKY KRMIVA} \end{matrix} = DSK \cdot MOME - 0,4 \cdot DSK \cdot MOME \quad [MJ/d]. \quad (3)$$

Část netto energie může být využita u rostoucích zvířat k produkci hmoty přírůstku (NEp). Podle schématu pro normovaný virtuální organizmus Obr. 1 a Obr. 2 pak v souladu se strukturou biologického modelu růstu BIOM N (Novák, 2000, 2003) můžeme očekávaná množství netto energie produkce vyjádřit rovníci

$$NEp = \begin{matrix} \text{PŘÍJEM ME} \\ \text{V KRMIVU (PME)} \end{matrix} - \begin{matrix} \text{KALORIGENNÍ} \\ \text{ÚČINKY KRMIVA} \end{matrix} - \begin{matrix} \text{NE pro VITÁLNÍ FUNKCE a} \\ \text{vyrovnávání účinku STRESORŮ} \end{matrix} = DSK \cdot MOME - 0,4 \cdot DSK \cdot MOME - (STX + 1) \cdot BM \quad [MJ/d] \quad (4)$$

$$NEp = \begin{matrix} \text{Netto energie vytvořená} \\ \text{z přijatého krmiva} \end{matrix} - \begin{matrix} \text{NE pro VITÁLNÍ FUNKCE a} \\ \text{vyrovnávání účinku STRESORŮ} \end{matrix} = 0,6 \cdot DSK \cdot MOME - (STX + 1) \cdot BM \quad [MJ/d]. \quad (4a)$$

Netto energie spotřebovaná v biochemických reakcích, při svalové činnosti spojené s výkonem vitálních funkcí nebo spotřebovaná při volní i reflexní svalové činnosti vyvolané působením stresových faktorů je v konečné fázi proměněna na teplo a představuje celkovou produkci tepla vyjádřenou rovníci

$$CPT = 0,4 \cdot DSK \cdot MOME + (STX + 1) \cdot BM \quad [MJ/d] \quad (4b)$$

DSK – denní spotřeba krmné směsi [kg/den], MOME – měrný obsah metabolizovatelné energie v krmné směsi [MJ/kg], STX – index sumy stresových faktorů, BM bazální metabolismus vyjádřený podle Kleibera (Kleiber 1961),

$$BM = 0,3 \cdot G^{3/4} \quad [MJ/d]. \quad (5)$$

Při použití rovnice (4a) denní spotřebu krmné směsi (DSK) virtuálního normovaného zvířete Obr. 1 vyjadřuje rovnice (6):

$$DSK = (NEp + (STX+1) \cdot BM) / (0,6 \cdot MOME) \quad [kg/d]. \quad (6)$$

Jak patrně, množství krmné směsi, kterou musí zvíře zkonsumovat, aby dosáhlo přírůstek hmotnosti odpovídající jeho fenotypu hmotnosti a věku, je dáno výpočtem potřebného množství netto energie produkce (NEp). Tato hodnota je vyjádřena hmotností (G_t) dosaženou ve věku (t , týdnů) a přírůstku (dG/dt) vyjádřeného exponenciální růstovou funkcí (rovnice viz Tab. II). Dosazením hodnoty přírůstku (dG/dt) do rovnice (2) dostaneme požadovanou hodnotu netto energie produkce (NEp) potřebnou pro řešení rovníci

(4a) a (6). Rovnice (2) a rovnice (6) jsou vzájemně provázány hmotností hodnoceného zvířete (G_t), měrným obsahem metabolizovatelné energie v podávané krmné směsi (MOME) a vlivem stresových faktorů (STX). Model je nastaven tak, že pokud se intenzita působení stresových faktorů v daném časovém intervalu zvýší, je zvýšena spotřeba krmné směsi na úroveň potřebnou pro udržení přírůstku hmotnosti zvířete na výši dané výpočtem přírůstku (dG/dt) podle exponenciální růstové funkce, viz Tab. II. Pochopitelně

příjem krmiva může být zvyšován pouze do denního množství podávané krmné směsi, kterou je zvíře schopno maximálně zkonsumovat (DSK max, kg/d). Pokud tato kritická hranice není překročena, mohou zvířata vliv působení stresových faktorů vyrovnávat zvýšením příjmu krmiva při zhoršování jeho spotřeby na kilogram přírůstu.

VÝSLEDKY

Statistické údaje růstu hmotnosti a denní spotřeby podávané krmné směsi vykrmovanými vepřky a prasničkami jsou uvedeny v Tab. III. Výpočty růstu hmotnosti a denní spotřeby krmiva spolu s hodnocením těsnosti vazby mezi experimentálními a modelem vypočtenými hodnotami pak v Tab. IV. Těsnost vazby mezi experimentálními a modelovými hodnotami hmotnosti i spotřeby krmné směsi byla provedena metodikou popsanou v práci (Novák et al., 2004).

Řešení úlohy má dvě fáze. V první fázi pro naměřené hmotnosti růstu prasat stanovit hodnotu maximálního přírůstu (dG max) ve fenotypu hmotnosti modelovaných zvířat tak, aby vypočtená růstová křivka probíhala co nejtěsněji množinou naměřených hmotností. Ve druhé fázi pro měrný obsah metabolizovatelné energie v krmné směsi (MOME) stanovit vliv přítomných stresových faktorů (STX) působících v podmínkách prostředí výkrmu na denní spotřebu krmné směsi (DSK).

Výpočet uvedených hodnot v tabulkovém procesu je znázorněn na Obr. 3. Jak patrně v záhlaví tabulky, jsou umístěny řídicí konstanty, a to interval členění časové osy podle věku zvířat ve výkrmu, hodnoty fenotypu hmotnosti hodnocených zvířat (G_0 , GLi, dG max), dále měrný obsah metabolizovatelné energie v podávané krmné směsi (MOME) a index stresových faktorů, (STX). Pravou část záhlaví pak tvoří vypočtené konstanty exponenciální růstové funkce (a, B, C) odvozené z fenotypu hmotnosti. Dále jsou zde umístěny indexy detekce minimálních odchylek čtverců podílů experimentálních a modelových hodnot hmotnosti sloužící stanovení experimentální hodnoty maximálního dosaženého přírůstu (dG max) a ve druhém řádku záhlaví průměry indexů detekce minimálních odchylek čtverců podílů experimentálních a modelových hodnot denní spotřeby krmiva řízené indexem stresových faktorů (STX). Tabulka v pravé části Obr. 3 obsahuje časový průběh modelem vypočtených hodnot růstu hmotnosti (Gt model, rovnice viz Tab. II), denních přírůstků hmotnosti (dGt model), rovnice viz Tab. II), hodnot netto energie produkce (NEp, podle rovnice (2)). V dalším sloupci jsou modelem vypočtené hodnoty spotřeby krmné směsi, vyjadřující spotřebu krmiva podle modelového výpočtu (DSK mod., kg/d) rovnice (6) a v období experimentu naměřené hodnoty denní spotřeby krmiva (DSK exp.) odpovídající časovým intervalům věku zvířat (věk,

týdny). V posledních dvou sloupcích jsou pak modelem vypočtené hodnoty kumulované spotřeby krmiva (CSK mod) a modelový výpočet spotřeby krmné směsi na kilogram přírůstu hmotnosti modelovaných prasat (FCR mod).

Graf na levé straně Obr. 3 dokumentuje skutečnost, že exponenciální růstová funkce řízená fenotypem hmotnosti s hodnotami $G_0=1,5\text{kg}$, $GLi=220\text{kg}$, $dG\text{ max}=0,910\text{ kg/den}$, modeluje růst hmotnosti (růžová křivka Gt model), která má velmi těsnou vazbu na experimentálně stanovené průměrné hodnoty růstu pokusných prasat ve výkrmu (červená čtverce G exp.). Podobně modelem vypočtená křivka denní spotřeby krmné směsi (tmavomodrá křivka DSK model) vykazuje v celém průběhu velmi dobrou vazbu s naměřenými hodnotami průměrné denní spotřeby krmné směsi (tmavomodré diamanty DSK exp.). Pro ilustraci jsou dále uvedeny křivky modelového průběhu denních přírůstků hmotnosti (světle modrá křivka dGt model) spolu s experimentálně stanovenými hodnotami denních přírůstků hmotnosti (světle modré kroužky DSK exp.) a křivka průměrné spotřeby krmné směsi na kg přírůstu (červená křivka, FCR mod.) a její těsná vazba na experimentálně stanovené hodnoty konverze krmiva (FCR exp. červené kroužky).

DISKUSE

Růst hmotnosti je dynamický proces probíhající v plynoucím čase, ale přímo závislý nikoli na plynoucím čase, nýbrž na příjmu metabolizovatelné energie v potravě a na tom, kolik netto energie (NE), energie zachycené v makroergických vazbách molekul adenosintrifosfátu ATP, zbude po její spotřebě na svalovou činnost spojenou se zachovou jedince v daných podmínkách výživy a prostředí Obr. 2. Pouze tento zůstatek netto energie (NE) označované jako netto energie produkce (NEp) je pak ukládán v sušině proteinů a lipidů přírůstu podle stupně hmotnostní zralosti zvířete. Teplo uvolněné při všech biochemických reakcích v těle je zahrnuto v celkové produkci tepla (CPT).

Samotná exponenciální funkce růstu hmotnosti nedovoluje přímo vyjádřit závislost růstu hmotnosti na příjmu krmné směsi ani rušivý vliv stresových faktorů. Poznatky z biologického modelu růstu normovaného virtuálního organismu (Novák, 2000, 2003a) spolu s respektováním biofyzikálních i fyziologických vztahů organismu a prostředí se osvědčily. Jejich použití umožňuje vytvořit nový metodický přístup pro vyjádření kvantitativní závislosti mezi množstvím spotřebovaného krmiva (DSK) a transformací v něm obsažené metabolizovatelné energie (PME) na netto energii produkce (NEp), rovnice (4a) a celkovou produkcí tepla (CPT), rovnice (4b). Pokud růst hmotnosti organismu probíhá podle exponenciální

růstové funkce (Gt), viz rovnice v Tab. II, je potřebné množství netto energie produkce (NEp) pro vytvoření přírůstku (dG/dt) vyjádřeno rovnicí (2). Ovšem množství netto energie produkce (NEp), které bude k dispozici, záleží na současné spotřebě netto energie pro záchovu organismu představovanou celkovou produkcí tepla (CPT), Obr. 2, rovnice (4b). Proměnnou veličinou, která v rovnici (4b) ovlivňuje celkovou produkci tepla, je suma stresových faktorů vyjádřená indexem (STX). Pokud bude mít rostoucí organismus k dispozici množství krmné směsi (DSK) podle rovnice (6) a bude schopen toto množství denně zkonsumovat, může vyrovnávat vliv přítomných stresových faktorů zvyšováním denní spotřeby krmné směsi. Ovšem tím je současně zhoršován poměr spotřeby krmné směsi na kilogram přírůstku. Modelový výpočet je nastaven tak, aby nepříznivý vliv působení stresových faktorů byl kompenzován zvýšením příjmu krmiva (DSK mod.). Minimální hodnoty čtvercových odchylek živé hmotnosti i minimální hodnoty čtvercových odchylek spotřeby krmné směsi jsou uvedeny v pravé části záhlaví tabulky na Obr. 3 a v Tab. IV. Těsná vazba vypočtených a naměřených hodnot spotřeby krmné směsi na kilogram přírůstku živé hmotnosti (FCR) svědčí o příznivých podmínkách ustájení, výživy i ošetrovatelské péče prasat během výkrmu, Tab. III.

V modelu je souhrn vlivu stresorů vyjádřen indexem sumy stresových faktorů (STX). Při evidenci spotřeby krmiva a kontrole růstu hmotnosti vykrmovaných zvířat lze popsaným modelem kvantifikovat ztráty vyvolané zátěžovými faktory prostředí a identifikovat jejich intenzitu již v průběhu výkrmu. Popsaná interpretace výpočtu netto energie (NE) z přijatého množství krmné směsi a její dělení na netto energii, spotřebovanou na záchovu (NEm) a netto energii produkce (NEp) pro tvorbu přírůstku je v souladu s názory Kleibera (1961, s. 266–281) který interpretuje definici Armsbyho (Armsby, Fries 1915, Armsby 1922 s. 272): „Netto energie je část metabolizovatelné energie, která zbývá po odečtení kalori-

genního účinku přijaté potravy od metabolizovatelné energie“. Při přepočtu výsledků Armsbyho pokusů Kleiber (1961) stanovil, že netto energie (NE) vzniká z přijaté metabolizovatelné energie (PME) s účinností 54–55 %. Podobně Karlson (1981, s. 429–430) uvádí pro vznik makroergických vazeb v molekulách ATP, při oxidační fosforylaci na respiračním řetězci, účinnost tvorby ATP v rozmezí 55 % ($\pm 5\%$), zbývajících 45% ($\pm 5\%$) pak označuje jako kalorigenní účinek potravy. Je tedy zřejmé, že koncepci netto energie můžeme dnes u teplotněvých savců ztotožnit s existencí makroergických vazeb ATP, jako jediné formy energie využitelné pro všechny biochemické reakce v organismu. Energie ATP je využívána nejen pro biosyntézu proteinů, lipidů a glycidů, ale hlavně jako zdroj energie pro všechny formy svalové činnosti výrazně ovlivňované různými stresory. V konečné fázi je tato část energie ATP, pokud nebyla uložena v přírůstku, proměněna na teplo, které spolu s kalorigenním účinkem přijatého krmiva je součástí celkové produkce tepla (CPT), viz rovnice (4b). V popsaném dynamickém modelu růstu je rozdělování přijaté metabolizovatelné energie (PME=DSK.MOME) využito pro stanovení spotřeby denního množství krmné směsi (DSK) i pro vyjádření účinku prostředí na spotřebu krmné směsi podle růstu vykrmovaných zvířat a intenzity vlivu stresorů (STX). Hodnocení je založeno na přímém měření, hmotnosti zvířat (Gt), spotřebě krmné směsi a jejím měrném obsahu metabolizovatelné energie (MOME) a je v souladu s terminologií používanou ve výživě zvířat (Zelenka, 1981; s. 98–101). Jak ukazují předložené výsledky, tyto vztahy dovolují modelování průběhu růstu hmotnosti i racionální kontrolu nepříznivého působení stresorů (STX) ovlivňujících průběh výkrmu zvoleného plemene, nebo hybridní kombinace prasat v podmínkách použité technologie a působení místních, nebo sezonních klimatických podmínek, Rožnovský, 2004; Novák, P. et al. (2004a, 2004b, Šlégerová et al., 2004c), Zeman et al., 2004).

I: Složení směsi a obsah živin v 1 kg podávané krmné směsi; obsah sušiny 88,2 %

Živiny			Minerální látky			Vitaminy		
Komponenta	Měrná jednotka	Obsah %	Komponenta	Měrná jednotka	Obsah	Komponenta	Měrná jednotka	Obsah %
Pšenice		36,0	Ca	g/kg	10,8	Vitamin A	tis. m.j.	12,5
Ječmen		35,0	P	g/kg	8,3	Vitamin D	tis. m.j.	2,7
Sojový extrahovaný šrot		24,5	Na	g/kg	1,8	Vitamin E	mg/kg	50
Premix Testa M		4,5	Mg	g/kg	0,7	Vitamin K	mg/kg	2,5
Celkem		100	NaCl	g/kg	0,4			
						Vitamin B ₁	mg/kg	4
ME p	MJ/kg	13,02	Cu	mg/kg	25	Vitamin B ₂	mg/kg	5
N-látky	g/kg	187	Mn	mg/kg	90	Vitamin B ₆	mg/kg	3
Lysin	g/kg	11,1	Zn	mg/kg	110	Vitamin B ₁₂	mg/kg	0,045
Met	g/kg	3,3	I	mg/kg	0,4	Biotin	mg/kg	0,2
Met + Cys	g/kg	6,7	Co	mg/kg	0,5	Niacin	mg/kg	20
Thr	g/kg	7,5	Se	mg/kg	0,3	Kyselina listová	mg/kg	0,4
						Kyselina pantotenová	mg/kg	25
						Cholin	mg/kg	1100

II: Vzorce pro výpočet přírůstku hmotnosti (dG) pomocí exponenciální růstové funkce z fenotypu hmotnosti daného hodnotami G₀, G_{Li}, dG max.

Fenotyp hmotnosti	G ₀	G _{Li}	dG max
Konstanty E. funkce	a	B	C
Vztah k fenotypu	B · ln(G _{Li})	e · dGmax / G _{Li}	ln(G _{Li} /G)
Růst hmotnosti	$G_t = G_{Li} \cdot \exp(-C \cdot \exp(-B \cdot t))$		
Přírůstek	$dG = G_t \cdot B \cdot \ln(G_{Li}/G_t) \cdot dt$		

III: Růst živé hmotnosti, spotřeba a konverze krmiva skupiny vykrmovaných vepřů a prasnic. Žabčice 2003. Skupina A (data Zeman, Mareš)

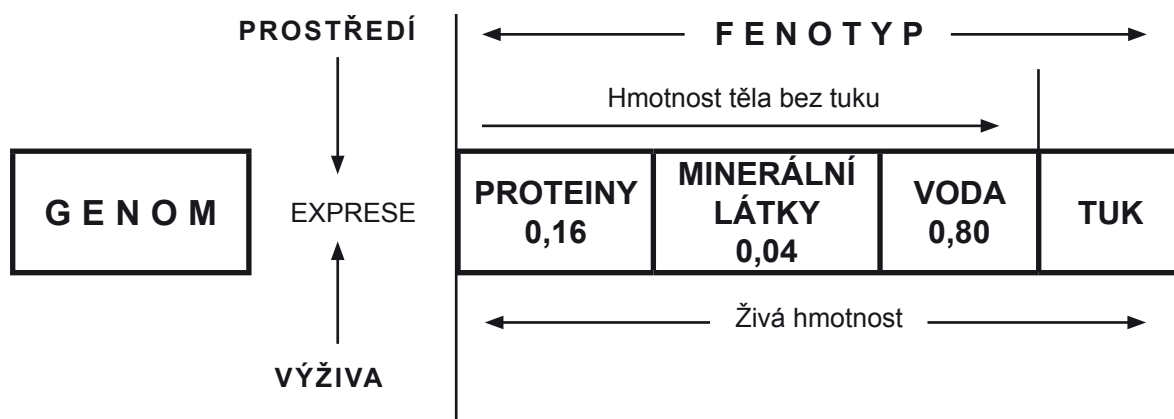
Věk		Růst živé hmotnosti			Denní spotřeba krmiva			Konverze krmiva
týdny	dny	kg		n	kg/d		n	kg/kg žh
		G exper	±SD		DSK exp	±SD		
6	41	10,1	1,289	33				
8	58	16,6	1,939	33				
10	71	23,3	2,413	33	1	0	32	
11	77	26,4	3,051	33	1,1	0	32	2,032
13	91	36,5	3,742	33	1,446	0,094	32	1,837
15	107	49,1	5,300	32	1,571	0,096	32	1,871
18	125	64,1	6,574	32	2,185	0,114	32	2,015
22	153	90,9	8,400	32	2,635	0,158	32	2,215

IV: Hodnocení těsnosti vazby mezi experimentálními hmotnostmi (*G exp.*) a modelem vypočtenými hmotnostmi (*G mod.*), dále mezi denní spotřebou krmiva skutečnou (*DSK exp.*) a spotřebou krmiva vypočtenou modelem (*DSK mod.*), nezbytnou pro přírůstky hmotnosti v prostředí zatíženém hodnotou stresových faktorů (*STX*)

Věk		Růst řivé hmotnosti			Denní spotřeba krmiva		
týdny	dny	kg		Residua % prům.	kg/d		Residua % prům.
		G exper	G model		DSK exp	DSK mod	
6	41	10,1	9,5	0,394			
8	58	16,6	16,4	0,020			
10	71	23,3	23,3	0,000	1	1,050	0,228
11	77	26,4	27,0	0,040	1,1	1,123	0,040
13	91	36,5	36,6	0,002	1,446	1,299	1,292
15	107	49,1	49,2	0,000	1,571	1,523	0,101
18	125	64,1	64,7	0,011	2,185	1,791	4,834
22	153	90,9	90,1	0,008	2,635	2,198	3,948
		Průměr			Průměr		
		0,059			1,740		

V: Tabulka zkratk použitých v textu

G0	Porodní hmotnost
GLi	Genetická limita hmotnosti, plemenný standard
dG max	Maximální přírůstek v oblasti inflexe růstové křivky
NE	Netto energie; Energie uložená v molekulách ATP
NEp	Část netto energie uložené v proteinech a lipidech přírůstku
NEm	Netto energie pro záchovu (maintenance)
dG/dt	Přírůstek hmotnosti ve zvoleném intervalu; den, týden
STX	Index přítomných stresových faktorů
MOME; SMEF	Měrný obsah metabolizovatelné energie v kilogramu podávané směsi
DSK; DFI	Denní množství spotřebovaného krmiva [kg/d]
BM	Bazální metabolismus
PME	Metabolizovatelná energie přijatá v krmivu
ATP	Adenosintrifosfát
cPRs	Hmotnostní zlomek sušiny proteinů v těle bez tuku (lean body)
cPop	Hmotnostní zlomek obsahu popelovin v těle bez tuku
cVoda	Hmotnostní zlomek obsahu vody v těle bez tuku
CPT	Celková produkce tepla
DSK max	Maximální množství spotřebované krmné směsi za den [kg/d]
CSK	Celková kumulovaná spotřeba krmiva [kg]
FCR	Spotřeba krmné směsi na kilogram přírůstku (Feed Conversion Ratio)

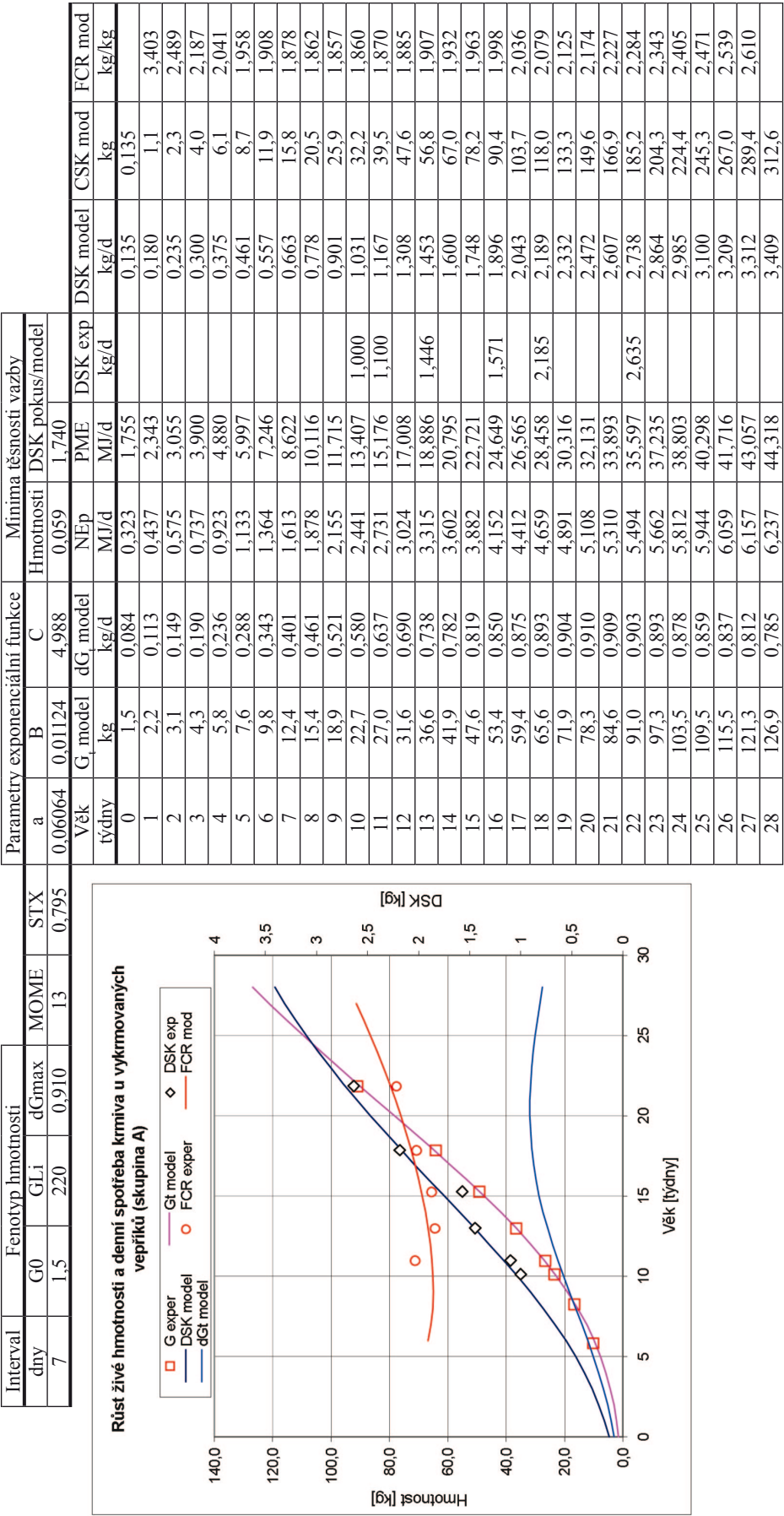


1: Schéma exprese genomu na fenotyp hmotnosti normovaného virtuálního organismu
(Čísla v blocích: hmotnostní zlomky koncentrace komponenty v hmotě těla bez tuku)

METABOLIZOVATELNÁ ENERGIE PŘIJATÁ V POTRAVĚ		
NETTO ENERGIE		KALORIGENNÍ ÚČINEK POTRAVY
NETTO ENERGIE PRO PRODUKCI	STX	BAZÁLNÍ METABOLIZMUS
	NETTO ENERGIE PRO ZÁCHOVU CHOD BIOCHEMICKÝCH REAKCÍ, VITÁLNÍCH FUNKCÍ A SVALOVÁ PRÁCE	
NETTO ENERGIE ULOŽENÁ V PRODUKTU	SPOTŘEBA METABOLIZOVATELNÉ ENERGIE PRO ZÁCHOVU	
	CELKOVÁ PRODUKCE TEPLA	

2: Schéma etap rozdělení přijaté metabolizovatelné energie v organismu
(STX – index stresových faktorů představuje ztráty v % bazálního metabolismu)

VÝPOČET RŮSTU VYKRMOVANÝCH VEPŘÍKŮ Z JEJICH FENOTYPU HMOTNOSTI A HUSTOTY METAOLIZOVATELNÉ ENERGIE V PODÁVANÉM KRMIVU OVLIVNĚNÝ SUMÁRNÍMI ÚČINKY STRESOVÝCH FAKTORŮ VYJÁDRĚNÝMI INDEXEM STX



3: Růst živé hmotnosti, denní spotřeba krmiva a spotřeba krmiva na kg přírůsku. Schéma rozmístění řídících vstupních hodnot fenotypu hmotnosti, měrného obsahu metabolizovatelné energie krmné směsi a indexu STX. Vypočtené hodnoty konstant exponenciální růstové funkce, simulované hodnoty růstu hmotnosti modelového organismu a spotřeby krmné směsi. Grafické porovnání experimentálních dat s jejich modelovým výpočtem v tabulkovém procesoru Microsoft Excel.

SOUHRN

Modelování růstu hmotnosti vykrmovaných prasat s použitím exponenciální růstové funkce umožňuje simulovat růst živé hmotnosti ze tří hodnot fenotypu hmotnosti daného plemene nebo hybridní kombinace zvířat hodnoceného turnusu. Ovšem exprese genomu zvířete na jeho fenotyp hmotnosti závisí na množství a kvalitě zkonsumované krmné směsi a na tom, jaké množství netto energie produkce (NEp) bude k dispozici pro růst zvířat poté, co z vytvořené netto energie (NE) je její část spotřebována na zachovu (NEm), představovanou využitím netto energie (NE) pro bazální metabolismus a volní i reflexní svalovou práci vykonanou při vyrovnání účinku stresových faktorů. V tomto sdělení je klasická metoda modelování růstu hmotnosti vykrmovaných prasat rozšířena na současnou simulaci denního množství konzumované krmné směsi (DSK) se známým měrným obsahem metabolizovatelné energie (MOME). Vypočtená hodnota denního příjmu krmné směsi (DSK) je složena z množství potřebného pro vytvoření náležitého přírůstku hmotnosti podle exponenciální růstové funkce v prostředí stále zatíženém sumární hodnotou stresových faktorů, (STX). Pro výpočet denní spotřeby krmné směsi byla odvozena rovnice

$$DSK = (NEp + (STX+1) \cdot BM) / (0,6 \cdot MOME) \quad [kg/d], \quad BM=0,3 \cdot G^{3/4} \quad [MJ/d].$$

V práci je popsáno řešení této rovnice ze vstupních hodnot fenotypu hmotnosti (G0, Gli, dGmax), měrného obsahu metabolizovatelné energie v podávané krmné směsi (MOME) a vlivu všech přítomných stresových faktorů vyjádřených indexem (STX). Je prezentováno ověření použité metody na modelování růstu hmotnosti a spotřeby krmné směsi při výkrmu 33 vepřů a prasniček hybridní kombinace PIC, krmných standardní směsí TESTA v kontrolovaných podmínkách klimatu stáje a dobré úrovni ošetrovatelské i veterinární péče.

modelování růstu prasat, denní příjem krmiva, vliv stresorů, výkrm prasat

LITERATURA

- ARMSBY, H. P., FRIES F. A.: Net Energy of Feeding Stuff s for Cattle, J. Agr. Research, 1915, 3, 435–491.
- ARMSBY, H. P.: Nutrition of Farm Animals, The Mc. Millan Co. New York 1922.
- KARLSON, P.: Základy biochemie, Academia, Praha 1981.
- KLEIBER, M.: The Fire of Life. John Willey, New York, London, 1961.
- NOVÁK, L.: Self-regulating growth model in homoiotermis (SGM). Acta Vet. Brno, 1996, 65: 107–114.
- NOVÁK, L.: Modeling the growth of homeotherms and the perspectives of its use in the regulation of the nourishment and the optimization of the environmental conditions. Workshop „Animal Environment Interaction“ VFU Brno 30. October 2000, p. 36–42.
- NOVÁK, L.: The growth of farm animals simulated by the biologic model of growth. Tagungsband 2, BOKU Symposium Tierernährung 2. October 2003 Wien, 2003a, pp. 84–89.
- NOVÁK, L., ZEMAN, L., NOVÁK, P., MAREŠ, P.: Homogenita fenotypu vykrmovaných prasat a metodika jejího stanovení. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. 2004, LII, No 2, 53–64.
- NOVÁK, P., NOVÁK, L., KNÍŽKOVÁ, I., KUNC, P.: Vliv prostředí stáji na termoregulaci skotu. Aktuální otázky bioklimatologie zvířat ČHMU Brno, 16. prosince 2004a, s. 29–33. ISBN 80-86454-56-8.
- NOVÁK, P., VOKŘÁLOVÁ, J.: Vliv teploty v průběhu roku na mléčnou produkci dojníc. Aktuální otázky bioklimatologie zvířat ČHMU Brno, 16. prosince 2004b, s. 34–37. ISBN 80-86454-56-8.
- NOVÁK, L., NOVÁK, P., ZEMAN, L.: Význam výživy, prostředí, ošetrovatelské a veterinární péče pro rozvoj živočišné výroby. V. Kábrtovy dietetické dny, 23. ledna 2003. Konference s mezinárodní účastí konané u příležitosti 100. výročí narození Prof. MVDr. Jaroslava Kábrty, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2003b, s. 92–95. ISBN 807305-454-X.
- ROŽNOVSKÝ, J.: Proměnlivost počasí v r. 2003 a 2004. Aktuální otázky bioklimatologie zvířat ČHMU Brno, 16. prosince 2004, s. 40–44. ISBN 80-86454-56-8.
- ŠLÉGEROVÁ, S., ODEHNAL, J., NOVÁK, P.: Podmienky maštalného prostredia v jalovárni ošípaných vo vzťahu k vybraným parametrom. Aktuální otázky bioklimatologie zvířat ČHMU Brno, 16. prosince 2004, s. 52–56. ISBN 80-86454-56-8.
- ZELENKA, J.: Výpočet energetické hodnoty krmiva (s. 90–101) in Kráčmar S. a kol.: Výživa hospodář-

- ských zvířat (Návody do cvičení). Vysoká škola zemědělská v Brně, 1981.
- ZEMAN, L., NOVÁK, P., NOVÁK, L., MAREŠ, P.: Výkrm prasat a změny tepelně vlhkostního klimatu ve stáji. Aktuální otázky bioklimatologie zvířat ČHMU Brno, 16. prosince 2004, s. 85–88. ISBN 80-86454-56-8.

Adresa

Prof. MUDr. Ludvík Novák, DrSc., Srbská 15a, 612 00 Brno, Česká republika, Prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc., Ing. Petr Mareš, Ústav výživy zvířat a pícninářství, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, Doc. MVDr. Pavel Novák, CSc., Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Palackého 1/3, 612 42 Brno, Česká republika

