



CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Predikce parametrů charakterizujících bachorovou degradaci sušiny u travních siláží

Autoři

Ing. Filip Jančík, Ph.D.

Ing. Petr Homolka, Ph.D.

Ing. Veronika Koukolová, Ph.D.

Oponenti

prof. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc.

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Ústav výživy zvířat a pícninářství

Ing. Juraj Saksún

Ministerstvo zemědělství České republiky

Odbor živočišných komodit

Metodika vznikla jako součást řešení výzkumného záměru

MZE0002701404.

ISBN 978-80-7403-054-3

10078

Ministerstvo zemědělství České republiky
Těšnov 17
117 05 Praha 1

v y d á v á

OSVĚDČENÍ

č. 17210/2010 - 4

o uznání uplatněné certifikované metodiky
v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“

Predikce parametrů charakterizujících bachorovou degradaci sušiny u travních siláží

*Ing. Filip Jančík, Ph.D., Ing. Petr Homolka, Ph.D.,
Ing. Veronika Koukolová, Ph.D.*

*Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves
ISBN 978-80-7403-054-3*

Vypracované v rámci výzkumného záměru
MZE 0002701404

V Praze dne 21. července 2010

Ing. Jiří Machek
ředitel odboru
živočišných komodit 17 210



.....


OBSAH

| | |
|---|-----------|
| I. Cíl metodiky | 4 |
| II. Vlastní popis metodiky | 4 |
| Úvod | 4 |
| Experimentální část metodiky | 6 |
| Popis a hodnocení vypočtených predikčních rovnic | 8 |
| Tabulky | 10 |
| Závěr | 17 |
| III. Srovnání „novosti postupů“ | 18 |
| IV. Popis uplatnění certifikované metodiky | 18 |
| V. Seznam použité související literatury | 19 |
| VI. Seznam publikací, které předcházely metodice | 22 |
| Seznam použitých zkratk | 23 |

I. Cíl metodiky

Cílem této metodiky je poskytnout uživatelům metodiky rovnice umožňující predikovat u travních siláží jednotlivé parametry degradovatelnosti sušiny, bez nutnosti používání nákladných *in vivo*, *in situ* a *in vitro* metod.

II. Vlastní popis metodiky

- Úvod
- Experimentální část metodiky
- Popis a hodnocení vypočtených predikčních rovnic
- Tabulky
- Závěr

Úvod

Travní siláže jsou jednou z nejdůležitějších forem konzervovaných krmiv užívaných ve výživě přežvýkavců v mnoha evropských zemích (Dawson et al., 2002). Výživná hodnota siláží i sena je vysoce ovlivňována druhovou a také odrudovou skladbou čerstvé píce (Pozdíšek et al., 2003). Výše degradovatelnosti živin v bachoru přežvýkavců je ovlivňována celou řadou různých faktorů, zejména růstovou fází, travním druhem, odrudou, podmínkami prostředí a způsobem (metodou) konzervace píce (Hoffman et al., 1993; Komprda et al., 1996; Macháčová et al., 1998; Elizalde et al., 1999).

Bojínek luční, srha laločnatá, kostřava rákosovitá a jílek vytrvalý patří mezi nejčastěji pěstované travní druhy nejen v České republice, ale také ve státech Evropské unie, Kanadě a USA (Hoffman et al., 1993; Hetta et al., 2004; Jančík et al., 2008a). Travní hybridy (zejména hybridy založené na křížení kostřav a jílků) jsou plnohodnotné trávy, v českém zemědělství často využívané (Pozdíšek et al., 2003; Jančík et al., 2008a).

Bacherová degradovatelnost sušiny objemných krmiv je jednou z klíčových hodnot pro systém hodnocení krmiv přežvýkavců. Rychlost a výše fermentace sušiny v bacheru jsou velmi důležité ukazatele absorpce živin přežvýkavci (Kamalak et al., 2005). *In sacco* (*in situ*) analýzy jsou základní a nejčastěji využívané metody stanovení parametrů degradovatelnosti sušiny, organické hmoty, dusíkatých látek, vlákniny, minerálů a dalších živin obsažených v krmivech (Van Vuuren et al., 1991; Tománková a Kopečný, 1995; Čerešňáková et al., 2000, 2007; Homolka et al., 2002, 2007, 2008; Jančík et al., 2008a).

Dalšími možnostmi stanovení degradovatelnosti či stravitelnosti krmiv je využívání *in vitro* metod, jako jsou například plynová produkce (Pozdíšek a Vaculová, 2008; Jalč et al., 2009), pepsin celulóza rozpustnost (Nousiainen et al., 2003) a další (López et al., 1998; Koukolová et al., 2004).

Bohužel, tyto metody jsou finančně a časově náročné a závislé na potřebě experimentálních zvířat, drahých chemikálií a komerčních enzymů. Z těchto důvodů je nezbytné používat a rozvíjet jednodušší způsoby stanovení parametrů degradovatelnosti. Jedním z nejjednodušších způsobů je použití predikčních rovnic (respektive predikce) degradovatelnosti živin, využívajících živin stanovených běžnými chemickými analýzami krmiv (Nousiainen et al., 2003; Huhtanen et al., 2006; Jančík et al., 2008a).

Vzájemná vazba mezi degradovatelností a chemickým složením pícnin byla popsána v mnoha literárních zdrojích (Tamminga et al., 1991, Waters a Givens, 1992). Například podle Hoffmana et al. (1993) a Von Keyserlingka et al. (1996) vzrůstající koncentrace dusíkatých látek (NL) pozitivně ovlivňuje bacherovou degradovatelnost, a naopak vzrůstající obsah neutrálně detergentní vlákniny (NDF) má vliv negativní. Na základě informací o bacherové degradovatelnosti krmiv je možné vytvořit rovnice, které jsou určeny pro jednotlivá krmiva, různě konzervovaná a také pro pícniny pěstované v různých specifických podmínkách prostředí.

Hodnoty stravitelnosti měřené chemickými a biologickými metodami se mohou v různých zemích lišit pro různé travní druhy používané pro silážování (Huhtanen et al., 2006).

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST METODIKY

MATERIÁL A METODIKA

1. Pokusný materiál

Testovaným materiálem pro tuto metodiku byly čtyři druhy trav (srha laločnatá - Dana, bojínek luční - Sobol, jlék vytrvalý - Jaspis, kostřava rákosovitá - Prolate) a jeden travní hybrid (Felina). Trávy byly sklizeny v letech 2004 a 2005 jako první seč monokulturních porostů. Pokusné parcely byly vysety 23. 6. 2003 v nadmořské výšce 620 m. n. m., půdní typ hnědá půda. Před setím bylo hnojeno 300 kg NPK 15-15-15/ha a dva měsíce po vysetí 180 kg LAV/ha. Následně bylo každý rok hnojeno před 1. sečí 65 kg N/ha a po 1. a 2. seči bylo hnojeno v dávce 40 kg N/ha a po 3. seči 250 kg NPK 15-15-15/ha.

Pro účely silážování byly trávy sklizeny ručně s výškou strniště 3 cm. Po sklizni byla travní hmota umístěna na stolovou sušárnu k zavadnutí na obsah sušiny 30 – 40 %. Dále byla travní hmota nařezána na velikost řezanky 1 – 1,5 cm a udušána do sklenic o objemu 3 l. Sklenice byly hermeticky uzavřeny a uskladněny v tmavé a chladné místnosti (15 °C). Délka skladování siláží byla 10 a 20 týdnů. Po otevření sklenic byla zjištěna kvalita fermentace (pH, obsah kyseliny mléčné, máselné a octové) na přístroji IONOSEP 3001 (Kvasnička, 2000). Poté byly siláže sušeny při 50 °C po dobu 48 h a našrotovány na velikost částic 1 mm.

2. Základní chemické rozборы sledovaných travních siláží

Všechny vzorky byly analyzovány na obsah popele (spáleno při teplotě 550 °C po dobu 4,5 h), tuku (extrakce petrol-etherem po dobu 6 h), dusíkatých látek (NL) (metodou dle Kjeldahla, AOAC Official Method 976.05; AOAC, 2005), hrubé vlákniny (CF), neutrálně detergentní vlákniny (NDF) (Van Soest et al., 1991), acido detergentní vlákniny (ADF) a acido detergentního ligninu (ADL) (AOAC Official Method 973.18, AOAC, 2005).

3. Degradovatelnost sušiny v bachoru přezvýkavců

Jednotlivé parametry bachorové degradovatelnosti sušiny byly stanoveny metodou *in sacco*.

Metodika stanovení bachorové degradovatelnosti byla upravena dle Rinne *et al.* (1999).

Degradovatelnost sušiny byla vypočítána z výsledků inkubačních intervalů 0, 6, 12, 24, 48, 72 a 96 hodin dle rovnice (Ørskov a McDonald, 1979):

$$\text{Deg}_{(t)} = a + b \times (1 - \exp^{-ct})$$

Efektivní bachorová degradovatelnost sušiny byla vypočítána dle rovnice (Ørskov a McDonald, 1979):

$$\text{ED} = a + b \times (c / (c + k))$$

kde: $\text{Deg}_{(t)}$ je degradovatelnost sušiny v čase t ; ED je efektivní bachorová degradovatelnost sušiny; a_s je rozpustná frakce sušiny; b je nerozpustná, ale potenciálně degradovatelná frakce sušiny; c je rychlost degradace frakce b ; \exp je exponenciální funkce; k je rychlost pasáže částic z bachoru, pro výpočet byly použity tři hodnoty $k = 0,02, 0,05$ a $0,08 \text{ h}^{-1}$, které představují nízkou, střední a vysokou úroveň krmení (Petit a Tremblay, 1992).

4. Statistické vyhodnocení

Pomocí programu Statistica 6 (2001) byly vypočteny predikční rovnice pro sledované parametry degradovatelnosti travních siláží. Pro výpočet byla využita jednoduchá lineární regrese, vícenásobná lineární regrese a postupná vícenásobná regrese. Jako prediktory byly použity jednotlivé parametry chemického složení a jejich vzájemná kombinace.

POPIS A HODNOCENÍ VÝPOČTENÝCH PREDIKČNÍCH ROVNIC

Charakteristika kvalitativního složení (chemické složení, fermentační proces, parametry bacherové degradovatelnosti sušiny) sledovaných travních siláží je znázorněna v tabulce 1. Velké rozpětí nejnižších a nejvyšších hodnot ukazuje, že pro výpočet predikčních rovnic byly použity vzorky, které charakterizují travní siláže s velkým kvalitativním rozpětím. Díky tomu mají prezentované rovnice vysokou vypovídací hodnotu a mohou být využity pro velké kvalitativní spektrum siláží vyrobených v provozních podmínkách. U sledovaných vzorků bylo například rozpětí mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou u NL 12,03 %, NDF 28 %, ADL 3,56 % a ED₅ ($k = 0,05 \text{ h}^{-1}$) 23 %.

V tabulkách 2 a 3 jsou znázorněny predikční rovnice vypočítané pomocí jednoduché lineární regrese a založené na všech dostupných parametrech chemického složení. Pro parametr "a" byly nejkvalitnější rovnice vypočteny na základě NDF ($R^2 = 0,838$) a ADF ($R^2 = 0,834$). Jako využitelné se ukázaly také rovnice vypočtené z CF ($R^2 = 0,543$) a celulózy ($R^2 = 0,806$). Parametr "b" byl nejlépe predikován pomocí CF ($R^2 = 0,654$). Potenciálně použitelné jsou také rovnice založené na ADF ($R^2 = 0,515$) a celulóze ($R^2 = 0,583$). Pro predikci parametru "c" se nepodařilo najít žádný samostatný prediktor, který by byl dostatečný pro jednoduchou lineární regresi. Nejlepší rovnice byla vypočtena na základě NL ($R^2 = 0,326$), ale pokud není koeficient determinace vyšší než 0,5 nelze považovat rovnici za dostatečně kvalitní. Pomocí NDF byly vytvořeny nejlepší rovnice využívající jednoho prediktoru pro ED₂ ($k = 0,02 \text{ h}^{-1}$) ($R^2 = 0,757$), ED₅ ($R^2 = 0,863$) a ED₈ ($k = 0,08 \text{ h}^{-1}$) ($R^2 = 0,905$). Také pomocí ADF byly vytvořeny využitelné rovnice pro výpočet ED.

Predikční rovnice využívající dvou prediktorů, vypočtené pomocí vícenásobné lineární regrese, určené ke stanovení parametrů bacherové degradovatelnosti jsou uvedeny v tabulce 4. Tyto rovnice byly vytvořeny kombinací nejlepšího prediktoru z jednoduché lineární regrese s ostatními komponenty chemického složení. Kombinací NDF s ostatními parametry chemického složení byly získány kvalitní rovnice, s vysokým koeficientem determinace (všechny s $R^2 > 0,8$), pro výpočet parametru "a". Nejlepší rovnice byla vypočtena pomocí kombinace NDF a BNLV ($R^2 = 0,898$). Také pro parametr "b" byly pomocí kombinace CF s ostatními chemickými složkami vypočteny využitelné rovnice. Zde byla nejlepší kombinace CF s celulózou ($R^2 = 0,718$). Pro parametr "c" nebyla ani metodou vícenásobné lineární regrese vypočtena rovnice, která by měla dostatečnou vypovídací hodnotu, a díky tomu byla prakticky využitelná. V tabulce 5 jsou uvedeny predikční rovnice

pro ED sušiny pomocí vícenásobné lineární regrese. Kombinace prediktorů CF a NDF poskytla nejkvalitnější predikční rovnice pro ED₂ ($R^2 = 0,892$), ED₅ ($R^2 = 0,920$) i ED₈ ($R^2 = 0,929$). Ovšem i ostatní znázorněné rovnice mohou posloužit pro kvalitní stanovení ED.

Tabulka 6 prezentuje predikční rovnice vytvořené pomocí postupné vícenásobné lineární regrese. Tento způsob výpočtu spočívá v určení nejlepšího prediktoru, ke kterému se postupně přidávají další prediktory tak, aby byly vytvořeny co nejkvalitnější rovnice. Tímto způsobem byly potvrzeny nejlepší rovnice založené na kombinaci dvou prediktorů, které byly doplněny rovnicemi využívajícími tři i více prediktorů. U parametru "c" se touto metodou podařilo dosáhnout uspokojivé kvality predikční rovnice již při použití kombinace tří prediktorů NL, CF a NDF ($R^2 = 0,594$). Další uvedené rovnice pro tento parametr (se čtyřmi a více prediktory) potvrzují zvyšující se koeficient determinace se zvyšujícím se počtem proměnných.

Za nejdůležitější komponenty chemického složení jsou považovány NL a CF, respektive frakce vlákniny NDF, ADF a ADL. Z tohoto důvodu byly uvedené komponenty použity jako prediktory, ze kterých byly vypočteny rovnice pomocí zpětné postupné vícenásobné lineární regrese. Pomocí této metody je nejdříve vypočtena rovnice ze všech zadaných prediktorů a následně vždy pro další rovnici je odstraněn nejslabší článek. Takto vypočtené rovnice, využívající dvou až pěti prediktorů, jsou znázorněny v tabulce 7. V této tabulce jsou všechny uvedené rovnice dostatečně kvalitní a plně využitelné pro výpočet všech uvedených parametrů degradovatelnosti sušiny a ED sušiny. Uspokojivá predikční rovnice pro parametr c byla vypočtena pomocí CF a NDF ($R^2 = 0,573$).

Výběr predikčních rovnic lze určovat podle toho, jaké komponenty chemického složení jsou případnému uživateli dostupné. Dalším kritériem je dosažení co nejvyššího koeficientu determinace (R^2) při co nejmenším počtu prediktorů. Koeficient determinace ovšem nesmí být nižší než 0,5.

TABULKY

Tabulka 1. Chemické složení, fermentační proces a sledované parametry bacherové degradovatelnosti sušiny testovaného souboru travních siláží (n = 40)

| | Průměr | Medián | Minimum | Maximum | S.D. |
|--|--------|--------|---------|---------|------|
| Chemické složení a fermentační proces (%) | | | | | |
| NL | 14,6 | 14,4 | 9,37 | 21,4 | 3,40 |
| Popel | 8,45 | 8,03 | 6,46 | 11,9 | 1,35 |
| Tuk | 3,37 | 3,18 | 2,00 | 5,17 | 0,80 |
| CF | 30,8 | 30,2 | 21,1 | 43,1 | 5,81 |
| ADF | 33,9 | 33,7 | 25,3 | 42,2 | 4,41 |
| NDF | 54,8 | 55,3 | 39,7 | 67,7 | 6,96 |
| ADL | 2,66 | 2,43 | 1,03 | 4,59 | 0,85 |
| BNLV | 42,8 | 43,2 | 27,8 | 57,4 | 6,40 |
| Hemicelulóza | 20,8 | 20,8 | 12,8 | 27,5 | 3,42 |
| Celulóza | 31,3 | 30,9 | 23,2 | 38,7 | 3,97 |
| Stupeň proteolýzy | 7,71 | 7,30 | 3,30 | 13,9 | 2,79 |
| pH | 4,87 | 4,84 | 4,04 | 5,68 | 0,47 |
| Kyselina mléčná (g/kg) | 30,5 | 25,5 | 3,8 | 69,9 | 18,2 |
| Kyselina octová (g/kg) | 9,80 | 7,40 | 3,80 | 24,3 | 5,81 |
| Kyselina máselná (g/kg) | 2,93 | 0,00 | 0,00 | 11,4 | 3,60 |

| Parametry degradovatelnosti sušiny (% sušiny) | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| a | 32,1 | 30,9 | 19,7 | 49,0 | 7,03 |
| b | 57,5 | 56,6 | 45,5 | 68,4 | 6,12 |
| c (h⁻¹) | 0,0395 | 0,0391 | 0,0296 | 0,0558 | 0,0076 |
| ED₂ | 69,9 | 70,3 | 58,8 | 80,1 | 5,82 |
| ED₅ | 57,2 | 57,6 | 46,3 | 69,3 | 6,48 |
| ED₈ | 50,9 | 50,9 | 39,4 | 64,2 | 6,63 |

Seznam použitých zkratk je uveden na straně 24.

Tabulka 2. Predikce parametrů degradovatelnosti sušiny pomocí jednoduché lineární regrese

| Parametr | RMSE | R ² |
|--------------------------------|--------|----------------|
| a (% sušiny) | | |
| = 18,20 + 0,949 NL | 6,330 | 0,210 |
| = 21,00 + 1,309 Popel | 6,895 | 0,063 |
| = 40,04 - 2,372 Tuk | 6,856 | 0,073 |
| = 59,56 - 0,892 CF | 4,815 | 0,543 |
| = 81,47 - 1,457 ADF | 2,904 | 0,834 |
| = 82,67 - 0,924 NDF | 2,864 | 0,838 |
| = 43,70 - 4,382 ADL | 6,027 | 0,284 |
| = 12,99 + 0,446 BNLV | 6,509 | 0,165 |
| = 61,51 - 1,413 Hemicelulóza | 5,171 | 0,473 |
| = 81,69 - 1,588 Celulóza | 3,138 | 0,806 |
| b (% sušiny) | | |
| = 60,54 - 0,211 NL | 6,157 | 0,014 |
| = 64,09 - 0,784 Popel | 6,107 | 0,030 |
| = 45,49 + 3,557 Tuk | 5,483 | 0,218 |
| = 31,19 + 0,853 CF | 3,646 | 0,654 |
| = 23,66 + 0,997 ADF | 4,318 | 0,515 |
| = 27,72 + 0,543 NDF | 4,873 | 0,382 |
| = 54,65 + 1,061 ADL | 6,131 | 0,022 |
| = 85,80 - 0,663 BNLV | 4,467 | 0,487 |
| = 45,00 + 0,598 Hemicelulóza | 5,843 | 0,112 |
| = 20,71 + 1,176 Celulóza | 4,003 | 0,583 |
| c (h⁻¹) | | |
| = 0,021 + 0,00128 NL | 0,0064 | 0,326 |
| = 0,048 - 0,00097 Popel | 0,0076 | 0,029 |
| = 0,031 + 0,00240 Tuk | 0,0075 | 0,063 |
| = 0,031 + 0,00026 CF | 0,0076 | 0,040 |
| = 0,060 - 0,00062 ADF | 0,0072 | 0,127 |
| = 0,067 - 0,00050 NDF | 0,0069 | 0,209 |
| = 0,047 - 0,00297 ADL | 0,0073 | 0,110 |
| = 0,064 - 0,00057 BNLV | 0,0070 | 0,231 |
| = 0,061 - 0,00106 Hemicelulóza | 0,0068 | 0,223 |
| = 0,059 - 0,00062 Celulóza | 0,0073 | 0,104 |

Seznam použitých zkratk je uveden na straně 24.

Tabulka 3. Predikce efektivní degradovatelnosti sušiny pomocí jednoduché lineární regrese

| Parametr | RMSE | R ² |
|----------------------------------|-------|----------------|
| ED₂ (% sušiny) | | |
| = 52,41 + 1,200 NL | 4,208 | 0,491 |
| = 65,33 + 0,545 Popel | 5,850 | 0,016 |
| = 67,41 + 0,749 Tuk | 5,866 | 0,011 |
| = 77,26 - 0,238 CF | 5,729 | 0,056 |
| = 103,6 - 0,994 ADF | 3,885 | 0,566 |
| = 109,8 - 0,727 NDF | 2,908 | 0,757 |
| = 82,43 - 4,702 ADL | 4,266 | 0,477 |
| = 77,56 - 0,178 BNLV | 5,783 | 0,039 |
| = 98,37 - 1,364 Hemicelulóza | 3,523 | 0,643 |
| = 101,3 - 1,004 Celulóza | 4,294 | 0,470 |
| ED₅ (% sušiny) | | |
| = 38,36 + 1,292 NL | 4,823 | 0,460 |
| = 51,27 + 0,706 Popel | 6,490 | 0,021 |
| = 57,00 + 0,066 Tuk | 6,561 | 0,000 |
| = 70,09 - 0,417 CF | 6,085 | 0,140 |
| = 99,05 - 1,233 ADF | 3,571 | 0,704 |
| = 104,5 - 0,864 NDF | 2,430 | 0,863 |
| = 70,54 - 5,009 ADL | 4,923 | 0,437 |
| = 59,50 - 0,053 BNLV | 6,552 | 0,003 |
| = 89,20 - 1,534 Hemicelulóza | 3,845 | 0,657 |
| = 97,36 - 1,284 Celulóza | 4,041 | 0,621 |
| ED₈ (% sušiny) | | |
| = 32,33 + 1,273 NL | 5,083 | 0,427 |
| = 43,97 + 0,824 Popel | 6,618 | 0,028 |
| = 52,28 - 0,401 Tuk | 6,705 | 0,002 |
| = 66,99 - 0,521 CF | 5,972 | 0,208 |
| = 95,70 - 1,320 ADF | 3,214 | 0,771 |
| = 100,5 - 0,905 NDF | 2,064 | 0,905 |
| = 64,22 - 5,000 ADL | 5,129 | 0,416 |
| = 49,23 + 0,040 BNLV | 6,708 | 0,001 |
| = 83,47 - 1,561 Hemicelulóza | 3,971 | 0,650 |
| = 94,42 - 1,392 Celulóza | 3,699 | 0,696 |

Seznam použitých zkratk je uveden na straně 24.

Tabulka 4. Predikce parametrů degradovatelnosti sušiny pomocí vícenásobné lineární regrese (kombinace dvou prediktorů)

| Parametr | RMSE | R ² |
|---|--------|----------------|
| a (% sušiny) | | |
| = 95,86 - 0,418 NL - 1,054 NDF | 2,674 | 0,863 |
| = 80,38 + 0,210 Popel - 0,915 NDF | 2,889 | 0,840 |
| = 86,42 - 1,434 Tuk - 0,905 NDF | 2,655 | 0,865 |
| = 83,73 - 0,346 CF - 0,749 NDF | 2,395 | 0,890 |
| = 84,28 - 0,738 ADF - 0,497 NDF | 2,574 | 0,873 |
| = 82,76 - 0,930 NDF + 0,071 ADL | 2,902 | 0,838 |
| = 68,53 - 0,879 NDF + 0,273 BNLV | 2,306 | 0,898 |
| = 84,28 - 1,235 NDF + 0,738 Hemicel | 2,574 | 0,873 |
| = 85,13 - 0,566 NDF - 0,707 Cel | 2,584 | 0,872 |
| b (% sušiny) | | |
| = 30,98 + 0,012 NL + 0,854 CF | 3,695 | 0,654 |
| = 30,98 + 0,021 Popel + 0,854 CF | 3,695 | 0,654 |
| = 27,77 + 1,730 Tuk + 0,774 CF | 3,440 | 0,700 |
| = 23,30 + 0,629 CF + 0,436 ADF | 3,398 | 0,708 |
| = 25,49 + 0,724 CF + 0,177 NDF | 3,557 | 0,680 |
| = 30,04 + 0,845 CF + 0,516 ADL | 3,667 | 0,659 |
| = 37,36 + 0,773 CF - 0,087 BNLV | 3,681 | 0,657 |
| = 30,06 + 0,835 CF + 0,080 Hemicel | 3,686 | 0,656 |
| = 22,13 + 0,567 CF + 0,571 Cel | 3,334 | 0,718 |
| c (h⁻¹) | | |
| = 0,0282 + 0,00127 NL - 0,00087 Popel | 0,0063 | 0,349 |
| = 0,0123 + 0,00129 NL + 0,00246 Tuk | 0,0061 | 0,392 |
| = 0,0073 + 0,00139 NL + 0,00039 CF | 0,0060 | 0,411 |
| = 0,0269 + 0,00119 NL - 0,00014 ADF | 0,0064 | 0,330 |
| = 0,0337 + 0,00106 NL - 0,00018 NDF | 0,0064 | 0,341 |
| = 0,0263 + 0,00116 NL - 0,00143 ADL | 0,0063 | 0,348 |
| = 0,0403 + 0,00102 NL - 0,00037 BNLV | 0,0061 | 0,406 |
| = 0,0337 + 0,00101 NL - 0,00043 Hemicel | 0,0063 | 0,349 |
| = 0,0243 + 0,00123 NL - 0,00009 Cel | 0,0064 | 0,327 |

Seznam použitých zkratk je uveden na straně 24.

Tabulka 5. Predikce efektivní degradovatelnosti sušiny pomocí vícenásobné lineární regrese (kombinace dvou prediktorů)

| Parametr | RMSE | R ² |
|-------------------------------------|-------|----------------|
| ED₂ (% sušiny) | | |
| = 96,26 + 0,428 NL - 0,595 NDF | 2,711 | 0,792 |
| = 113,5 - 0,347 Popel - 0,743 NDF | 2,910 | 0,763 |
| = 105,8 + 1,525 Tuk - 0,748 NDF | 2,670 | 0,800 |
| = 108,3 + 0,464 CF - 0,962 NDF | 1,966 | 0,892 |
| = 109,0 + 0,364 ADF - 0,938 NDF | 2,872 | 0,769 |
| = 107,3 - 0,593 NDF - 1,861 ADL | 2,634 | 0,806 |
| = 127,0 - 0,783 NDF - 0,333 BNLV | 2,014 | 0,886 |
| = 109,0 - 0,574 NDF - 0,364 Hemicel | 2,872 | 0,769 |
| = 107,6 - 1,038 NDF + 0,612 Cel | 2,716 | 0,794 |
| ED₅ (% sušiny) | | |
| = 95,52 + 0,286 NL - 0,776 NDF | 2,338 | 0,876 |
| = 108,4 - 0,351 Popel - 0,880 NDF | 2,417 | 0,868 |
| = 102,0 + 0,976 Tuk - 0,877 NDF | 2,329 | 0,877 |
| = 103,5 + 0,337 CF - 1,035 NDF | 1,875 | 0,920 |
| = 104,3 + 0,107 ADF - 0,926 NDF | 2,454 | 0,864 |
| = 102,8 - 0,768 NDF - 1,329 ADL | 2,274 | 0,883 |
| = 116,5 - 0,902 NDF - 0,231 BNLV | 1,957 | 0,913 |
| = 104,3 - 0,819 NDF - 0,107 Hemicel | 2,454 | 0,864 |
| = 103,5 - 1,012 NDF + 0,293 Cel | 2,400 | 0,870 |
| ED₈ (% sušiny) | | |
| = 95,32 + 0,165 NL - 0,854 NDF | 2,044 | 0,910 |
| = 103,5 - 0,279 Popel - 0,918 NDF | 2,058 | 0,908 |
| = 99,08 + 0,545 Tuk - 0,913 NDF | 2,044 | 0,910 |
| = 99,83 + 0,220 CF - 1,017 NDF | 1,813 | 0,929 |
| = 100,6 - 0,060 ADF - 0,871 NDF | 2,089 | 0,906 |
| = 99,20 - 0,832 NDF - 1,012 ADL | 1,964 | 0,917 |
| = 108,0 - 0,929 NDF - 0,144 BNLV | 1,875 | 0,924 |
| = 100,6 - 0,931 NDF + 0,060 Hemicel | 2,089 | 0,906 |
| = 100,2 - 0,951 NDF + 0,089 Cel | 2,085 | 0,906 |

Seznam použitých zkratk je uveden na straně 24.

Tabulka 6. Predikce parametrů degradovatelnosti sušiny pomocí postupné vícenásobné lineární regrese (výpočet dle všech parametrů chemického složení)

| Parametr | RMSE | R ² |
|--|--------|----------------|
| a (% sušiny) | | |
| = 68,53 - 0,879 NDF + 0,273 BNLV | 2,306 | 0,898 |
| = 71,81 - 1,041 NDF + 0,225 BNLV + 0,367 Hemicelulóza | 2,260 | 0,905 |
| b (% sušiny) | | |
| = 22,13 + 0,567 CF + 0,571 Cel | 3,334 | 0,718 |
| = 44,84 + 0,106 CF + 0,813 Cel - 0,376 BNLV | 3,137 | 0,757 |
| = 38,31 + 0,195 CF + 0,714 Cel - 0,287 BNLV + 0,926 Tuk | 3,111 | 0,768 |
| = 44,88 + 0,019 CF + 0,638 Cel - 0,434 BNLV + 1,240 Tuk + 0,308 Hemicel | 3,080 | 0,779 |
| = 44,37 - 0,066 CF + 0,736 Cel - 0,448 BNLV + 1,496 Tuk + 0,423 Hemicel - 0,965 ADL | 3,047 | 0,790 |
| c (h⁻¹) | | |
| = 0,0073 + 0,00139 NL + 0,00039 CF | 0,0060 | 0,411 |
| = 0,0498 + 0,00046 NL + 0,0009 CF - 0,00082 NDF | 0,0051 | 0,594 |
| = 0,0671 + 0,00032 NL + 0,0009 CF - 0,00091 NDF - 0,00119 Popel | 0,0049 | 0,634 |
| = 0,0638 + 0,00033 NL + 0,00081 CF - 0,00089 NDF - 0,00126 Popel + 0,00146 Tuk | 0,0048 | 0,654 |
| = 0,0604 + 0,00036 NL + 0,00098 CF - 0,00045 NDF - 0,00094 Popel + 0,00232 Tuk - 0,001 Cel | 0,0047 | 0,685 |
| ED₂ (% sušiny) | | |
| = 108,3 - 0,962 NDF + 0,464 CF | 1,966 | 0,892 |
| = 106,5 - 0,952 NDF + 0,423 CF + 0,738 Tuk | 1,907 | 0,901 |
| = 104,7 - 0,837 NDF + 0,342 CF + 1,003 Tuk - 1,07 ADL | 1,810 | 0,913 |
| = 96,46 - 0,702 NDF + 0,265 CF + 1,109 Tuk - 1,358 ADL + 0,248 NL | 1,729 | 0,923 |
| = 96,1 - 0,540 NDF + 0,302 CF + 1,458 Tuk - 1,209 ADL + 0,256 NL - 0,335 ADF | 1,684 | 0,929 |
| ED₅ (% sušiny) | | |
| = 103,5 - 1,035 NDF + 0,337 CF | 1,875 | 0,920 |
| = 104 - 1,163 NDF + 0,375 CF + 0,261 Hemicel | 1,848 | 0,925 |
| ED₈ (% sušiny) | | |
| = 99,83 - 1,017 NDF + 0,220 CF | 1,813 | 0,929 |
| = 100,4 - 1,176 NDF + 0,267 CF + 0,322 Hemicel | 1,754 | 0,935 |

Seznam použitých zkratk je uveden na straně 24.

Tabulka 7. Predikce parametrů degradovatelnosti sušiny pomocí zpětné postupné vícenásobné lineární regrese (výpočet na základě NL, CF, NDF, ADF, ADL)

| Parametr | RMSE | R ² |
|---|---------|----------------|
| a (% sušiny) | | |
| = 83,73 - 0,346 CF - 0,749 NDF | 2,395 | 0,890 |
| = 84,54 - 0,279 CF - 0,464 ADF - 0,514 NDF | 2,296 | 0,902 |
| = 90,76 - 0,203 NL - 0,238 CF - 0,446 ADF - 0,608 NDF | 2,269 | 0,906 |
| = 88,93 - 0,167 NL - 0,290 CF - 0,379 ADF - 0,569 NDF - 0,562 ADL | 2,276 | 0,909 |
| b (% sušiny) | | |
| = 23,3 + 0,629 CF + 0,436 ADF | 3,398 | 0,708 |
| = 12,74 + 0,376 NL + 0,548 CF + 0,659 ADF | 3,271 | 0,736 |
| = 9,791 + 0,422 NL + 0,415 CF + 0,967 ADF - 1,528 ADL | 3,172 | 0,759 |
| = 7,297 + 0,482 NL + 0,394 CF + 0,855 ADF + 0,117 NDF - 1,664 ADL | 3,205 | 0,761 |
| c (h⁻¹) | | |
| = 0,0639 + 0,001 CF - 0,00101 NDF | 0,00513 | 0,573 |
| = 0,0664 + 0,00114 CF - 0,00124 NDF + 0,00225 ADL | 0,00499 | 0,608 |
| = 0,0683 + 0,00128 CF - 0,00071 ADF - 0,00095 NDF + 0,00285 ADL | 0,00492 | 0,628 |
| = 0,0581 + 0,00032 NL + 0,00119 CF - 0,0007 ADF - 0,00079 NDF + 0,00252 ADL | 0,00493 | 0,638 |
| ED₂ (% sušiny) | | |
| = 108,3 + 0,464 CF - 0,962 NDF | 1,966 | 0,892 |
| = 107,5 + 0,42 CF - 0,888 NDF - 0,716 ADL | 1,937 | 0,898 |
| = 101 + 0,204 NL + 0,364 CF - 0,782 NDF - 0,921 ADL | 1,898 | 0,905 |
| = 101,1 + 0,203 NL + 0,367 CF - 0,011 ADF - 0,778 NDF - 0,912 ADL | 1,926 | 0,905 |
| ED₅ (% sušiny) | | |
| = 103,5 + 0,337 CF - 1,035 NDF | 1,875 | 0,920 |
| = 104 + 0,375 CF - 0,261 ADF - 0,903 NDF | 1,848 | 0,925 |
| = 101,4 + 0,084 NL + 0,358 CF - 0,268 ADF - 0,864 NDF | 1,862 | 0,926 |
| = 100 + 0,11 NL + 0,319 CF - 0,218 ADF - 0,835 NDF - 0,42 ADL | 1,871 | 0,927 |
| ED₈ (% sušiny) | | |
| = 99,83 + 0,22 CF - 1,017 NDF | 1,813 | 0,929 |
| = 100,4 + 0,267 CF - 0,322 ADF - 0,854 NDF | 1,754 | 0,935 |
| = 100,1 + 0,247 CF - 0,291 ADF - 0,844 NDF - 0,249 ADL | 1,772 | 0,936 |
| = 98,32 + 0,054 NL + 0,232 CF - 0,289 ADF - 0,816 NDF - 0,306 ADL | 1,793 | 0,936 |

Seznam použitých zkratk je uveden na straně 24.

ZÁVĚR

Jednotlivé parametry bachorové degradovatelnosti a ED sušiny byly velmi dobře predikovatelné pomocí jednotlivých ukazatelů chemického složení travních siláží.

Sledované parametry lze kvalitně predikovat pomocí jednoho až dvou prediktorů.

Doporučené predikční rovnice

| | |
|---|-----------------|
| $a = 82,67 - 0,924 \text{ NDF}$ | $(R^2 = 0,838)$ |
| $b = 31,19 + 0,853 \text{ CF}$ | $(R^2 = 0,654)$ |
| $c = 0,0639 + 0,001 \text{ CF} - 0,00101 \text{ NDF}$ | $(R^2 = 0,573)$ |
| $ED_2 = 109,8 - 0,727 \text{ NDF}$ | $(R^2 = 0,757)$ |
| $ED_5 = 104,5 - 0,864 \text{ NDF}$ | $(R^2 = 0,863)$ |
| $ED_8 = 100,5 - 0,905 \text{ NDF}$ | $(R^2 = 0,905)$ |

III. Srovnání „novosti postupů“

Metodika je určena k rozšíření informací o kvalitě travních siláží, které jsou jedním z nejčastěji využívaných konzervovaných objemných krmiv pro přežvýkavce. Umožňuje jednoduše a rychle stanovit parametry popisující bacherovou degradovatelnost a efektivní degradovatelnost sušiny travních siláží na základě laboratorních analýz běžně stanovovaných v zemědělských laboratořích. Tím poskytuje komplexnější informace pro praxi, týkající se kvality siláží, bez nutnosti použití nákladných a složitých experimentů uskutečnitelných pouze ve speciálně vybavených výzkumných pracovištích.

Metodika se zabývá predikcí bacherové degradovatelnosti travních siláží, čímž rozšiřuje znalosti o degradovatelnosti trav uvedené v metodice sepsané Jančíkem et al. (2009b). Při stanovení stravitelnosti či bacherové degradovatelnosti je vždy nutné použít rovnice zohledňující technologický postup úpravy pícnin, který může výrazně ovlivnit kvalitativní parametry původní travní hmoty.

IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika je určena všem podnikům zabývajících se chovem skotu a podnikům produkujících konzervovaná objemná krmiva z travních porostů. Je určena také pro zemědělské poradce, osevní stanice a zemědělské laboratoře.

V. Seznam použité související literatury

AOAC (2005): Official Methods of Analysis, AOAC International. 18th Edition. Gaithersburg, USA, ISBN 0-935584-75-7.

Cherney D.J.R., Cherney J.H., Lucey R.F. (1993): *In vitro* digestion kinetics and quality of perennial grasses as influenced by forage maturity. J. Dairy Sci. 76, 790-797.

Čerešňáková Z., Žitňan R., Sommer A., Kokardová M., Szakács M., Ševčík A., Chrenková M. (2000): Parameters of degradability of pasture herbage cell walls and organic matter. Czech J. Anim. Sci., 45, 139-144.

Čerešňáková Z., Flák P., Poláčíková M., Chrenková M. (2007): In sacco macromineral release from selected forages. Czech J. Anim. Sci., 52, 175-182.

Dawson L. E. R., Kirkland R. M., Ferris C. P., Steen R. W. J., Kilpatrick D. J., Gordon F. J. (2002): The effect of stage of perennial ryegrass maturity at harvesting, fermentation characteristics and concentrate supplementation, on the quality and intake of grass silage by beef cattle. Grass and Forage Sci., 57, 255-267.

Elizalde J. C., Merchen N. R., Faulkner D. B. (1999): *In situ* dry matter and crude protein degradation of fresh forages during the spring growth. J. Dairy Sci., 82, 1978-1990.

Hetta M., Gustavsson A-M., Cone J. W., Martinsson, K. (2004): In vitro Degradation Characteristics of Timothy and Red Clover at Different Harvest Times. Acta Agric. Scand., 54, 20-29.

Hoffman P. C., Sievert S. J., Shaver R. D., Welch D. A., Combs D. K. (1993): In situ dry matter, protein, and fiber degradation of perennial forage. J. Dairy Sci., 76, 2632-2643.

Homolka P., Tománková O., Břenek T. (2002): Prediction of crude protein degradability and intestinal digestibility of rumen undegraded protein of protein supplements in cattle. Czech J. Anim. Sci., 47, 119-123.

Homolka P., Harazim J., Třináctý J. (2007): Nitrogen degradability and intestinal digestibility of rumen undegraded protein in rapeseed, rapeseed meal and extracted rapeseed meal. Czech J. Anim. Sci., 52, 378-386.

Homolka P., Koukolová V., Němec Z., Mudřík Z., Hučko B., Sales J. (2008): Amino acid contents and intestinal digestibility of lucerne in ruminants as influenced by growth stage. Czech J. Anim. Sci. 53, 499-505.

Huhtanen P., Nousiainen J., Rinne M. (2006): Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. Agric. Food Sci., 15, 293-323.

Jalč D., Lauková A., Simonová M., Váradyová Z., Homolka P. (2009): The use of bacterial inoculants for grass silage: their effects on nutrient composition and fermentation parameters in grass silages. Czech J. Anim. Sci. 54, 84-91.

Kamalak A., Canbolat O., Gurbuz Y., Ozay O. (2005): Comparison of *in vitro* gas production technique with *in situ* nylon bag technique to estimate dry matter degradation. Czech J. Anim. Sci., 50, 60-67.

Komprda T., Homolka P., Harazim J. (1996): Influence of chemical, enzymatic and phytogenic ensiling preparations on digestibility, degradability and PDI and NEL content of lucerne and red clover. Anim. Feed Sci. Tech., 61, 325-334.

Koukolová V., Weisbjerg M. R., Hvelplund T., Lund P., Čermák B. (2004): Prediction of NDF degradation characteristics of grass and grass/clover forages based on laboratory methods. J. Anim. Feed Sci., 13, 691-708.

Kvasnička F. (2000): Application of isotachopheresis in food analysis. Electrophoresis, 21, 2780-2787.

López S., Carro M.D., González J.S., Ovejero F.J. (1998): Comparison of different *in vitro* and *in situ* methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen. Anim. Feed Sci. Technol. 73, 99-113.

Machačová E., Loučka R., Žalmanová V., Homolka P. (1998): Effect of probiotic enzymatic additive with glucose oxidase on palatability and digestibility of silages with low content of dry matter. Czech J. Anim. Sci., 43, 355-359.

Nousiainen J., Rinne M., Hellämäki M., Huhtanen P. (2003): Prediction of the digestibility of the primary growth and regrowth grass silages from chemical composition, pepsin-cellulase solubility and indigestible cell wall content. Anim. Feed Sci. Tech., 110, 61-74.

Ørskov E. R., McDonald I. (1979): The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. J. Agr. Sci., 92, 499-503.

Petit H. V., Tremblay G. F. (1992): In situ degradability of fresh grass and grass conserved under different harvesting methods. *J. Dairy Sci.*, 75, 774-781.

Pozdíšek J., Loučka R., Macháčová E. (2003): Digestibility and nutrition value of grass silages. *Czech J. Anim. Sci.*, 48, 359-364.

Pozdíšek J., Vaculová K. (2008): Study of wheat (*triticum aestivum* L.) quality for feeding ruminants using in vitro and in vivo methods. *Czech J. Anim. Sci.* 53, 253-264.

Rinne M., Jaakkola S., Kaustell K., Heikkilä T., Huhtanen P. (1999): Silages harvested at different stages of grass growth v. concentrate foods as energy and protein sources in milk production. *Anim. Sci.* 69, 251-263.

Statistica. (2001): Data analysis software system, version 6, StatSoft, Inc., OK.

Tamminga S., Ketelaar R., van Vuuren A. M. (1991): Degradation of nitrogenous compounds in conserved forages in the rumen of dairy cows. *Grass Forage Sci.*, 46, 427-435.

Tománková O., Kopečný J. (1995): Prediction of feed protein degradation in the rumen with bromelain. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 53, 71-80.

Van Soest P. J., Robertson J. B., Lewis B. A. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74, 3583-3597.

Van Vuuren A. M., Tamminga S., Ketelaar R. S. (1991): *In sacco* degradation of organic matter and crude protein of fresh grass (*Lolium perenne*) in the rumen of grazing dairy cows. *J. Agri. Sci.*, 116, 429-436.

Von Keyserlingk M. A. G., Swift M. L., Puchala R., Shelford J. A. (1996): Degradability characteristics of dry matter and crude protein of forages in ruminants. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 57, 291-311.

Waters C. J., Givens D. I. (1992): Nitrogen degradability of fresh herbage: Effect of maturity and growth type, and prediction from chemical composition and by near infrared reflectance spectroscopy. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 38, 335-349.

VI. Seznam publikací, které předcházelý metodice

Jančík F., Koukolová V., Kubelková P., Čermák B. (2009a): Effects of grass species on ruminal degradability of silages and prediction of dry matter effective degradability. *Czech J. Anim. Sci.* 54, 315-323.

Jančík F., Homolka P., Koukolová V. (2009b): Stanovení parametrů degradovatelnosti a stravitelnosti sušiny a vlákniny trav na základě chemického složení. *Metodika, VÚŽV, v.v.i., Praha Uhřetěves* 26 s.

Jančík F., Homolka P., Čermák B., Lád F. (2008a): Determination of indigestible neutral detergent fibre contents of grasses and its prediction from chemical composition. *Czech J. Anim. Sci.* 53, 128-135.

Jančík F., Homolka P., Čermák B. (2008b): Prediction of indigestible neutral detergent fiber of grasses. In *Book of Abstracts of the 59th Annual Meeting of the EAAP*. Wageningen: Academic Publishers, s. 223.

Jančík F. (2007): *Bachorová degradace buněčné stěny vybraných druhů trav sklizených v různých stádiích zralosti a konzervovaných sušením a silážováním*. Disertační práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 125 s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|-----------------------|--|
| <i>a</i> | - rozpustná frakce sušiny |
| ADF | - acido detergentní vláknina |
| ADL | - acido detergentní lignin |
| <i>b</i> | - nerozpustná, ale potencionálně degradovatelná frakce sušiny |
| BNLV | - bezdusíkaté látky výtahkové |
| <i>c</i> | - rychlost degradace frakce <i>b</i> |
| Cel | - celulóza |
| CF | - „hrubá“ vláknina |
| ED₂ | - efektivní bachorová degradovatelnost sušiny ($k = 0,02 \text{ h}^{-1}$) |
| ED₅ | - efektivní bachorová degradovatelnost sušiny ($k = 0,05 \text{ h}^{-1}$) |
| ED₈ | - efektivní bachorová degradovatelnost sušiny ($k = 0,08 \text{ h}^{-1}$) |
| Hemicel | - hemicelulóza |
| <i>k</i> | - rychlost pasáže částic z bachoru |
| NDF | - neutrálně detergentní vláknina |
| NL | - dusíkaté látky |
| RMSE | - střední kvadratická odchylka |
| R² | - koeficient determinace |
| S.D. | - směrodatná odchylka |

- Vydal:** Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves
- Název:** **Predikce parametrů charakterizujících bachorovou degradaci sušiny u travních siláží**
- Autoři:** Ing. Filip Jančík, Ph.D.
Ing. Petr Homolka, Ph.D.
Ing. Veronika Koukolová, Ph.D.
Oddělení výživy a krmení hospodářských zvířat
- Oponenti:** prof. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc.
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Ústav výživy zvířat a pícninářství
- Ing. Juraj Saksún
Ministerstvo zemědělství České republiky
Odbor živočišných komodit
- Dedikace:** Metodika vznikla jako součást řešení výzkumného záměru
MZE0002701404.

ISBN 978-80-7403-054-3

Vydáno bez jazykové úpravy.