



## CERTIFIKOVANÁ METODIKA

### **Bachorová degradovatelnost neutrálně detergentní vlákniny a stravitelnost organické hmoty jetele lučního**

#### **Autoři**

**Ing. Veronika Koukolová, Ph.D.**

**Bc. Ondřej Koukol**

**Ing. Petr Homolka, Ph.D.**

**Ing. Filip Jančík, Ph.D.**

Oddělení výživy a krmení hospodářských zvířat

#### **Oponenti**

**prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.**

Děkan Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

**Ing. Juraj Saksún**

Ministerstvo zemědělství České republiky

Odbor živočišných komodit

Metodika vznikla jako součást řešení výzkumného záměru MZe ČR  
MZE0002701404.

**2010**

**ISBN 978-80-7403-041-3**

## **I. CÍL METODIKY A DEDIKACE**

---

### **Hypotéza metodiky**

Za účelem zpřesňování dosavadních systémů hodnocení krmiv byl v metodice stanoven obsah jednotlivých živin, energie a *in situ* degradovatelnost neutrálně detergentní vlákniny (NDF) u vzorků jetele lučního.

### **Cíl metodiky**

U vybraného souboru krmiv (jetele lučního) stanovit stravitelný a nestravitelný podíl NDF a vyhodnotit efektivní bachorovou degradovatelnost NDF pomocí *in situ* metody. Parametry popisující profil degradovatelnosti NDF vnést do vztahu k základnímu chemickému složení sledovaných krmiv. Stanovit optimální vegetační fázi pro sklizeň z hlediska využitelnosti přežvýkavci.

### **Dedikace metodiky**

Metodika vznikla jako součást řešení výzkumného záměru MZe ČR MZE0002701404.

## **II. VLASTNÍ POPIS METODIKY**

---

### **1. Úvod**

Hodnocení krmiv vychází z chemického složení a stravitelnosti krmné dávky. Základním předpokladem správné funkce bachoru je vhodně sestavená krmná dávka (KD) zajišťující odpovídající množství živin pro požadovanou užitkovost.

Schopnost KD zabezpečit požadavek zvířete na energii je důležitým ukazatelem nutriční hodnoty krmiv. Součástí systémů hodnocení krmiv pro přežvýkavce je zohlednění mikrobiální fermentace v bachoru, degradovatelnosti krmiva a využitelnosti živin vstupujících do tenkého střeva. Základní metodou je stanovení degradovatelnosti a stravitelnosti jednotlivých složek krmiva. Tyto metody zaznamenávají velkou variabilitu koeficientů stravitelnosti především u objemné píče, protože stravitelnost objemného krmiva je ovlivněna botanickým druhem pícniny, vegetační fází, termínem sklizně a dalšími faktory.

Hlavním zdrojem energie v KD u přežvýkavců jsou sacharidy, které tvoří 50 až 80 % biomasy pícnin. Sacharidový komplex (vláknina) je obvykle členěn na nestravitelné a stravitelné frakce. Stravitelnost vlákniny je ovlivněna vzájemným zastoupením strukturních (hemicelulóza a celulóza) a nestrukturních (cukry, škroby, pektiny, atd.) sacharidů v krmivu. Optimální zastoupení strukturních sacharidů ve výživě přežvýkavců zajišťuje peristaltiku střev a motoriku bachoru, nasycenost zvířat a samozřejmě limituje příjem a stravitelnost krmné dávky. Stravitelnost frakcí vlákniny je ovlivněna množstvím ligninu. Ten tvoří se sacharidy buněčných stěn pevné vazby (ovlivňuje stravitelnost celulózy a hemicelulózy) a dochází k tzv. lignifikaci v průběhu stárnutí rostlin. Dělení strukturních sacharidů podle frakcí na neutrálně detergentní vlákninu (NDF), acido detergentní vlákninu (ADF) a acido detergentní lignin (ADL) je důležité pro hodnocení kvality krmiv a jejich využitelnosti přežvýkavci.

## 2. Literární přehled

Optimální zastoupení sacharidů ve výživě zvířat je základním předpokladem pro dosažení požadované produkce, zachování zdraví zvířat, reprodukce i vysoké nutriční hodnoty vyráběných potravin. Sacharidy se člení na monosacharidy, disacharidy, trisacharidy a polysacharidy. Nejvýznamnější skupinou energetických živin ve výživě přežvýkavců jsou polysacharidy, především hexózy, např. škrob a celulóza. Celulóza je základní stavební látkou rostlinné buňky. Čistá celulóza se vyskytuje v rostlinách zcela výjimečně. V krmivech bilancujeme celulózu s dalšími látkami, a to především pod pojmem vláknina (Zeman a kol., 2006).

Kvantitativní i kvalitativní změny nutriční hodnoty pastevní píce jsou přímo úměrně závislé na botanickém druhu píce, vegetační fázi, půdním typu, klimatických podmínkách (množství srážek, teplotní režim), způsobu případného hnojení porostu, době sklizně i nadmořské výšce (Beever a Mould, 2000; Dubbs a kol., 2003).

Nutriční hodnota a kvalita píce je mimo jiné výslednicí působení pozitivních a negativních faktorů prostředí. Kvalita píce se zhoršuje vlivem stárnutí rostliny. Variabilita složení rostlin ve stejném stáří a vegetačním období je způsobena také genotypovými rozdíly v rámci píce nebo jednotlivých druhů píce, stejně tak jako fyziologické parametry jednotlivých rostlin jsou výsledkem vlivu prostředí, které ovlivňuje chemické složení (Van Soest, 1994). Ve schématu 1 jsou uvedeny faktory ovlivňující nutriční hodnotu rostlin a užítkovost hospodářských zvířat (Marten a kol., 1988).

Sacharidový komplex (vláknina) je jedním z nejvýznamnějších složek pícnin. Sacharidy obsažené v rostlinných krmivech jsou uloženy v buněčných stěnách (celulóza, hemicelulóza a pektin) a v buněčné protoplazmě (zejména škrob a rozpustné sacharidy, převážně cukry) (Urban a kol., 1997). Vlákninu nelze hodnotit pouze jako živinu, ale také jako faktor, který zásadním způsobem ovlivňuje kvalitu a množství živočišných produktů a zdravotní stav zvířat (Nováková, 2002). Sacharidy tvoří 70 % a více sušiny

krmné dávky (Třináctý a kol., 2000). Zeman a kol. (2006) uvádí, že vláknina jako zdroj stravitelných živin se podílí na energetické hodnotě krmiv, ale také tuto hodnotu výrazně ovlivňuje, a to negativně. Zvlášť výrazný je vztah obsahu vlákniny v krmivu ke stravitelnosti ostatních živin. Podle vzájemného poměru sacharidů (hemicelulóza, celulóza atd.) k ligninu se mění stravitelnost vlákniny. Čím vyšší je zastoupení vlákniny v krmivech, tím je stravitelnost organické hmoty nižší. Podle metabolické zátěže (zejména užítkovosti) kolísá optimální zastoupení vlákniny v sušině krmné dávky přežvýkavců (18 až 20 % pro ovce a 15 až 26 % pro skoty) (Zeman a kol., 2006).

**Schéma 1. Faktory ovlivňující nutriční potenciál objemného krmiva a užítkovost zvířat (Marten a kol., 1988)**

Užitkovost zvířete					
Využitelné živiny (skutečná nutriční hodnota)					
<b>Komplex rostlina/zvíře</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ obsah živin ve vztahu k doporučené potřebě                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ rozsah stravitelnosti živin</li> </ul> </li> <li>▪ rychlost trávení živin a efektivní využitelnost (utilizace) živin                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ dostupnost a chutnost píce, příjem píce</li> <li>▪ odezva a antinutriční faktory, aj.</li> </ul> </li> </ul>					
Nutriční hodnota píce			Užitkovost zvířete		
Nutriční hodnota píce	Antinutriční faktory	Schopnost příjmu píce	Genetické dispozice	Fyziologické dispozice	Vliv faktorů prostředí
- genotyp - poměr částí píce (stonek/list) - zralost rostlin - klimatické podmínky - půdní podmínky - škůdci			- genotyp - hmotnost - pohlaví	- stáří - kondice - zdravotní stav	- klimatické podmínky - vliv stáda - paraziti a další

V souvislosti se stupněm lignifikace je nejdůležitějším ovlivňujícím faktorem vegetační fáze. Obsah ligninu se v rostlinách zvyšuje jejich stárnutím (Kowalczyk a Zebrowska, 2000), lignifikovaná rostlinná pletiva brání stravení ostatních složek rostlinné hmoty (Grenet a Jamot, 1990). Stárnutí rostlin je provázeno zvětšováním podílu buněčných stěn a jejich lignifikací, tím dochází k relativnímu úbytku rozpustných, daleko rychleji degradovatelných sacharidů. S procesem lignifikace je spojena i nižší využitelnost buněčných stěn (Grenet, 1970). Proces stárnutí rostlin nejvíce ovlivňují teplo a světlo jakožto nejdůležitější podmínky životního prostředí. Vysoká teplota zvyšuje lignifikaci buněčných stěn, rostliny rychleji dozrávají, stárnou a jejich buněčná stěna je daleko méně rozpustná mikrobiální činností v bacheru. Světlo naopak zvyšuje stravitelnost, to je dáno efektem fotosyntézy, při které jsou vytvářeny rozpustné sacharidy (Van Saun a Koukal, 2003). Růstová fáze bývá často používána jako empirický indikátor kvality píce a doby sklizně. Vysoká kvalita píce je spojena s rychlým trávením vlákniny a vysokým příjmem „neutrálně detergentní vlákniny (NDF)“ (Míka, 1988). Dalším z mnoha faktorů, který také ovlivňuje využitelnost sacharidů v bacheru, je úprava krmiv. Druhá skladba a způsob zpracování krmiv má též značný vliv na jejich využitelnost a rychlost fermentace (Van Saun a Koukal, 2003).

Obsah ligninu negativně koreluje se stravitelností organické hmoty. V trávicím traktu je lignin prakticky nestravitelný (Grenet a Jamot, 1990). Struktura ligninu je chaotická (Vencel, 1990). Acetylové skupiny jsou vázány hlavně na hemicelulózy a pektin (Grenet a Jamot, 1990). To spolu s těmito velmi stabilními uhlíkovými (C-C) a esterovými vazbami způsobuje jeho obtížnou štěpitelnost (Vencel, 1990), neboť lignin způsobuje především vznik balastu (Kowalczyk a Zebrowska, 2000), který mechanicky brání kontaktu digestivních hydrolytických enzymů s živinami krmiva (Grenet a Jamot, 1990). Jsou známé inhibiční účinky ligninu i jeho degradačních produktů na trávicí enzymy a jejich reakce ve snížení resorpce proteinů z krmiva (Kowalczyk a Zebrowska, 2000).

### 3. Experimentální část metodiky

#### 3.1. Materiál a metodika

V průběhu vegetačního období byl ze sledovaného porostu jetele lučního odebrán reprezentativní vzorek v termínech 10. 5., 18. 5., 25. 5., 29. 6., 7. 7., 13. 7. a 17. 8. V tabulce 1 je uveden popis vegetační fáze použitých vzorků jetele lučního odebíraného ve třech různých sečích.

Čerstvě odebrané vzorky jetele byly sušeny v sušárně při teplotě do 50 °C podle metodiky „*Stanovení využitelnosti živin u přežvýkavců*“ (Harazim a kol., 1999). Usušený materiál byl semletý na mlýnku s řezacím ústrojím na 1 mm pro chemické rozborý základních živin a na 2 mm pro *in situ* pokusy.

Původní vzorek byl analyzován metodickými postupy AOAC (2005) na obsah sušiny, popele, dusíkatých látek (NL), tuku, hrubé vlákniny (CF), neutrálně detergentní vlákniny (NDF), acido detergentní vlákniny (ADF) a acido detergentního ligninu (ADL). Obsah spalného tepla (brutto energie, BE) byl stanoven na kalorimetrickém přístroji (IKA C 5000 control, Germany). Stravitelná energie (SE) byla kalkulována podle rovnice Sommer a kol. (1994):  $SE \text{ (MJ/kg)} = BE \times \text{koeficient } in \text{ vivo stravitelnosti BE}$

Koeficienty stravitelnosti organické hmoty (KS OH) a BE (KS BE) byly získány v *in vivo* bilančních pokusech na skopcích plemene Merino. Tato *in vivo* metoda je založena na precizní evidenci individuálního příjmu krmiva, zbytků krmiv a výkalů pokusných zvířat.

Parametry bachorové degradovatelnosti NDF (parametr b, tj. potenciální stravitelnost; parametr c, tj. rychlost degradace) a efektivní bachorová degradovatelnost NDF byly hodnoceny metodou *in situ* (velikost porů nylonových sáčků byla 42 mikronů). Usušený a namletý materiál byl inkubován 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72, 96 (Harazim a kol., 1999; Hvelplund a Weisbjerg, 2000) a 288 hodin (Rinne a kol., 1999). Vzorky byly inkubovány vždy ve dvou opakováních na jedné kanylované krávi, tj. 6 opakování na 3 suchostojných kanylovaných krávi. Degradovatelnost NDF byla



upravována 0 hodinovým inkubačním intervalem pro korekci na případný únik částec krmiva z původní navážky. Efektivní bachorová degradovatelnost NDF byla vypočítána pro výtokovou rychlost částic z bachoru  $k = 0,02 \text{ h}^{-1}$  podle rovnice (Ørskov a McDonald, 1979):  $ED = b \times (c / (c + k))$ ; kde: ED = efektivní bachorová degradovatelnost NDF (%), b = nerozpustná, ale potenciálně degradovatelná frakce NDF (%), c = rychlost degradace frakce b ( $\text{h}^{-1}$ ), k = rychlost pasáže částic z bachoru ( $\text{h}^{-1}$ ).

Nestravitelný podíl NDF (INDF) byl vypočten po dlouhodobém inkubačním intervalu podle rovnice (Lund, 2002):  $INDF = 100 - DNDF$ ; kde: INDF = nestravitelný podíl NDF (%), DNDF = stravitelný podíl NDF vlákniny stanovený po *in situ* 288 h (%).

Statistická část experimentu byla vyhodnocena v programu SAS 9.1, procedura GLM (PROC GLM), (SAS Institute, 2003). Korelační koeficienty mezi jednotlivými proměnnými byly hodnoceny pomocí procedury PROC CORR. Prostřednictvím metody mnohonásobného srovnávání (Scheffého analýza; PROC GLM) byla testována významnost rozdílů mezi sledovanými skupinami jetele.

### 3.2. Výsledky a diskuze

V tabulce 1 je uveden seznam vzorků jetele lučního použitých pro hodnocení bachorové degradovatelnosti neutrálně detergentní vlákniny. Jetel luční byl odebírán ve třech různých sečích (I, II, III) v průběhu jednoho vegetačního období (tabulka 1). První seč (I) a druhá seč (II) jsou reprezentovány třemi termíny odběru průměrného vzorku. Třetí seč (III) je zastoupena jedním odběrem.

**Tabulka 1. Seznam použitých vzorků jetele lučního odebíraného ve třech různých sečích**

Jetel luční	Termín odběru	Seč	Průměr/měsíc		Vegetační fáze
			teplota	srážky	
1 (1216)	10. 5.	I	16,2 °C	66 mm	mladý porost 25 – 30 cm
2 (1218)	18. 5.	I			mladý porost 30 – 35 cm; tvorba květních poutat
3 (1220)	25. 5.	I			výška porostu 60 cm; konec tvorby květních poutat, počátek kvetení
4 (1227)	29. 6.	II	16,5 °C	98 mm	výška porostu 60 cm; počátek kvetení
5 (1229)	7. 7.	II	17,2 °C	103 mm	výška porostu 70 cm; počátek kvetení až plné kvetení
6 (1231)	13. 7.	II			výška porostu 70 cm; plné kvetení
7 (1241)	17. 8.	III	17,7 °C	57 mm	výška porostu 50 cm; po odkvětu

I = první seč, II = druhá seč, III = třetí seč.

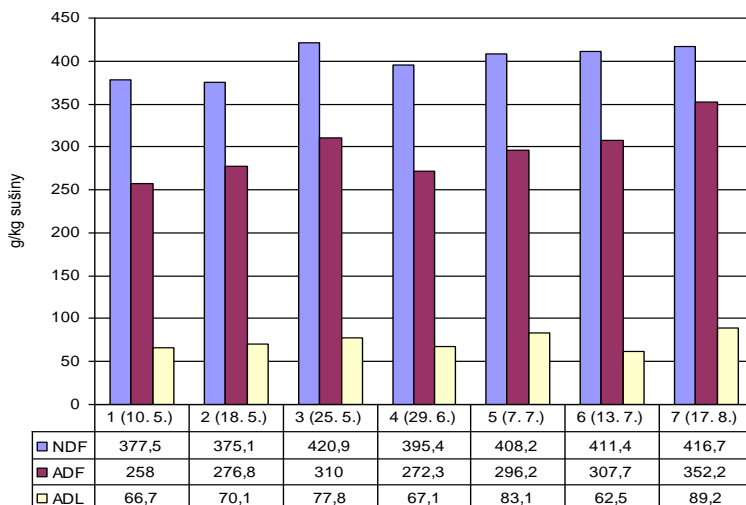
Z každého odběru ve sledovaném vegetačním období byly u původního vzorku jetele lučního provedeny základní chemické rozborů. V tabulce 2 je zaznamenán výčet průměrných hodnot chemických rozborů základních živin pro jednotlivé seče (I, II, III). Původní sušina jetele lučního kolísala od 137,3 g/kg (jetel luční 4) do 241,0 g/kg (jetel luční 7). Obsah jednotlivých složek byl v průměru za celé vegetační období pro popel 119,2 g/kg sušiny, tuk 23,2 g/kg sušiny, NL 197,7 g/kg sušiny, CF 214,1 g/kg sušiny a BNLV 445,8 g/kg sušiny. Pokles obsahu NL v průběhu stárnutí porostu byl i v souladu s autory Hoffman a kol. (1993) a Rinne a Nykänen (2000). Obsah jednotlivých frakcí vlákniny byl v průměru pro NDF 400,7 g/kg sušiny, ADF 296,2 g/kg sušiny a ADL 73,8 g/kg sušiny. Tento narůstající trend jednotlivých frakcí vlákniny je znázorněn v grafu 1. Narůstající obsah NDF, ADF, ADL v rámci jednotlivých sečí je také uváděn ve vědeckých publikacích Hoffman a kol. (1993), Coblentz a kol. (1998) a Elizalde a kol. (1999).

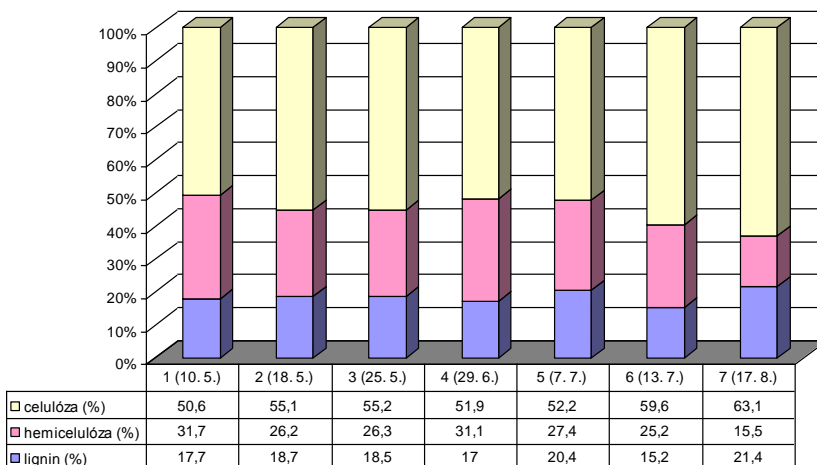
**Tabulka 2. Obsah živin (g/kg sušiny) u vzorků jetele lučního.**

Jetel luční	1 (10. 5.)	2 (18. 5.)	3 (25. 5.)	4 (29. 6.)	5 (7. 7.)	6 (13. 7.)	7 (17. 8.)
Seč	I	I	I	II	II	II	III
Sušina původní	154,7	190,1	180,3	137,3	159,4	157,0	241,0
Popel	145,3	103,6	91,2	135,2	98,8	139,0	121,6
Tuk	24,2	24,1	22,3	22,7	23,7	22,2	23,5
NL	218,8	211,1	179,9	213,9	197,6	181,6	180,7
CF	181,5	181,4	218,8	202,9	230,0	236,4	247,6
BNLV	430,2	479,8	487,8	425,3	449,9	420,8	426,6

BNLV = bezdusíkaté látky výtažkové, CF = hrubá vláknina, NL = dusíkaté látky.

Buněčná stěna (NDF) sledovaných vzorků jetele lučního byla vyčíslena jako podíl celulózy, hemicelulózy a ligninu (graf 2), kde: celulóza = ADF – ADL, hemicelulóza = NDF – ADF a lignin = ADL. V průměru NDF obsahovala 55,4 % celulózy, 26,2 % hemicelulózy a 18,4 % ligninu.

**Graf 1. Obsah (g/kg sušiny) neutrálně detergentní vlákniny (NDF), acido detergentní vlákniny (ADF) a acido detergentního ligninu u jetele lučního**


**Graf 2. Zastoupení komponentů buněčné stěny (NDF), tzn. obsah celulózy, hemicelulózy a ligninu u vzorků jetele lučního (%).**


Koeficienty stravitelnosti organické hmoty (KS OH) a brutto energie (KS BE) stanovené metodou *in vivo* jsou uvedeny v tabulce 3. KS OH byl 68,7 % (jetel luční 1), 76,2 % (jetel luční 2), 74,5 % (jetel luční 3), 74,9 % (jetel luční 4), 71,1 % (jetel luční 5), 72,5 % (jetel luční 6) a 68,9 % (jetel luční 7). KS BE dosahoval hodnot 65,3 % (jetel luční 1), 73,8 % (jetel luční 2), 71,6 % (jetel luční 3), 72,1 % (jetel luční 4), 69,8 % (jetel luční 5), 70,7 % (jetel luční 6) a 68,2 % (jetel luční 7). Tabulka 4 a graf 3 ukazují hodnoty BE a SE jetele lučního v průběhu vegetačního období. Obsah BE kolísá od 17,6 do 18,9 MJ/kg sušiny, SE od 11,8 do 13,6 MJ/kg sušiny. Podobné hodnoty pro jeteloviny uvádí ve své práci Arieli a kol. (1999).

**Tabulka 3. Koeficienty stravitelnosti organické hmoty a brutto energie stanovené *in vivo* metodou u vzorků jetele lučního**

Jetel luční	1 (10. 5.)	2 (18. 5.)	3 (25. 5.)	4 (29. 6.)	5 (7. 7.)	6 (13. 7.)	7 (17. 8.)
Seč	I	I	I	II	II	II	III
KS OH (%)	68,7	76,2	74,5	74,9	71,1	72,5	68,9
KS BE (%)	65,3	73,8	71,6	72,1	69,8	70,7	68,2

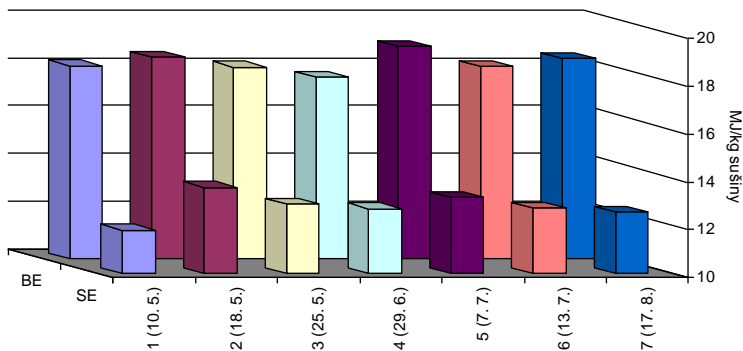
KS BE = koeficient stravitelnosti brutto energie, KS OH = koeficient stravitelnosti organické hmoty.

**Tabulka 4. Obsah energie (MJ/kg sušiny) u vzorků jetele lučního**

Jetel luční	1 (10. 5.)	2 (18. 5.)	3 (25. 5.)	4 (29. 6.)	5 (7. 7.)	6 (13. 7.)	7 (17. 8.)
Seč	I	I	I	II	II	II	III
BE	18,1	18,4	18,0	17,6	18,9	18,0	18,4
SE	11,8	13,6	12,9	12,7	13,2	12,8	12,6

BE = brutto energie, SE = stravitelná energie.

**Graf 3. Obsah brutto energie (BE) a stravitelné energie (SE) u vzorků jetele lučního**



Pro stanovení bachorové degradovatelnosti NDF byly použity inkubační intervaly 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72, 96 a 288 hodin (graf 4).

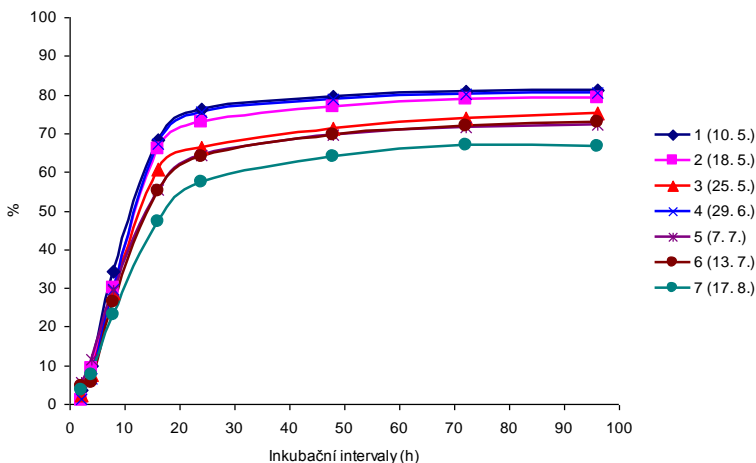
V tabulce 5 jsou zaznamenány průměrné hodnoty dosažené bachorové degradovatelnosti NDF v jednotlivých inkubačních intervalech. V rámci jednotlivých sečí (seče I, II, III) s postupující vegetační fází (termínem sklizně) byl zaznamenán pokles bachorové degradovatelnosti NDF. U bachorové degradovatelnosti NDF stanovené po 24 hodinovém inkubačním intervalu byly zjištěny průměrné hodnoty 76,3 % (jetel luční 1, termín odběru 10. 5.), 73,0 % (jetel luční 2, termín odběru 18. 5.), 66,5 % (jetel luční 3, termín odběru 25. 5.), 75,5 % (jetel luční 4, termín odběru 29. 6.), 64,2 % (jetel luční 5, termín odběru 7. 7.), 64,1 % (jetel luční 6, termín odběru 13. 7.) a 57,4 % (jetel luční 7, termín odběru 17. 8.).

Nestravitelný podíl NDF (INDF) jetele lučního (tabulka 5) kolísal od 17,0 % do 30,4 %. Vliv doby sklizně na stupeň bachorové degradovatelnosti NDF uvádí Dehority (1993), Rinne a kol. (2002) a Jančík a kol. (2008). Rinne a kol. (2002) uvádí navýšení obsahu INDF v průběhu čtyř týdnů z 4,8 na 12,4 %.

**Tabulka 5. Bachorová degradovatelnost (%) neutrálně detergentní vlákniny (NDF) v jednotlivých inkubačních intervalech**

Jetel luční	Inkubační intervaly (h)									INDF
	2 h	4 h	8 h	16 h	24 h	48 h	72 h	96 h	288 h	
1 (10. 5.)	3,8	10,0	34,4	68,5	76,3	79,5	80,9	81,1	82,7	17,3
2 (18. 5.)	1,0	9,1	30,1	66,0	73,0	76,8	78,9	79,3	81,1	18,9
3 (25. 5.)	2,4	7,5	28,6	60,6	66,5	71,4	74,0	75,1	77,9	22,2
4 (29. 6.)	1,5	6,6	29,6	67,3	75,5	78,9	80,1	80,4	83,0	17,0
5 (7. 7.)	5,5	11,7	29,2	55,6	64,2	69,6	71,7	72,2	74,9	25,1
6 (13. 7.)	4,5	5,5	26,6	55,2	64,2	69,6	72,0	73,1	75,1	24,9
7 (17. 8.)	3,7	7,5	23,2	47,1	57,4	63,9	67,1	66,6	69,6	30,4

INDF = stravitelný podíl neutrálně detergentní vlákniny stanovený po 288 h *in situ* metodou (100 – bachorová degradovatelnost neutrálně detergentní vlákniny stanovená po 288 h).

**Graf 4. *In situ* bachorová degradovatelnost (%) neutrálně detergentní vlákniny u vzorků jetele lučního.**


Hodnoty parametrů bachorové degradovatelnosti NDF u vzorků jetele lučního jsou uvedeny v tabulce 6. K výpočtu ED NDF byla použita rovnice Ørskov a McDonald (1979) s koeficientem pro výtakovou rychlost částic krmiva z bachoru  $k = 0,02 \text{ h}^{-1}$ . Rozpětí ED v rámci celého souboru bylo od 50,2 % do 67,1 %. ED NDF jednotlivých vzorků jetele lučního byla v průměru 66,1 % (10. 5.), 63,6 % (18. 5.), 59,2 % (25. 5.), 64,8 % (29. 6.), 57,4 % (7. 7.), 56,9 % (13. 7.) a 51,6 % (17. 8.). V tabulce 6 jsou uvedeny dva vzájemně porovnatelné parametry bachorové degradovatelnosti: (a) DNDF a (b) parametr b. DNDF vyjadřuje stravitelný podíl neutrálně detergentní vlákniny stanovený po 288 h *in situ* metodou. Parametr b je teoretická (vypočtená) hodnota vyjadřující nerozpustnou, ale potenciálně degradovatelnou frakci NDF). Průměrné hodnoty parametrů *in situ* bachorové degradovatelnosti (b, c a DNDF) byly 77,1 % (parametr b), 0,0703  $\text{h}^{-1}$  (parametr c, tj. rychlost degradace

frakce b) a 77,8 % (parametr DNDF) (tabulka 6). Tyto hodnoty parametrů bachorové degradovatelnosti jsou srovnatelné s výsledky, které publikovala Koukolová a kol. (2004).

**Tabulka 6. Hodnoty parametrů efektivní bachorové degradovatelnosti neutrálně detergentní vlákniny (NDF) u vzorků jetele lučního.**

Jetel luční	1 (10. 5.)	2 (18. 5.)	3 (25. 5.)	4 (29. 6.)	5 (7. 7.)	6 (13. 7.)	7 (17. 8.)
Seč	I	I	I	II	II	II	III
b (%)	83,3 <sup>a</sup>	81,3 <sup>a</sup>	76,2 <sup>b</sup>	83,1 <sup>a</sup>	73,2 <sup>c</sup>	74,3 <sup>b,c</sup>	68,4 <sup>d</sup>
c (h <sup>-1</sup> )	0,0769	0,0725	0,0704	0,0710	0,0731	0,0666	0,0621
ED (%)	66,1 <sup>a</sup>	63,6 <sup>b</sup>	59,2 <sup>c</sup>	64,8 <sup>a,b</sup>	57,4 <sup>c,d</sup>	56,9 <sup>d</sup>	51,6 <sup>e</sup>
DNDF (%)	82,7 <sup>a</sup>	81,1 <sup>a</sup>	77,9 <sup>b</sup>	83,0 <sup>a</sup>	74,9 <sup>c</sup>	75,1 <sup>c</sup>	69,6 <sup>d</sup>

b = nerozpustná, ale potenciálně degradovatelná frakce NDF;

c = rychlost degradace frakce b;

ED = efektivní bachorová degradovatelnost NDF počítána s výtokovou rychlostí částic krmiva z bachoru  $k = 0,02 \text{ h}^{-1}$ ;

DNDF = stravitelný podíl neutrálně detergentní vlákniny stanovený po 288 h *in situ* metodou;

<sup>a, b, c, d, e</sup>průměry s různými písmeny v řádku uvádějí statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými vzorky jetele lučního ( $P < 0,05$ ; Scheffe test).

Tabulka 7 zobrazuje korelační koeficienty zjištěné mezi jednotlivými sledovanými nutričními hodnotami jetele lučního. ED NDF zřetelně korelovala ( $P < 0,05$ ) s obsahem NL ( $r = 0,902$ ), NDF ( $r = -0,873$ ), ADF ( $r = -0,961$ ), b ( $r = 0,953$ ) a c ( $r = 0,599$ ). INDF signifikantně ( $P < 0,05$ ) korelovala s obsahem původní sušiny jetele lučního ( $r = 0,683$ ), NL ( $r = -0,757$ ), CF ( $r = 0,845$ ) a ADF ( $r = 0,878$ ). Parametry bachorové degradovatelnosti (b, c a ED) vykazovaly s proměnnou INDF statisticky průkazné ( $P < 0,05$ ) korelační koeficienty  $-0,953$  (b),  $-0,479$  (c) a  $-0,961$  (ED).

Metodou mnohonásobného srovnávání Scheffého testem (tabulka 6) byl prokázán statisticky významný rozdíl u ED NDF, parametru b a DNDF mezi jednotlivými termíny sklizně jetele lučního. S narůstající vegetační zralostí jetele lučního docházelo k poklesu ( $P < 0,05$ ) efektivní degradovatelnosti NDF (tabulka 6). Průběh změn parametrů degradovatelnosti a stravitelnosti



NDF v závislosti na růstové fázi hodnotil ve své práci Jančík a kol. (2008). Výrazně lepší stravitelnost

NDF u mladších porostů oproti porostům sklízeným později popisují také u trav Harrison a kol. (2003) a u kukuřice Di Marco a kol. (2002). Snižování parametrů b a c pro degradovatelnost sušiny u ovsu v průběhu stárnutí uvádí ve své práci Micek a kol. (2001). Jančík a kol. (2008) potvrdil patrný pokles parametrů b, ED NDF a naopak nárůst INDF v době po začátku metání všech sledovaných druhů trav.

Tabulka 7. Korelační koeficienty vybraných proměnných (chemické rozborů, *in vivo* stravitelnost organické hmoty a parametry bachorové degradovatelnosti NDF).

	Sušina původní	Popel	Tuk	NL	CF	BNLV	NDF	ADF	ADL	BE	b	c	ED	INDF
Popel	-0,317													
Tuk	0,219	-0,001												
NL	-0,503	0,336	0,607											
CF	0,404	-0,134	-0,492	<b>-0,861</b>										
BNLV	0,166	<b>-0,858</b>	0,063	-0,079	<b>-0,300</b>									
NDF	0,300	-0,318	-0,688	<b>-0,908</b>	<b>0,904</b>	-0,031								
ADF	<b>0,771</b>	-0,273	-0,324	<b>-0,885</b>	<b>0,880</b>	-0,069	<b>0,808</b>							
ADL	-0,458	-0,572	0,201	-0,458	0,555	0,194	0,525	0,702						
BE	0,387	-0,535	0,546	-0,155	0,250	0,257	0,066	0,272	0,612					
b	-0,587	0,389	0,293	<b>0,889</b>	<b>-0,933</b>	0,027	<b>-0,852</b>	<b>-0,919</b>	-0,718	-0,506				
c	-0,474	-0,323	0,495	0,657	<b>-0,758</b>	0,551	-0,659	<b>-0,782</b>	-0,287	0,267	<b>0,330</b>			
ED	-0,607	0,228	0,373	<b>0,902</b>	<b>-0,968</b>	0,174	<b>-0,873</b>	<b>-0,961</b>	-0,662	0,341	<b>0,953</b>	<b>0,599</b>		
INDF	<b>0,683</b>	-0,205	-0,056	<b>-0,757</b>	<b>0,845</b>	-0,175	0,623	<b>0,878</b>	0,640	0,595	<b>-0,953</b>	<b>-0,479</b>	<b>-0,961</b>	
KS OH	-0,268	-0,405	-0,356	0,107	-0,332	0,574	-0,137	-0,280	-0,361	-0,298	0,329	0,354	0,365	-0,442

NL = dusíkaté látky; CF = hrubá vláknina; BNLV = bezdusíkaté látky výťažkové; NDF = neutrálně detergentní vláknina; ADF = acido detergentní vláknina; ADL = acido detergentní lignin; BE = brutto energie; b = nerozpuštná, ale potenciálně degradovatelná frakce NDF; c = rychlost degradace frakce b; ED = efektivní bachorová degradovatelnost NDF počítána s výřkovou rychlostí částic krmiva z bachoru  $k = 0,02 \text{ h}^{-1}$ ; INDF = nestravitelný podíl NDF; KS OH = koeficient stravitelnosti organické hmoty stanovený *in vivo* metodou.

„Tučné“ zvýrazněné „korelační koeficienty byly stanoveny se statistickou významností  $P < 0,05$ “.

### 3.3. Závěr

Obsah jednotlivých složek jetele lučního byl v průměru pro popel 119,2 g/kg sušiny, NL 197,7 g/kg sušiny, CF 214,1 g/kg sušiny, NDF 400,7 g/kg sušiny, ADF 296,2 g/kg sušiny, ADL 73,8 g/kg sušiny a BE 18,2 MJ/kg sušiny. S postupující vegetační fází klesala *in vivo* stravitelnost OH a BE. Koeficienty *in vivo* stravitelnosti OH a BE byly v průměru 72,4 % (KS OH) a 70,2 % (KS BE). Efektivní bachorová degradovatelnost NDF rovněž klesala ( $P < 0,05$ ) s postupující vegetační fází; průměrné hodnoty ED pro jednotlivé termíny odběrů byly 66,1 % (10. 5.), 63,6 % (18. 5.), 59,2 % (25. 5.), 64,8 % (29. 6.), 57,4 % (7. 7.), 56,9 % (13. 7.) a 51,6 % (17. 8.). Průměrné hodnoty parametrů *in situ* bachorové degradovatelnosti byly 77,1 % pro parametr b, 0,0703 h<sup>-1</sup> pro parametr c a 77,8 % pro parametr DNDF.

### III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

---

Krmná dávka s optimální koncentrací strukturální vlákniny je významným činitelem, který rozhoduje o příjmu krmiva, fermentační činnosti bachoru, stravitelnosti živin, zdravotním stavu, užítkovosti a rentabilitě živočišné produkce.

Přínosem této metodiky je přesnější charakteristika nutriční hodnoty objemného krmiva (jetele lučního) a snaha o aplikaci ukazatele stravitelnosti NDF do krmivářské praxe. Nutriční hodnota objemného krmiva byla vyjádřena pomocí základních chemických rozborů, *in vivo* a *in situ* analýz, které v praxi nejsou rutinní záležitostmi. *In situ* bachorovou degradovatelnost NDF pokládáme za klíčové stanovení, kterým lze vyjádřit skutečnou výživnou hodnotu objemné píče v trávicím traktu přežvýkavců.

Uvedené výsledky poskytují kompletní informaci o měnícím se obsahu živin u jetele lučního v průběhu jedné vegetační sezóny. Hodnoty *in situ* bachorové degradovatelnosti NDF byly uvedeny do vztahu s jednotlivými živinami, *in vivo* stravitelností organické hmoty a brutto energií v závislosti na termínu odběru vzorků jetele lučního. Zvolené postupy k získání těchto výsledků jsou nezbytnou součástí upřesňování a vylepšování současných systémů hodnocení krmiv pro přežvýkavce.

#### **IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY**

---

Metodika je určena zemědělcům, zemědělským poradcům a organizacím zabývajících se kvalitou krmiv, výživou a krmením hospodářských zvířat. Výsledky této studie jsou součástí výzkumného záměru, jehož cílem je standardizace metodických postupů, které zohledňují využitelnost živin v trávicím traktu přežvýkavců. Stravitelnost NDF je důležité aplikovat do systémů hodnocení krmiv pro přežvýkavce v ČR z důvodů chovatelské a produkční prosperity chovů.

## V. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

---

1. AOAC, 2005. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists International. 18<sup>th</sup> edition. Gaithersburg, USA.
2. Arieli A., Shahar K., Mabjeesh S. J., Zamwel S., Sklan D., 1999. Estimation of the digestible energy of ruminant feedstuffs by the combined bag technique. J. Dairy Sci. 82, 566-573.
3. Beever, D.E., Mould, F.L., 2000. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: Givens, D.I., Owen, E., Axford, R.F.E., Omed, H.M. (Eds.), Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CAB International, pp. 15-42.
4. Coblenz W. K., Fritz J. O., Fick W. H., Cochran R. C., Shirley J. E., 1998. *In situ* dry matter, nitrogen, and fiber degradation of alfalfa, red clover, and eastern gamagrass at four maturities. J. Dairy Sci. 81, 150-161.
5. Dehority B. A., 1993. Microbial ecology of cell wall fermentation. In: H. G. Jung *et al.* (Editors), Forage cell wall structure and digestibility, Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin. 425-453.
6. Di Marco O. N., Aello M. S., Nomdedeu M., Van Houtte S., 2002. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (*in vivo*, *in situ* and *in vitro*). Anim. Feed Sci. Technol. 99, 37-43.
7. Dubbs T. M., Vanzant E. S., Kitts S. E., Bapst R. F., Fieser B. G., Hewlett C. M., 2003. Characterization of season and sampling method effects on measurement of forage duality in fescue-based pastures. J. Anim. Sci. 81, 1308-1315.
8. 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.
9. Grenet E., 1970. Taille et structure des particules végétales au niveau et des reces chez les bovins. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 4, 643-657.
10. Grenet E., Jamot I., 1990. XVI. International Congree, Nice. 919-920.
11. Harazim J., Pavelek L., Čerešňáková Z., Homolka P., Třináctý J., Jambor V., Pozdíšek J., Zeman L., 1999. Metodika pro stanovení degradovatelnosti dusíkatých látek a aminokyselin krmiv v bachoru přežvýkavců (Metoda „*in situ*, nylon bag“). Sborník mezinárodní vědecké konference „Stanovení využitelnosti živin u přežvýkavců“, Opava. 115-118.
12. Harrison J., Huhtanen P., Collins M., 2003. Perennial grasses. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science

- Society of America, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. Silage Science and Technology, Agronomy Monograph no. 42.
13. 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 forages. J. Dairy Sci. 76, 2632-2643.
  14. Hvelplund T., Weisbjerg M. R., 2000. *In situ* techniques for the estimation of protein degradability and post-rumen availability. In: D. I. Givens, E. Owen, R. F. E. Axford, H. M. Omed (Editors), Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CABI Publishing, 233-258.
  15. Jančík F., Homolka P., Koukolová V., 2008. Optimální termín sklizně trav z pohledu trávení buněčné stěny. Metodika. 33 p. ISBN 978-80-7403-011-6.
  16. Koukolová V., Weisbjerg M. R., Hvelplund T., Lund P., Čermák B., 2004. Prediction of NDF degradation characteristics of grass/clover forages based on laboratory methods. J. Anim. Feed Sci. 13, 691-708
  17. Kowalczyk J., Zebrowska T., 2000. Włókno pokarmowe skład chemiczny i biologiczne działanie. Instytut Fizjologii i Zwierzat im. Jana Kielanowskiego w Jablonnie, 05-110 Jablonna, 119-127.
  18. Lund P., 2002. The effect of forage type on passage kinetics and digestibility of fibre in dairy cows. Ph.D.- Thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University (Denmark). 171 p.
  19. Marten G. C., Buton D. R., Barnes R. F., 1988. Feeding value (forage quality). In Alfalfa and Alfalfa Improvement, Monograph no. 29. Madison, Wis.: ASSA/CSSA/SSSA.
  20. Micek P., Kowalski Z. M., Borowiec F., Shelford J. A., 2001. Digestibility of whole grain crop silages determined by different methods. J. Anim. Feed Sci. 10, 696-706.
  21. Míka V., 1988. Hodnocení kvality píče ve šlechtění trav. Doktorská disertační práce. 1. díl, 316 p.
  22. Nováková Š., 2002. Rozbor sacharidového spektra – Lignin jako faktor limitující stravitelnost a využití živin. Diplomová práce. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. 85 p.
  23. Ørskov E. R., McDonald L., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agr. Sci. 92, 499-503.
  24. Rinne M., Huhtanen P., Jaakkola S., 2002. Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. J. Anim. Sci. 80, 1986-1998.
  25. 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.
26. Rinne M., Nykänen A., 2000. Timing of primary growth harvest affects the yield and nutritive value of timothy-red clover mixtures. Agric. Food Sci. Finl. 9, 121-134.
  27. SAS Institute, 2003. SAS; Statistic's Version 9.1 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
  28. Sommer A., Čerešňáková Z., Frydrych Z., Králík O., Králíková Z., Krása A., Pajtáš M., Petrikovič P., Pozdíšek J., Šimek M., Třináctý J., Venc B., Zeman L., 1994. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce. Česká akademie zemědělských věd, 198 p. ISBN 80-901598-1-8.
  29. Třináctý J., Šustala M., Richter M., Doležal P., 2000. Hodnocení obsahu NDF v krmných dávkách skotu. Krmivářství. 5, 41-42.
  30. Urban F., Bouška J., Čermák V., Doležal O., Fulka J. (jr.), Fulka J., Futerová J., Homolka P., Jílek F., Kudrna V., Loučka R., Macháčová E., Marounek M., Miklík J., Mudřík Z., Jaroslav P., Poděbradský Z., Šereda L., Skřivanová V., Váchal J., Vetýška J., Žižlavský J., 1997. Chov dojeného skotu. Nakladatelství APROS, ISBN 80-901100-7-X. 288 p.
  31. Van Saun J. R., Koukal P., 2003. Výživa přežvýkavců – trávení sacharidů. Farmář. 1, 40-42.
  32. Van Soest P. J., 1994. Nutritional Ecology of The Ruminant. Cornell University Press. pp. 476.
  33. Venc B., 1990. Possibility of digestible organic matter prediction by chemical and *in vitro* methods. In: New Systems of Energy and Protein Evaluation for Ruminants, Praha, 1990.
  34. Zeman L., Doležal P., Kopřiva A., Mrkvicová E., Procházková J., Ryant P., Skládanka J., Straková E., Suchý P., Veselý P., Zelenka J., 2006. Výživa a krmění hospodářských zvířat, 360 p., ISBN 80-86726-17-7.



## **VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE**

---

### Vědecké impaktované publikace:

Koukolová V., Weisbjerg M. R., Hvelplund T., Lund P., Čermák B., 2004. Prediction of NDF degradation characteristics of grass and grass/clover from laboratory methods. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 13. 691-708.

Weisbjerg M. R., Koukolová V., Lund P., 2007. Rate of NDF degradation. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 16, Suppl. 2, 151-155.

Koukolová V., Homolka P., Koukol O., Jančík F., 2010. Nutritive value of *Trifolium pratense L.* for ruminants estimated from *in situ* ruminal degradation of neutral detergent fibre and *in vivo* digestibility of organic matter and energy. *Czech Journal of Animal Science*. 55 (9), 372-381.

### Konferenční sdělení:

Koukolová V., Weisbjerg M., Homolka P., Čermák B., Kobes M., 2005. Neutral detergent fiber and its role in techniques to study rumen fermentation characteristics of forage. *Konference Dni výživy zvířat*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 100-103.

Koukolová V., Homolka P., 2008. Význam hodnocení vlákniny ve výživě dojníc. *Výživa dojníc, Pohořelice* 5. 6. 2008. 25-30.

# OBSAH

I. CÍL METODIKY A DEDIKACE	.....	3
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY		
1. Úvod	.....	4
2. Literární přehled	.....	5
3. Experimentální část metodiky		
3.1. <i>Materiál a metodika</i>	.....	8
3.2. <i>Výsledky a diskuze</i>	.....	10
3.3. <i>Závěr</i>	.....	19
III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPU	.....	20
IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	.....	21
V. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	.....	22
VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	.....	25

- Vydal:** Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.  
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves
- Název:** Bachorová degradovatelnost neutrálně detergentní vlákniny a stravitelnost organické hmoty jetele lučního
- Autoři:** Ing. Veronika Koukolová, Ph.D.  
Bc. Ondřej Koukol  
Ing. Petr Homolka, Ph.D.  
Ing. Filip Jančík, Ph.D.  
Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha Uhřetěves;  
Oddělení výživy a krmení hospodářských zvířat
- Oponenti:** prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.  
Děkan Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity  
v Českých Budějovicích.  
  
Ing. Juraj Saksún  
Vedoucí oddělení komodit skotu a krmiv,  
Odbor živočišných komodit MZe ČR.

ISBN 978-80-7403-041-3

Vydáno bez jazykové úpravy.

Metodika vznikla jako součást řešení výzkumného záměru MZe ČR  
MZE0002701404.

© Ing. Veronika Koukolová, Ph.D., Bc. Ondřej Koukol, Ing. Petr Homolka, Ph.D.,  
Ing. Filip Jančík, Ph.D., 2010  
© Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves 2010