

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ  
Број захтева: 277/3-6.5.  
Датум: 25.12.2013. године

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ  
БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА

## ЗАХТЕВ

за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета" број 131/06), дате сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Алексе Божичковића, дипл. инж.

Кандидат **Алекса (Ђуро) Божичковић**, дипл. инж., пријавио је докторску дисертацију под називом: «Предвиђање хранљиве вредности луцерке у исхрани преживара на основу морфолошких параметара», из научне области Зоотехника.

Универзитет је дана 25.01.2011. године, својим актом број 6/189/12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: **«Процена хранљиве вредности луцерке у исхрани преживара на основу морфолошких параметара»**.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације Алексе Божичковића, дипл. инж., образована је на седници одржаној 30.10.2013. године, одлуком Факултета број 277/1-6.5., у саставу:

име и презиме члана комисије, звање, научна област

1. др Горан Грубић, редовни професор, Исхрана домаћих и гајених животиња,
2. др Ненад Ђорђевић, редовни професор, Исхрана домаћих и гајених животиња,
3. др Александар Симић, доцент, Крмно биље и травњаци,
4. др Јоже Вербич, научни саветник, Исхрана животиња и конзервисање сточне хране,
5. др Бора Динић, научни саветник, Конзервисање сточне хране методом солирања.

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, на седници одржаној 25.12.2013. године.

**ДЕКАН ФАКУЛТЕТА**

Проф. др Милица Петровић

Универзитет у Београду  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ  
Број: 277/3-6.5.  
Датум: 25.12.2013. године  
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 123. Закона о високом образовању и члана 24. Правилника о последипломским студијама и докторату наука, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 25.12.2013. године, донело је

### О Д Л У К У

**I ПРИХВАТА СЕ** извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео **АЛЕКСА БОЖИЧКОВИЋ**, дипл. инж. и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«ПРОЦЕНА ХРАНЉИВЕ ВРЕДНОСТИ ЛУЦЕРКЕ У ИСХРАНИ ПРЕЖИВАРА НА ОСНОВУ МОРФОЛОШКИХ ПАРАМЕТАРА»**.

**II** Универзитет је дана 25.01.2011. године, својим актом број 6/189/12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

**III** Рад кандидата у часопису међународног значаја:

**A. Božičković**, G. Grubić, J. Verbić, T. Žnidaršič, N. Đordjević and B. Stojanović, (2013). A modified method for assessment of the morphological stage of development as a predictor of alfalfa herbage chemical composition and nutritive value. The Journal of Agricultural Science, 151, pp 590-598. doi:10.1017/S0021859613000129.

**ПРЕДСЕДНИК  
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА  
ДЕКАН**

(Проф. др Милица Петровић)

Доставити: кандидату, ментору др Горану Грубићу, редовном професору, Институту за зоотехнику, Студентској служби и архиви.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА**  
Датум: 01.11.2013.г.

**Предмет: Извештај комисије о оцени урађене докторске дисертације  
Алексе Божичковића, дипл. инж.**

Одлуком Наставно-научног већа факултета број 277/1-6.5. од 30.10.2013. године именовани смо у Комисију за оцenu урађене докторске дисертације дипл. инж. Алексе Божичковића поднете 13.06.2010.г. под насловом “Процена хранљиве вредности луцерке у исхрани преживара на основу морфолошких параметара”. Пошто смо проучили докторску дисертацију, подносимо следећи

## **ИЗВЕШТАЈ**

### **1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДИСЕРТАЦИЈИ**

Докторска дисертација Алексе Божичковића, дипл. инж., написана је на 211 страна текста. Текст дисертације укључује и 49 табела, 101 графикон и 32 слике. У раду је приказано укупно 398 регресионих једначина од тога је 210 изведено за процену хранљиве вредности луцерке, а 69 је изведене за међусобну конверзију различитих параметара.

Испред основног текста написан је резиме са кључним речима на српском и енглеском језику. Дисертација се састоји од 8 основних поглавља: 1. Увод (стр.1-3), 2. Циљеви и задаци истраживања (стр. 4-6), 3. Преглед литературе (стр. 7-41), 4. Материјал и методе истраживања (стр. 42-72), 5. Резултати и дискусија (стр.73-192), 6. Закључак (стр. 193-198), 7. Литература (стр. 199-206), 8. Биографија аутора (стр. 207), Прилог 1. – Изјава о ауторству (стр. 208), Прилог 2. – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада (стр. 209), Прилог 3. – Изјава о коришћењу (стр. 210-211).

### **2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **2.1. Увод**

У уводу је кандидат дао приказ значаја прецизног одређивања старости луцерке, на основу морфолошких параметара, чиме се може предвидети хемијски састав и сварљивост луцерке са високом тачношћу. Спроведена истраживања су довела до развоја различитих регресионих функција којима ће се моћи одредити поједини параметри квалитета луцерке, на основу њене старости, а тиме и могућност њене примене у исхрани преживара (пре свега говеда).

#### **2.2. Циљеви и задаци истраживања**

Циљ овог истраживања било је одређивање регресионих функција којима се могу предвидети битни чиниоци којима се дефинише хранљива вредност луцерке у исхрани преживара коришћењем морфолошких параметара. Методом вишеструке нелинеарне регресије одређене су појединачне једначине којима се може предвидети удео сирових протеина (SP), сирових масти (SMa), пепела (SPe), влакана нерастворљивих у неутралном детергенту (NDF), влакана нерастворљивих у киселом

детерценту (ADF), сирових протеина нерастворљивих у неутралном детерценту (NDNSP), сирових протеина нерастворљивих у киселом детерценту (ADNSP), лигнина (ADL), као и *in vitro* сварљивост органске материје (IVSOM) и нето енергетска вредност за лактацију ( $NE_L$ ).

Регресије су изведене за појединачне откосе као и за цео испитивани део вегетације (на бази свих сакупљених узорака). Циљ развијања регресија за појединачне откосе, као и за све откосе одједном, је био да се провери да ли се тачност регресија може повећати уколико се оне развију за сваки откос појединачно. Такође, извршено је поређење утврђене нето енергије за лактацију према NRC (2001) систему, као и предвиђене нето енергије за лактацију према продукцији гаса, у свим узорцима.

Задатак ових истраживања је био да се дође до једноставне и лако применљиве методе којом ће моћи да се унапред процени оптималан тренутак за кошење луцерке, како би се од ње добила храна за преживаре са најповољнијим нутритивним особинама.

## 2.3. Преглед литературе

### 2.3.1. Развој метода за одређивање средње морфолошке фазе луцерке

Хемијски састав и хранљива вредност луцерке се мењају током вегетационог циклуса због чега луцерка са краја вегетационог циклуса има слабији квалитет. Одмицање вегетације се дефинише као зрење биљака током ког долази до поменутог смањења хранљиве вредности. За старост луцерке у данима, мерено од дана ницања, примећено је да не може бити поуздан параметар за процену хранљиве вредности. У овом смислу варијације се јављају и између година и између откоса. Временске прилике представљају основни узрок ових промена као и разлог појаве разлика између година, због чега луцерка из истог откоса у истој старости по данима може веома да варира између различитих година. У овом поглављу рада описан је развој метода за процену хранљиве вредности луцерке, од најстаријих који се базирају на старости луцерке, до најсавременијих које се заснивају на морфолошким фаза развоја, какве су предмет истраживања у овом раду.

### 2.3.2. Одређивање средње морфолошке фазе, према Kalu and Fick (1981)

У циљу одређивања средње морфолошке фазе Kalu and Fick (1981) су дефинисали 10 морфолошких фаза кроз које пролази биљка луцерке. Систем узорковања и класификације стабљика у морфолошке фазе је детаљно обрађен у брошури коју су приредили Fick and Mueller (1989). Поменути аутори су развили два система за одређивање средње фазе, метод заснован на бројању стабљика у свакој фази – *Mean Stage by Count* (MSC) и метод заснован на сувој маси сваке фазе – *Mean Stage by Weight* (MSW).

### 2.3.3. Промене средње морфолошке фазе и хранљиве вредности луцерке током вегетације

Средња морфолошка фаза као и систем класификације изданака луцерке представљају динамичан систем. Промена MSC и MSW вредности, брзина промена средњих морфолошких фаза, односно зрење луцерке, се не одвија истом брзином током године. Промене у брзини пораста средње морфолошке фазе су такође праћене и

променама које се дешавају у самим биљкама. Према резултатима Kalu and Fick (1981, 1983) током једног вегетационог циклуса у луцерки се одвијају велике промене. Ове промене доводе до појаве да се биљке у истој морфолошкој фази разликују услед различите старости у данима од момента ницања, односно почетка вегетационог циклуса. Управо због тога се не може рећи да биљке у одређеној морфолошкој фази имају одређени хемијски састав и хранљиву вредност. Узорак сакупљен кошењем одређене површине се састоји од низа изданака у различитим морфолошким фазама. У свим морфолошким фазама истог узорка, лишће има константну хранљиву вредност. Са друге стране, хранљива вредност стабла различитих морфолошких фаза се разликовала у оквиру истог узорка (Kalu and Fick, 1983).

#### *2.3.4. Методе за предвиђање хранљиве вредности луцерке на пољу*

Због свега наведеног, процена хранљиве вредности луцерке на њиви као и манипулације са њом (калкулације са временом кошења), су врло значајни за савремено сточарство. Најтачнији увид у хранљиву вредност луцерке на пољу пружа хемијска анализа. Време потребно за лабораторијске анализе као и њихова цена чини основни проблем примене ове методе. Употреба различитих параметара заснованих на морфологији биљака или неким климатским параметрима, има предност због једноставне примене као и због одсуства материјалних средстава за примену ових метода. Велики број истраживача је приказао различите математичке моделе засноване на овим параметрима.

##### *2.3.4.1. Средња морфолошка фаза као параметар за предвиђање хранљиве вредности*

Зрелост (енг. *maturity*) луцерке у моменту кошења има највећи утицај на квалитет кабасте хране и представља променљиву која се најлакше контролише од стране узгајивача (Mueller, 1994). Морфолошка фаза је највећим делом резултат кумулативног ефекта околине на луцерку, што објашњава због чега она представља добар параметар за предвиђање. На основу поређења свих испитаних параметара за предвиђање, Fick and Onstad (1988) су закључили да MSW представља најважнију независну варијаблу за предвиђање квалитета луцерке. У овом поглављу су описана сва истраживања у којима су на основу средњих морфолошких фаза израчунате регресионе функције за одређене хемијске параметре и сварљивост.

##### *2.3.4.1.1. Валидација једначина заснованих на средњој морфолошкој фази*

Валидација једначина подразумева утврђивање грешке неке једначине на узорцима који су у потпуности независни од узорака којим је извршена калибрација те једначине. Другим речима, валидација представља проверу једначине са независним узорцима. У овом поглављу су описана сва истраживања овог типа која су изведена до сада.

##### *2.3.4.1.2. Процена хранљиве вредности стабла и лишћа луцерке*

Постоји низ истраживања у којима су приказане једначине за процену као и једначине које приказују тренд различитих параметара хранљиве вредности у стаблу и у лишћу луцерке (Onstad and Fick, 1983; Fick and Onstad, 1988; Sanderson and Wedin,

1988). У овим истраживањима је показано да се значајан део варијабилности хранљиве вредности лишћа и стабла може објаснити са MSW-ом.

#### 2.3.4.2. Остале методе за предвиђање хранљиве вредности луцерке на пољу

Осим модела за предвиђање заснованих на средњој морфолошкој фази, вршена су и истраживања у којима су испитивани други параметри. Испитивана је и могућност употребе суме ефективних температура – CET (енг. *Growing Degree Days*) као параметра за предвиђање хранљиве вредности. Hintz and Albrecht (1991) су такође развили и брзи метод за процену хемијског састава заснован на коришћењу два независна фактора, највише стабљике и највеће фазе по методи Kalu and Fick (1981) у узорку. Овај метод је касније, у радовима Owens *et al.* (1995) и Sulc *et al.* (1997), назван PEAQ (*Predictive Equations for Alfalfa Quality*) методом.

### 2.4. Материјал и методе истраживања

Сакупљање узорака луцерке је обављено од 7. априла до 9. августа 2010. године на производном пољу Пољопривредне Корпорације Београд (ПКБ), газдинство Пионир, Бесни Фок. Поље је засновано пролећном сетвом сорте „Банат”, 2008. године. Узорковањима су обухваћена прва три откоса (циклуса вегетације). У оквиру сваког циклуса вегетације, узорковања су обављана од почетка вегетације (висина биљака у моменту првог узорковања је била у просеку нижа од 15 цм) до завршетка вегетације (биљке у фази зрелог семена). Укупно је сакупљен 141 узорак у сва три праћена откоса. Узорци су сакупљени кошењем парцелица површине 0,12 м<sup>2</sup>. Кошење је обављено ручно, маказама, на висини од 3,5 цм, при чему су сакупљени сви изданци са стаблом вишим од 3,5 цм.

Након доношења узорка у лабораторију, све стабљике истог узорка су раздвајане на морфолошке фазе према методологији коју су описали и дефинисали Fick and Mueller (1989). Метод израчунавања MSW и MSC вредности: морфолошке фазе луцерке су сушене на 60 °C до константне масе. Коришћена је једначина за одређивање MSW и MSC према Kalu and Fick (1981, 1983).

У свим сакупљеним узорцима урађене су следеће хемијске анализе: сирови протеин (SP), сирови пепео (SPe), сирове масти (SMa), влакна нерастворљива у неутралном детергенту (aNDF), влакна нерастворљива у киселом детергенту (ADF), лигнин (ADL), протеин нерастворљив у неутралном детергенту (NDICP), протеин нерастворљив у киселом детергенту (ADICP). Наведени параметри су неопходни при одређивању нето енергије за лактацију (NE<sub>L</sub>) по NRC (2001) систему, што је уједно био критеријум за избор хемијских параметара који ће бити утврђивани у сакупљеним узорцима. SP је одређен методом по Kjeldahl-у (ISO, 2005), на апарату Tecator Kjeltex Auto Analyzer 1030. Анализа SPe је обављена спаљивањем око 3 g узорка на 600 °C према AOAC 942.05 (AOAC, 2000). SMa су одређене индиректним методом уз коришћење Soxhlet-ове апаратуре и диетилетра према AOAC 920.39 (AOAC, 2000). Апаратом Gerhardt FibreBag су одређени aNDF, ADF и ADL. aNDF је одређен уз коришћење 50 µl амилазе (Sigma A 3306) по понављању, без коришћења натријум сулфита, према Van Soest *et al.* (1991). ADF и ADL су утврђени према ISO (2008). aNDF и ADF анализа су рађени несеквенцијално, резултати су изражени укључујући пепео нерастворљив у неутралном, односно, киселом детергенту. Анализе NDICP и ADICP су рађене Kjeldahl -овом анализом из aNDF, односно ADF након одређивања ових фракција влакана.

Анализа *in vitro* сварљивости органске материје (IVSOM) је обављена методом мерења гас продукције (Menke *et al.* 1979) у инкубираном течном садржају бурага (ТСБ). Анализа гас продукције је обављена 2010. године у Пољопривредном Институту Словеније (*Kmetijski Inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija*).

Одређивање нето енергије за лактацију (NEL) и свих осталих енергетских фракција у свим узорцима извршено према NRC (2001). Такође обрачун метаболичке и нето енергије на основу мерења *in vitro* гас продукције извршен је према Menke and Steingass (1988).

Све статистичке анализе су обављене коришћењем софтверског пакета STATISTICA v.6 (StatSoft, 2003). При статистичкој анализи није изостављен ниједан узорак који је био сакупљен током овог истраживања. Поређење различитих низова података је извршено анализом варијансе, док је тест средина обављен помоћу Fisher LSD теста. Поређење могућности предвиђања хранљиве вредности помоћу средњих морфолошких фаза, је извршено на основу изведених регресија за испитиване параметре хранљиве вредности. Такође, регресиона анализа је примењена и при извођењу једначина за међусобну конверзију средњих морфолошких фаза. Као параметри тачности изведених регресионих једначина су коришћени коефицијент детерминације ( $R^2$ ) и квадратни корен средине суме квадрата грешке – *Root mean square error* (RMSE).

## 2.5. Резултати и дискусија

Резултати овог истраживања показују да се MSW вредност у односу на MSC вредност равномерније повећавала током сва три испитана вегетациона циклуса. У I откосу је установљено смањење MSC вредности између 11. и 31. маја, након чега је установљен поновни пораст. Ово смањење MSC вредности се поклапа са повећањем броја стабљика у 0. и 1. морфолошкој фази, који се у периоду од 11. до 31. маја повећао са 20 на 120 стабљика. Проценат стабљика у ове две морфолошке фазе се у том периоду повећао са око 20 на око 70 %. Са друге стране, удео масе ових фаза у укупној маси је остао константан у овом периоду, због чега није установљено смањење MSW вредности.

Уочене су разлике у односу MSC и MSW између откоса, тако да је конверзија ове две средње морфолошке фазе била најтачнија у III а најслабија у I откосу. Предложена једначина конверзије MSC у MSW, за све откосе, је имала  $R^2$  0,7456 и RMSE 0,8969. Анализом девијације MSC вредности од MSW је утврђено да се ограничавањем ове конверзије на првих 8 недеља може значајно подићи тачност конверзије. Предложена је једначина за ову конверзију ( $MSW = 0,4493 + 1,258 \times MSC$ ;  $n = 105$ ;  $R^2$  0,9568; RMSE 0,3486). За обратну конверзију, MSW у MSC, предложена је једначина ( $MSC = -0,2403 + 0,7606 \times MSW$ ;  $n = 105$ ;  $R^2$  0,9568; RMSE 0,2711).

Предложен је нови метод за одређивање средње морфолошке фазе, назван MSFW (енг. *Mean Stage by Fresh Weight*). Овај метод представља модификовани начин утврђивања MSW вредности. MSW се одређује на основу суве масе док се MSFW одређује на основу свежје масе морфолошких фаза у узорку. Иако су установљене разлике у сувој материји (SM) морфолошких фаза, како током вегетације тако и између различитих откоса, утврђена је велика сличност између MSW и MSFW. Просечно, апсолутна разлика међу овим параметрима је износила 0,074. Није утврђена статистички значајна разлика између ове две средње морфолошке фазе ( $p = 0,7269$ ). Веома висока подударност ове две фазе је објашњена сличном дистрибуцијом свежје и суве масе морфолошких фаза у узорцима. Као показатељ дистрибуције одређени су коефицијент варијације (CV) као и релативно изражена стандардна девијација (SD)

(SD/укупна маса узорка  $\times 100$ ) за суву и влажну масу. Оба параметра дистрибуције масе фаза су била веома слична код свих узорака, без обзира да ли се ради о свежој или сувој маси. Добијени су  $R^2$  од 0,9874 за CV и 0,9957 за релативно изражену SD, када су ова два параметра утврђена за суву и влажну масу код свих узорака. Ово све је резултирало готово директном везом између ове две средње морфолошке фазе и то у свим узорцима. Предложена је једначина за конверзију MSW у MSFW ( $MSFW = 0,9808 \times MSW$ ;  $R^2$  0,9986; RMSE 0,0661), а за обратну конверзију једначина ( $MSW = 1,0193 \times MSFW$ ;  $R^2$  0,9986; RMSE 0,0674).

Анализом варијансе су утврђене разлике у хемијском саставу луцерке између откоса. Према већини испитиваних хемијских параметара се издвојио III откос. III откос је имао статистички значајно ( $p < 0,01$ ) већу количину SP, SPE и невлакнастих угљених хидрата (NFC) и статистички значајно ( $p < 0,01$ ) мању количину aNDF, ADF, ADL, ADICP и целулозе од остала два испитивана откоса. У односу на IVSOM нису утврђене разлике. III откос је имао већу количину ( $p < 0,05$ ) право сварљивих хранљивих материја (TDN), сварљиве енергије (DE), метаболичке енергије (ME) и  $NE_L$  од II откоса, док је од I откоса имао више DE и ME.

Количина SP, SPE, Sma и NFC се током свих откоса смањивала, док се количина aNDF, ADF, ADL, целулозе и хемицелулозе у луцерки повећавала са одмицањем вегетације. Испитиване протеинске фракције ћелијског зида, NDICP и ADICP, су имале слабо изражене трендове током сва три испитивана откоса. У оквиру ћелијског зида, изражено  $R^2$ , најјача међузависност је утврђена између aNDF, ADF и целулозе, и износила је око 94%. ADL и хемицелулоза су били у нешто слабијој међу зависности са осталим параметрима ћелијског зида. NDICP и ADICP нису били у међузависности са осталим параметрима ћелијског зида, због чега је закључено да повећање aNDF, ADF или ADL не доводи до повећања ових протеинских фракција.

У оквиру SP удео потенцијално разградиве фракције протеина ( $SP_R$ ), споро разградиве фракције правог протеина ( $B_3$ ) и неразградиве несварљиве фракције протеина (C) је био променљив током I и II откоса, односно релативно константан у III откосу.  $B_3$  фракција је била релативно константна током сва три вегетациона циклуса, док се удео C фракције у SP повећавао са зрењем луцерке.

Иако је истакнуто да су установљени трендови смањења односно повећања најважнијих хемијских параметара, у другој половини I откоса је утврђена стагнација SP, Sma, aNDF, ADF и ADL. Наиме, SP је достигао минималну количину од око 180 g/kg SM на почетку пупољења (45. дан вегетације). Количина aNDF и ADF се повећавала до почетка цветања (55. дан вегетације) када су достигли ниво од око 450, односно 350 g/kg SM. Наведена количина aNDF и ADF у луцерки је остала константна до 85. дана вегетације, односно до фазе зрења махуна. ADL је достигао количину од око 70 g/kg SM у пупољењу (48. дана вегетације) и слично aNDF и ADF није се мењао до 85. дана вегетације. На основу овога је закључено да маркантне фазе развоја (почетак пупољења, пупољење, почетак цветања, цветање) не могу представљати поуздан параметар за одређивање момента за кошење луцерке. У II и III откосу није примећена ова појава, због чега је закључено, да је одлагање момента кошења у циљу повећања приноса могуће само током ова два откоса.

IVSOM луцерке се смањивала са одмицањем вегетације, док је код TDN и енергетских фракција, слично хемијским параметрима, утврђена стагнација у средини I откоса. Према IVSOM нису утврђене статистички значајне разлике између откоса. Иако анализом варијансе нису утврђене израженије разлике између откоса у односу на  $NE_L$  када је  $NE_L$  изражена по kg сварљиве органске материје (OM) III откос се јасно издвојио као откос са највећом количином нето енергије.

Извршено је поређење два система за одређивање NE, NRC (2001) и Menke and Steingass (1988). Међузависност  $NE_L$  и  $NE_{M\&S}$ , изражена  $R^2$ , се разликовала по откосима и износила је 0,9612; 0,8977; 0,9684; 0,937 редом за I, II, III и све откосе. Поред утврђених високих  $R^2$ , код узорака са почетка откоса разлика између ова два система је износила чак и 1 MJ/kg SM. Код узорака из средине откоса, узорци са NE између 5,0 и 6,0 MJ/kg SM, ова разлика је била око 0,25 MJ/kg SM.

На основу коефицијената корелације израчунатих за све сакупљене узорке, највећа зависност  $NE_L$  је утврђена од SP, aNDF, ADL, ADF и SMa и износила је редом 0,9664; -0,9662; -0,9640; -0,9469 и 0,9154. У случају IVSOM највећа корелација је утврђена са aNDF, ADL, SP и продукцијом гаса (GP) је износила -0,9411; -0,9271; 0,9104 и 0,9058. Утврђене су и разлике између откоса у односима ових параметара хранљиве вредности.

Изведено је укупно 210 регресионих функција за процену свих праћених параметара хемијског састава и хранљиве вредности. Регресије су изведене помоћу све три испитиване средње морфолошке фазе (MSC, MSW, MSFW) и то за све откосе, I откос, II откос и III откос. Регресијама су били обухваћени сви хемијски параметри потребни за одређивање  $NE_L$ : SP, SPe, SMa, aNDF, ADF, ADL, NDICP, ADICP. Поред наведених хемијских параметара регресије су изведене и за целулозу, хемицелулозу и NFC. Осим хемијских параметара регресије су изведене и за процену GP, IVSOM, сварљиву OM, TDN,  $NE_L$ , DE и ME

Показано је да у циљу поређења хранљиве вредности откоса, поређење треба извршити у односу на хранљиву вредност узорака при конкретним нивоима средње морфолошке фазе. Детаљније сагледавање ових разлика је могуће извођењем регресионих функција за средњу морфолошку фазу и одабрани параметар хранљиве вредности. На основу свих изведених регресионих функција је закључено да је III откос имао највећу хранљиву вредност, а I најмању.

У једначинама изведеним за конкретне откосе, код већине хемијских и параметара хранљиве вредности, проценат објашњене варијабилности помоћу средње морфолошке фазе се кретао између 80 и 90 %. Нешто слабија могућност за предвиђање је утврђена код SPe, SMa, хемицелулозе и GP. Код NDICP, ADICP и NFC утврђене једначине су имале веома слабе параметре тачности или ниједан испитивани облик регресионе функције није био статистички значајан. Због тога је закључено да предвиђање NDICP, ADICP и NFC помоћу средњих морфолошких фаза није адекватно.

Код свих праћених параметара хранљиве вредности, регресије изведене за све откосе су имале најслабије параметре тачности регресија (најмањи  $R^2$  и највећи RMSE). На примеру MSW једначина за процену  $NE_L$ , анализом одступања процењене вредности од стварно утврђене, показано је да је интервал грешке процене био највећи код једначина за све откосе. Због тога је закључено да се у циљу предвиђања хемијског састава и хранљиве вредности регресије морају развијати за појединачне откосе. Код MSW и MSFW једначина, тачност предвиђања се повећавала од једначина за све откосе преко једначина за I и II откос до једначина за III откос. Изузетак су представљале једначине за MSC, код којих су најтачније биле једначина за II откос.

Једначине за све откосе, I откос и III откос, одређене за MSW и MSFW, су по правилу биле тачније од једначина израчунатих за MSC. Само у II откосу су једначине изведене за MSC биле боље од једначина за MSW и MSFW.

Скоро све MSW и MSFW једначине су имале врло сличне регресионе параметре,  $R^2$  и RMSE, а облици ових једначина су по правилу били исти. Такође, промене ове две средње морфолошке фазе током вегетације, су биле готово идентичне, а коефицијент детерминације скоро 1. Због тога је претпостављено да ове две средње морфолошке фазе представљају исту меру зрења луцерке, због чега би се MSFW без

конверзије могао користити у једначина изведеним за MSW, и обратно. Највећа разлика између ове две средње морфолошке фазе је утврђена код једначина за процену DE за све откосе. Због тога су у једначину, која је изведена за MSW, убачене утврђене MSW и MSFW вредности свих сакупљених узорака. На тај начин, су добијене  $DE_{MSW}$  и  $DE_{MSFW}$  између којих није утврђена статистички значајна разлика ( $p = 0,7506$ ). Применом MSFW у једначини за MSW само је први узорак из III откоса значајније одступао, у овом случају  $R^2$  за  $DE_{MSW}$  и  $DE_{MSFW}$  је износио 0,994. Занемаривањем овог узорка коефицијент детерминације између утврђених  $DE_{MSW}$  и  $DE_{MSFW}$  је износио 0,9992. Закључено је да се због велике сличности између MSW и MSFW оне могу користити без конверзије у једначинама изведеним за ове две средње морфолошке фазе.

## 2.6. Закључак

Ово истраживање је спроведено са циљем испитивања средњих морфолошких фаза луцерке, њихових промена током прва три циклуса вегетације као и њиховог утицај на најважније параметре хемијског састава и хранљиве вредности. Утицај средњих морфолошких фаза на параметре хемијског састава и хранљиве вредности је испитан преко регресионе анализе, односно процента објашњене варијабилности ( $R^2$ ) ових параметара. Све регресионе једначине су развијане са циљем испитивања могућности процене најважнијих параметара хемијског састава и хранљиве вредности у луцерки на пољу, помоћу средњих морфолошких фаза. Други циљ регресионе анализе је био развој једначина за међусобну конверзију испитиваних средњих морфолошких фаза.

Нето енергија представља један од најважнијих параметара хранљиве вредности који се налази у директној зависности са хемијским саставом. Због тога почетна хипотеза овог истраживања је била да уколико се најважнији хемијски параметри луцерке могу предвидети са средњом морфолошком фазом у том случају се и нето енергетска вредност луцерке може предвидети. Најбоље регресионе једначине за предвиђање хемијских параметара на основу једне од утврђиваних средњих морфолошких фаза су имале следеће параметре тачности ( $R^2$  и RMSE) за SP: 0,9381 и 10,75; SPe: 0,7627 и 5,75; SMa: 0,8575 и 1,74; aNDF: 0,9425 и 13,36; ADF: 0,9257 и 12,34; ADL: 0,8839 и 3,79; Целулоза: 0,9176 и 9,75; Хемицелулоза: 0,8581 и 6,62; NDICP: 0,4522 и 5,07; ADICP: 0,3834 и 1,45; NFC: 0,7352 и 10,05. У периодима вегетације, за које су изведене једначина чији су параметри тачности приказани, просечне вредности (изражено у g/kg SM) хемијских параметара су износиле: за SP: 226,61; SPe: 88,96; SMa: 33,48; aNDF: 445,41; ADF: 280,70; ADL: 54,37; Целулоза: 217,31; Хемицелулоза: 72,23; NDICP: 31,64; ADICP: 9,97; NFC: 264,58. Према томе, релативно изражено, удео грешке (RMSE) у приказаној просечној вредности је износио за SP: 4,7 %; SPe: 6,5 %; SMa: 5,2 %; aNDF: 3,0 %; ADF: 4,4 %; ADL: 7,0 %; Целулозу: 4,5 %; Хемицелулозу: 9,2 %; ADICP: 16,0 %; NDICP: 14,5 %; NFC: 3,8 %. Имајући у виду да ADICP и NDICP представљају минорне хемијске параметре сви најважнији хемијски параметри су били задовољавајуће процењени. Као резултат тога приказана једначина [5-263] ( $NE_L = 7,821 - 0,771 \times MSW + 0,065 \times MSW^2$ ) за процену  $NE_L$  у III откосу је имала висок  $R^2$  (0,9372) и низак RMSE (0,14). Утврђена просечна вредност  $NE_L$  у III откосу је износила 6,0 MJ/kg SM, што значи да је релативни удео грешке процене једначине [5-263] износио 2,3 %. У случају IVSOM најтачнија једначина је имала такође висок  $R^2$  (0,9365) и низак RMSE (10,39), просек за вегетациони циклус за који је утврђена ова једначина је износио 693,20, односно удео RMSE у просечној вредности је износио 1,5 %. Због свега изнетог на основу свих развијених регресионих

једначина је закључено да се помоћу испитаних средњих морфолошких фаза са задовољавајућом тачношћу могу проценити најважнији параметри хемијског састава и хранљиве вредности луцерке.

У овом поглављу кандидат наводи да је на основу урађених испитивања и добијених резултата предложен нови метод за одређивање средње морфолошке фазе луцерке који се заснива на мерењу масе морфолошких фаза у свежем стању (MSFW). Овај систем практично представља модификацију раније методе (MSW), која се базира на мерењу суве масе морфолошких фаза. Добијени резултати указују да се развојем једначина за појединачне откосе може смањити грешка процене најважнијих нутритивних параметара. Нови метод који је предложен има предност у односу на старији због једноставности, времена потребног за одређивање и чињенице да се одређује на свежем материјалу (који остаје неизмењен). Са друге стране једначине утврђене за MSW и MSFW су имале готово исте регресионе коефицијенте као и параметре тачности. За процену  $NE_L$  у III откосу су утврђене једначине [5-263] и [5-264], ове једначине су испод приказане:

$$NE_L = 7,821 - 0,771 \times MSW + 0,065 \times MSW^2 \quad R^2 0,9372 \text{ и } RMSE 0,14$$

$$NE_L = 7,767 - 0,760 \times MSFW + 0,064 \times MSFW^2 \quad R^2 0,9358 \text{ и } RMSE 0,14$$

На приказаним једначинама се може видети велика сличност између две испитиване морфолошке фазе. Наведене предности MSFW могу решити неке од проблема који ограничавају ширу примену MSW као и концепта средње морфолошке фазе, како у научним испитивањима тако и у пракси.

## 2.7. Литература

У дисертацији је цитирано 85 референци. Цитиране референце одговарају проучаваној проблематици.

## 3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу анализе докторске дисертације, Комисија сматра да су изабрана тема као и резултати овог оригиналног и самосталног научног дела актуелни и значајни за науку и праксу. Спроведена истраживања су прва те врсте у нашој земљи, а добијени резултати могу да доведу до битно ефикаснијег искоришћавања луцерке у исхрани преживара, пре свега говеда, чиме се отвара пут, с једне стране повећању производње, а са друге смањењу трошкова исхране. Током старења луцерке мења се хемијски састав биљке а самим тим и хранљива вредност. Количина протеина у биљци се смањује, а повећава удео целулозних влакана, са почетних 342,5 g/kg SM SP и 234,32 g/kg SM aNDF на почетку вегетације до 152,3 g/kg SM SP и 558,28 g/kg SM aNDF на крају вегетације, колико је утврђено у овом истраживању. Ово истраживање је показало да се прецизним одређивањем старости луцерке, на основу морфолошких параметара, уз коришћење одговарајућих једначина, може предвидети хемијски састав (највиши  $R^2$  за SP 0,9381; aNDF 0,9425; ADF 0,9257), сварљивост (утврђен највиши  $R^2$  0,9365) и енергетска вредност (утврђен највиши  $R^2$  0,9372) луцерке са високом тачношћу. Значај поменутих једначина је у чињеници да се без лабораторијских испитивања (хемијских анализа), само на бази физичких и лако мерљивих параметара, може брзо и тачно проценити како ће се хранљива вредност луцерке мењати у наредним данима. Додатни, али можда и највећи допринос овог рада је што је у њему развијен и по први пут описан нови метод за одређивање средње морфолошке фазе на основу свежје масе узорка, чиме се анализа знатно убрзава, и постаје применљива у широјој пракси.

Полазећи од чињенице да се луцерка гаји само за исхрану животиња, циљ ових истраживања био је да се дође до једноставне и лако применљиве методе којом ће моћи да се унапред процени оптималан тренутак за кошење луцерке, како би се од ње добила храна за преживаре са најповољнијим нутритивним особинама. Мишљење је Комисије да је овај рад у потпуности испунио задати циљ.

Програм дисертације представља јединствену целину. Хипотезе од којих кандидат полази су правилно постављене, коришћене методе су адекватне и савремене, тако да омогућују реално сагледавање значајности добијених резултата и реализацију програмских задатака. Кандидат је овим радом у потпуности реализовао све што је предвиђено Пријавом докторске дисертације (од 13.06.2010.г.), односно позитивно оцењеним рефератом о оцени пријаве, који је разматран на Већу научних области биотехничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 25.01.2011., а на основу које је Декан Пољопривредног факултета дао Сагласност (бр. 333/11 – 5.9. од 01.02.2011.г.), којим је одобрена израда ове докторске дисертације.

На основу свега изнетог, Комисија позитивно оцењује урађену докторску дисертацију дипл. инж. Алексе Божичковића поднете под насловом “Процена хранљиве вредности луцерке у исхрани преживара на основу морфолошких параметара” и предлаже Научно-наставном већу Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду, да прихвати ову оцену и омогући кандидату да докторску дисертацију под наведеним насловом јавно брани.

01.11.2013.г.

#### **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:**

---

1. Др Горан Грубић, редовни професор  
Универзитет у Београду - Пољопривредни Факултет, Земун

---

2. Др Ненад Ђорђевић, редовни професор  
Универзитет у Београду - Пољопривредни Факултет, Земун

---

3. Др Александар Симић, доцент  
Универзитет у Београду - Пољопривредни Факултет, Земун

---

4. Др Јоже Вербич, научни саветник  
Пољопривредни институт Словеније, Љубљана, Словенија  
(*Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija*)

---

5. Др Бора Динић, научни саветник  
Институт за крмно биље, Крушевац

**Прилог:**

Рад објављен у часопису са SCI листе

**A. BOŽIČKOVIĆ**, G. GRUBIĆ, J. VERBIČ, T. ŽNIDARŠIČ, N. DJORDJEVIĆ and B. STOJANOVIĆ, (2013). A modified method for assessment of the morphological stage of development as a predictor of alfalfa herbage chemical composition and nutritive value. The Journal of Agricultural Science, 151, pp 590-598. doi:10.1017/S0021859613000129.