نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ – کرج

مطالعه آزمایشگاهی انرژی برشی ویژه ساقه یونجه به منظور تخمین برخی شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای

محمدمهدی مهارلویی*[۱]، محمد لغوی[۲]، سید مهدی نصیری[۲]

۱- استادیار بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- به ترتیب استاد و استادیار بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز

*** نویسنده مسئول:**

maharlooei@uk.ac.ir

چکیده

پژوهش حاضر به دنبال روشی ساده و کاربردی به منظور استفاده در شرایط مزرعه‌ای به صورت بلادرنگ برای تخمین خصوصیات کیفیت تغذیه ای محصول یونجه می باشد. این خصوصیات برای تهیه لایه نقشه تغییر پذیری کیفیت محصول و نیل به اهداف کشاورزی دقیق مورد نیاز است. پژوهش های پیشین نشان دادند که نیروی برشی در شرایط کنترل شده و روش استاندارد برش (آزمایشگاهی) قادر به پیشگویی برخی شاخص‌های کیفیت تغذیه ای همچون فیبر خام است، به منظور تطابق روش پیشنهادی در شرایط مزرعه ای در پژوهش حاضر از تیغه های ماشین بسته بند (جان دیر–۳۴۸) در شرایط متفاوتی از سرعت بارگذاری و شرایط محصول برای انجام آزمون برش استفاده شد. نتایج نشان داد که در سطوح مختلف عامل چرخه رشد سالیانه و چین، انرژی برشی ویژه (انرژی برشی به ازای قطر هرساقه/دسته ساقه بر حسب ژول بر میلی‌متر) در حالت خشک و چند ساقه به طور معنی داری تغییر کرده است. همچنین در این وضعیت انرژی برشی ویژه بهترین همبستگی را با شاخص‌های مرتبط با فیبر خام داشته است(R^2=۰/۶۶). پژوهش‌های بیشتر در خصوص ارقام مختلف یونجه و سایر عوامل موثر بر کیفیت به منظور راستی آزمایی روش پیشنهادی توصیه می شود.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی دقیق، خصوصیات برشی ویژه، یونجه، شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای

مقدمه

کشاورزی دقیق همواره به دنبال راهکارهایی به منظور بیان علل وجود تغییرات در مزرعه و اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب جهت بهبود عملکرد کمّی و کیفی محصول و در نهایت افزایش سود تولید کننده است(لغوی، ۱۳۸۶). یکی از مهم ترین لایه های اطلاعاتی قابل مدیریت در مزرعه، عملکرد کمّی و کیفی محصول می باشد. مطالعات پیشین نشان داده که امکان

مدیریت نهاده‌ها به منظور بهبود خصوصیات و شاخص‌های کیفی محصول هم مانند عملکرد کمّی محصول وجود دارد(بلک مور، ۱۹۹۶). این شاخص‌های کیفی در محصولات پر ارزش تاثیر زیادی بر قیمت گذاری محصول دارد.

محصولات علوفه‌ای نیز دارای شاخصه‌های کیفی قابل سنجش در قیمت گذاری است. همچنین اطلاع از تغییرات خصوصیات کیفی محصول در مزرعه، متخصصان را در تهیه و تدوین جیره غذایی دام یاری می نماید. از مهم ترین این شاخص‌ها، شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای[۱] هستند که به بررسی خصوصیات گوارشی[۲] علوفه برای حیوان نشخوار کننده می پردازد. شاخص‌های پروتئین خام، الیاف خام و شاخص دیواره سلولی بدون همی سلولز[۳] یا ADF[۴] از پر اهمیت ترین شاخص‌های این دسته هستند. اندازه گیری این شاخص‌ها به کمک روش‌های آزمایشگاهی انجام می شود که عموماً زمان بر و هزینه بر است(بال و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین امکان اجرای آن‌ها به صورت گسترده و در شرایط بلادرنگ وجود ندارد. با توجه به عوامل محیطی و زراعی موثر بر خصوصیات کیفیتی یاد شده و امکان اجرای مدیریت خاص مکانی[۵] نهاده‌ها به منظور بهبود خصوصیات کیفی، مطالعه در خصوص یافتن روش‌های بی درنگ برای یافتن نایکنواختی کیفی در مزرعه و بر طرف نمودن آن ضروری به نظر می رسد.

تاکنون روش‌های متعددی توسط محققین برای پاسخ به این مسئله، پیشنهاد شده است که عموماً مبتنی بر استفاده از روش مادون قرمز نزدیک[۶] و روش‌های سنجش از دور می باشند. علیرغم پاسخ مناسب این روش‌ها و همبستگی‌های قوی نتایج این روش‌ها با خصوصیات کیفی، استفاده از این روش‌ها با مشکلاتی نیز همراه است. بطور مثال روش مادون قرمز نزدیک نیازمند آماده سازی اولیه نمونه بوده که استفاده از این روش را در شرایط مزرعه‌ای محدود می سازد. روش سنجش از دور نیز به شدت وابسته به شرایط آب و هوایی و وضعیت جوی منطقه در حین تصویر برداری، وضوح مکانی تصاویر و بازه زمانی تصویربرداری است. افزون بر آن، استفاده از این روش‌ها در کشورهای در حال توسعه با کشاورزی سنتی یا نیمه مدرن، توجیه پذیر نیست و لزوم ارائه و گسترش روش‌های کاربردی تر در این زمینه احساس می شود (یانگ و همکاران ۲۰۱۰).

محصول علوفه‌ای یونجه یکی از اجزای اصلی جیره غذایی مورد استفاده دام در ایران می باشد. این محصول چند ساله اصلی ترین منبع تامین پروتئین مورد نیاز حیوان است. کیفیت تغذیه‌ای این محصول تحت تاثیر عوامل زراعی و محیطی است. به دلیل اهمیت اقتصادی این محصول راهبردی و امکان اعمال مدیریت خاص مکانی بر عوامل زراعی موثر بر کیفیت تغذیه‌ای این محصول، در این پژوهش امکان سنجی اندازه گیری بی درنگ شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای این محصول مورد توجه قرارگرفت.

۱- Nutritional Quality Parameters
۲- Digestive characteristic
۳- Hemi cellulose
۴- Acid Detergent Fiber
۵- Site Specific Management System
۶- NIRS (Near Infrared Spectroscopy)

تحقیقات صورت گرفته توسط محققین در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی نشان می دهد که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی محصول می تواند نشانگر برخی خصوصیات کیفی محصول باشد. از بین خصوصیات مکانیکی محصول، نیروی برشی بیشترین همبستگی را با خصوصیات کیفیت تغذیه ای نشان داده است(هریرو و همکاران ۲۰۰۱، هاگز و همکاران ۲۰۰۰ آیواسا و همکاران ۱۹۹۶a، ۱۹۹۶b و ۱۹۹۹، میر و همکاران ۱۹۹۵، لیو و همکاران ۲۰۰۹).

با توجه به مطالعات پیشین انجام شده، در این تحقیق امکان سنجی استفاده از انرژی برشی ویژه به منظور تخمین خصوصیات کیفی یونجه در شرایط مختلف زراعی اعم از ساقه‌های خشک و تر با استفاده از تیغه‌های استاندارد ماشین بسته بند در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی به صورت آزمون تک ساقه و چند ساقه بررسی گردید. شرایط مختلف ارزیابی به دلیل مطابقت روش پیشنهادی با روش استاندارد معرفی شده در پژوهش‌های پیشین و همچنین بررسی وضعیت برش توده‌ای مواد مانند آنچه در مزرعه انجام می شود، صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

ساخت و نصب تجهیزات مکانیکی آزمون آزمایشگاهی

برای راستی آزمایی روش پیشنهادی در این پژوهش لازم بود تا محصول تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی ارزیابی گردد. برای این منظور از دستگاه بارگذاری استاندارد چند منظوره کششی و فشاری (سنتامSTM-20) استفاده گردید. از دو تیغه یدکی ماشین بسته بند جان دیر مدل ۳۴۸ برای شبیه سازی شرایط مطابق آنچه در ماشین بسته بند اتفاق می افتد، استفاده شد. برای نصب تیغه‌های ثابت و متحرک ماشین بسته بند بر روی بخش ثابت و متحرک دستگاه بارگذاری، قطعاتی مانند آنچه در شکل-۱ مشاهده می شود ساخته شد. این قطعات وظیفه نگهداری تیغه‌ها در وضعیت صحیح از لحاظ فاصله بین دوتیغه و زاویه قرار گیری تیغه‌ها نسبت به راستای وارد شدن نیرو مطابق با شرایط نصب در ماشین بسته بند را بر عهده دارند.

شکل ۱- تجهیزات ساخته شده برای نصب تیغه‌های ماشین بسته بندی روی دستگاه بارگذاری چند منظوره

عوامل مورد آزمون و روش انجام آزمایش ها

با توجه به هدف پژوهش حاضر و منابع علمی بررسی شده، در این پژوهش دو گروه از عوامل مورد آزمون قرار گرفت. عوامل زراعی شامل چرخه رشد سالیانه محصول در چهار سطح و چین‌های برداشت شده در دو سطح انتخاب گردید. چهار مزرعه با محصول یونجه به ترتیب یک ساله، دو ساله، سه ساله و پنج ساله و در طی فصل برداشت دو چین در مرداد ماه و مهر ماه (چین‌های سوم و پنجم فصل رشد) از مزارع تحقیقاتی دانشکده کشاورزی برداشت و مورد ارزیابی قرار گرفت. دلیل انتخاب ماه‌های مرداد و مهر به دلیل تفاوت درجه روز[1] دریافتی گیاه درحین دوره رشد در این ماه‌ها و تاثیر این عامل بر کیفیت تغذیه ای گیاه می باشد. رقم یونجه در کلیه مزارع انتخابی رقم همدانی بود. عامل دیگر مورد آزمون در این پژوهش، سرعت بارگذاری در چهار سطح (۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی متر بر دقیقه) بود. به منظور تخمین خصوصیات کیفی مطرح شده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی طبق پروتکل‌های استاندارد(بال و همکاران، ۲۰۰۱) توسط بخش مهندسی علوم دامی انجام شد

پس پردازش داده‌های خام اندازه گیری شده و آزمون‌های آماری

به منظور مقایسه آماری تیمارها، انرژی برشی ویژه مورد آزمون قرار گرفت. انرژی برشی ویژه از طریق محاسبه سطح زیر منحنی نیروی برشی و جابجایی به روش ذوزنقه ای به ازاء قطر هرساقه/دسته ساقه برحسب ژول بر میلی‌متر بدست آمد. آزمایش‌ها به صورت کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. در این آزمایش‌ها عامل مزرعه به عنوان کرت اصلی و عوامل چین و سرعت بارگذاری به عنوان کرت های فرعی در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها

نتایج تجزیه واریانس آزمون‌های آزمایشگاهی در مورد محصول تازه و خشک در شرایط تک ساقه و دسته ساقه در جدول ۱ آمده است. این نتایج نشان می دهد انرژی برشی ویژه در کلیه سطوح عامل سرعت بارگذاری به صورت معنی داری تغییر کرده است. تغییرات انرژی برشی ویژه نسبت به عوامل مزرعه، چین و اثرات متقابل آن‌ها در اکثر حالت ها معنی دار شده است که خلاصه آن در جدول-۱ آمده است. نتایج آزمون تکمیلی چند دامنه ای دانکن در مورد تیمارهای مورد بررسی در شکل‌های ۲ تا ۴ آمده است.

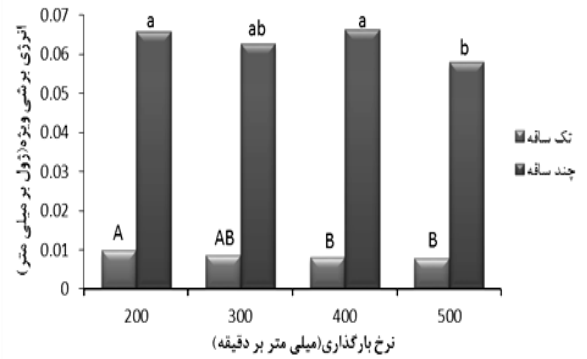
۱ - Degree Day

جدول ۱- خلاصه جدول تجزیه واریانس انرژی(برشی ویژه در شرایط مختلف آزمایشگاهی

منابع تغییر	درجه آزادی	F_s			
		تازه		خشک	
		تک ساقه	چند ساقه	تک ساقه	چند ساقه
بلوک	۲	۰/۲^{ns}	۶/۴*	۱/۳^{ns}	۰/۵^{ns}
مزرعه	۳	۹/۸*	۳۴/۳**	۳/۴^{ns}	۰/۶^{ns}
چین	۱	۰/۵^{ns}	۴/۸*	۶/۹**	۲۹/۶**
سرعت بارگذاری	۳	۴/۹*	۳/۱*	۱۱/۱**	۲/۹*
مزرعه×چین	۳	۶/۱**	۱۵/۹**	۲/۲^{ns}	۲/۹*

ns: عدم تفاوت معنی دار *: تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد **: تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد

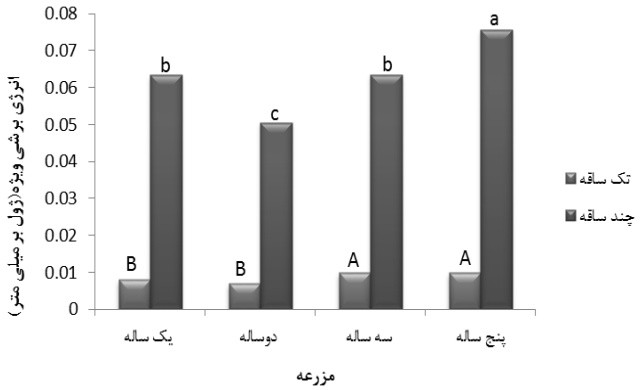
نتایج آزمون آزمایشگاهی نشان داد که با کاهش سرعت بارگذاری انرژی برشی افزایش می یابد. این افزایش انرژی برشی ویژه به دلیل کاهش توانایی تیغه در برش ساقه است. در سرعت‌های پایین‌تر گسیختگی ساقه‌ها به دلیل کشیدگی ساقه‌ها و پارگی بافت ساقه اتفاق می افتد(سریواستاوا و همکاران، ۲۰۰۶).



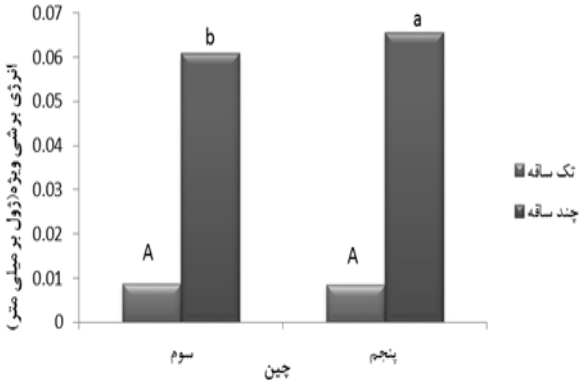
شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین های انرژی برشی ویژه در سرعت های مختلف بارگذاری

همچنین این نتایج نشان می دهد، انرژی برشی ویژه در مورد محصول مزرعه ۵ ساله بیشترین مقدار و پس از آن به ترتیب مزارع ۳ ساله، ۱ ساله و ۲ ساله بیشترین مقدار را داشته است. در مورد چین‌های برداشت محصول در مزرعه هم انرژی برشی ویژه در چین دوم بیشتر از چین اول بوده است. در مورد روند تغییرات از آنجا که مزرعه ۵ ساله و ۳ ساله نسبت به ۲ ساله و یک ساله و همچنین چین دوم نسبت به چین اول خشبی تر بوده است تفاوت در انرژی برشی ویژه و ترتیب آن توجیه پذیر است(آیواسا و همکاران ۱۹۹۶b). در حالت چند ساقه روند تغییرات در مورد انرژی برشی ویژه مزرعه یک ساله تغییر کرده است که این تغییر روند می تواند ناشی از خطای اندازه گیری به دلیل قرار گیری تصادفی ساقه ها در کنار هم و تعداد ساقه-ای که به صورت لحظه‌ای در مقابل تیغه، در معرض برش قرار می گیرند، باشد. از سویی دیگر تغییرات نیروی برشی در یونجه یک ساله می تواند به دلیل تراکم علف های هرز در اولین سال تولید باشد. وجود علف های هرز در مزرعه به دلیل

اینکه عموماً چرخه رشد یک ساله دارند و در مراحل انتهایی رشد کاملا خشبی هستند می تواند باعث ایجاد تغییرات در نیروی برشی اندازه گیری شده شود.



شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین های انرژی برشی ویژه در سطوح مختلف عامل مزرعه



شکل ۴- نتایج مقایسه میانگین های انرژی برشی ویژه در سطوح مختلف عامل چین

در مورد روند تغییرات انرژی برشی ویژه در سطوح مختلف چین از آنجا که چین پنجم در مهرماه برداشت شده است به دلیل کاهش درجه روز دریافتی در مهرماه ساقه ها نسبت به مردادماه(چین سوم) خشبی تر بوده اند بنابراین انرژی برشی ویژه در چین پنجم نسبت به چین سوم مقدار بیشتری داشته است.

نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون و آزمون همبستگی با شاخص های کیفی

مقایسه نتایج مربوط به انرژی برشی ویژه در تیمارهای مختلف با نتایج آزمون‌های استاندارد آزمایشگاهی در حالات خشک و تازه و همچنین تک ساقه و دسته ساقه مقایسه گردید. در وضعیت تک ساقه ضرایب همبستگی بسیار ضعیف R^2 =-۰/۰۵، R^2=-۰/۰۶ و R^2=۰/۰۵ را به ترتیب با شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای ADF[۱]، NDF[۲] و RFV[۳] نشان داد. این همبستگی ضعیف

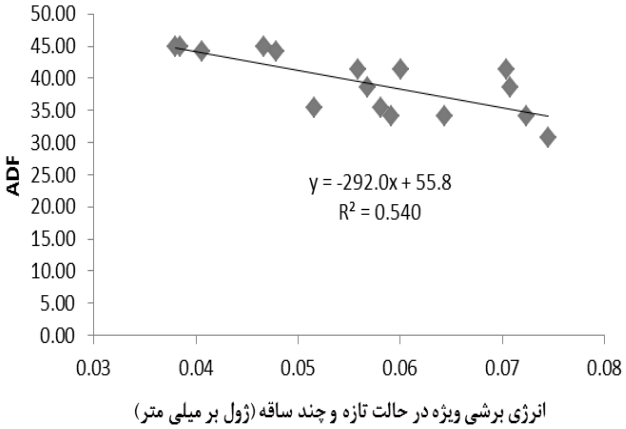
۱ - Acid Detergent Fiber

۲ - Neutral Detergent Fiber

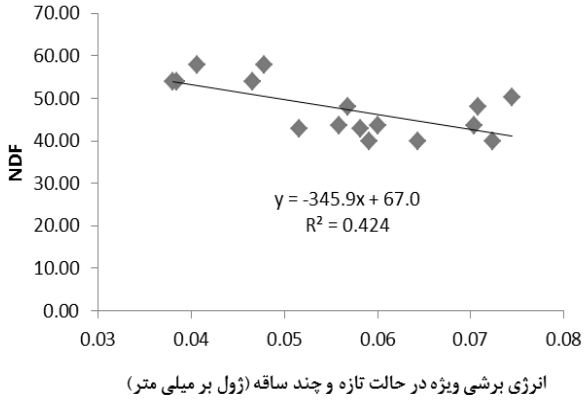
۳ - Relative Feed Value

مغایر با برخی مطالعات پیشین است(هریرو و همکاران ۲۰۰۱ ، میر و همکاران ۱۹۹۵، لیو و همکاران ۲۰۰۹). این مغایرت می تواند به دلیل استفاده از تیغه‌های برشی ماشین بسته بند به جای استفاده از روش استاندارد آزمون برش ساقه (روش وارنر براتزلر) در این پژوهش باشد.

در وضعیت دسته ساقه، انرژی برشی ویژه با شاخص‌های ADF، NDF و RFV در هر دو حال خشک و تر همبستگی مناسبی را نشان داد (شکل های ۵ تا ۱۰). روند تغییرات در وضعیت تازه که در این تحقیق انجام شده است، مطابق نتایج محققین پیشین بود (هریرو و همکاران ۲۰۰۱ ، میر و همکاران ۱۹۹۵، لیو و همکاران ۲۰۰۹).



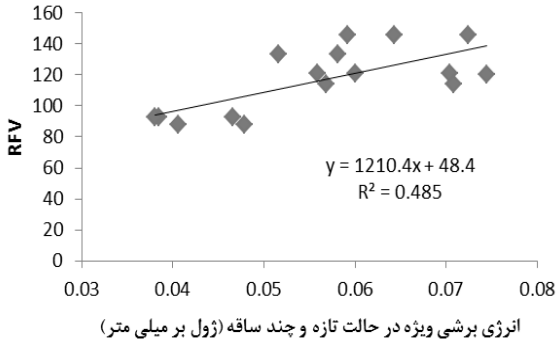
شکل ۵– رابطه انرژی برشی ویژه و شاخص ADF در حالت تازه و چند ساقه



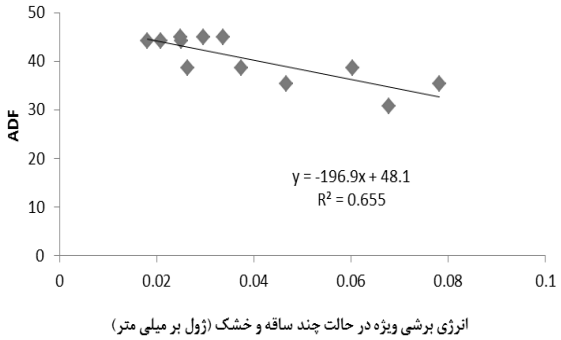
شکل ۶– رابطه انرژی برشی ویژه و شاخص NDF در حالت تازه و چند ساقه

در حالت خشک هم که با توجه به شرایط زمان بسته بندی در مزرعه در نظر گرفته شده بود، نتایج روند مشابهی را با پژوهش‌های پیشین نشان داد(هریرو و همکاران ۲۰۰۱ ، میر و همکاران ۱۹۹۵، لیو و همکاران ۲۰۰۹) و انرژی برشی ویژه و شاخص های ADF، NDF و RFV به ترتیب با ضرایب تبیین R^2 =-۰/۶۶، R^2=-۰/۵۴ و R^2=۰/۶۵ همبسته بودند. این

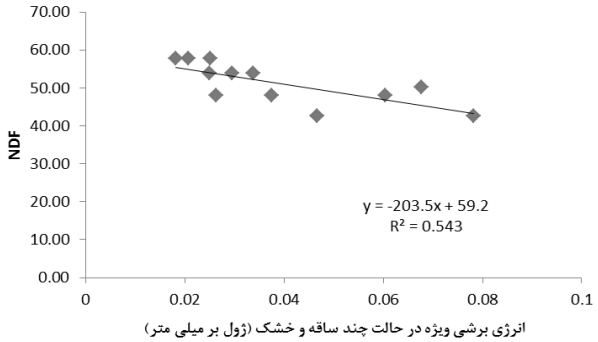
وضعیت می تواند به دلیل پراکنش در نحوه قرارگیری ساقه‌ها و عدم یکنواختی در قطر ساقه‌هایی که در تکرار های مختلف در یک دسته ساقه کنار هم قرار گرفته بودند، باشد.



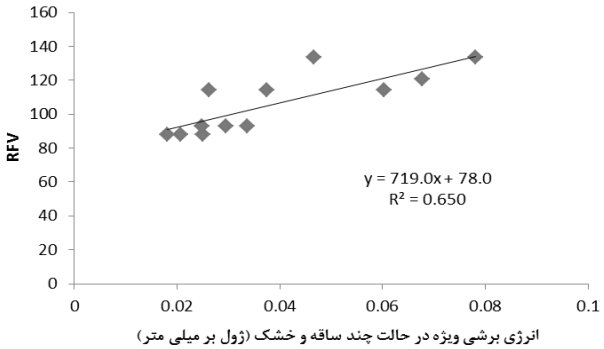
شکل ۷. رابطه انرژی برشی ویژه و شاخص RFV در حالت تازه و چند ساقه



شکل ۸– رابطه انرژی برشی ویژه و شاخص ADF در حالت خشک و چند ساقه(سمت چپ)



شکل ۹– رابطه انرژی برشی ویژه و شاخص NDF در حالت خشک و چند ساقه



شکل ۱۰– رابطه انرژی برشی ویژه و شاخص RFV در حالت خشک و چند ساقه

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده نشان داد روش اندازه گیری انرژی برشی ویژه می تواند در تخمین برخی خصوصیات کیفیت تغذیه ای استفاده شود. این نتایج توسط محققین پیشین نیز گزارش شده است. همچنین با توجه به استفاده از تیغه‌های استاندارد ماشین بسته بند به جای روش استاندارد وارنر براتزلر، امکان استفاده از روش پیشنهادی این پژوهش در شرایط مزرعه ای و بلادرنگ جهت تخمین خصوصیات کیفیت تغذیه ای وجود دارد. تخمین شاخص کیفی پروتئین خام مطابق نتایج محققین پیشین، توسط روش اندازه گیری انرژی برشی ویژه امکان پذیر نبود. این مسئله می تواند ناشی از تمرکز پروتئین در برگ ها و تاثیر کم برگ ها نسبت به ساقه در فرآیند برش باشد.

منابع و مآخذ

۱. لغوی، م ۱۳۸۲. راهنمای کشاورزی دقیق برای متخصصین کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. ۲۹۵ ص.

2. Ball, D. M. Collins, M. Lacefield, G. D. Martin, N. P. Mertens, D. A. Olson, K. E. Putnam, D. H. Undersander, D. J. & Wolf, M. W. 2001. Understanding Forage Quality American Farm Bureau Federation Publication. 101 Park Ridge, IL, 400 pp.

3. Blackmore, B. S. 1996. An Information System for Precision Farming Proc. of Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases. 1207-1214.

4. Herrero, M. Do Valle, C. B. Hughes, N. R. G. De O' Sabatel, V. & Jessop, N. S. 2001. Measurements of physical strength and their relationship to the chemical composition of four species of *Brachiaria*. Animal Feed Science Technology. Vol 92. 149-158.

5. Hughes, N. R. G. Do Valle, C. B. De O' Sabatel, V. Boock, J. Jessop, N. S. & Herrero, M. 2000. Shearing strength as an additional selection criterion for quality in *Brachiaria* pasture ecotypes. Journal of Agricultural Science (Cambriage). Vol 135. 123-130.

6. Iwaasa, D. Beauchemin, K. A. Buchanan-Smith, J. G. & Acharya, S. N. 1996a. A shearing technique measuring resistance properties of plant stems., Animal Feed Science Technology. Vol 57. 225-237.

7. Iwaasa, D. Beauchemin, K. A. Buchanan-Smith, J. G. & Acharya, S. N. 1996b. Effect of stage of maturity and growth cycle on shearing force and cell wall chemical constituents of alfalfa stems. Canadian Journal of Plant Science. Vol 76. 321–328.

8. Iwaasa, D. Beauchemin, K. A. Acharya, S. N. & Buchanan-Smith, J. G. 1999. Shearing force of alfalfa stems: effects of cultivar and shearing site. Canadian Journal of Plant Science. Vol 79. 49–55.

9. Liu, L. Yang, Z. Yang, W. Jiang, S. Zhang, G. & Yao B. 2009. Correlations among shearing force, morphological characteristics, chemical compositions, and *in situ* degradability of alfalfa stem and rye grass stem. Scientia Agricultura Sinica. Vol 42(9). 3374-3380,

10. Mir, P. S. Mir, Z. Broersma, K. Bittman, S. & Hall, J. W. 1995. Prediction of nutrient composition and in vitro dry matter digestibility from physical characteristics of forages. Animal Feed Science and Technology. Vol 55(3-4). 275-285.

11. Srivastava, K. Goering, C. E. Rohrbach, R. P. & Buckmaster, D. R. 2006. Hay and forage harvesting. Copyright, American Society of Agricultural and Biological Engineers. pp. 325-402.

12. Yang, Z. Wang, Z. Yang, W. Jiang, S. & Zhang, G. 2010. Correlations among shearing force and chemical compositions of wheat stems. J. Anim. Sci. Vol. 88, E-Suppl. Vol 2. 93-96.

Laboratory Study of Standardized Shear Energy of Alfalfa Stem at Various Crop and Load Conditions to Estimate Some Nutritional Quality Indices

Abstract

Current study tries to find a new simple and functional technique to estimate forage crop nutritional quality indices at field conditions. Estimating these indices help producers to have field quality variation layer to reach the goals of Precision Agriculture. Previous studies have shown that using standardized shear characteristics of crop stem would be a good indicator for some nutritional quality indices. In previous studies, laboratory tests were accomplished at controlled conditions of crop moisture content, stem diameter and standard shear test procedure. In order to simulate field conditions in current study, fresh and naturally sun dried alfalfa stems were used in various crop and loading conditions and, shear tests were conducted using fixed and moving knives of a standard square hay baler (John Deere-348). Results showed a significant difference of standardized shear energy mean in different treatments of harvest time and annual growing cycle. The unitized shear energy showed a good correlation with crude fiber related indices. Further investigations should be carried out for different varieties and other quality related factors to check the reliability of suggested technique.

Keywords: Precision Agriculture, Unitized shearing characteristics, Alfalfa, Nutritional Quality Indices