دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

بررسی ارزش غذایی و عملکرد علف سبز غلات تولید شده در سامانه هیدروپونیک

حسن فضائلی[۱]، سمیه سلیمانی[۲] و یوسف روزبهان[۳]

۱- استاد موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،
(نویسنده مسوول: hfazaeli@gmail.com)
۲ و ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۳

چکیده

در این پژوهش ارزش غذایی و عملکرد علوفه تولیدی با روش آبکشت (هیدروپونیک) مورد بررسی قرارگرفت. بدین منظور، مخلوطی از بذر جو (۱۰۰ کیلوگرم) و ذرت (۸۰ کیلوگرم) در یک اتاق فلزی مخصوص (۷ طبقه و هر طبقه ۱۶ سینی) مجهز به سیتم کنترل خودکار، کشت گردید. در روزهای ۷، ۸، ۹ و۱۰ پس از کشت، از هر طبقه ٦ سینی خارج و پس از توزین، ارتفاع گیاه تعیین و از سینی‌ها نمونه برداری شد. ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی علف تولیدی و هم‌چنین نمونه‌های جو و ذرت با روش‌های آزمایشگاهی تعیین گردید و راندمان اقتصادی محصول تولیدی نیز محاسبه شد. نتایج نشان داد به ازای هر کیلوگرم بذرکشت شده معادل ۵/۲۵ کیلوگرم علف سبز تولید شد. ولی مقدار ماده خشک به دست آمده ۲۳/۸ درصد کمتر از مقدار بذر مصرف شده بود. درصد پروتئین خام علوفه نسبت به دانه جو (p=۰/۰۰۷٦) و ذرت (p=۰/۰۰۷۱) بالاتر بود. اما این افزایش عمدتا مربوط به نیتروژن غیرپروتئینی بود. قابلیت هضم ماده آلی علوفه نسبت به جو (p=۰/۰۰۷۹) و ذرت (p=۰/۰۰۸۷) کاهش نشان داد. انرژی قابل متابولیسم علوفه نیز نسبت به جو (p=۰/۰۰۸۵) و ذرت (p=۰/۰۰۷۹) کمتر بود. ترکیبات مغذی و قابلیت هضم علوفه برداشت شده در روزهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. قیمت تمام شده هر واحد ماده خشک، پروتئین خام، پروتئین حقیقی و انرژی قابل متابولیسم حاصل از علوفه افزایش یافت و به ترتیب ۳/۱۲، ۲/۰۱، ۳/۱۱ و ۳/۵۵ برابر نسبت به جو و ذرت رسید. به طور کلی، تبدیل دانه جو و ذرت به علف سبز در سامانه آبکشت از نظر بازیافت مواد مغذی نه تنها با توازن منفی همراه بوده بلکه قیمت هر واحد از مواد مغذی درعلف تولیدی نسبت به دانه چند برابر افزایش یافت. بنا بر این تولید علوفه با روش مزبور سبب اتلاف منابع شده و قابل توصیه نمی باشد.

واژه‌های کلیدی: آبکشت، بازده، جو، ذرت، علوفه

مقدمه

آبکشت (هیدروپونیک) روشی است که درآن گیاهان در شرایطی بدون استفاده از خاک پرورش داده می‌شوند. از این روش معمولا برای تولید محصولات باغی، سبزی و صیفی استفاده می‌شود. ولی کاربرد این فناوری در تولید علوفه نیز در بعضی نقاط جهان مورد توجه قرار گرفته است (۲۰،۲۵). طی دهه‌های اخیر در بعضی از نقاط جهان تولید علوفه تازه از انواع غلات مانند جو، گندم، یولاف، سورگوم و ذرت با روش مزبور در سیستم کاملا بسته تجربه شده است (۲۹،۱۷).

با استفاده از هر کیلوگرم دانه جو می‌توان طی مدت ۱۰-۶ روز حدود ۵ تا ۱۰ کیلوگرم علف تازه، با این روش تولید نمود، که ظاهرا، قابل توجه به نظر می‌رسد. اما بخش اصلی علف مزبور را آب تشکیل می‌دهد (۱۰،۷) و درصد ماده خشک آن، حدود ۱۲ تا ۱۵ درصد می‌باشد (۲۱،۱۱،۵). بر اساس گزارش تودور و همکاران (۲۹) با کشت ۹ کیلوگرم بذر جو (حاوی ۹۴ درصد ماده خشک) در سامانه آبکشت، طی مدت ۶ روز، مقدار ۶۱/۵ کیلوگرم علوفه تازه تولید شد که میانگین ماده خشک آن حدود ۱۲ درصد بود.

وقتی دانه‌ها در شرایط مرطوب قرار بگیرند، رطوبت جذب نموده و آنزیم‌ها فعال می‌شوند. آنزیم‌ها، پروتئین و لیپیدها را جهت سنتز دیواره‌سلولی و رشد سریع علوفه به ترکیبات ساده‌تر تجزیه نموده و سبب افزایش نسبت پروتئین کل و قند و کاهش نشاسته و نیز افزایش بعضی ویتامین‌ها می‌شوند (۲۲،۹). گزارش‌شده است که افزایش ظاهری بعضی از مواد مغذی در علوفه تولیدی به دلیل کاهش نسبی موادی مانند نشاسته می‌باشد (۲۰). براساس گزارش مورگان و همکاران (۱۶) ماده خشک علوفه تولیدی جو درسامانه هیدروپونیک، طی دوره‌های ۴، ۶ و ۸ روزه روند کاهشی داشت و قابلیت هضم آن نیز در طول زمان روند نزولی نشان داد. هم‌چنین مقدار پروتئین خام جوانه ۴ روزه نسبت به دانه مصرفی یکسان بود و در روز ۶ و ۸ به میزان ۲۴ درصد افزایش یافت اما با توجه به کاهش ۱۶ درصدی ماده خشک، افزایش پروتئین خام چندان واقعی نبود. بر اساس سایر گزارش‌ها نیز قابلیت هضم ماده خشک علف تولیدی در سامانه آبکشت، طی ۸-۷ روز روندی کاهشی نشان داده است (۲۱). قابلیت هضم آزمایشگاهی علف جو تولیدی طی ۶ روز رشد ۷۲ تا ۷۴ درصد و طی ۸ روز ۷۳ درصد و قابلیت هضم علف جو در گوسفندان بالغ بین ۷۳ تا ۷۶ درصد گزارش شده است (۳۱،۱۵). از سوی دیگر بعضی محققین نیز معتقدند که ارزش غذایی علوفه هیدروپونیک کمتر از دانه اولیه نخواهد بود (۲).

با توجه به محدودیت منابع علوفه‌ای و خشک سالی در بسیاری از نقاط جهان و ایران، تولید علوفه با روش آبکشت به عنوان یک راه حل مورد سوال قرار گرفته است. اما در مورد کارایی آن گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد. بنابراین، پژوهش حاضر جهت تعیین ارزش غذایی و عملکرد علوفه تولیدی به روش هیدروپونیک با استفاده از بذر جو و ذرت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

تولید علوفه

برای تولید علوفه از یک اتاق کشت فلزی در ابعاد ۳/۱۶×۲/۵×۲/۵ متر، مستقر در موسسه تحقیقات علوم دامی کشور استفاده شد که مجهز به سیستم هوشمند تنظیم‌کننده نور، رطوبت و آبیاری بود. اتاق مزبور دارای ۷ طبقه و هر طبقه مجهز به ۱۶ سینی کشت بود. در این پژوهش، از مخلوط جو و ذرت (با کیفیت بذری ضد عفونی شده) به ترتیب به میزان ۱۰۰ و۸۰ کیلوگرم استفاده شد. بذر ذرت در محلول ۸۰ درصد شوینده (۸۰ لیتر آب و ۲۰ لیتر وایتکس) خیسانیده و پس از۳۰ دقیقه با آب شستشو داده شد، آنگاه به مدت ۱۱ ساعت در۸۰ لیتر آب معمولی خیسانیده شد. مراحل مزبور برای بذر جو نیز انجام گرفت با این تفاوت که (مطاق دستورالعمل شرکت سازنده) مدت زمان خیسانیدن به جای ۱۱ ساعت ۳ ساعت بود. پس از آن هر دو بذر با یکدیگر مخلوط شد و به طور یکنواخت در سینی‌ها پخش گردید. سینی‌ها در اتاق کشت با دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۷ درصد قرار داده شدند. آبیاری، با استفاده از آب لوله کشی، هر۳ ساعت یک بار به صورت اتوماتیک صورت گرفت.

در روزهای ۷، ۸، ۹ و۱۰ از زمان کشت، از هر طبقه تعداد ۶ سینی خارج شد و بلافاصله توزین شد و از آن نمونه‌برداری به عمل آمد. نمونه‌ها درداخل کیسه‌های نایلونی ریخته شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد. قبل از عملیات نمونه‌برداری، ارتفاع گیاه سبز شده نیز با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد.

تعیین ارزش غذایی

ترکیبات شیمیایی شامل ماده خشک، خاکستر خام، چربی خام، پروتئین خام و الیاف نا محلول در شوینده اسیدی بر اساس روش‌های استاندارد (۳) و الیاف نا محلول در شوینده خنثی مطابق با روش ونسوست و همکاران (۳۰) تعیین شدند.

برای تعیین غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC) از نمونه‌های خشک شده به روش انجماد استفاده شد. ترکیبات مزبور توسط آب از بافت گیاهی استخراج گردید. به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم در مجاورت انترون در اسید سولفوریک حرارت داده شد تا کمپلکسی به رنگ سبز-آبی به دست آمد (۲۶) و پس از خنک شدن نمونه‌ها در معرض اسپکتروفتومتری (طول موج ۶۲۵ نانومتر) قرار گرفت و میزان جذب تعیین شد. آنگاه با استفاده از منحنی استاندارد به دست آمده غلظت کربوهیدرات‌های محلول تعیین گردید (۲۶). کربوهیدرات غیرفیبری (NFC) نیز با فرمول زیر محاسبه شد (۱۸):

NFC=۱۰۰ –(%NDF+%CP+%Ash+%Fat)

بخش‌های مختلف پروتئین بر اساس روش CNCPS تعیین گردید. برای تعیین میزان پروتئین حقیقی نمونه‌ها با استفاده از اسید تانگستیک رسوب داده شد (۱۳) و غلظت پروتئین رسوب یافته (همان پروتئین حقیقی) تعیین شد (۱۴). میزان نیتروژن غیر پروتئینی (NPN) از اختلاف بین کل نیتروژن و مقدار نیتروژن در پروتئین حقیقی محاسبه شد. غلظت کل پروتئین نامحلول با استفاده از روش بافر بورات-فسفات اندازه‌گیری شد. پروتئین محلول، که شامل بخش‌های A و B_1 است، با کسر مقدار پروتئین نامحلول از کل پروتئین خام، محاسبه شد. پروتئین حقیقی محلول از اختلاف بین پروتئین محلول و بخش A به دست آمد. سایر اجزای پروتئین در این سیستم نیز بر اساس روش لیسیترا و همکاران (۱۴) انجام گرفت. قابلیت هضم ماده آلی و نیز انرژی قابل متابولیسم با روش تعیین میزان گاز تولیدی حاصل از تخمیر نمونه‌ها (۱۷) طی ۲۴ ساعت، انجام پذیرفت و بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه شد (۱۶).

درصد قابلیت هضم ماده آلی = ۱۴/۸۸+۰/۸۸۹۳ GP + ۰/۰۴۴۸ CP + ۰/۰۶۵۱ XA

GP: میلی‌لیتر (به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) گاز تولیدی طی ۲۴ ساعت، CP: پروتئین خام و XA: خاکستر خام (هر کدام بر حسب گرم در کیلو گرم ماده خشک نمونه)

$ME = ۲/۲ + ۰/۱۳۵۷ GP + ۰/۰۵۷ CP + ۰/۰۰۰۲۵۸۹ CP^۲$

ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم مادهٔ خشک) GP: میلی‌لیتر (به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) گاز تولیدی طی ۲۴ ساعت، CP: پروتئین خام (بر حسب گرم در کیلو گرم ماده خشک نمونه)

محاسبه بازده تولید

بازده ماده خشک، انرژی قابل متابولیسم، پروتئین کل و پروتئین حقیقی طبق روابط زیر برآورد گردید (۱۱):

$$\text{بازده تولید ماده خشک} = \frac{\text{وزن ماده خشک تولید شده}}{\text{وزن ماده خشک مصرف شده (بذر)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده تولید انرژی قابل متابولیسم} = \frac{\text{انرژی قابل متابولیسم حاصل از علوفه تولید شده}}{\text{انرژی قابل متابولیسم مصرف شده (بذر)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده تولید پروتئین حقیقی} = \frac{\text{وزن پروتئین حقیقی تولید شده}}{\text{وزن پروتئین حقیقی مصرف شده (بذر)}} \times ۱۰۰$$

برآورد هزینه نسبی

این شاخص بر اساس هزینه مصرف شده برای تولید هر واحد ماده خشک، انرژی قابل متابولیسم، پروتئین کل و پروتئین حقیقی در علف تولید شده نسبت به قیمت هر واحد از متغیرهای ذکر شده دردانه جو و ذرت محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۳) ویرایش ۸/۲، در قالب طرح کاملا تصادفی، با ۴ تیمار (روزه‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰ دوره کشت) و ۶ تکرار (واحد کشت یا سینی) بر اساس مدل زیر مورد تجزیه آماری قرار گرفت:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

در این مدل، Y_{ij} :مقدار هر مشاهده، μ: میانگین صفت مورد مطالعه، T_i اثر تیمار و e_{ij} اثر خطای آزمایشی می‌باشند. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

عملکرد تولید علوفه

مقدار علوفه تازه تولیدی طی دوره زمانی ۷ تا ۱۰ روزه روندی افزایش داشت و تفاوت بین روز ۷ و ۱۰ معنی‌دار شد (p=۰/۰۲۹۳). اما درصد ماده خشک روند کاهشی نشان داد (p=۰/۰۴۹۲) به نحوی که مقدار ماده خشک به دست آمده در روزهای ۹ و ۱۰، از زمان کشت، نسبت به روزهای ۷ و ۸ کمتر بود (p=۰/۰۴۶۲). مقدار علوفه تولیدی به ازای هر واحد بذر مصرفی در این آزمایش از ۴/۷۹ برابر در روز ۷ به ۵/۲۲ برابر در روز ۱۰ رسید این در حالی است که نسبت بازیافت ماده خشک یعنی کیلوگرم ماده خشک تولید شده به ازای کیلوگرم ماده خشک مصرف شده (بذر) با افزایش دوره زمانی کشت از ۷ به۱۰روز روند کاهشی (از ۰/۸۱ به ۰/۷۵ کیلوگرم) نشان داد که منتج به موازنه منفی در بازده تولید گردید. ارتفاع بخش سبزینه گیاه در روز هفتم ۱۳/۶۲ سانتی‌متر بود که در روزهای بعد افزایش یافت و روز دهم به ۱۸/۷۵ سانتی‌متر رسید (p=۰/۰۱۰۲).

نتایج و بحث

جدول ۱- عملکرد تولید علوفه

Table 1. Forage yield performance

فراسنجه‌ها	زمان برداشت علوفه (روز) ۷	۸	۹	۱۰	اشتباه استاندارد میانگین‌ها	احتمال معنی‌داری
	مقدار بذر مصرفی در هر سینی (گرم)					
بر حسب معمول	۱۷۳۱	۱۷۳۱	۱۷۳۱	۱۷۳۱	–	–
بر حسب ماده خشک	۱۵۵۷	۱۵۵۷	۱۵۵۷	۱۵۵۷	–	–
	علوفه تولیدی در هر سینی					
علف تازه (گرم)	۸۲۸۳^{D}	۸۳۵۰^{D}	۸۹۶۶^{a}	۹۰۳۵^{a}	۳۹/۷۰	۰/۰۲۹۳
ماده خشک (درصد)	۱۵/۵۷^{a}	۱۵/۱۳^{ab}	۱۳/۰۷^{b}	۱۳/۰۳^{b}	۰/۹۰۴	۰/۰۴۹۲
ماده خشک تولیدی (گرم)	۱۲۶۷^{a}	۱۲۵۰^{a}	۱۱۷۴^{b}	۱۱۷۳^{b}	۶/۵۴	۰/۰۴۶۲
	عملکرد نسبی (کیلو گرم علف تولیدی به ازای کیلو گرم بذر مصرفی)					
علف تازه به بذر مصرفی (بذر معمولی)	۴/۷۹	۴/۸۳	۵/۱۸	۵/۲۲	۰/۲۴۲	۰/۲۹۷۸
علف تازه به بذر مصرفی (ماده خشک)	۵/۳۲	۵/۷۶	۵/۳۶	۵/۸۰	۰/۲۵۲	۰/۳۰۰۸
نسبت علف تولیدی (ماده خشک) به بذر مصرفی (ماده خشک)	۰/۸۱	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۱۵۴	۰/۴۶۴۷
	توازن تولید در هر سینی (گرم ماده خشک تولیدی منهای گرم ماده خشک مصرفی از طریق بذر)					
بخش سبزینه گیاه (سانتی‌متر)	۱۳/۶۲۰^{c}	۱۵/۱۲۰^{b}	۱۵/۸۷۰^{b}	۱۸/۷۴۷^{a}	۰/۴۴۸	۰/۰۱۰۲
	−۲۹۰^{D}	−۳۰۷^{D}	−۳۸۳^{a}	− ۳۸۴^{a}	۲۲۷	۰/۰۳۸۱

حروف متفاوت در هر ردیف، نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۰/۰۵ می‌باشد.

روند اتلاف ماده خشک و محتوی مواد مغذی دانه‌ها طی فرآیند تبدیل آن‌ها به علوفه در سامانه آبکشت توسط سایر محققین نیز گزارش شده است. در پژوهشی که تولید علوفه جو با روش آبکشت، طی دوره ۳ و ۶ روزه کشت، مورد بررسی قرار گرفت وزن علوفه ۶ روزه بیشتر از علوفه ۳ روزه بود که نشان‌دهنده افزایش جذب آب در طول دوره رشد است (۲۲،۱۹).

در تحقیقی دیگر میزان تولید علف هیدروپونیک ۴/۵ برابر بذر مصرف شده گزارش گردید (۱۰)، هر چند میزان کمتر (۲/۷۶ تا ۳ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم بذر مصرفی) نیز گزارش شده است که این نسبت به عواملی مانند نوع و کیفیت بذرمصرفی، شرایط و مدیریت سامانه کشت بستگی دارد (۱). نتایج کلیه پژوهش‌ها نشان‌دهنده تولید چند برابری علوفه تازه به ازای هر واحد بذر مصرفی است و این میزان بین ۴ تا ۸ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم بذر گزارش شده است (۲۵،۱۰،۷). این افزایش وزن به دلیل جذب آب می باشد که ۹۰–۸۰ درصد وزن علف تازه تولید شده در سامانه آبکشت را تشکیل می‌دهد (۲۴) اما وزن خشک علف به دست آمده نسبت به بذر مصرفی کمتراست (۲۸،۲۱).

جدول ۲- ترکیب شیمیایی دانه جو، دانه ذرت و علوفه هیدروپونیک در روزهای مختلف برداشت (گرم در صد گرم ماده خشک)
Tabel 2. Chemical composition of barley grain, corn grain and hydropoinic greed fodder at different harvesting days (g/100gDM)

ترکیبات	دانه جو	دانه ذرت	زمان برداشت علوفه (روز)				اشتباه	احتمال معنی‌داری		
			۷	۸	۹	۱۰	استاندارد میانگین‌ها	بین تیمارها	تیمار با جو	تیمار با ذرت
DM	۹۳/۲۲	۸۵/۸۸	۱۵/۵۶	۱۴/۹۲	۱۵/۱۳	۱۳/۰۶	۰/۷۸۷	۰/۰۴۷۷	۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۷۴
OM	۹۷/۹۱	۹۸/۳۶	۹۶/۱۹	۹۶/۰۵	۹۵/۸۵	۹۵/۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۴۸	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۸۲
EE	۱/۹۸	۶/۰۱	۴/۲۱	۴/۸۱	۴/۹۶	۵/۸۵	۰/۱۷۹	۰/۱۷۶۹	۰/۰۰۹۱	۰/۰۰۸۱
CP	۱۱/۲۹	۱۱/۳۷	۱۴/۲۹	۱۴/۹۶	۱۵/۵۴	۱۶/۳۱	۰/۱۳۹	۰/۰۳۸۸	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۷۱
NDF	۲۰/۵۵	۹/۴۹	۳۴/۴۱	۳۷/۴۵	۴۱/۳۰	۴۲/۷۱	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰۰	۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۷۲
ADF	۷/۱۱	۴/۳۷	۱۱/۹۶	۱۲/۶۴	۱۳/۲۳	۱۴/۳۹	۰/۱۷۸	۰/۱۷۷۶	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۷۲
WSC	۳/۵۲	۲/۸۲	۶/۲۶	۶/۰۴	۵/۷۸	۶/۰۷	۰/۱۳۳	۰/۱۳۲۸	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۷۱
NFC	۶۴/۰۸	۷۱/۴۹	۴۹/۲۳	۳۸/۸۳	۳۴/۰۵	۳۱/۱۴	۰/۶۴۷	۰/۰۴۶۷	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۶۳
NDICP	۱/۲۶	۱/۰۹	۱/۹۶	۲/۳۳	۲/۵۸	۲/۸۶	۰/۱۳۳	۰/۱۳۲۹	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۶۵
ADICP	۰/۵۶	۰/۵۵	۱/۱۲	۱/۲۲	۲/۳۱	۱/۴۱	۰/۰۶۸	۰/۰۶۷۷	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۵۹

DM: ماده خشک، OM: ماده آلی CP: پروتئین خام، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، WSC: کربوهیدرات محلول در آب، NFC: کربوهیدرات غیر فیبری، NDICP: پروتئین نامحلول در شوینده خنثی، ADICP: پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی، EE: عصاره اتری

طی جوانه‌زنی و رشد گیاه، فرآیندهای متابولیکی فعال می‌شود که نیاز به انرژی دارد. انرژی مورد نیاز با تجزیه و اکسیداسیون نشاسته تأمین می‌شود که سبب تخلیه اندوخته دانه می‌گردد و در گیاه جوان فرصت جبران آن فراهم نمی‌شود (۲۵). در آزمایش حاضر، توازن ماده خشک به دست آمده از علف تازه نسبت به ماده خشک مصرفی (بذر) طی دوره‌های رشد ۷، ۸، ۹ و ۱۰ روز، منفی بود. در تحقیقی مشابه بر روی جو که به مدت ۷ روز کشت داده شد، تولید ماده خشک با توازن منفی ۲۱/۹ درصد همراه بود (۷).

ترکیب شیمیایی

همان‌طوری که در جدول ۲ نشان داده شده است، به جز درصد ماده خشک، پروتئین خام و کربوهیدرات‌های غیر فیبری، سایر ترکیبات اندازه گیری شده تحت تاثیر دوره زمانی رشد درعلوفه تولیدی قرار نگرفت. درصد ماده خشک و کربوهیدرات‌های فیبری روند کاهشی اما درصد پروتئین خام در طول دوره رشد روند افزایشی را نشان دادند (p=۰/۰۳۸۸). این در حالی است که غلظت کلیه ترکیبات در علوفه نسبت به دانه جو و یا ذرت تفاوت معنی‌داری را نشان داد. غلظت پروتئین خام، چربی خام، بخش‌های فیبری، کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه افزایش یافت در حالی که کربوهیدرات‌های غیرفیبری به شدت کاهش نشان داد (جدول ۲). تغییرات مزبور به این دلیل است که طی جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه، بخشی از ماده آلی و خصوصاً نشاسته، جهت متابولیسم و تأمین انرژی به مصرف می‌رسد (۱۷). با افزایش طول دوره رشد از ۷ به ۱۰ روز، درصد ماده آلی روندی متمایل به کاهش نشان داد (p=۰/۰۷۴۸). گزارش شده است که درصد ماده آلی از ۹۷/۹ درصد در بذر جو به ۹۶/۹ و ۹۴/۷ درصد در روزهای ششم و هشتم کاهش یافت که تقریباً با یافته‌های این تحقیق مشابه است (۱۷).

همان‌طور که ذکر شد، درصد پروتئین خام در علف سبز تولیدی در مقایسه با دانه‌های کشت شده به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. همچنین با افزایش دوره رشد درصد آن بالا رفت. برخی محققان افزایش درصد پروتئین خام را به کاهش کربوهیدرات‌ها، طی فرایند سبز شدن، نسبت داده‌اند (۱۰،۹). افزایش دوره رشد سبب کاهش بیشتر ماده خشک و افزایش پروتئین خام می‌شود که البته این افزایش از نظر مقدار بازیافت پروتئین ممکن است واقعی نبوده و باز یافت از نظر مقدار پروتئین خام به دست آمده نسبت به مقدار مصرف شده (دربذر) چندان قابل توجه نباشد (۱۰). تغییر درصد پروتئین خام از روز ۴ با رشد ریشه گیاه سریع‌تر می‌شود (۱۷). درآزمایش فضائلی و همکاران (۱۰) میزان پروتئین خام علف جو (طی دوره کشت ۶ روزه) افزایش یافت گرچه این افزایش عمدتا مربوط به نیتروژن غیر پروتئینی بود. در آزمایشی دیگر، درصد پروتئین خام در روز ۲ جوانه‌زنی کاهش یافت (۶). در آزمایشی که دانه جو در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد اتاق کشت رشد داده شد، مقدار پروتئین خام دانه و سبزینه ۴ روزه از نظر وزنی یکسان بود اما در روز ۶ و ۸ درحد ۲۴ درصد افزایش یافت که با در نظر گرفتن کاهش ۱۶ درصدی ماده خشک، در روز ۸، توازن پروتئین از نظر مقدار واقعی نبود (۱۷). این در حالی است که محققین دیگر میزان پروتئین خام جو جوانه زده طی یک دوره کشت ۳ روزه را ۱۰/۳۱ درصد (۳۱) و ۱۱/۸۱ درصد گزارش نمودند (۲۲).

در صورت افزودن کودهای نیتروژن دار، درصد پروتئین روند افزایشی خواهد داشت چرا که امکان جذب نیتروژن از محلول‌های کودی وجود دارد. بخشی از پروتئین ذخیره شده در دانه غلات توسط آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین آبکافت (هیدرولیز) می‌شود که موجب افزایش پروتئین‌های محلول در آب و اسیدهای آمینه آزاد می‌گردد (۱۹). طی یک آزمایش مشخص شد که بعد از ۸ روز دوره رشد، درصد پروتئین دانه یولاف از ۸ درصد به ۱۱/۵ درصد ماده خشک علوفه افزایش یافت (۴). طی مطالعه‌ای که ارزش غذایی علف تولیدی سورگوم در سامانه هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت، ارزش زیستی پروتئین و مقدار انرژی قابل هضم کاهش یافت اما درصد خاکستر و چربی خام افزایش نشان داد (۲۴).

بیشترین درصد NDF و ADF در علوفه برداشت شده در روز ۱۰ و کمترین آن در دانه ذرت مشاهده شد (p=۰/۰۰۷۲) که دلیل آن از یک طرف تخلیه نشاسته موجود در دانه و از طرف دیگر افزایش دیواره سلولی و کربوهیدرات‌های ساختمانی مانند سلولز و همی‌سلولز در ریشه و برگ می‌باشد. شرایط رشد و نوع بذر تأثیر بسزایی در ترکیب

علوفه هیدروپونیک دارد (۸) در عین حال غلظت NDF و ADF با طولانی شدن دوره رشد روند افزایشی خواهد یافت (۲۰). در تحقیقی مشابه، غلظت NDF با رشد علوفه از ۲۱/۱ درصد در دانه جو به ۲۸ درصد و میزان ADF از ۸/۳۸ درصد در دانه به ۱۲/۹ درصد در علوفه آبکشت افزایش یافت (۹). درصد کربوهیدرات‌های غیر فیبری با افزایش طول دوره رشد کاهش نشان داد (p=۰/۰۴۶۷). کمترین و بیشترین آن نیز به‌ترتیب در علوفه برداشت شده در روز ۱۰ و بذر ذرت مشاهده شد (p=۰/۰۰۶۳). با افزایش زمان رشد، ماده آلی بیشتری، خصوصاً نشاسته جهت متابولیسم و تأمین انرژی برای رشد مصرف می‌شود (۵). مطالعات نشان داده است که میزان کل مواد قندی تا ۹۶ ساعت افزایش و پس از ۱۲۰ ساعت کاهش یافته و نشاسته نیز از ۵۱/۳ به ۴۲/۳ درصد در ۱۲۰ ساعت کاهش یافته است (۶). در تحقیقی دیگر میزان کربوهیدرات‌های غیر فیبری از ۵۸ درصد در دانه جو به ۴۵/۷ درصد در جوانه کاهش یافت (۹). غلظت پروتئین نامحلول در شوینده خنثی (NDICP) و هم‌چنین پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی (ADICP) در علوفه آبکشت نسبت به دانه افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲) اما بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان ADICP، برآوردی از نیتروژن غیرقابل هضم خوراک است و باید تا حد امکان پائین باشد چرا که هضم شکمبه‌ای و روده‌ای ADICP صفر در نظر گرفته می‌شود (۱۲). غلظت ADICP در علوفه به دست آمده در پژوهش حاضر، در پایان روز دهم ۱/۴۱ درصد در ماده خشک بود که در مقایسه با دانه جو (با ۰/۵۶ درصد) و دانه ذرت (۰/۵۵ درصد) بالاتر است و بنابراین از لحاظ کیفیت پروتئین نسبت به دانه این غلات در رده پایین‌تری قرار می‌گیرد. درصد چربی خام در علوفه تولیدی نسبت به دانه جو (p=۰/۰۰۹۱) افزایش نشان داد که دلیل آن را می‌توان به کلروفیل تولید شده مربوط دانست (۸). بخشی از این تغییرات نیز می تواند ناشی از تغییر در نسبت مواد مغذی طی رشد گیاه باشد.

کیفیت پروتئین

پروتئین محلول (SP) در علوفه هیدروپونیک در پایان روز ۱۰ برداشت ۶۳/۵۸ درصد از پروتئین خام را شامل شد (جدول ۳). نیتروژن محلول عمدتاً حاوی ترکیبات نیتروژن غیر پروتئینی با وزن مولکولی پائین از قبیل اسیدهای آمینه، آمین-ها، آمیدها و آمونیاک است. بخشی از پروتئین ذخیره شده در دانه غلات توسط آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین آبکافت می‌شود که موجب بالارفتن نسبت پروتئین‌های محلول در آب و اسیدهای آمینه آزاد می‌شود (۴). غلظت بخش A (نیتروژن غیر پروتئینی) در دانه جو و ذرت به ترتیب ۱۹/۶ و ۲۱/۴۵ درصد از کل پروتئین خام بود که پس از رشد علوفه افزایش معنی‌داری یافت و به ۵۰/۶ درصد در آخرین روز برداشت (روز۱۰) رسید (p=۰/۰۰۸۷). بخش B_1 (پروتئین حقیقی محلول) در دانه جو و ذرت به ترتیب ۱۸/۰۵ و ۱۴ درصد اما درعلف تولیدی طی ۱۰ روز دوره کشت ۱۳ درصد از کل پروتئین خام بود. با این حال، نسبت آن از کل بخش پروتئین محلول در جو، ذرت و علف تولیدی به ترتیب ۴۷/۹۴، ۳۹/۴۹ و ۲۰/۴۴ درصد بود. پس از رشد علوفه، غلظت بخش B_1 (براساس درصد پروتئین خام و همچنین براساس درصد پروتئین محلول) کاهش یافت. بخش B_2 در دانه جو و ذرت به ترتیب برابر با ۵۱/۱۵ و ۵۴/۸۶ درصد از پروتئین خام بود که پس از رشد علوفه به صورت معنی‌داری کاهش یافت (p=۰/۰۰۷۱). احتمالا فرایند رشد و پروتئولیز سبب تجزیه بخش قابل توجهی از B_2 و پیوستن به بخش‌های محلول پروتئین علوفه گردیده است. یکی از عوامل موثر بر کاهش بخش B_2 درعلوفه هیدروپونیک، بالارفتن نسبت پروتئین محلول طی فرآیند تبدیل دانه به علوفه است. سهم پروتئین بخش B_3، پس از رشد علوفه افزایش یافت که مشابه با یافته‌های فضائلی و همکاران (۱۰) بود.

غلظت بخش C در علوفه هیدروپونیک در روزهای ۷ الی ۱۰ برداشت به ترتیب برابر با ۷/۸۹، ۸/۱۸، ۸/۴۸ و ۸/۶۸ درصد از پروتئین خام بود. ملاحظه می‌شود که این ارقام در مقایسه با دانه جو (۴/۹۵ درصد از پروتئین خام) و دانه ذرت (۴/۸۴ درصد از پروتئین خام) به طورمعنی‌داری بیشتر است (p=۰/۰۰۶۳). افزایش پیوند پروتئین‌ها با دیوارهٔ سلولی، دلیل افزایش بخش C پروتئین در مقایسه با دانه جو و ذرت می‌باشد (۴). طی دوره رشد گیاه، پروتئین‌ها تجزیه شده و بخش‌های مختلف آن در علوفه هیدروپونیک تغییر می‌یابد. به نحوی که بخش بیشتری از پروتئین به صورت محلول در می‌آید. در این پژوهش، بخش‌های محلول از جمله غلظت پروتئین محلول و نیتروژن غیرپروتئینی بر اساس درصدی از پروتئین خام افزایش نشان داد که با گزارش فضائلی و همکاران (۱۱) همخوانی دارد. در آزمایشی که توسط فضائلی و همکاران (۱۰) انجام شد، درصد پروتئین خام در علوفه آبکشت جو افزایش یافت اما این افزایش بیشتر مربوط به نیتروژن غیرپروتئینی بود.

جدول ۳- غلظت بخش‌های مختلف پروتئین (بر اساس روش CNCPS) در دانه‌های جو و ذرت و علوفه هیدروپونیک
Tabel 3. Protein fractions (based on CNCPS) in barley grain, corn grain and hydroponic green fodder

تیمار#	SP	A		B_1		B_2	B_3	C
	درصد از CP	درصد از CP	درصد از SP	درصد از CP	درصد از SP	درصد از CP	درصد از CP	درصد از CP
دانه جو	۳۷/۶۵^{d}	۱۹/۶۰^{f}	۵۲/۰۵^{f}	۱۸/۰۵^{a}	۴۷/۹۴^{a}	۵۱/۱۵^{b}	۶/۲۵^{c}	۴/۹۵^{b}
دانه ذرت	۳۵/۴۵^{e}	۲۱/۴۵^{e}	۶۰/۵۱^{e}	۱۴/۰۰^{d}	۳۹/۴۹^{b}	۵۴/۸۶^{a}	۴/۸۵^{d}	۴/۸۴^{b}
علوفه:								
۷ روز	۵۷/۰۰^{c}	۴۰/۰۰^{a}	۷۰/۱۷^{a}	۱۷/۰۰^{b}	۲۹/۸۲^{c}	۲۹/۱۹^{c}	۵/۹۲^{c}	۷/۸۹^{a}
۸ روز	۶۱/۰۰^{b}	۴۵/۸۰^{c}	۷۵/۰۸^{c}	۱۵/۲۰^{c}	۲۴/۹۲^{d}	۲۳/۴۰^{d}	۷/۴۲^{b}	۸/۱۸^{a}
۹ روز	۶۳/۰۰^{a}	۴۸/۵۰^{b}	۷۶/۹۸^{b}	۱۴/۴۹^{ca}	۲۳/۰۱^{e}	۲۰/۳۷^{e}	۸/۱۵^{ab}	۸/۴۸^{a}
۱۰ روز	۶۳/۵۸^{a}	۵۰/۶۰^{a}	۷۹/۵۶^{a}	۱۳/۰۰^{e}	۲۰/۴۴^{f}	۱۸/۸۷^{f}	۸/۸۵^{a}	۸/۶۸^{a}
اشتباه استاندارد میانگین‌ها	۰/۳۸۶	۰/۵۲۷	۰/۲۵۶	۰/۳۱۲	۰/۲۶۹	۰/۲۷۴	۰/۲۷۶	۰/۲۷۶
احتمال معنی‌داری	۰/۰۰۹۱	۰/۰۰۸۷	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۶۳

SP: پروتئین محلول، A: نیتروژن غیر پروتئینی، B_1: پروتئین حقیقی محلول با سرعت تجزیه بالا، B_2: پروتئین حقیقی نامحلول با سرعت تجزیه متوسط، B_3: پروتئین حقیقی نامحلول با سرعت تجزیه پائین، C: پروتئین متصل به فیبر نا محلول در شوینده اسیدی،
حروف متفاوت در هر ستون، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۰/۰۵ می‌باشد.

مطابق جدول ۴، قابلیت هضم ماده آلی علوفه تولیدی، نسبت به دانه جو (p=۰/۰۰۷۶) و ذرت (p=۰/۰۰۸۷) کاهش یافت (p<۰/۰۱) و به تبع آن انرژی قابل متابولیسم نیز در مقایسه با دانه جو (p=۰/۰۰۸۵) و ذرت (p=۰/۰۰۷۹). کمتر بود. اما طول دوره کشت اثری برمتغیر های مزبور در علوفه تولیدی نداشت (جدول ۴). کاهش قابلیت هضم می‌تواند به علت فیبر بیشتر و کربوهیدرات‌های غیرفیبری کمتر در علوفه نسبت به دانه باشد.

جدول ۴- قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم دانه‌ها و علوفه مورد بررسی
Tabel 4. DM and OM digestibility of grains and the green fodder

فراسنجه	دانه		زمان برداشت علوفه (روز)				اشتباه استاندارد میانگین‌ها	احتمال معنی داری		
	جو	ذرت	۷	۸	۹	۱۰		بین تیمارها	تیمار با جو	تیمار با ذرت
OMD	۹۲/۱۴^{a}	۹۲/۷۷^{a}	۸۳/۳۴^{b}	۸۳/۳۴^{b}	۸۳/۵۹^{b}	۸۱/۹۸^{b}	۰/۵۵۱	۰/۷۸۶۸	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۸۷
ME	۳/۱۶^{a}	۳/۳۰^{a}	۲/۹۱^{b}	۲/۸۹^{b}	۲/۸۷^{b}	۲/۸۳^{b}	۰/۰۲۶	۰/۰۷۳۱	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۷۹

OMD: درصد قابلیت هضم ماده آلی (برآورد شده با استفاده از حجم گاز تولیدی در ۲۴ ساعت)
ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری به ازای هر کیلوگرم ماده خشک)
حروف متفاوت در هر ردیف، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۰/۰۵ می‌باشد.

کاهش قابلیت هضم ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم علف هیدروپونیک غلات نسبت به دانه آن‌ها در گزارش دیگران نیز مشاهده شد است (۷). از طرف دیگر، قابلیت هضم آزمایشگاهی علوفه هیدروپونیک جو ۶ تا ۸ روزه بین ۷۲ تا ۷۶ درصد گزارش شده است (۱۵). در خصوص انرژی قابل متابولیسم علوفه هیدروپونیک اطلاعات بسیار محدود است. میزان انرژی قابل متابولیسم این نوع علوفه بین ۱۱/۸۹ تا ۱۲/۳۲ (۱۵،۱۱) مگاژول در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر مشابهت دارد.
در این پژوهش میزان انرژی قابل متابولیسم علوفه نسبت به دانه اولیه کمتر بود که دلیل آن را می‌توان به مصرف بخش انرژی‌زای دانه (نشاسته) جهت فعالیت‌های متابولیکی طی رشد گیاه مربوط شمرد. عمده‌ترین دلیل کاهش ماده خشک در جوانه‌ها و علف سبز حاصل از آبکشت، مربوط به فعال شدن تنفس از بدو جوانه زدن بوده که فرآیندی وابسته به انرژی است و بنابراین می‌توان کاهش میزان انرژی قابل متابولیسم در علف سبز نسبت به دانه اولیه را به این پدیده نسبت داد.

بازده سامانه

این شاخص بر اساس نسبت بازیافت مربوط به ماده خشک، انرژی قابل متابولیسم، پروتئین خام و پروتئین حقیقی حاصل از علف تولید شده به هر واحد ماده خشک، انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام و پروتئین حقیقی مصرف شده از طریق بذر محاسبه شد (جدول ۵) شد. مقدار ماده خشک مصرف شده (بذر) ۱۶۲ کیلوگرم بود که پس از ۱۰ روز از زمان کشت، بازیافت ماده خشک به شکل علف سبز به ۱۲۴ کیلوگرم رسید که کاهش ۳۸ کیلو گرمی را نشان داد. نسبت بازیافت ماده خشک ۷۶/۵۹ درصد بود که حاکی از ۲۳/۴۱ درصد اتلاف می باشد. هم‌چنین میزان انرژی قابل متابولیسم موجود در بذر مصرفی، معادل ۵۲۲ مگاکالری بوده است که وقتی به علف سبز تبدیل شد، به ۳۵۱ مگاکالری با بازیافت ۶۷/۳۳ و اتلاف ۳۲/۶۷ درصد همراه بود. از نظر پروتئین خام، توازن مثبت (۱۱۹ درصد) بود. اما بازیافت پروتئین حقیقی ۷۶/۵۹ درصد به دست آمد که با توازن منفی ۲۳/۴۱ درصد همراه بود. با توجه به مواردی که در بخش‌های قبلی مورد بحث قرار گرفت، تغییرات مواد مغذی و توازن منفی مزبور قابل توجیه می باشد.

جدول ۵- بازده علوفه تولیدی از نظر انرژی و مواد مغذی طی دوره کشت ۱۰ روزه
Table 5. Eficiency of green fodder for energy and nutrients, at 10 days growing period

متغیر	ماده خشک	انرژی قابل متابولیسم	پروتئین خام	پروتئین حقیقی
مقدار مصرف شده (از طریق بذر)[۱]	۱۶۲^{a}	۵۲۳^{a}	۱۷^{b}	۱۳^{a}
مقدار به دست آمده (علوفه تولیدی)[۱]	۱۲۴^{b}	۳۵۱^{b}	۲۰/۲^{a}	۱۰^{b}
نسبت مقداربه دست آمده به مقدار مصرف شده (٪)	۷۶/۵۹	۶۷/۳۳	۱۱۹	۷۶/۵۹
اشتباه استاندارد میانگین‌ها	۰/۳۲۸	۰/۰۲۶	۰/۱۶۲	۰/۲۱۱
احتمال معنی‌داری	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۹۲

۱- مقدار برای انرژی قابل متابولیسم بر حسب مگاکالری اما برای ماه خشک، پروتئین خام و پروتئین حقیقی بر حسب کیلو گرم می‌باشد،
حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۰/۰۵ است.

بازده از نظر هزینه

مطابق جدول ۶ هزینه جاری تمام شده (بر مبنای قیمت‌های بهار سال ۱۳۹۳) معادل ۴۵۴۵ ریال به ازای هر کیلوگرم علف تازه (حاوی ۸۷ درصد آب) و ۳۴۶۹۸ ریال به ازای هر کیلوگرم ماده خشک برآورد گردید. هم‌چنین قیمت هر مگاکالری انرژی قابل متابولیسم ۱۲۲۶۱ریال و هر کیلوگرم پروتئین خام و پروتئین حقیقی به ترتیب ۲۱۲۸۷۲ و ۴۲۸۳۷۲ ریال در محصول تولیدی برآورد گردید. این در حالی است که قیمت دانه غلات (جو و ذرت) مورد مصرف در تغذیه دام بر اساس ماده خشک هر کیلوگرم ۱۱۱۲۵ ریال بوده و قیمت هر مگاکالری انرژی قابل متابولیسم ۳۴۵۵ ریال و نیز هر کیلوگرم پروتئین خام و پروتئین حقیقی به ترتیب ۱۰۶۰۳۱ و ۱۳۷۳۴۴ ریال محاسبه شد. همان‌طوری که در جدول ۶ نشان داده شده است با تبدیل دانه غلات به علف سبز در سامانه آبکشت، هزینه تمام شده ماده خشک، انرژی قابل متابولیسم، پروتئین خام و پروتئین حقیقی به ترتیب ۳/۱۲، ۳/۵۵، ۲/۰۱ و ۳/۱۲ برابر افزایش یافت. دلایل بالارفتن هزینه تمام شده ناشی از کاهش زیست توده تولیدی و توازن منفی مواد مغذی به دست آمده نسبت به مصرف شده از یک طرف و بالاتر بودن قیمت دانه بذری از طرف دیگر و نیز هزینه‌های مربوط به عملیات کشت و داشت می‌باشد که توسط دیگر پژوهشگران (۲۸،۲۶) نیز گزارش شده است.

جدول ۶- مقایسه هزینه تمام شده علف هیدرو پونیک و مواد مغذی محتوی آن نسبت به جو و ذرت
Table 6. Comparing of nutrients cost in green fodder with barley and corn grains

شرح هزینه	علف هیدروپونیک	جو و ذرت	نسبت هزینه #
برحسب As-fed (ریال در هر کیلو گرم)	۴۵۴۵	۱۰۰۰۰	–
برحسب ماده خشک (ریال در هر کیلو گرم)	۳۴۶۹۸	۱۱۱۲۵	۳/۱۲
ریال به ازای هر مگاکالری انرژی قابل متابولیسم	۱۲۲۶۱	۳۴۵۵	۳/۵۵
ریال به ازای هر کیلوگرم پروتئین خام	۲۱۲۸۷۲	۱۰۶۰۳۱	۲/۰۱
ریال به ازای هر کیلوگرم پروتئین حقیقی	۴۲۸۳۷۲	۱۳۷۳۴۴	۳/۱۱

ازتقسیم ارقام مربوط به ستون علف هیدروپونیک بر ارقام مترادف در ستون جو وذرت به دست آمد.

تبدیل دانه غلات به حالت سبز شده در سامانه آبکشت، سبب اتلاف بخشی از محتویات زیست توده (دانه) شده و مقدار مواد مغذی اصلی بازیافت شده کمتر از مصرف شده توسط بذر می‌باشد. گرچه از هر کیلوگرم بذر بیش از ۵ برابر علف تر تولید می‌شود اما به دلیل این که حداقل ۸۵ درصد آن را آب تشکیل می‌دهد، توازن زیست توده و مواد مغذی به دست آمده منفی خواهد بود. با در نظر گرفتن بخشی از هزینه‌های مصرفی، هر واحد علوفه تولیدی (برحسب ماده خشک) بیش از سه برابر نسبت به دانه غلات هزینه در پی داشت. بنابراین با توجه به بالا بودن ارزش غذایی جو و ذرت، تبدیل آن‌ها به حالت سبز شده از نظر ارزش غذایی مزیتی را در بر نداشته به جز این که سبب اتلاف انرژی و مواد مغذی و بالا رفتن هزینه خواهد شد. مشاهده آلودگی‌های قارچی در قسمت پایینی علوفه تولیدی نیز از دیگر مشکلات این سامانه می‌باشد که در صورت مصرف آن در تغذیه دام ایجاد مشکل خواهد نمود. بنابراین تبدیل دانه غلات به علف سبز در سامانه آبکشت طی دوره چند روزه سبب اتلاف منابع شده و قابل توصیه نمی‌باشد.

تشکر و قدردانی

از حمایت‌های موسسه تحقیقات علوم دامی کشور و همکاری‌های بخش علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس سپاسگزاری می شود.

منابع

1. Al-Ajmi, A.A., I. Salih, I. Kadhim and Y. Othman. 2009. Yield and water use efficiency of barley fodder produced under hydroponic system in GCC countries using tertiary treated sewage effluents. Phytology, 1: 342-348.
2. Al-Karaki, N. Ghazi and N. Al-Momani. 2011. Evaluation of some barley cultivars for green fodder production and water use efficiency under hydroponic conditions. Jordan Journal of Agricultural Sciences, 7: 448-457.
3. AOAC. 1990. Official methods of analysis, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
4. Chavan, J. and S.S. Kadam. 1989. Nutritional improvement of cereals by sprouting. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28: 401-437.
5. Chung, T.Y., E.N. Nwokolo and J.S. Sim. 1989. Compositional and digestibility changes in sprouted barley and canola seeds. Plant Foods in Human Nutrition, 39: 267-278.
6. Dagnia, S., D. Petterson, R. Bell and F. Flanagan. 1992. Germination alters the chemical composition and protein quality of lupin seed. Journal of the Science, Food and Agriculture, 60: 419-423.
7. Dung, D.D., I.R. Godwin and J.V. Nolan. 2010. Nutrient content and *in sacco* digestibility of barley grain and sprouted barley. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9: 2485-2492.
8. Fayed, A.M. 2011. Comparative study and feed evaluation of sprouted barley grains on rice straw versus tamarix mannifera on performance of growing barki lambs in sinai. Journal of American Science, 7: 954-961.
9. Fazaeli, H., H.A. Golmohammadi, A.A. Shoayee, N. Montajebi and S.H. Mosharraf. 2011. Performance of feedlot calves fed hydroponics fodder barley. Journal of Agriculture Science and Technology, 13: 367-375.
10. Fazaeli, H., H.A. Golmohammadi, S.N. Tabatabayee and M. Asghari-Tabrizi. 2012. Productivity and nutritive value of barley green fodder yield in hydroponic system. World Applied Science, 16: 531-539.
11. Fazaeli, H. 2014. Efficiency of hydroponic green fodder as animal feed. Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 103: 205-214 (In Persian).
12. Fox, D.G., T.P. Tylotki, L.O. Tedeschi, M.E. Van Amburgh, L.E. Chase, A.N. Pell, T.R. Overton and J.B. Russel. 2003. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: CNCPS, Version 5.0. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, New York, 294 pp.
13. Greenberg, N.A. and W.P. Shipe. 1979. Comparison of the abilities of trichloroacetic, picric, sulfosalicylic, and tungestic acids to precipitate protein hydrolysates and proteins. Journal of Food Science, 44: 735-737.
14. Licitra, G., T.M. Hernandez and P.J. Van Soest. 1996. Standadization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 57: 347-358.
15. Mansbridge, R.J. and B.J. Gooch. 1985. A nutritional assessment of hydroponically grown barley for ruminants. Animal Production, 4: 569-570.
16. Menke, K.H. and Y.H. Stingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research and Developments, 28: 7-55.
17. Morgan, J., R.R. Hunter and R.O`. Haire. 1992. Limiting factors in hydroponic barley grass production. Proceeding of the 8th international congress on soil less culture, 241-261 pp. Hunter's Rest, South Africa.
18. NRC. 2001. Nutrient reqirements for dairy cattle. Academy Press, Washington, DC. 360 pp.
19. Nielson, M.T., R.E. Meade, G.M. Paulsen and R.C. Hoseney. 1978. Improvement of wheat protein quality by germination. Proceedings of the 10th national conference on wheat utilization research, 23-39 pp., Tucson, Arizona, USA.
20. Pandey, H.N. and N.N. Pathak. 1991. Nutritional evaluation of artificially grown barley fodder in lactating crossbred cows. Indian Journal of Animal Nutrition, 8: 77-78.
21. Peer, D.J. and S. Leeson. 1985. Feeding value of hydroponically produced barley for poultry and pigs.Animal Feed Science and Technology, 13: 183-190.
22. Rasteh, M.R. and B. Dastar. 2015. Determination of chemical composition and metabolisable energy of germinated barley in broiler chickens. Research on Animal Production, 6: 1-8 (In Persian).
23. SAS, Statistical Aanalysis System. 2001. Users Guide, Statistics, version 8.2. SAS Institute, Inc., Carry, NC.
24. Shem, M., F. Lekule, G. Zakayo and B. Eggum. 1990. Nutritive value of germinated and un-germinated high tannin sorghum for growing pig. Acta Agriculture Scandinavica, 40: 253-258.
25. Sneath, R. and F. McIntash. 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle. Department of primary industries. Queenlands Australia. McKeehen. 55 pp.
26. Thomas T.A. 1977. An automated procedure for the determination of soluble carbohydrate in herbage. Journal of Science of Food and Agriculture, 28: 639-642.
27. Tranel, L.F. 2013. Hydroponic fodder systems for dairy cattle. Iowa, ISU Extension and Outreach, A.S. Leaflet R2791. at: lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol659/iss1/42
28. Trubey, C.R. and Y. Otros. 1969. Effect of light, culture solution and growth period on growth and chemical composition of hydroponically produced oat seedlings. Agronomy, 61: 663-665.
29. Tudor, G., T. Darcy, P. Smith and F. Shallcross. 2003. The intake and liveweight change of droughmaster steers fed hydroponically grown, young sprouted barley fodder (autpgrass). In: Review of hydroponic fodder production for beef cattle, Project Report. Western Australia. 55 pp.
30. Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.
31. Veysi, A., A. Afzalzadeh, H. Fazaeli and H. Baneh. 2015. Determination of chemical composition, digestibility and dry matter and protein degradability parameters of three-days sprouted barley. Research on Animal Production, 6: 115-122 (In Persian).

Nutritive Value and Performance of Cereal Green Fodder Yield in Hydroponic System

Hassan Fazaeli[1], Somayeh Solaymani[2] and Yousef Rouzbahan[3]

1- Professor, of Animal Science Research Institute, The Research, Education and Extension, Karaj, Iran (Corresponding author: h hfazaeli@gmail.com)

2 and 3- Graduate M.Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran

Received: December 22, 2014 Accepted: August 25, 2015

Abstract

This study was conducted to assess the nutritive value and performance of green fodder (GF) production in hydroponic system. A mixture of barley (100 kg) and corn (80 kg) seeds was prepared and grown in an automatic controlling growing chamber that contained 7 shelevs, each with 16 special trays capacity. From each shelf, 6 trays were taken out after 7, 8, 9 and 10 days (as treatment) and fresh weight was recorded and sampled. Chemical composition and *in vitro* digestibility was determined. The performance and cost of GF production were estimated. Results showed that the fresh GF yield was 5.25 times of the original seed nevertheless, dry matter obtained was 23.8% less than the initial spent seed. Crude protein (CP) content of GF was significantly higher than that of barley (*P*=0.0076) and corn grain (*P*=0.0071) but such elevation in CP was mainly related to non-protein nitrogen. Organic matter digestibility of GF reduced as compared to the barley (*P*=0.0079) and corn grain (*P*=0.0087). The ME content was reduced in green fodder when compared to barley grain (*P*=0.0085) and corn grain (*P=0.0079*). No differences were obtained among the GF treatments for nutrient contents and igestibility.The estimated cost per kg DM, CP, TP and ME obtained from GF were respectively 3.12, 2.01, 3.12 and 3.11 times of barley and corn grains. Ovreall, not only there is a negative balance of utrients during converting barley and corn grains to green fodder in hydroponic system, but also the rice of nutrients obtained by GF is several times higher than the original grains.

Keyword: Barley, Corn, Efficiency, Green Fodder, Hydroponic