تحقیقات تولیدات دامی

سال ششم/شماره چهارم/زمستان ۱۳۹۶ (۵۴-۳۹)

Animal Production Research

اثر افزودنی‌های مختلف بر تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژ خردل علوفه‌ای (*Brassica juncea*) در مراحل مختلف فنولوژیک

نرجس قهاری[1*]، تقی قورچی[2]، محبوبه شاهی[1]، محمدتقی فیض بخش[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه تغذیه دام و طیور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد گروه تغذیه دام و طیور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۰۲ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۳)

چکیده

پژوهش حاضر جهت بررسی میزان تجزیه‌پذیری گیاه خردل علوفه‌ای (*Brassica juncea*) در مراحل مختلف رشد و اثر ملاس و اوره بر کیفیت و تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژ آن، انجام شد. در مرحله اول، ترکیبات شیمیایی شامل ماده خشک و پروتئین خام در سه مرحله رشد فنولوژیک گیاه (رویشی، گلدهی و خمیری شدن دانه) اندازه‌گیری شد. سپس ۱/۵ کیلوگرم از گیاه در هر مرحله رشد، به قطعات ۳ تا ۵ سانتی‌متری خرد و با ملاس و اوره مخلوط و در کیسه‌های پلاستیکی سیلو شد. تیمارهای اعمال شده در هر مرحله بر سیلاژها، شاهد، ۵ درصد ملاس، ۰/۵ درصد اوره، ۱۰ درصد ملاس، ۰/۱ درصد اوره و ۵ درصد ملاس به‌علاوه ۰/۵ درصد اوره در نظر گرفته شد. سیلاژها به مدت ۴۵ روز در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از آن ماده خشک سیلاژها تعیین شد و مورد ارزشیابی ظاهری قرار گرفت و pH و دما اندازه‌گیری شد. در مرحله دوم فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک گیاه و سیلاژ خردل با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی تعیین شد. با نمو گیاه، ماده خشک گیاه خردل علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری افزایش و پروتئین خام کاهش داشت. نتایج ارزشیابی ظاهری سیلاژها به وسیله نمره‌گذاری نشان داد که سطوح مختلف ملاس سیلاژهایی با کیفیت بسیار خوب و خوب ایجاد کردند. در طی سیلو کردن، ماده خشک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$) و در سیلاژهای عمل‌آوری شده با ملاس، ماده خشک به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر سیلاژها بود ($P<۰/۰۵$). در سیلاژهای تهیه شده، pH به‌وسیله ملاس، کاهش و با افزودن اوره، افزایش یافت. پایداری هوازی سیلاژهای مراحل رویشی و گلدهی به‌طور معنی‌داری بیشتر از مرحله خمیری شدن دانه بود ($P<۰/۰۵$). در هر سه مرحله رویشی، گلدهی و خمیری شدن دانه، بیشترین میزان درصد ناپدیدی ماده خشک، بخش سریع تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر مربوط به سیلاژهای عمل‌آوری شده با ملاس بوده و بیشترین میزان بخش کند تجزیه مربوط به سیلاژ بدون افزودنی بود.

واژه‌های کلیدی: اوره، تجزیه‌پذیری، خردل علوفه‌ای، سیلاژ، ملاس

* نویسندهٔ مسئول: Nargesghahari@gmail.com

مقدمه

علوفه بخش قابل توجهی از جیره نشخوارکنندگان را تشکیل می‌دهد. امروزه تامین این علوفه از نکات قابل توجه در کشاورزی به‌شمار می‌آید. در تغذیه نشخوارکنندگان از گیاهان علوفه‌ای متعددی استفاده می-شود. یکی از گونه‌هایی که به‌صورت علوفه تازه، علوفه سیلویی و کنجاله حاصل از روغن‌گیری مورد استفاده دام قرار می‌گیرد، گیاهان خانواده براسیکاسه است. گیاهان علوفه‌ای خانواده براسیکاسه به دلیل رشد سریع، عملکرد بالا و کیفیت مطلوب علوفه‌ای و قابلیت هضم بالایی که دارند، در بخش تامین علوفه نشخوارکنندگان اهمیت زیادی دارند (Ayres and Clements, 2002). خردل علوفه‌ای (*Brassica juncea*) گیاهی از خانواده چلیپاییان (تیره شب‌بو- *Cruciferae*) و جنس کلمیان (*Brassica*) است و گیاهی علفی، یکساله و خودرو بوده، که در ارتفاعات آسیای شرقی و آفریقا به صورت وحشی می‌روید. خردل علاوه بر مصرف دانه به صورت غذایی، دارویی و صنعتی، به صورت کود سبز نیز کشت می‌شود، همچنین خردل به صورت کشت مخلوط همراه با نباتات علوفه‌ای و یا به صورت چراگاه کشت می‌شود (Klapp, 1967). خردل علوفه‌ای در مناطق با آب به نسبت شور قابل رشد است که با شرایط آب و هوایی ایران سازگاری دارد (فیض‌بخش، ۱۳۸۹). شهبازیان (۱۳۸۳) بیان داشت برای به‌دست آوردن حداکثر ماده خشک و همچنین حفظ پروتئین خوب با سطح انرژی بالاتر، بهتر است گیاهان در مرحله ابتدای غلاف‌بندی درست قبل از ریزش گل‌ها، برداشت شوند. گیاهان خانواده براسیکاسه اغلب دارای مواد گواترزا (گواتروژن) هستند که باید در میزان استفاده آن‌ها در جیره این نکته مورد توجه قرار گیرد. در سال‌های اخیر، سیلوکردن یکی از روش‌های حفظ علوفه بوده و به علت هدر رفتن مواد مغذی گیاه به ویژه پروتئین در ضمن خشک کردن گیاه، سیلو کردن توصیه شده و علوفه سیلو شده به‌دلیل کیفیت بالا، تنوع ویتامین‌ها و ارزش تغذیه‌ای بالا بر علوفه خشک شده ارجحیت دارد (قورچی، ۱۳۸۷). مواد افزودنی به سیلاژ در سه گروه دسته‌بندی می‌شوند: ۱) محرک تخمیر ۲) متوقف کننده و بازدارنده تخمیر و ۳) افزودنی‌های مغذی (Kung, 1997). ملاس جزء افزودنی‌های گروه اول و اوره جزء گروه سوم قرار می‌گیرند. ملاس یک محصول جانبی کارخانه‌های فرآوری چغندرقند و نیشکر است که حدود ۷۹ درصد کربوهیدرات محلول داشته و یک منبع کربوهیدرات قابل تخمیر برای باکتری-های تولید کننده اسید لاکتیک محسوب می‌شود (Kung, 1997). ملاس موجب افزایش تخمیر لاکتیکی و کاهش pH سیلاژ شده و از تخمیر کلستریدیایی و پروتوزوآیی جلوگیری کرده و به‌طور کل از هدرروی مواد آلی در سیلو جلوگیری می‌نماید (Kung, 1997; Baytak and Aksu, 2005). اوره نیز به عنوان یک منبع نیتروژنی به حساب می‌آید. غنی‌سازی علوفه با اوره، پروتئین خام و pH سیلاژ را افزایش می‌دهد (Sundstol and Coxworth, 1984; Keskun and Yilmaz, 2005). این پژوهش به منظور تعیین میزان تجزیه‌پذیری گیاه خردل علوفه‌ای و تعیین مرحله رشد مناسب برای استفاده در تغذیه دام و بررسی اثر افزودنی‌ها بر سیلاژ آن و همچنین تعیین میزان تجزیه‌پذیری سیلوی خردل علوفه‌ای بدون افزودنی و با افزودنی‌هایی از جمله ملاس و اوره است.

مواد و روش ها

پژوهش حاضر طی دو مرحله در ایستگاه تحقیقات دام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. *مرحله اول آزمایش*: در این مرحله، گیاه کامل خردل علوفه-ای در سه مرحله رشد فنولوژیک رویشی، گلدهی و ابتدای خمیری شدن دانه برداشت و به قطعات ۳ تا ۵ سانتی-متری خرد شد. ۵ گرم از گیاه با چهار تکرار در هر مرحله برای تعیین میزان ماده خشک جدا و به مدت ۴۸ ساعت داخل آون (۵۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت (Umana *et al.*, 1991). بخشی از این گیاهان به صورت هواخشک دور از نور خورشید به مدت ۷۲ ساعت خشک شد. مقداری از آن برای اندازه‌گیری میزان پروتئین خام (AOAC, 2000) آسیاب و باقی‌مانده برای اندازه‌گیری میزان تجزیه‌پذیری به وسیله آسیاب چکشی با الک ۲ میلی‌متری آسیاب شدند و بخش دیگری نیز برای تهیه سیلو در نظر گرفته شدند. برای تهیه سیلو از کیسه‌های نایلونی استفاده شد. برای این منظور از گیاهان خرد شده در هر مرحله به - میزان ۱/۵ کیلوگرم توزین شده و مواد افزودنی به مقادیر زیر به آن‌ها افزوده شد: ملاس در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد وزن ماده تر و اوره نیز در دو سطح ۰/۵ و ۱ درصد وزن ماده تر و ملاس و اوره با هم ۵/۵ درصد (۵ درصد ملاس +

۰/۵ درصد اوره) وزن ماده تر با آب مقطر به نسبت ۱ به ۴ مخلوط و روی خردل خرد شده پاشیده و مخلوط شد و به تیمارهای شاهد (سیلاژ بدون افزودنی) نیز همان میزان آب افزوده شد. پس از همگن شدن مخلوط علوفه و افزودنی‌های ذکر شده، داخل پلاستیک‌ها ریخته و به طور کامل با یک وزنه دو کیلوگرمی فشرده شده و هوای داخل آن بدون استفاده از پمپ خلاء خارج شد و برای جلوگیری از نفوذ هوا به داخل کیسه‌ها، درب آن به‌وسیله نخ بسته و گاز CO_2 به داخل آن وارد کرده تا هوای باقی‌مانده حذف شود (علیخانی و همکاران، ۱۳۸۴). بعد از محکم کردن نخ، داخل یک کیسه دیگر قرار داده و در نهایت چهار تکرار هر تیمار را داخل یک سطل ده لیتری قرار داده تا به طور کامل از عدم نفوذ هوا به داخل سیلو اطمینان حاصل شود. سپس به مدت ۴۵ روز در دمای اتاق (۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. بعد از این مدت سیلوهای آزمایشی باز شده و دمای هر سیلاژ اندازه‌گیری شد. همچنین سیلاژها مورد ارزشیابی ظاهری قرار گرفتند. برای ارزشیابی ظاهری یک مقیاس ۲۰-۰ نمره‌ای استفاده شد. در این مقیاس ۱۴ نمره برای بو، ۴ نمره برای ساختمان گیاه بعد از سیلو کردن و ۲ نمره برای رنگ سیلو در نظر گرفته شد و نمره ۲۰-۱۸ برای سیلوی بسیار خوب، ۱۷-۱۴ خوب، ۱۳-۱۰ قابل قبول، ۹-۵ غیر قابل قبول و ۴-۰ غیر قابل مصرف در نظر گرفته شد و نیز بر حسب میزان pH و درصد ماده خشک مواد سیلو شده نمره‌گذاری و مورد ارزیابی قرار گرفته شدند (Demiral *et al.*, 2006). به منظور تعیین ماده خشک، از هر یک از تکرارهای هر سیلو یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۵۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد (Umana *et al.*, 1991) و در انتها ماده خشک آن محاسبه شد. علاوه بر این از هر سیلو به میزان ۱۰ گرم توزین و با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به کمک مخلوط‌کن کاملاً مخلوط و خرد و به وسیله پارچه متقال صاف شد (روغنی حقیقی فرد و ضمیری، ۱۳۸۰) و سپس pH عصاره حاصل اندازه‌گیری شد. بخشی از سیلاژها داخل ظروف پلاستیکی دارای درب انتقال یافته و جهت کاهش تبادل دما با محیط و جلوگیری از آلودگی با دو لایه پارچه متقال پوشانده شد و به مدت ۱۴۴ ساعت، هر ۲۴ ساعت یکبار برای تعیین پایداری هوازی دما و pH اندازه‌گیری و ثبت شد تا دمای آن ۲ درجه سانتی‌گراد از دمای محیط بالاتر رفت (اربابی و قورچی، ۱۳۸۸). باقی‌مانده سیلوها بعد از خشک شدن با الک دو میلی‌متری آسیاب شدند.

مرحله دوم آزمایش: به منظور تعیین فراسنجه‌های تجزیه-پذیری ماده خشک گیاه در سه مرحله برداشتی و سیلاژ-های آزمایشی از روش کیسه‌های نایلونی استفاده شد. برای این منظور از سه رأس گوسفند نر بالغ نژاد زل با میانگین وزن ۲ ± ۴۰ کیلوگرم استفاده شد. گوسفندان مجهز به فیستولای شکمبه‌ای بودند. هر یک از گوسفندها در طول مدت آزمایش در جایگاه‌های انفرادی نگهداری و با جیره‌ای متشکل از یونجه خشک و جو در سطح نگهداری (نیاز نگهداری بر اساس جداول استاندارد انجمن تحقیقات ملی (NRC, 2007) با توجه به مواد خوراکی در دسترس و وزن دام استخراج شد)، در دو نوبت ۸ صبح و ۴ بعد از ظهر تغذیه شدند و آب نیز به طور آزاد در دسترس دام‌ها قرار گرفت. برای هر یک از نمونه‌ها (گیاه و سیلو) میزان ۳ گرم ماده خشک داخل کیسه‌هایی نایلونی ریخته و در آن‌ها با نخ بسته شده و به لوله‌های پلاستیکی با قطر ۰/۵ و طول ۳۰ سانتی‌متر متصل شدند و از راه فیستولای شکمبه‌ای داخل شکمبه غوطه‌ور نگهداری شدند. کیسه‌ها دارای ابعاد ۶ ×۱۴ سانتی‌متر و منافذی به قطر ۴۰ میکرومتر بودند. برای هر تیمار و هر زمان انکوباسیون سه کیسه در نظر گرفته شد. زمان انکوباسیون تیمارها عبارت بود از صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت. کیسه‌های مربوط به زمان صفر در شکمبه قرار داده نشده و تنها با آب سرد شسته شدند به‌طوری‌که آب زلال از آن‌ها خارج شد (Kemton *et al.*, 1980; Orskov *et al.*, 1980). پس از انکوباسیون کیسه‌ها در شکمبه با زمان‌های مشخص، از شکمبه خارج و بلافاصله جهت توقف فعالیت میکروبی در آب سرد قرار داده و پس از شستشو در ماشین لباس‌شویی (تا زمانی‌که آب کاملاً زلال از کیسه‌ها خارج شد)، به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد (Vanhatalo *et al.*, 1995) قرار گرفته تا کاملاً خشک شوند. محتویات کیسه‌ها توزین شده و برای بقیه آزمایش‌ها نگهداری شدند.

تجزیه آماری داده‌ها: داده‌های مربوط به ناپدید شدن ماده خشک با استفاده از مدل نمایی Orskov and McDonald (1979) و با استفاده از نرم‌افزار Fit Curve تجزیه و تحلیل شد:

$$P = a + b\left(1 - e^{-ct}\right)$$

در رابطه فوق، P: پتانسیل تجزیه‌پذیری، a: بخش سریع تجزیه،b: بخش کند تجزیه،c: ثابت نرخ تجزیه‌پذیری،t: مدت زمان قرار دادن نمونه در شکمبه هستند. برای محاسبه تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک با سرعت عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت از رابطه زیر استفاده شد به‌طوریکه در این رابطه، K سرعت عبور است:

$$ERD = \frac{a+b}{c+k}$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل با نرم‌افزار آماری SAS (2003) نسخه ۹/۱ در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. مدل آماری مورد استفاده به قرار زیر بود:

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

Y_{ij}: صفت مورد ارزیابی

T_i: اثر ماده افزوده شده

μ: میانگین کل

e_{ij}: اثر خطا

داده‌های مربوط به تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژها با آزمایش فاکتوریل ۶×۳ تجزیه شد. در این روش فاکتورهای اصلی مرحله رشد گیاه سیلو شده (۳ سطح) و تیمارهای اعمال شده (افزودنی‌ها با ۶ سطح) بودند:

$$Y_{ijk}= \mu + T_i + C_j + (TC)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk}: صفت مورد ارزیابی

μ: اثر میانگین کل

T_i: اثر تیمار i ام

C_j: اثر مرحله رشد گیاه سیلو شده

$(TC)_{ij}$: اثر متقابل

e_{ijk}: اثر خطا

برای مقایسه ترکیبات تیماری (اثرات متقابل) سطوح فاکتورها ترکیب شده و سپس به عنوان یک اثر در نظر گرفته شده و مقایسه انجام شد.

نتایج و بحث

مرحله اول: میزان ماده خشک و پروتئین خام گیاه خردل علوفه‌ای در هر مرحله‌ی رشد در جدول ۱ نشان داده شده است. با افزایش سن گیاه و بلوغ آن به‌طور معنی‌داری میزان ماده خشک افزایش و میزان پروتئین خام کاهش نشان داد (P<۰/۰۵). محققین بیان داشتند، با بلوغ گیاه میزان کربوهیدارت‌های ساختمانی افزایش یافته (Stern *et al*., 2001) و برگ‌ها از نظر Forouzmand *et al*. (2005) محل تجمع پروتئین بوده و معتقدند با بلوغ گیاه برگ‌های گیاه کاسته می‌شود و به بیان Adesogan (2002) نسبت ساقه به برگ افزایش داشته بنابراین میزان پروتئین کاهش می‌یابد. کاویان و پاسندی (۱۳۹۵) میزان پروتئین خام گیاه خردل را زمانی‌که ماده خشک ۲۹ درصد بود، ۱۵/۷۶ درصد گزارش کردند. هدایتی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) پروتئین خام ذرت را با ۳۰ درصد ماده خشک، ۷/۲۰ گزارش کردند که تقریباً پروتئین خردل علوفه‌ای بالاتر از ذرت است.

ماده خشک، میزان pH سیلاژها در زمان باز کردن، ارزیابی ظاهری سیلاژها (بو، ساختمان، میزان کپک‌زدگی و رنگ) در سه مرحله رشد، گلدهی و خمیری شدن دانه و ارزشیابی به‌روش pH و درصد ماده خشک در جدول (۲) نشان داده شده است. میانگین ماده خشک سیلاژ (تیمار شاهد) از مرحله رویشی به مرحله خمیری شدن دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵) که با توجه به افزایش ماده خشک گیاه در طی مراحل رشد امری طبیعی به‌نظر می‌رسد. مقایسه ماده خشک گیاه خردل (جدول ۱) با ماده خشک سیلاژهای بدون افزودنی در هر مرحله رشد (جدول ۲) نشان داد که سیلو کردن سبب کاهش ماده خشک می‌شود. بر طبق نتایج جدول (۲) افزودن ملاس به سیلاژ در هر سه مرحله رشد گیاه سبب افزایش ماده خشک به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) نسبت به تیمار شاهد (سیلاژ بدون افزودنی) شد. همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد در همه مراحل، بیشترین میزان pH مربوط به تیمارهای حاوی اوره و کمترین میزان آن به سیلاژهای حاوی ملاس مخصوصا ۱۰ درصد ملاس اختصاص دارد که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری

جدول ۱- میانگین ماده خشک و پروتئین خام خردل علوفه ای در سه مرحله مختلف رشد فنولوژیک

Table 1. Average dry matter and crude protein of *Brasica juncea* in three different phonological growth stages

Parameter	First stage (vegetative)	Second stage (flowering)	Third stage (soft dough)	SEM	*P* value
Dry matter (%)	11.58[c]	18.47[b]	24.79[a]	0.33	<0.0001
Crude protein (%)	23.30[a]	19.87[b]	14.20[c]	0.28	<0.0001

[a-c] Different letters in each row indicate significant differences (P<0.05)

داشتند (P<۰/۰۵). کاهش pH سیلاژها با افزایش رشد گیاهان به‌دلیل کاهش پروتئین خام و به‌عبارتی افزایش نسبت قند به پروتئین گیاه می‌باشد (Kadoshnikov *et al.*, 2001). میزان pH سیلوهای حاوی ملاس در مرحله اول بین ۴/۲- ۳/۹ بود که در دامنه مورد نظر برای یک سیلوی خوب از نظر Muck and Holmes (1999) است و در مرحله دوم و سوم اندکی بالاتر از محدوده طبیعی است. pH مناسب سیلاژ بستگی به درصد ماده خشک علوفه سیلو شده دارد، به‌طوری که هرچه درصد ماده خشک علوفه بیشتر باشد، حد متوسط pH قابل قبول نیز بالاتر خواهد بود. pH سیلاژ خردل بدون افزودنی بالا بوده و افزودن اوره نیز باعث بالا رفتن مقدار pH شده که به سمت قلیایی بودن است (جدول ۲). دلاور و دانش مسگران (۱۳۸۰) و Thenney *et al.* (1980) نشان دادند که افزودن اوره به سیلاژ یونجه سبب بالا رفتن pH می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر هماهنگی دارد. افزودن ملاس به عنوان یک افزودنی و منبعی از کربوهیدرات‌های محلول در آب در سیلو کردن سبب کاهش سریع pH می‌شود (Lima *et al.*, 2010). در آزمایش Tobia *et al.* (2008) که به بررسی ارزش غذایی علوفه و سیلاژ سویا پراختند، مشاهده شد که pH سیلاژ سویا بدون افزودنی ۵/۸۱ بوده و افزودن ملاس سبب کاهش pH شده است و هر چه درصد ملاس افزوده شده بیشتر بود، میزان کاهش pH نیز بیشتر بوده است. بر اساس ارزشیابی ظاهری که با بررسی بو، رنگ و ساختمان در لمس سیلاژ و مشاهده کپک انجام شد، سیلاژها نمره‌دهی شدند که بر اساس آن سیلاژهای فرآوری شده با درصدهای مختلف ملاس در گروه سیلوهای بسیار خوب قرار گرفته و سیلاژهای خردل علوفه‌ای بدون افزودنی و فرآوری شده با اوره به دلیل پایین بودن ماده خشک و pH بالا در ردیف سیلاژهای غیر قابل قبول و یا در حد قابل قبول بودند. ارزشیابی سیلاژ به روش pH و ماده خشک نیز حاکی از مناسب بودن سیلاژ-های فرآوری شده با ۵ و ۱۰ درصد ملاس (تیمارهای دو و چهار) بود.

دما و pH سیلاژها از زمان باز کردن سیلوها هر ۲۴ ساعت یک بار تا ۱۴۴ ساعت مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند که در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. دمای سیلاژهای مرحله رویشی و گلدهی در همه تیمارها پس از ۴۸ ساعت پس از باز کردن سیلوها ۲ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای محیط افزایش یافت و در سیلاژ مرحله خمیری نرم به‌جز سیلاژ حاوی ۵ درصد ملاس، مابقی سیلاژها ۲۴ ساعت پس از بازکردن ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش دما نسبت به‌دمای محیط نشان دادند. افزودن ملاس سبب افزایش پایداری هوازی نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج تحقیقات قبلی در زمینه پایداری هوازی سیلاژ نشان می‌دهند که سیلاژهایی با ماده خشک بالا پایداری هوازی کمتری نسبت به سیلاژ ذرت با رطوبت بالا داشته که این امر به دلیل نفوذ بهتر هوا به داخل سیلاژهای با ماده خشک بالا به دلیل فشردگی کمتر و خلل و فرج بیشتر رخ می دهد (محمدزاده، ۱۳۹۰؛ Muck and Holmes, 1999). نتایج پژوهش حاضر، مشاهدات این تحقیقات را تأیید می‌نماید.

ثبت pH سیلاژها تا ۱۴۴ ساعت بعد از باز کردن سیلوها نشان می‌دهد که در هر سه مرحله، pH سیلاژ شاهد روندی صعودی داشته است. در مرحله رویشی سیلاژ حاوی ۵ درصد ملاس+ ۰/۵ درصد اوره ابتدا کاهش داشته و بعد از ۷۲ ساعت دوباره روند صعودی در پیش گرفته، اما به میزان اولیه نرسیده است و سیلاژهای حاوی اوره از ۴۸ ساعت به بعد کاهش خفیفی نشان داده‌اند. در مرحله گلدهی، تیمار شش (۵ درصد ملاس + ۰/۵ درصد اوره) افزایش قابل توجهی در طی ۱۴۴ ساعت نشان داده است. در مرحله خمیری نرم نیز pH افزایش یافته که در سیلاژ عمل‌آوری شده با ۵ و ۱۰ درصد ملاس، ۵ درصد ملاس + ۰/۵ درصد اوره و تیمار شاهد (بدون افزودنی) افزایش مشهودتر است.

مرحله دوم: درصد ناپدید شدن ماده خشک خردل علوفه‌ای در جدول ۳ نشان داده شده است. در زمان‌های مختلف، بین مرحله رویشی گیاه با دو مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه از نظر میزان ناپدید شدن ماده خشک در شکمبه در زمان‌های مورد نظر اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵). درصد ناپدید شدن ماده خشک بین مراحل گلدهی و خمیری نرم فقط در زمان ۴۸ ساعت اختلاف معنی‌داری نشان دادند (P<۰/۰۵). در هر مرحله بین زمان‌های مختلف اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین درصد ناپدید شدن ماده خشک در شکمبه نیز مشاهده می‌شود.

بیشترین درصد ناپدید شدن ماده خشک گیاه خردل علوفه‌ای در مرحله اول (رویشی) گیاه خردل و مربوط به ۷۲ ساعت بوده و کمترین میزان مرحله دوم (گلدهی)

جدول ۲- اثر مراحل مختلف رشد گیاه و افزودنی‌ها بر ماده خشک و pH سیلاژ خردل علوفه‌ای، ارزیابی ظاهری و ارزشیابی بر اساس pH و ماده خشک سیلاژها

Table 2. Effect of plant growth stages and aditives on the *Brasica juncea* forage silage dry matter, pH, visual assessment and evaluation based on silage pH and dry matter

Treatment trials	First stage (vegetative)				Second stage (flowering)				Third stage (soft dough)			
	DM[1] (%)	pH	Visual assessment	Assessment based on DM and pH	DM[1] (%)	pH	Visual assessment	Assessment based on the DM and pH	DM[1] (%)	pH	Visual assessment	Assessment based on DM and pH
Control_ silage without additives	8.83[c]	6.37[c]	10-Acceptable	Incredible	15.93[c]	6.36[b]	14-Good	Incredible	22.67[b]	6.05[c]	13-Acceptable	Incredible
Silage with 5% molasses	11.78[b]	4.17[e]	20-Very good	Good	19.04[b]	4.40[cd]	20-Very good	Good	25.22[b]	4.95[de]	19-Very good	Incredible
Silage with 10% molasses	13.83[a]	4.01[e]	19-Very good	Very good	21.72[a]	4.32[d]	20-Very good	Good	29.95[a]	4.59[e]	20-Very good	Good
Silage with 0.5% urea	8.62[c]	7.65[b]	3- Incredible	Incredible	16.24[c]	8.01[a]	9- Incredible	Incredible	23.41[b]	7.51[b]	10- Acceptable	Incredible
Silage with 1% urea	8.40[c]	8.04[a]	5- Incredible	Incredible	16.09[c]	8.26[a]	10- Acceptable	Incredible	23.86[b]	8.29[a]	10- Acceptable	Incredible
Silage with 5% molasses and 0.5% urea	11.94[b]	5.27[d]	18-Very good	Incredible	19.13[b]	4.61[c]	20-Very good	Incredible	27.96[a]	5.34[d]	19-Very good	Incredible
SEM	0.46	0.32	NA[2]	NA	0.51	0.34	NA	NA	0.63	0.28	NA	NA
P value	<0.0001	<0.0001	NA	NA	<0.0001	<0.0001	NA	NA	<0.0001	<0.0001	NA	NA

[1]Dry matter

[2]Not Applicable

[a-e] Different letters in each column indicate significant differences at $P<0.05$.

گیاه، زمان صفر است. با نمو گیاه، هر چه میزان پروتئین خام کاهش یابد درصد ناپدید شدن ماده خشک نیز کاهش می‌یابد که مشاهدات این پژوهش، نتایج Abdulrazak *et al.* (2005) را مبنی بر همبستگی مثبت بین ناپدید شدن ماده خشک با پروتئین خام تایید می‌کند.

ابرسجی و همکاران (۱۳۸۷) بیان داشتند که میزان کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین خام در مرحله رویشی گیاه بالاتر بوده و سبب افزایش میزان تجزیه‌پذیری می‌شود. از طرفی علت کاهش فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با رشد گیاه، لیگنینی شدن گیاه است (Hoffman *et al.*, 1993). نتایج نشان می‌دهد که در ۲۴ ساعت اول انکوباسیون در مرحله اول و دوم به ترتیب ۸۳/۲۲ و ۸۳/۲۸ درصد و در مرحله سوم ۸۹/۹۵ درصد کل ماده خشک خردل علوفه‌ای در شکمبه در مدت ۷۲ ساعت تجزیه می‌شود. منصوری و همکاران (۱۳۸۲) میزان تجزیه‌پذیری علوفه یونجه را در ۲۴ ساعت، ۸۲/۶۸ درصد میزان کل تجزیه‌پذیری در ۹۶ ساعت گزارش کردند.

جدول ۴ فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک گیاه خردل علوفه‌ای را با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی نشان می‌دهد. بین مراحل رویشی با گلدهی و خمیری شدن دانه از نظر میزان بخش تجزیه‌پذیری سریع (a) اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵). بیشترین میزان بخش تجزیه‌پذیری سریع (a) ماده خشک خردل علوفه‌ای مربوط به مرحله رویشی رشد خردل علوفه‌ای (۳۳/۹) و کمترین آن مربوط به مرحله خمیری نرم (۲۶/۶) است زیرا کربوهیدرات‌های محلول در مراحل اولیه رشد گیاهان بیشتر است در نتیجه تجزیه‌پذیری بیشتری دارند. بخش b در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داده به‌طوری‌که بین سه مرحله اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵). بیشترین مقدار بخش کند تجزیه (b) نیز مربوط به مرحله رویشی (۲۹/۵) بوده و کمترین میزان مربوط به مرحله خمیری شدن دانه (۱۶/۴۳) است. بخش c یا نرخ ثابت تجزیه در مرحله خمیری شدن دانه بیشترین مقدار (۰/۰۸۵۳) و در مرحله اول کمترین میزان (۰/۰۵۷۶) بوده که اختلاف معنی‌دار نیست. بخشی از گیاه که دارای پتانسیل تجزیه‌پذیری در شکمبه را دارد (a+ b)، اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) در سه مرحله نشان می‌دهد و در مرحله رویشی و مرحله خمیری شدن دانه به ترتیب بیشترین و کمترین میزان را شامل می‌شود. ناپدید شدن ماده خشک با پروتئین خام همبستگی مثبت دارد (Gurbuz, 2006; Abdulrazak *et al.*, 2005). تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک با نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت برای ماده خشک در مرحله رویشی گیاه بیشترین میزان و در مرحله خمیری شدن دانه کمترین مقدار را دارد و بین مرحله رویشی با مراحل گلدهی و خمیری شدن دانه اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد (P<۰/۰۵). با توجه به نتایج حاصله، هر چه سرعت عبور افزایش یافته، تجزیه‌پذیری موثر کاهش داشته است. Yan and Agnew (2001) بیان کردند که بین بخش الیافی گیاه و تجزیه‌پذیری موثر رابطه معکوسی وجود دارد. مشاهده روند کاهش تجزیه‌پذیری موثر متناسب با سرعت‌های عبور مشخص شده، با پیشرفت مرحله رشد گیاه به علت اینکه کربوهیدرات‌های محلول در مراحل اولیه رشد بیشتر است می‌تواند قابل توجیه باشد. با افزایش بلوغ گیاه مقادیر تجزیه‌پذیری مؤثر کاهش می‌یابد، زیرا با افزایش غلظت الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی از محتویات سلولی کاسته شده و نیز غلظت بالای دیوارهٔ سلولی مانع از شکستن آن و در نتیجه سبب کاهش نفوذ میکروبی می‌شود (South worth *et al.*, *1996*).

جدول ۳- درصد ناپدید شدن ماده خشک گیاه خردل علوفه‌ای در سه مرحله رشد فنولوژیک با روش کیسه‌های نایلونی در زمان‌های مختلف

Table 3. *In situ* dry matter disappearance (%) of *Brasica juncea* forage in three phenological growth stages using the nylon bag in different time intervals

Time (hour)	0	4	8	12	24	48	72
First stage (vegetative)	32.82[a]	41.47[a]	43.64[a]	49.91[a]	53.29[a]	59.30[a]	64.03[a]
Second stage (flowering)	26.88[b]	30.95[b]	33.88[b]	36.47[b]	39.47[b]	49.99[b]	47.39[b]
Third stage (soft dough)	27.02[b]	30.21[b]	34.02[b]	37.31[b]	39.13[b]	42.21[c]	43.50[b]
SEM	1.126	2.22	1.95	2.29	2.38	2.63	3.21
P value	0.01	0.04	0.03	0.0009	<0.0001	0.002	<0.0001

[a-c] Different letters in each column indicate significant differences at P<0.05.

جدول ۴- فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در سه مرحله رشد فنولوژیک گیاه خردل علوفه‌ای

Table 4. Different parameters of degradation and effective degradability of dry matter in passing rates of 2, 5 and 8% in three phenological growth stages of *Brasica juncea* forage

	Different degradability parameters (%)				Effective rate degradability (% per hour)		
Parameter	a	b	a+b	c	0.02	0.05	0.08
First stage (vegetative)	33.90[a]	29.50[a]	63.40[a]	0.06	55.26[a]	49.23[a]	45.93[a]
Second stage (flowering)	26.90[b]	23.46[b]	50.36[b]	0.04	42.66[b]	37.60[b]	35.03[b]
Third stage (soft dough)	26.60[b]	16.43[c]	43.03[c]	0.08	39.46[b]	36.43[b]	34.60[b]
SEM	1.25	1.96	3.00	0.01	2.48	2.15	1.97
P value	0.0008	0.0004	<0.0001	0.30	0.0002	0.001	0.001

[a-c] Different letters in each column indicate significant differences at $P<0.05$.

تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژ خردل علوفه‌ای در شکمبه در جدول ۵ نشان داده شده است. تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژها در همه زمان‌ها به طور معنی‌داری تحت تأثیر مرحله رشد گیاه قرار گرفت ($P<۰/۰۵$) و بیشترین میزان مربوط به مرحله رویشی گیاه است. در تمامی زمان‌ها، تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژها تحت تأثیر تیمارها (افزودنی‌ها) قرار گرفت و بالاترین میزان مربوط به تیمار ۱۰ درصد ملاس است که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). در زمان‌های صفر، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ اثر متقابل مرحله رشد گیاه و تیمارها مشاهده شد. به طور کلی در تیمار حاوی ۱۰ درصد ملاس در مرحله رویشی در همه زمان‌ها، تجزیه-پذیری ماده خشک بیشتر از سایر تیمارها و مراحل بوده و اختلاف بین داده‌های مربوط به تجزیه‌پذیری ماده خشک در زمان‌های مختلف بین تیمارهای مختلف در مراحل رشد متفاوت گیاه معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$). در پژوهش Selim *et al.* (2004) نشان داده شد که فرآوری کاه برنج با اوره میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک آن را افزایش می-دهد و دلیل این امر را در شکسته شدن پیوندهای بین لیگنین، سلولز و همی‌سلولز و افزایش توانایی میکروارگانیسم‌های شکمبه در تجزیه دیواره سلولی با انجام عمل‌آوری شیمیایی دانسته که سبب افزایش تجزیه-پذیری ماده خشک کاه شده است. اما نتایج پژوهش حاضر، با نتایج Selim *et al.* (2004) هماهنگی ندارد زیرا عمل‌آوری سیلاژ خردل با اوره تجزیه‌پذیری را کاهش می-دهد و می‌تواند تفاوت در نوع گیاه باشد.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر با نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت در جدول ۶ نشان داده شده است. بین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر با نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت در سیلاژ مراحل مختلف رشد گیاه خردل علوفه‌ای اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر با نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت در سیلاژهای حاوی ۱۰ درصد ملاس بوده که نتایج جدول نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P<۰/۰۵$). به طور کلی در بین سیلاژها، سیلاژهای بدون افزودنی و سیلاژهای حاوی ۰/۵ و ۱ درصد اوره به طور معنی‌داری فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر با نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت کمتری نسبت به بقیه داشتند. در فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر با نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت اثر متقابلی بین مرحله رشد گیاه و تیمارها (افزودنی‌ها) مشاهده نشد، ولی از مقایسه ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک نتیجه گرفته می‌شود که بخش سریع تجزیه (a) در سیلاژهای حاوی ملاس بیشتر از تیمارهای حاوی اوره و بدون افزودنی است و این بالا بودن میزان بخش سریع تجزیه (a) در سیلاژ-های مرحله رویشی گیاه مشهودتر است. ضریب کند تجزیه (b) در سیلاژ بدون افزودنی و حاوی اوره نسبت به تیمارهای حاوی ملاس بیشتر بوده و در تیمار بدون افزودنی مرحله رویشی گیاه بیشترین میزان را نشان داد. از طرفی ثابت نرخ تجزیه‌پذیری (c) ماده خشک در تیمارهای حاوی ملاس بیشتر است. پتانسیل تجزیه‌پذیری (a+b) در سیلاژ حاوی ۱۰ درصد ملاس در مرحله رویشی گیاه بیشتر از سایر تیمارها بود. تجزیه‌پذیری موثر با نرخ-

های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت در مرحله رویشی و در تیمار ۱۰ درصد ملاس بیشترین میزان بود که با سایر تیمارها در مراحل دیگر رشد گیاه اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵).

در مطالعه Colombini *et al.* (2009) یکی از دلایل بیشتر بودن ضریب a در سیلاژ ذرت نسبت به سیلاژ سورگوم را، بالاتر بودن میزان اسید لاکتیک در سیلاژ ذرت بیان کردند، که می‌تواند دلیل بالا بودن ضریب a در سیلوهای فرآوری شده با ۱۰ درصد ملاس همین امر باشد. ضریب b در سیلاژهای بدون افزودنی از سایر سیلاژها به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) بیشتر بود و با پیشرفت اولیه بلوغ گیاه میزان آن کاهش نشان داد. قورچی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهش خود مبنی بر بررسی اثر افزودنی‌های مختلف بر پایداری هوازی، ترکیب شیمیایی و میکروب-های سیلاژ ذرت مشاهده کردند که در سیلاژهای حاوی ملاس، میزان b از نظر عددی بیشتر از تیمار شاهد و سایر تیمارهاست، که با نتایج پژوهش حاضر مغایر است.

نتایج این پژوهش نشان داد که رشد و نمو گیاه خردل علوفه‌ای سبب کاهش ارزش غذایی و کیفیت آن می‌شود و با توجه به نتایج تجزیه‌پذیری، گیاه در مرحله رویشی ارزش غذایی مطلوب‌تری برای دام دارد. سیلو کردن سبب کاهش ماده خشک شده ولی در صورت عمل‌آوری با ملاس ماده خشک افزایش می‌یابد. ملاس سبب افزایش میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای می‌شود و اوره میزان درصد ناپدیدی ماده خشک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری سیلاژ را کاهش می‌دهد. علوفه و سیلاژ خردل علوفه‌ای با توجه به میزان پروتئین و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای دارای پتانسیل تغذیه‌ای مناسب برای جایگزینی با درصدی از بخش علوفه‌ای جیره نشخوارکنندگان است و مرحله گلدهی و اوایل تشکیل غلاف مرحله مناسبی برای سیلو کردن گیاه است ولی چون رطوبت بالا است بهتر است اقدامات لازم جهت کاهش رطوبت انجام گیرد.

جدول ۵- درصد ناپدید شدن ماده خشک سیلوی خردل علوفه‌ای فراوری شده با ملاس و اوره در سه مرحله رشد فنولوژیک با روش کیسه‌های نایلونی در زمان‌های مختلف

Table 5. *In situ* dry matter disappearance kinetics of *Brassica jincea* silage treated with molasses and urea additives at three phenological growth stages

Time (hour)		0	4	8	12	24	48	72
Effects of growth stage								
	First stage (vegetative)	31.98^{a}	36.09^{a}	41.84^{a}	44.33^{a}	49.04^{a}	50.94^{a}	57.45^{a}
	Second stage (flowering)	28.28^{b}	31.99^{b}	34.58^{b}	39.39^{b}	43.10^{b}	48.22^{b}	45.14^{b}
	Third stage (soft dough)	25.98^{c}	27.89^{c}	32.03^{c}	34.67^{c}	41.25^{b}	44.80^{c}	40.73^{c}
Effects of treatments								
	Control_ silage without additives	25.00^{c}	27.18^{c}	31.46^{c}	35.36^{c}	39.20^{c}	45.91^{bc}	48.58^{b}
	Silage with 5% molasses	30.10^{b}	33.99^{b}	37.93^{b}	42.40^{b}	47.43^{b}	47.54^{b}	47.81^{b}
	Silage with 10% molasses	38.80^{a}	41.86^{a}	46.79^{a}	49.39^{a}	54.34^{a}	55.50^{a}	44.54^{a}
	Silage with 0.5% urea	23.22^{c}	27.39^{c}	30.92^{c}	33.66^{c}	40.30^{c}	42.28^{d}	41.38^{c}
	Silage with 1 % urea	22.61^{c}	27.77^{c}	30.36^{c}	32.89^{c}	37.71^{c}	43.25^{cd}	41.72^{c}
	Silage with 5% molasses and 0.5% urea	31.85^{b}	34.76^{b}	39.45^{b}	43.08^{b}	47.78^{b}	53.44^{a}	51.60^{ab}
Effects interaction between plant growth stage and treatments								
First stage (vegetative)	Control_ silage without additives	24.56^{cd}	29.05	33.45^{efg}	36.90^{efghi}	41.11^{def}	48.03^{cdef}	55.72
	Silage with 5% molasses	35.73^{ab}	40.00	45.50^{bc}	49.66^{abc}	52.13^{bc}	53.06^{bcd}	57.27
	Silage with 10% molasses	43.39^{a}	45.89	53.50^{a}	57.29^{a}	62.54^{a}	62.66^{a}	66.76
	Silage with 0.5% urea	24.92^{cd}	31.21	33.80^{ef}	33.92^{fghi}	41.88^{def}	41.35^{g}	47.97
	Silage with 1 % urea	23.73^{cd}	29.37	34.67^{ef}	34.42^{fghi}	38.41^{ef}	41.69^{g}	51.57
	Silage with 5% molasses and 0.5% urea	39.53^{a}	41.00	50.10^{ab}	53.75^{ab}	58.12^{ab}	58.80^{ab}	65.38
Second stage (flowering)	Control_ silage without additives	26.54^{cd}	28.86	31.57^{efg}	37.98^{efgh}	41.72^{def}	44.72^{efg}	48.61
	Silage with 5% molasses	30.75^{bc}	34.33	36.94^{de}	42.32^{cdef}	45.87^{cde}	45.96^{cdefg}	47.19
	Silage with 10% molasses	37.04^{ab}	39.70	41.43^{cd}	44.06^{cde}	48.72^{cd}	52.51^{bcde}	48.46
	Silage with 0.5% urea	24.12^{cd}	27.65	30.85^{efg}	38.20^{efgh}	39.37^{def}	44.72^{efg}	40.72
	Silage with 1 % urea	20.83^{d}	26.87	29.45^{fg}	34.20^{fghi}	39.03^{def}	47.70^{cdefg}	39.02
	Silage with 5% molasses and 0.5% urea	30.35^{bc}	34.54	37.23^{de}	39.57^{defg}	43.86^{cdef}	53.70^{bc}	46.81
Third stage (soft dough)	Control_ silage without additives	23.90^{cd}	23.62	29.36^{fg}	31.18^{ghi}	34.78^{f}	44.96^{defg}	41.39
	Silage with 5% molasses	26.49^{cd}	27.64	31.33^{efg}	35.21^{fghi}	44.28^{cdef}	43.60^{fg}	38.96
	Silage with 10% molasses	35.95^{ab}	40.00	45.42^{bc}	46.82^{bcd}	51.75^{bc}	51.32^{bcdef}	51.39
	Silage with 0.5% urea	20.61^{d}	23.32	28.11^{fg}	28.86^{i}	39.64^{def}	40.75^{g}	35.44
	Silage with 1 % urea	23.25^{cd}	24.05	26.94^{g}	30.05^{hi}	35.68^{f}	40.35^{g}	34.57
	Silage with 5% molasses and 0.5% urea	25.68^{cd}	28.72	31.02^{efg}	35.90^{efghi}	41.36^{def}	47.81^{cdefg}	42.60
	SEM	0.97	0.99	1.09	1.14	1.09	0.91	1.32
P value	Effects of growth stage	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Effects of treatments	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Effects interaction	0.03	0.52	0.0003	0.0002	0.008	0.003	0.21

$^{a-i}$ Different letters in each column indicate significant differences at $P<0.05$.

جدول ۶- فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در سه مرحله رشد فنولوژیک سیلاژ خردل علوفه‌ای فرآوری شده با ملاس و اوره

Table 6. Different rumen kinetics and effective degradability of dry matter in passage rates of 2, 5 and 8 % in *Brassica juncea* silage at three phenological growth stages treated with molasses and urea

		Degradability parameters (%)				Effective degradability rate (% per hour)		
		a	b	a+b	c	0.02	0.05	0.08
Effects of growth stage								
	First stage (vegetative)	32.18^{a}	25.93^{a}	58.01^{a}	0.066	49.62^{a}	44.53^{a}	41.87^{a}
	Second stage (flowering)	27.66^{b}	20.64^{b}	48.30^{b}	0.072	42.70^{b}	38.81^{b}	36.58^{b}
	Third stage (soft dough)	24.66^{c}	19.42^{b}	43.52^{c}	0.073	39.19^{c}	35.52^{c}	33.41^{c}
Effects of treatments								
	Control_ silage without additives	24.64^{c}	29.11^{a}	53.75^{ab}	0.04^{b}	41.68^{d}	35.63^{c}	32.87^{c}
	Silage with 5% molasses	29.84^{b}	18.76^{b}	48.60^{bc}	0.09^{a}	44.84^{c}	41.53^{b}	29.51^{b}
	Silage with 10% molasses	38.09^{a}	18.23^{b}	56.32^{a}	0.08^{a}	52.50^{a}	49.18^{a}	47.16^{a}
	Silage with 0.5% urea	22.70^{c}	20.53^{b}	43.17^{c}	0.07^{ab}	38.24^{e}	34.37^{c}	32.11^{c}
	Silage with 1% urea	22.68^{c}	21.80^{b}	43.37^{c}	0.06^{ab}	38.00^{e}	33.74^{c}	31.37^{c}
	Silage with 5% molasses and 0.5% urea	30.92^{b}	23.54^{b}	54.47^{ab}	0.07^{ab}	47.74^{b}	43.27^{b}	40.72^{b}
Effects interaction between plant growth stage and treatments								
First stage (vegetative)	Control_ silage without additives	25.60^{cd}	37.43^{a}	63.03^{a}	0.03	45.30^{cde}	37.63^{ef}	34.33^{ef}
	Silage with 5% molasses	35.06^{ab}	21.10^{b}	56.16^{ab}	0.09	51.70^{b}	47.96^{bc}	45.80^{bc}
	Silage with 10% molasses	42.23^{a}	23.40^{b}	65.63^{a}	0.08	60.70^{a}	56.36^{a}	53.70^{a}
	Silage with 0.5% urea	25.56^{cd}	22.23^{b}	47.60^{bcd}	0.07	40.76^{efg}	36.40^{efgh}	34.10^{ef}
	Silage with 1% urea	25.86^{cd}	26.36^{ab}	52.23^{abc}	0.04	41.76^{def}	36.20^{efgh}	33.56^{ef}
	Silage with 5% molasses and 0.5% urea	38.36^{a}	25.03^{ab}	63.40^{a}	0.08	57.46^{a}	52.60^{ab}	49.73^{ab}
Second stage (flowering)	control_ silage without additives	25.86^{cd}	25.36^{ab}	51.23^{abc}	0.05	42.13^{def}	36.83^{efg}	34.26^{ef}
	Silage with 5% molasses	30.00^{bc}	17.16^{b}	47.16^{bcd}	0.09	43.86^{cdef}	40.86^{de}	38.93^{de}
	Silage with 10% molasses	36.60^{ab}	14.70^{b}	51.30^{abc}	0.06	47.56^{bcd}	44.63^{cd}	42.96^{cd}
	Silage with 0.5% urea	23.20^{cd}	19.63^{b}	42.83^{bcd}	0.08	38.96^{efgh}	35.43^{efgh}	33.20^{ef}
	Silage with 1% urea	20.43^{d}	22.86^{b}	43.30^{bcd}	0.07	38.53^{fgh}	34.20^{fgh}	31.56^{f}
	Silage with 5% molasses and 0.5% urea	29.86^{bc}	24.13^{ab}	54.00^{abc}	0.07	45.13^{cde}	40.90^{de}	38.56^{de}
Third stage (soft dough)	control_ silage without additives	22.46^{cd}	24.53^{ab}	47.00^{bcd}	0.04	37.60^{fgh}	32.43^{fgh}	30.00^{f}
	Silage with 5% molasses	24.46^{cd}	18.00^{b}	42.46^{bcd}	0.08	38.96^{efgh}	35.76^{efgh}	33.80^{ef}
	Silage with 10% molasses	35.43^{ab}	16.60^{b}	52.03^{abc}	0.10	49.23^{bc}	46.53^{c}	44.80^{bc}
	Silage with 0.5% urea	19.33^{d}	19.73^{b}	39.06^{cd}	0.07	35.00^{gh}	31.26^{gh}	29.03^{f}
	Silage with 1% urea	21.73^{cd}	16.16^{b}	34.56^{d}	0.06	34.03^{h}	30.83^{h}	28.96^{f}
	Silage with 5% molasses and 0.5% urea	24.53^{cd}	21.46^{b}	46.00^{bcd}	0.07	40.63^{efg}	36.30^{efgh}	33.86^{ef}
	SEM	0.97	0.93	1.30	0.004	1.009	1.005	1.004
P value	Effects of growth stage	<0.0001	0.0024	<0.0001	0.79	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Effects of treatments	<0.0001	0.0019	<0.0001	0.03	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Effects interaction	0.18	0.67	0.89	0.88	0.0021	0.0001	0.0002

a = rapidly degradable fraction/ b= slowly degradable fraction a+b= potential degradability fraction / c= constant rate of degradation

$^{a-h}$ Different letters in each column indicate significant differences at $P<0.05$.

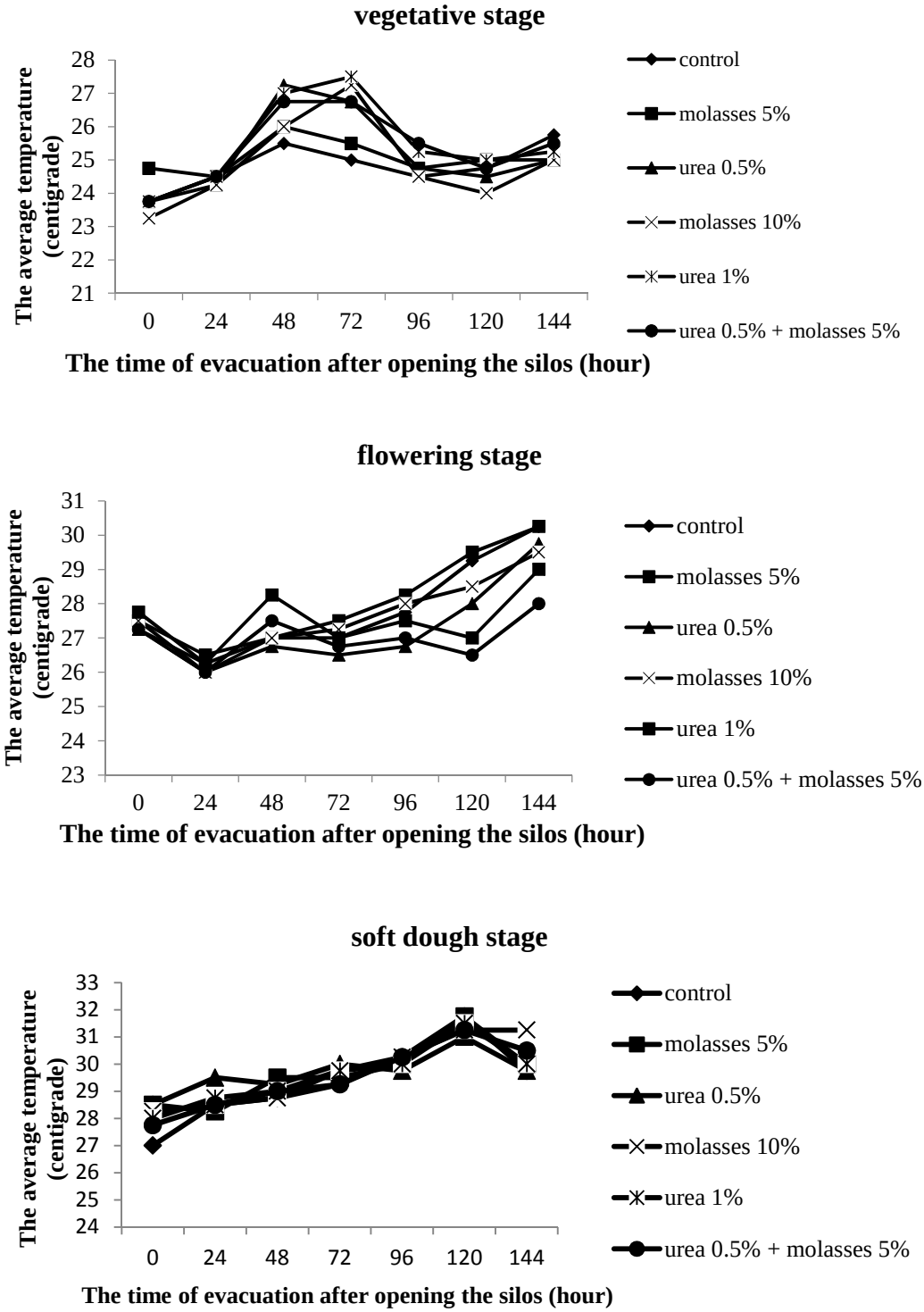

Fig. 1. The changes in silage temperature up to 144 hours after opening the silos

شکل ۱- تغییرات دمای سیلاژ تا ۱۴۴ ساعت پس از باز کردن سیلوها

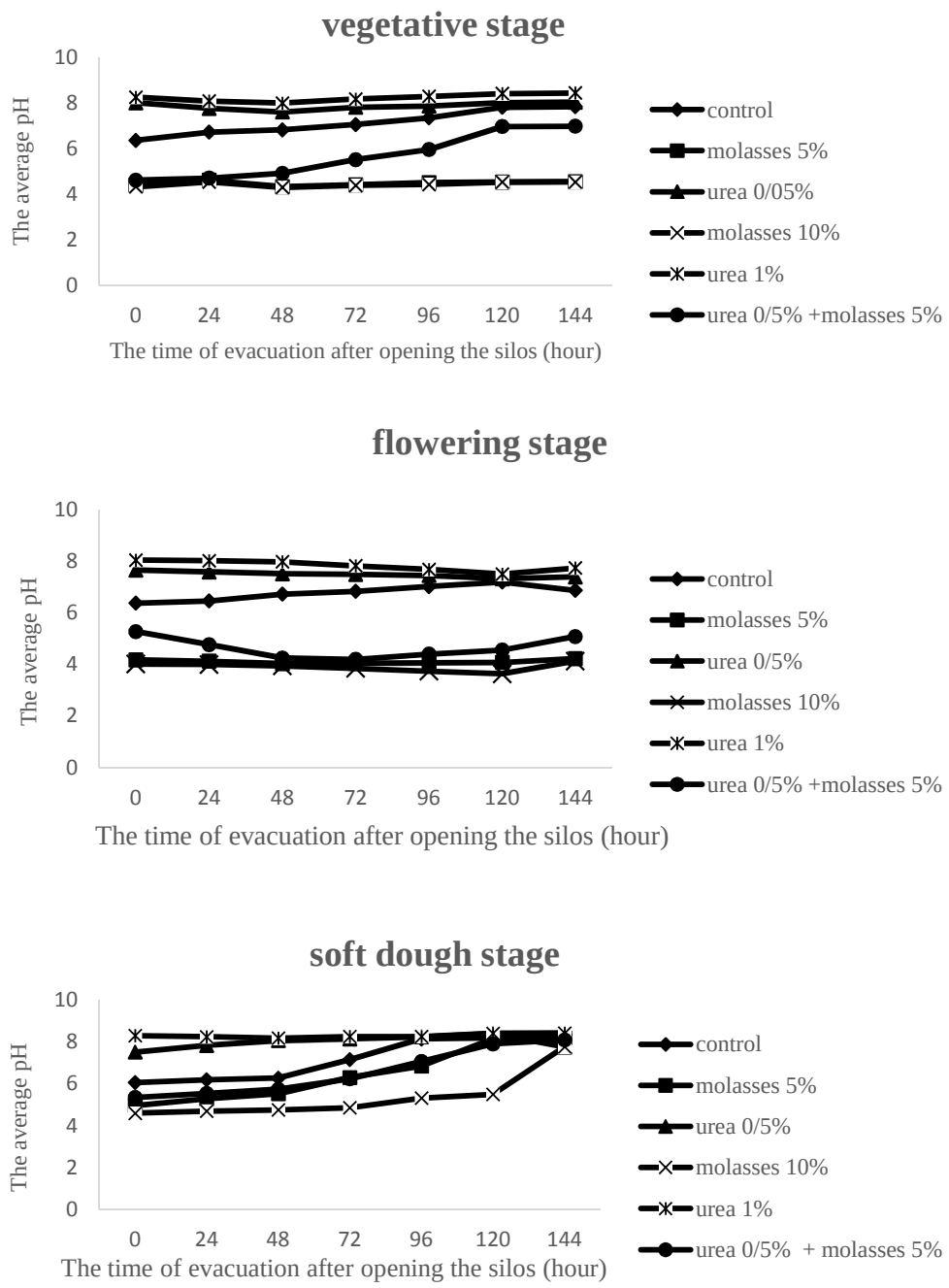

Fig. 2. The changes in silage pH up to 144 hours after opening the silos

شکل ۲- تغییرات pH سیلاژ تا ۱۴۴ ساعت پس از باز کردن سیلوها

فهرست منابع

ابرسجی ق.، شاهی ق. و پاسندی م. ۱۳۸۷. تعیین کیفیت علوفه *Hedysarum coronarium* در مراحل مختلف فنولوژی. پژوهش و سازندگی، ۷۸: ۵۵- ۵۱.

اربابی س. و قورچی ت. ۱۳۸۸. اثر سطوح مختلف ملاس بر ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی سیلاژ ارزن دم روباهی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۲: ۱۰۸- ۹۹.

دلاور م. و دانش‌مسگران م. ۱۳۸۰. تعیین مولفه‌های شیمیایی، گوارشی (شکمبه‌ای و روده‌ای) سیلاژ یونجه عمل‌آوری شده با اوره و اسید سولفوریک و تأثیر آن بر تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده. نشریه علمی-پژوهشی علوم و صنایع کشاورزی، ۲: ۲۳۱- ۲۱۹.

روغنی حقیقی فرد ا. و ضمیری، م. ج. ۱۳۸۰. اثر سطوح مختلف اوره بر ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی سیلاژ ذرت در تغذیه گوسفند. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۳: ۱۷۸- ۱۶۸.

شماع م.، ساعدی ه.، نیک‌پور تهرانی ک. و مروارید ع. ا. ۱۳۷۱. غذاهای دام و طیور و روش‌های نگهداری آن‌ها (اصول تغذیه دام و طیور)، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۵۴ صفحه.

شهبازیان ن. ۱۳۸۳. گیاهان علوفه‌ای تیره بقولات. انتشارات کارنو. ۱۶۰ صفحه.

علیخانی م.، اسدی الموتی ع.، قربانی غ. و صادقی ن. ۱۳۸۴. اثر ملاس، اوره و تلقیح باکتریایی بر ترکیب شیمیایی و تجزیه-پذیری ماده خشک آفتابگردان سیلو شده. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۳: ۱۸۲- ۱۷۱.

فیض‌بخش م. ح. ۱۳۸۹. ارزیابی مقدماتی گیاهان علوفه‌ای جدید در استان گلستان. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان. ۶۰ صفحه

قورچی ت. ۱۳۸۷. اثر افزودنی‌های مختلف و سطوح آن‌ها بر کیفیت سیلاژ آزولا و قصیل جو. گزارش طرح پژوهشی. ۸۳ صفحه.

قورچی ت. قنبری ف. و ابراهیمی ط. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر افزودنی‌های مختلف بر پایداری هوازی، ترکیب شیمیایی و میکروب‌های سیلاژ ذرت. پژوهش‌های علوم دامی ایران، ۴: ۳۴۴- ۳۳۵.

کاویان ع. و پاسندی م. ۱۳۹۵. خصوصیات تخمیر و ارزش غذایی خردل علوفه‌ای سیلو شده با و بدون ملاس. علوم دامی (پژوهش و سازندگی)، ۱۱۲: ۶۴-۵۷.

محمدزاده ح. ۱۳۹۰. اثر افزودنی میکروبی بر خصوصیات تخمیر، ارزش مواد مغذی و پایداری هوازی ذرت های سیلو شده و عملکرد حیوان. پایان‌نامه دکترا علوم‌دامی، دانشگاه اصفهان.

منصوری ه.، نیکخواه ع.، رضائیان م.، مرادی م. و میرهادی ا. ۱۳۸۲. تعیین میزان تجزیه‌پذیری علوفه با استفاده از فن تولید گاز و کیسه‌های نایلونی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲: ۵۰۷- ۴۹۵.

ولی‌زاده ر.، ناصریان ع. ع.، اژدری‌فرد ا. و صادقی ا. ۱۳۸۲. بیوشیمی سیلاژ. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی. ۴۱۶ صفحه.

هدایتی‌پور ا.، خوروش م.، قربانی غ.، المدرس ع. و عبادی م. ر. ۱۳۹۱. مقایسه خصوصیات شیمیایی و تجزیه‌پذیری انواع علوفه و سیلاژ سورگوم با ذرت در شرایط آزمایشگاهی و روش کیسه‌های نایلونی. پژوهش‌های علوم دامی ایران، ۳: ۲۳۲- ۲۲۴.

Abdulrazak S. A., Fujihara T., Ondiek J. K and Ørskov E. R. 2005. Nutritive evaluation of some Acacia tree leaves from Kenya. Animal Feed Science and Technology, 85: 89-98.

Adesogan A. T. 2002. A critical evaluation of selected nutritive value methods. In Proceeding 13th annual Florida Ruminant Nutrition Symposium.

AOAC International. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th edn. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.

Ayres L. and Clements B. 2002. Forage brassicas- quality crops for livestock production. Field Crops Research, 20: 124- 135.

Balakhial A., Naserian A., Heravi Moussavi A., Eftekhar Shahrodi F. and ValiZadeh M. 2008. Changes in chemical composition and *in vitro* dm digestability of urea and molasses treated whole crop canola silage. Journal of Animal and Veterinary Advances, 7(9): 1042-1044.

Baytak E. and Aksu T. 2005. The effects of Formic acid, Molasses and Inoculants as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. Journal of Veterinary Animal Science, 29: 469-474.

Colombini S., Galassi G., Crovetto G. M. and Rapetti L. 2009. Sorghum forage as an alternative to corn silage in dairy cows feeding. Journal of Dairy Science. 92: E-Suppl.1.

Demiral M., Bolat D., Celik S., Bakici Y. and Celik S. 2006. Quality of silaages from sunflower harvested at different vegetational stages. Journal of Animal Research, 30: 161-165.

Forouzmand M. A., Ghorbani G. R., and Alikhani M. 2005. Influence of hybrid and maturity on the nutritional value of corn silage for lactating dairy cows 1: Intake, milk production and component yield. Pakistan Journal of Nutrition, 4 (6): 435- 441.

Gurbuz Y. 2006. Determination of nutritive value of leaves of several Vitis vinifera varieties as a sourse of alternative feedstuff for sheep using in vitro and in situ measurement. Small Ruminant Research, 71: 59-66.

Hoffman P. C., Sievert S. J., Shaver R. D., Welch D. A. and Combs D. K. 1993. In Situ Dry Matter, Protein and Fiber Degradation of Perennial Forages. Journal of Dairy Science, 76: 2632-2643.

Kadoshnikov S. I., Martirosian D. M., Kadoshnikova A. G. and Chernov I. A. 2001. A study on the silage use of plain and combined amaranth in ontogenesis. The official newsletter of the amaranth institute. XIV.

Kemton T. J. 1980. The use of nylon bag to characterize the potential degredability of feeds for ruminanats. Journal of Tropical Animal Production, 5: 107-116.

Keskun B. and Yilmaz U. H. 2005. Effects of Urea or urea plus molasses supplementation to silages with different sorghum varieties harvested at the milk stage on the quality and In vitro dry matter digestibility of silages. Journal of Veterinary and Animal Science, 29: 1143-1147.

Klapp E. 1967. Lehrbuch des Acker-und pflanzenbaues, verlag papulparey, Berlin and Hamburg 604 seiten, seite 2H. 222: 465-582.

Kung L. J. R. 1997. A review on silage additive and enzymes.Department animal and food sciences. University of Delaware Newark. DE 19717 – 1303.

Lima R., Lourenco M., Diaz R. F., Castro A. and Fievez V. 2010. Effect of combined ensiling of sorghum and soybean with or without molasses and lactobacilli on silage quality and invitro rumen fermentation. Journal of Animal Feed Science and Technology, 155: 122-131.

Muck R. E. and Holmes B. J. 1999. Factors affecting bunker silo densities. Pages 278–279 in Proceedings of The XII th International Silage Conference, Uppsala, Sweden.

NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervide, and New World Camelids. National Academy of Science. Washington, DC.

Orskov E. R. and McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the passage rate. Journal Agricultural Science, 92: 499-503.

Orskov E. R., Deb hovel F. D. and Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evolution of feed stuffs. Journal of Tropical Animal Production, 5: 195-213.

SAS. 2003. SAS User's Guide Statistics. Version 9.1.3 Edition. SAS Inst., Inc., Cary NC.

Selim A. S. M., Pan J., Takano T., Suzuki T., Koike S., Kobayashi Y. and Tanaka K. 2004. Effect of ammonia treatment on physical strength of rice straw, distribution of straw particles and particle-associated bacteria in sheep rumen. Journal of Animal Feed Science and Technology, 115: 117-128.

Southworth J. E., Gilman K. M., Raeside A. J., Wilkinson R. G., Sinclair L. A., Sileshi Z., Owen E., Dhanoa M. S. and Theodorou M. K. 1996. Prediction of *in situ* rumen dry matter disappearance of Ethiopian forages from an *in vitro* gas production using a pressure transducer, chemical analysesor *in vitro* digestibility. Journal of Animal Feed Science and Technology, 61: 73-87.

Stern M. D., Bach A. and Calsamiglia S. 2001. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. Journal of Animal Science, 75: 2256-2276.

Sundstol F. and Coxworth E. M. 1984. Ammonia treatment straw and other fibrous by-products as feed. Elsevier Amsterdam, 196-247.

Thenney M. L., Duhaime D. J., Jenkin S. and Rupple C. A. 1980. Microbial and chemical additives in alfalfa-timothy silage. Journal of Dairy Science, 63: 587-593.

Tobia C., Villalobos E., Rojas A., Soto H. and Moore K. J. 2008. Nutritional value of soybean (*Glycine max* L. Merr.) silage fermented with molasses and inoculated with *Lactobacillus brevis* Livestock Research for Rural Development, 20 (7): 106.

Umana R., staples C. R., Bates D. B., Wilcox C. J. and Mahanna W. C. 1991. Effects of microbial inoculant and (or) sugarcane molasses on the fermentation and aerobic stability and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. Journal of Animal Science, 69: 4588-4601.

Van Hatalo A., Aronen I. and Varvikko T. 1995. Intestinal nitrogen digestibility of heat-moisture treated means as assessed by the mobile bag method in cows. Journal of Animal Feed Science and Technology, 55: 139-152.

Yan T. and Agnew R. E. 2001. Prediction of nutritive values in grass silages II Degradability of nitrogen and dry matter using digestibility, chemical composition, and fermentation data. Journal of Animal Science, 82: 1381-1391.

Animal Production Research

Vol. 6, No. 4, 2017 (39-54)

University of Guilan

Effect of different additives on dry matter degradability of mustard forage (*Brassica juncea)* silage at different phenological stages

N. Ghahari[1*], T. Ghoorchi[2], M. Shahi[1], M. T. Feyzbakhsh[3]

1. MSc. Student of Animal and Poultry Nutrition of Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Professor of Animal and Poultry Nutrition of Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

(Received: 20-02-2017 – Accepted: 02-02-2018)

Abstract

The aims of the current study were to investigate the *in vitro* dry matter degradation of mustard (*Brassica juncea*) forage in various stages of growth, and the impact of molasses and urea on the quality of its silage. In the first trial, chemical composition including dry matter and crude protein in three phenological development stages (vegetative, flowering and soft dough) was measured. Then 1.5 kg of fresh mustard forage were chopped and mixed with molasses and urea and ensiled in the laboratory silos. Different treatments were applied, including control (no additive), 5 or 10% molasses, 0.5 or 1% urea, and 0.5% urea plus 5% molasses. The silages were kept for 45 days at room temperature. Then dry matter of silages was determined, silages appearance, pH and temperature were evaluated. In the second trial, the dry matter degradability of plant and mustard (*Brassica juncea*) silage were measured by nylon bag method. Advancing plant development and maturity stages significantly ($P< 0.05$) increased dry matter and decreased crude protein contents. Evaluation of the appearance revealed that the silages, with different levels of molasses, established good and very good qualities. During the ensiling, dry matter was decreased significantly ($P< 0.05$) and the silages with molasses additive had significantly higher dry matter than the others ($P< 0.05$). Silage pH was decreased ($P<0.05$) by adding molasses, and increased by urea. Aerobic stability of silages in vegetative and flowering stages was significantly higher than the soft dough stage ($P<0.05$). In all plant developmental phases, the highest percentage of dry matter disappearance, the rapid decomposition, the potential degradability and effective degradability were belonging to silage treated with molasses and the highest part of slow degradability was belonging to the silage without additive.

Keywords: Urea, Degradability, *Brasica juncea*, Silage, Molasses

[*]Corresponding author: Nargesghahari@gmail.com