



Nutritive value of Napier grass at different growth stages

Leila Taherabadi¹  | Farokh Kafilzadeh² 

1. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Razi, Kermanshah, Iran. E-mail: l.taherabadi@razi.ac.ir
2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Razi, Kermanshah, Iran. E-mail: kafilzadeh@razi.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: October 21, 2022

Received in revised form:

March 05, 2023

Accepted: March 06, 2023

Published online: April 14, 2023

Keywords:

Digestibility,

Fermentation kinetics,

Leaf,

Napier grass,

Stem.

ABSTRACT

The present study was conducted in order to determine the nutritive value of Napier grass at different growth stages as a new forage source in Iran. For this purpose, Napier grass was harvested in three stages of vegetative growth (65, 85 and 115 days after planting, respectively). Chemical composition, digestibility, rumen fermentation kinetics, yield and some morphological traits were investigated. At the end of the growth period, dry matter (DM) yield and height of Napier grass was 26.8 tons per hectare and 257 cm, respectively. With increasing age of the plant, crude protein decreased and lignin of cell wall increased ($P < 0.05$) and their values in the final stage of growth were 88 and 63 g/kg of dry matter, respectively. Changes in chemical compositions during growth stages were more pronounced in the stem than in the leaf. During the growth period, the decrease in the digestibility of leaf and stem led to a decrease in dry matter and organic matter digestibility of Napier grass from 782 to 649 and from 814 to 747 g/kg DM, respectively ($P < 0.05$). The amount of gas production potential decreased with increasing plant age ($P < 0.05$). Fermentation rate of gas production and lag time were similar in plant harvested at the three stages of growth. Based on the results, Napier grass due to the high production of digestible organic matter per hectare and high nutritive value can be considered as a valuable source of forage in the country.

Cite this article: Taherabadi, L., & Kafilzadeh, F. (2023). Nutritive value of Napier grass at different growth stages. *Journal of Animal Production*, 25 (1), 83-91. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2023.350164.623711>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2023.350164.623711>

Publisher: University of Tehran Press.



ارزش غذایی علف نیپر در مراحل مختلف رشد

لیلا طاهرآبادی^۱ | فرخ کفیلزاده^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: l.taherabadi@razi.ac.ir

۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: kafilzadeh@razi.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۵

کلیدواژه‌ها:

برگ،

ساقه،

علف نیپر،

قابلیت هضم،

کینتیک تخمیر

مطالعه حاضر به منظور تعیین ارزش غذایی در مراحل مختلف رشد و عملکرد تولید علف نیپر به عنوان یک منبع علوفه‌ای جدید در کشور انجام شد. بدین منظور علف نیپر کشت شده در سه مرحله از رشد رویشی (به ترتیب ۶۵، ۸۵ و ۱۱۵ روز پس از کاشت) برداشت شد. ترکیبات شیمیایی، قابلیت هضم، کینتیک تخمیر و برخی از صفات مورفولوژیکی این گیاه به همراه عملکرد تولید در مرحله نهایی رشد بررسی شد. در پایان دوره رشد، عملکرد ماده خشک ۲۶/۸ تن در هکتار و ارتفاع گیاه ۲۵۷ سانتی‌متر بود. با افزایش سن گیاه، پروتئین خام کاهش و لیگنین در دیواره سلولی افزایش یافت ($P < 0.05$) و مقادیر آن‌ها در مرحله پایانی رشد به ترتیب ۸۸ و ۶۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. تغییرات ترکیبات شیمیایی در طول رشد در ساقه بیش‌تر از برگ مشاهده شد. در طول دوره رشد کاهش قابلیت هضم برگ و ساقه منجر به کاهش قابلیت ماده خشک و ماده آلی علف نیپر به ترتیب از ۷۸۲ به ۶۴۹ و از ۸۱۴ به ۷۴۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک شد ($P < 0.05$). میزان پتانسیل گاز تولیدی با افزایش سن گیاه کاهش داشت ($P < 0.05$). مراحل رشد تأثیری بر نرخ تخمیر تولید گاز و فاز تأخیر نداشت و بین سه مرحله رشد رویشی مورد مطالعه مقادیر آن‌ها مشابه بود. براساس نتایج حاصل، علف نیپر با توجه به تولید بالای ماده آلی قابل هضم در هکتار و ارزش غذایی مناسب می‌تواند به عنوان یک منبع علوفه‌ای مطلوب در کشور استفاده شود.

استناد: طاهرآبادی، ل. و کفیلزاده، ف (۱۴۰۲). ارزش غذایی علف نیپر در مراحل مختلف رشد. نشریه تولیدات دامی، ۲۵ (۱)، ۸۳-۹۱.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2023.350164.623711>



۱. مقدمه

توسعه صنعت دامپروری کشور نیازمند تأمین علوفه به‌عنوان عمده‌ترین بخش از خوراک دام می‌باشد. وجود تنوع در منابع علوفه‌ای در دسترس و شناخت ظرفیت‌های تولید علوفه از منابع جدید می‌تواند امکان استفاده مؤثرتری از آن‌ها را به‌وجود آورد.

علف نیپر با نام علمی *Pennisetum purpureum* L. از خانواده *Poaceae* و بومی آفریقای جنوبی است. این گیاه با نام علف فیل نیز شناخته شده است [۲۵]. علف نیپر دارای ارتفاع بیش از دو متر و برگ‌هایی با عرض یک تا پنج سانتی‌متر است. این گیاه چندساله، علوفه‌ای محبوب در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و کشت آن از طریق بذر، قلمه و ریزوم صورت می‌گیرد. برخی از ویژگی‌های مثبت آن شامل رشد در خاک‌های فقیر، مقاومت به کم‌آبی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها است [۱۶ و ۱۷]. تحت شرایط اقلیمی مناسب عملکرد سالانه آن به‌دلیل پتانسیل بالای رشد دوباره این گیاه قابل‌توجه می‌باشد [۹]. عملکرد تولید علف نیپر در شرایط محیطی و مدیریتی مختلف بین ۲۷/۱ تا ۹۰/۲ تن در هکتار در کشورهای مختلف گزارش شده است [۱۶].

علف نیپر علاوه بر سرعت رشد و عملکرد تولیدی بالا از ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم مطلوبی برخوردار است. این گیاه به‌طور عمده دارای ۵۵ تا ۷۰ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ۲۸ تا ۴۴ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، پنج تا ۱۰ درصد لیگنین و ۷/۵ تا ۱۵/۷ درصد پروتئین خام در ماده خشک است. قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی آن ۶۰ تا ۷۰ درصد گزارش شده است [۱۶ و ۲۵].

ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم مطلوب این علوفه سبب شده که به‌صورت سبز، خشک و سیلوشده در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از این گیاه در تغذیه ماهی نیز گزارش شده است. کاربردهای دیگر علف نیپر علاوه بر تغذیه دام و آبزیان شامل تولید اتانول، بیوگاز یا آلاینده فلزات سنگین خاک مانند کادمیوم می‌باشد [۷، ۹ و ۱۶].

کیفیت و قابلیت هضم علف نیپر مشابه سایر گیاهان متأثر از فاکتورهای محیطی، خصوصیات مورفولوژیکی و بلوغ گیاه است. با وجود گستردگی استفاده از علف نیپر در بسیاری از کشورها، هیچ مطالعه‌ای در خصوص بررسی پتانسیل رشد و ارزش غذایی این گیاه در ایران صورت نگرفته است. بنابراین، این مطالعه با هدف تعیین ارزش غذایی علف نیپر در مراحل مختلف رشد و پتانسیل عملکرد تولید آن صورت گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی خصوصیات کمی و کیفی علف نیپر به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای جدید برای نخستین بار در کشور انجام شد. بدین منظور، بذر علف نیپر در ۲۰ خردادماه ۱۳۹۸ در زمینی به مساحت ۸۰۰ مترمربع (۲۰ متر×۴۰ متر) به‌میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌وسیله بذرپاش دستی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کشت شد. بخشی از زمین (۲۰ متر×۱۶/۵ متر) به مطالعه حاضر اختصاص یافت و بلوک‌بندی شد. قبل از کاشت عملیات تسطیح و آماده‌سازی زمین صورت گرفت. آبیاری پس از سبز شدن گیاه هر هفته یک‌بار به‌روش بارانی صورت گرفت.

علف نیپر در سه مرحله از رشد رویشی شامل ۶۵، ۸۵ و ۱۱۵ روز (پایان مرحله رویشی) پس از کاشت مورد مطالعه گرفت. براساس شاخص BBCH که جهت توصیف مراحل رشد محصولات زراعی استفاده می‌شود [۱۰] علف نیپر در مرحله افزایش طول ساقه به‌ترتیب با BBCH= ۳۳، BBCH= ۳۵ و BBCH= ۳۹ مورد مطالعه گرفت.

در هر یک از مراحل رشد، جهت تعیین خصوصیات کل گیاه نمونه‌برداری از سه قسمت مختلف زمین (بلوک) و هریک در ابعاد دو مترمربع و از ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری سطح زمین با دست انجام شد. اندازه‌گیری خصوصیات برگ و

ساقه در هر یک از مراحل رشد مشابه کل گیاه با استفاده از سه تکرار دیگر صورت گرفت. اندازه‌گیری صفات گیاه شامل ارتفاع، قطر و تعداد برگ در هریک از زمان‌های برداشت نیز انجام شد.

ماده خشک در آن دارای جریان هوا در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خشک‌شده، با آسیاب دارای الک یک میلی‌متری آسیاب گردید و سپس اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی شامل لیاف نامحلول در شوینده خنثی، لیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین [۲۳]، پروتئین خام و ماده آلی [۱] انجام شد. جهت انجام آزمایش‌های قابلیت هضم و کیتیک تخمیر، تهیه شیرابه شکمبه مورد نیاز از گوسفندهای نر فیستوله‌گذاری شده قبل از خوارک‌دهی وعده صبح صورت گرفت و در این آزمایشات از بافر مک‌دوگال [۱۴] استفاده شد. قابلیت هضم نمونه‌ها به روش برون‌تنی شامل دو مرحله هضم بی‌هوازی و مرحله هضم پپسین اسیدی صورت گرفت [۲۲]. انرژی قابل متابولیسم از طریق قابلیت هضم از طریق رابطه (۱) برآورد شد [۱۵].

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 0.157 \text{ DOMD} + 0.059 \text{ CP} - 1.073 \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه ME، انرژی قابل متابولیسم؛ DOMD، درصد ماده آلی قابل هضم در ماده خشک و CP، درصد پروتئین خام است.

برای تعیین کیتیک تخمیر [۲۱] گاز تولیدی ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک از نمونه‌ها که در ویال‌های ۱۰۰ سی‌سی حاوی ۳۰ سی‌سی محلول مایع شکمبه بافری شده و در انکوباتور شیکردار با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند در زمان‌های صفر، دو، چهار، هشت، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت پس از انکوباسیون با استفاده از دستگاه فشارسنج اندازه‌گیری شد. داده‌های تولید گاز تجمعی (سه تکرار و سه سری) با استفاده از رابطه غیرخطی (۲) پردازش شد [۱۲].

$$P = b(1 - e^{-c(t-L)}) \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این رابطه، P، گاز تجمعی تولیدی (میلی‌لیتر)؛ b، پتانسیل گاز تولیدی (میلی‌لیتر)؛ c، ثابت نرخ تولید گاز (h^{-1})؛ t، زمان (ساعت)؛ L، فاز تأخیر (ساعت) است.

میانگین داده‌های عملکرد به همراه صفات گیاه و انحراف استاندارد آن‌ها با استفاده از رویه MEANS نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) تعیین شد. داده‌های ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم برای رابطه (۳) و کیتیک تخمیر برای رابطه (۴) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS رویه GLM و تجزیه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + e_{ij} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + e_{ij} + se_{ijk} \quad (\text{رابطه ۴})$$

در این رابطه‌ها، Y_{ij} و Y_{ijk} ، مشاهده مربوط به صفت (متغیر وابسته)؛ μ ، میانگین کل؛ T_i ، اثر آمین تیمار؛ R_j ، اثر ز امین بلوک؛ e_{ij} ، اثر خطای آزمایشی و se_{ijk} ، اثر خطای نمونه‌برداری است.

۳. نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد تولید و رشد علف نیپر در جدول (۱) نشان شده است. عملکرد ماده خشک تولیدی در مرحله پایانی رشد ۲۶/۸ تن در هکتار بود که با افزایش ارتفاع و قطر گیاه همراه بود. در طول دوره رشد کاهش نسبت ماده خشک برگ به ساقه از ۱/۷۵ به ۰/۶۹ مشاهده شد. در خصوص عملکرد تولید علف نیپر در ایران هیچ‌گونه مطالعه‌ای در دست نیست. با این حال، مطالعات در سایر کشورها عملکرد ماده خشک سالانه علف نیپر را ۲۵/۳ تا ۶۵/۹ تن در هکتار گزارش کرده‌اند [۳ و ۷]. تفاوت در این نتایج مربوط به شرایط محیطی و مدیریتی است. به طوری که، این

عوامل بیشترین تأثیر را بر عملکرد ماده خشک دارند [۱۶]. تغییرات عملکرد گیاه به دنبال توزیع ماده خشک بین برگ و ساقه نشان می‌دهد که با افزایش سن گیاه مواد فتوسنتزی بیش‌تری به ساقه اختصاص داده می‌شود. این پدیده می‌تواند به دلیل نیاز به افزایش استحکام بخش هوایی به همراه افزایش ارتفاع گیاه باشد. به طوری که، در مراحل اولیه رشد با مقادیر کم‌تر ماده خشک سهم بیش‌تری به برگ اختصاص می‌یابد [۵].

افزایش ماده آلی علف نیپر در مطالعه حاضر با تغییرات آن طی مراحل رشد همراه بود ($P < 0.05$; جدول ۲). افزایش میزان ساقه و ماده آلی آن می‌تواند نشان‌دهنده انتقال و ذخیره بیش‌تر مواد آلی فتوسنتز شده از برگ به ساقه باشد [۵]. محتوای خاکستر نشان‌دهنده مواد معدنی موجود در نمونه است. همسو با نتایج این مطالعه، عدم روند ثابت در تغییرات میزان خاکستر علف نیپر در مراحل مختلف رشد مشاهده شده است [۱۱]. در واقع، احتمال می‌رود این افزایش میزان خاکستر علف نیپر در برخی از مراحل رشد که با کاهش ماده آلی گیاه همراه است به دلیل مکانیسم‌های دفاعی موجود در گیاهان متعلق به خانواده *Poaceae* صورت گیرد [۱۱].

با افزایش سن گیاه کاهش معنی‌دار پروتئین خام علف نیپر از ۱۲۶ گرم در کیلو گرم ماده خشک در اولین مرحله نمونه‌برداری به ۸۸ گرم در کیلوگرم ماده خشک در مرحله پایانی رویشی مشاهده شد ($P < 0.05$). میزان پروتئین خام برگ در تمام مراحل رویشی بیش‌تر از ساقه بود و این تفاوت با پیشرفت رشد گیاه بیش‌تر شد و در مرحله پایانی رشد رویشی میزان پروتئین برگ ۸۰ درصد بیش‌تر از ساقه بود. مطالعات مختلف غلظت پروتئین خام علف نیپر را ۴/۴ تا ۲۰ درصد در ماده خشک گزارش کرده‌اند [۱۸]. کاهش میزان پروتئین خام علف نیپر با افزایش سن گیاه و دیواره سلولی گزارش شده است [۱۹]. بلوغ گیاه مهم‌ترین عامل اثرگذار بر تغییرات ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی علوفه است. برخی از عوامل مانند شرایط آب‌وهوا، فصل، نوع خاک و حاصل‌خیزی آن، رطوبت خاک، نسبت ساقه به برگ، خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بر سرعت این تغییرات با پیشرفت مراحل رشد گیاه مؤثر هستند [۶]. در واقع، کاهش پروتئین خام با افزایش سن گیاه را می‌توان به‌طور عمده به رقیق شدن میزان پروتئین خام در منابع علوفه‌ای با تجمع سریع اجزای دیواره سلولی در مراحل بعدی رشد نسبت داد [۲۴].

اجزای الیاف دیواره سلولی علف نیپر عدم افزایش معنی‌دار میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و شوینده اسیدی علف نیپر را با افزایش سن نشان داد (جدول ۳) که این نتایج همسو با نتایج مطالعه دیگر بود [۱۹]. مشابه نتایج سایر مطالعات در خصوص افزایش لیگنین گیاهان با افزایش سن، میزان لیگنین علف نیپر در طول دوره رشد در این مطالعه نیز افزایش نشان داد ($P < 0.05$) [۲۰]. در واقع، تغییرات ترکیبات شیمیایی گیاه در طول دوره رشد متأثر از نسبت ساقه به برگ و ترکیبات شیمیایی این اجزا می‌باشد و شرایط محیطی و مدیریتی می‌تواند بر میزان تغییرات ترکیبات شیمیایی در گیاه مؤثر باشد.

جدول ۱. عملکرد و صفات مورفولوژیکی علف نیپر در مراحل مختلف رشد (میانگین \pm انحراف استاندارد)

روزهای پس از کاشت ^۱	عملکرد (تن در هکتار)		درصد از کل تولید (برحسب ماده خشک)		نسبت برگ به ساقه (برحسب ماده خشک)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد برگ (سانتی‌متر)	قطر (سانتی‌متر)
	ماده خشک	تر	برگ	ساقه				
۶۵	-	-	۶۳/۰ \pm ۰/۵۹	۳۶/۲ \pm ۲/۳۳	۱/۷۵ \pm ۰/۲۱	۱۱۲/۹ \pm ۵/۹۵	۹/۳ \pm ۰/۵۷	۱/۲ \pm ۰/۰۵
۸۵	-	-	۵۲/۰ \pm ۵/۹۹	۴۶/۹ \pm ۵/۴۶	۱/۱۳ \pm ۰/۳۷	۱۶۱/۴ \pm ۱۱/۷۳	۱۲/۶ \pm ۰/۵۷	۱/۹ \pm ۰/۲۸
۱۱۵	۱۳۷/۰ \pm ۷/۵۸	۲۶/۸ \pm ۲/۱۴	۴۰/۴ \pm ۱/۴۵	۵۸/۵ \pm ۳/۱۲	۰/۶۹ \pm ۰/۰۶	۲۵۷/۰ \pm ۱۶/۱۳	۱۵/۰ \pm ۱/۷۳	۲/۳ \pm ۰/۳۲

۱. ۶۵، ۸۵ و ۱۱۵ روز پس از کاشت: مرحله افزایش طول ساقه و به ترتیب دارای ۳۳، BBCH= ۳۵ و BBCH= ۳۹ (توصیف مراحل رشد براساس شاخص BBCH به روش توصیه شده [۱۰]).

جدول ۲. ماده آلی و پروتئین خام علف نیپر در مراحل مختلف رشد (گرم در کیلوگرم ماده خشک)

روزهای پس از کاشت ^۱	ماده آلی			پروتئین خام		
	کل	برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه
۶۵	۸۶۹ ^b	۸۷۸	۸۵۴ ^b	۱۲۶ ^a	۱۴۱	۹۸
۸۵	۸۶۰ ^c	۸۷۲	۸۴۸ ^b	۱۱۷ ^a	۱۳۲	۹۰
۱۱۵	۸۷۹ ^a	۸۷۷	۸۸۰ ^a	۸۸ ^b	۱۱۴	۶۳
SEM	۱/۸۹	۴/۰۱	۲/۱۲	۳/۴۰	۷/۷۰	۵/۹۰
P-value	۰/۰۰۵	۰/۶۱۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۴۱	۰/۰۲۷

a-c: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

۱. ۶۵، ۸۵ و ۱۱۵ روز پس از کاشت: مرحله افزایش طول ساقه و به‌ترتیب دارای $BBCH=33$ ، $BBCH=35$ و $BBCH=39$ (توصیف مراحل رشد براساس شاخص BBCH به روش توصیه شده [۱۰]).

قابلیت هضم علوفه و سایر مواد خوراکی یکی از فاکتورهای مهم تعیین‌کننده کیفیت آن در تغذیه دام است. میزان ترکیبات شیمیایی و نسبت اجزای گیاه (برگ به ساقه) می‌تواند بر قابلیت هضم و در نتیجه مصرف آن مؤثر باشد. در طول دوره رشد قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی علف نیپر کاهش یافت ($P < 0.05$; جدول ۴). این تغییرات با کاهش معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک ساقه و برگ مشاهده شد و شدت این کاهش در ساقه بیش‌تر از برگ بود. این تغییرات در مرحله پایانی رشد رویشی با تولید حدود ۱۸ تن ماده آلی قابل هضم در هکتار همراه بود. میزان قابلیت هضم مطلوب علوفه جهت تغذیه دام در آزمایش‌های برون‌تنی ۵۰ تا ۸۰ درصد گزارش شده است [۲۲] که در این مطالعه قابلیت هضم علف نیپر در هر سه مرحله رویشی مورد مطالعه در این دامنه قرار داشت. نتایج سایر مطالعات قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک علف نیپر را ۶۰ تا ۷۰ درصد نشان داده‌اند [۲۵]. در مطالعه حاضر با پیشرفت رشد رویشی، افزایش میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی، شوینده اسیدی و لیگنین گیاه به‌ویژه در ساقه مشاهده شد که این تغییرات با افزایش نسبت ساقه به برگ نیز همراه بود. گزارش شده است که کاهش قابلیت هضم با افزایش سن گیاه با افزایش اجزای دیواره سلولی همراه است [۱۹] و در مطالعه حاضر میزان لیگنین افزایشی معادل ۵۰ درصد را از زمان ۶۵ روز پس از کاشت تا ۱۱۵ روز پس از کاشت نشان داد.

جدول ۳. اجزای دیواره سلولی علف نیپر در مراحل مختلف رشد (گرم در کیلوگرم ماده خشک)

روزهای پس از کاشت ^۱	الیاف نامحلول در شوینده خنثی			الیاف نامحلول در شوینده اسیدی			لیگنین کل
	کل	برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	
۶۵	۶۴۳	۶۶۰	۶۳۴ ^b	۳۵۶	۳۵۵	۳۵۰ ^c	۴۱ ^b
۸۵	۶۴۹	۶۷۷	۶۳۳ ^b	۳۵۸	۳۴۲	۳۹۹ ^a	۵۱ ^{ab}
۱۱۵	۶۶۱	۶۶۵	۶۷۱ ^a	۳۷۷	۳۵۴	۳۸۳ ^{ab}	۶۳ ^a
SEM	۷/۶۲	۶/۶۶	۷/۴۷	۱۰/۸۵	۶/۸۷	۴/۱۵	۳/۱۱
P-value	۰/۳۱۷	۰/۰۶۳	۰/۰۳۵	۰/۴۰۹	۰/۵۱۳	۰/۰۰۲	۰/۰۲۰

a-c: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

۱. ۶۵، ۸۵ و ۱۱۵ روز پس از کاشت: مرحله افزایش طول ساقه و به‌ترتیب دارای $BBCH=33$ ، $BBCH=35$ و $BBCH=39$ (توصیف مراحل رشد براساس شاخص BBCH به روش توصیه شده [۱۰]).

جدول ۴. ضرایب قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم علف نیپر در مراحل مختلف رشد

روزهای پس از کاشت ^۱	قابلیت هضم ماده خشک			قابلیت هضم ماده آلی			ماده آلی قابل هضم در ماده خشک			انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)
	کل	برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	
۶۵	۷۸۳ ^a	۷۷۳ ^a	۷۹۸ ^a	۸۱۴ ^a	۸۰۱	۸۶۹ ^a	۷۰۸ ^a	۷۰۸ ^a	۷۰۸ ^a	۱۰/۸ ^a
۸۵	۷۲۸ ^b	۷۳۶ ^a	۷۰۸ ^b	۷۷۹ ^b	۷۸۱	۷۹۳ ^{ab}	۶۷۰ ^b	۶۷۰ ^b	۶۷۰ ^b	۱۰/۱ ^b
۱۱۵	۶۴۹ ^c	۶۸۲ ^b	۶۶۱ ^b	۷۴۷ ^b	۷۷۳	۷۲۳ ^b	۶۵۷ ^b	۶۵۷ ^b	۶۵۷ ^b	۹/۷ ^b
SEM	۱۳/۵۲	۱۳/۹۵	۱۶/۰۳	۹/۰۴	۲۲/۳۲	۱۹/۸۹	۸/۷۴	۸/۷۴	۸/۷۴	۰/۱۵
P-value	۰/۰۰۵	۰/۰۲۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱۵	۰/۰۶۷۳	۰/۰۱۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۱

a-c: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

۱ ۶۵، ۸۵ و ۱۱۵ روز پس از کاشت: مرحله افزایش طول ساقه و به‌ترتیب دارای BBCH= ۳۳، BBCH= ۳۵ و BBCH= ۳۹ (توصیف مراحل رشد براساس شاخص BBCH به روش توصیه شده [۱۰]).

تولید گاز تجمعی علف نیپر در تمام مراحل رشد با ادامه زمان انکوباسیون افزایش داشت (جدول ۵). میزان پتانسیل گاز تولیدی (b) با افزایش سن گیاه کاهش داشت ($P < 0.05$; جدول ۶). بین سه مرحله رویشی مورد مطالعه در علوفه برداشت‌شده تفاوت معنی‌داری در ضریب c یا نرخ تخمیر و فاز تأخیر مشاهده نشد. کاهش پتانسیل گاز تولیدی و کاهش قابلیت هضم ماده آلی با پیشرفت رشد رویشی منجر به کاهش ۱۱ درصدی در انرژی قابل متابولیسم برآورد شده به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک علوفه برداشت‌شده از زمان ۶۵ روز پس از کاشت تا پایان مرحله رویشی گردید. ترکیب شیمیایی ماده خوراکی تأثیر مهمی بر تولید گاز دارد [۲]. با این حال، در مطالعه حاضر اگرچه کاهش انرژی قابل متابولیسم با افزایش سن گیاه مشاهده شد، اما این کاهش انرژی با افزایش ماده خشک تولیدی در هکتار طی مراحل رشد همراه بود. مشخص شده است که محتویات درون سلولی قابل‌هضم‌ترین بخش از گیاه است و رابطه نزدیکی بین میزان قابلیت هضم دیواره سلولی و حجم کل گاز تولیدشده وجود دارد [۴]. هم‌چنین، پیشنهاد شده است که تولید گاز با تولید اسیدهای چرب فرار در اثر تخمیر سوپسترا همراه است. به‌طوری‌که، تخمیر بیش‌تر یک سوپسترا با تولید بیش‌تر گاز در ارتباط است [۲]. به‌همین جهت احتمال می‌رود در آزمایش حاضر گاز کم‌تری از بخش‌های کم‌تر قابل هضم علف نیپر که با افزایش سن گیاه بیش‌تر شدند، تولید گردید که این نتایج با میزان قابلیت هضم در مراحل رویشی مختلف در این مطالعه هم‌خوانی داشت.

جدول ۵. تولید گاز تجمعی حاصل از انکوباسیون علف نیپر در مراحل مختلف رشد (میلی‌لیتر در گرم ماده خشک)

روزهای پس از کاشت ^۱	زمان انکوباسیون (ساعت)										
	۱۲۰	۹۶	۷۲	۴۸	۳۶	۲۴	۱۸	۱۲	۸	۴	۲
۶۵	۱۹۷/۳ ^a	۱۹۲/۴ ^a	۱۸۴/۸ ^a	۱۷۰/۵ ^a	۱۵۰/۴ ^a	۱۳۴/۰ ^a	۷۱/۶ ^a	۴۵/۹ ^b	۲۵/۶ ^{ab}	۱۷/۶ ^a	۱۰/۴ ^a
۸۵	۱۷۰/۰ ^b	۱۶۴/۷ ^b	۱۵۶/۶ ^b	۱۴۳/۹ ^b	۱۲۷/۶ ^b	۱۰۴/۹ ^b	۶۵/۹ ^b	۴۹/۹ ^a	۲۶/۸ ^a	۱۴/۳ ^b	۸/۴ ^b
۱۱۵	۱۷۱/۸ ^b	۱۶۶/۸ ^b	۱۵۳/۸ ^b	۱۳۷/۵ ^c	۱۱۸/۶ ^c	۹۴/۴ ^c	۶۱/۹ ^c	۴۳/۳ ^c	۲۳/۹ ^b	۱۰/۸ ^c	۸/۵ ^b
SEM	۱/۰۴	۱/۳۷	۱/۶۲	۱/۲۲	۰/۸۵	۵/۰۱	۴/۳۴	۱/۸۰	۱/۵۲	۰/۷۳	۰/۷۱
P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۳۰	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۵

a-c: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

۱ ۶۵، ۸۵ و ۱۱۵ روز پس از کاشت: مرحله افزایش طول ساقه و به‌ترتیب دارای BBCH= ۳۳، BBCH= ۳۵ و BBCH= ۳۹ (توصیف مراحل رشد براساس شاخص BBCH به روش توصیه شده [۱۰]).

جدول ۶. فراسنجه‌های کینتیک تخمیر علف نیپر در مراحل مختلف رشد

L ^۴	c ^۴	b ^۴	روزهای پس از کاشت ^۱
۱/۴۳	۰/۰۳۳	۲۰۵/۳ ^a	۶۵
۱/۱۶	۰/۰۳۵	۱۷۲/۳ ^b	۸۵
۱/۲۳	۰/۰۳۰	۱۷۵/۷ ^b	۱۱۵
۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۲۹/۲۳	SEM
۰/۱۵۱	۰/۲۶۶	<۰/۰۰۱	P-value

a-c: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۱. ۶۵، ۸۵ و ۱۱۵ روز پس از کاشت: مرحله افزایش طول ساقه و به‌ترتیب دارای BBCH= ۳۳، BBCH= ۳۵ و BBCH= ۳۹ (توصیف مراحل رشد براساس شاخص BBCH به روش توصیه شده [۱۰]).

۲. پتانسیل گاز تولیدی (میلی‌لیتر در گرم ماده خشک)، ۳. ثابت نرخ تولید گاز (h^{-1})، ۴. فاز تأخیر (ساعت).

۴. نتیجه‌گیری

براساس نتایج این مطالعه، علف نیپر را با توجه به ارزش غذایی مطلوب و تولید بالای ماده آلی قابل هضم در هکتار می‌توان به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای مناسب در کشور توصیه کرد.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع

1. AOAC (2000) Official Methods of Analysis, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
2. Blummel M and Ørskov ER (1993) Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 40: 109-119.
3. Halim RA, Shampazuraini S and Idris AB (2013) Yield and nutritive quality of nine Napier grass varieties in Malaysia. *Malaysian Journal of Animal Science*, 16 (2): 37-44.
4. Huhtanen P, Seppälä A, Ahvenjärvi S and Rinne M (2008) Prediction of *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and digestion rate of potentially digestible neutral detergent fiber: comparison of models. *Journal of Animal Science*, 86: 2657-2669.
5. Karimi MM and Siddique HM (1991) Crop growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42 (1): 13-20.
6. Kilcher MR (1981) Plant development, stage of maturity and nutrient composition. *Journal of Range Manage*, 34: 363-364.
7. Lee CN, Fukumoto GK, Thorn MS, Stevenson MH, Nakahata M and Ogoshi RM (2016) Bana Grass (*Pennisetum purpureum*): A possible forage for ruminants in Hawaii 'i. *Pasture and Range Management*, 11: 1-8.
8. Lima MA, Gomez LD, Steele-King CG, Simister R, Bernardinelli OD, Carvalho MA, Rezende CA, Labate CA, Deazevedo ER, McQueen-Mason SJ and Polikarpov I (2014) Evaluating the composition and processing potential of novel sources of Brazilian biomass for sustainable biorenewables production. *Biotechnology for Biofuels*, 7 (1): 1-19.
9. Lounglawan P, Lounglawan W and Suksombat W (2014) Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum americanum*). *APCBEE Procedia*, 8: 27-31.

10. Lancashire PD, Bleiholder H, Boom TVD, Langelüddeke P, Stauss R, Weber E and Witzengerger A (1991) A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of applied Biology*, 119 (3): 561-601.
11. Motomura H, Fujii T and Suzuki M (2004) Silica deposition in relation to ageing of leaf tissues in *Sasa veitchii* (Carriere) Rehder (Poaceae: Bambusoideae). *Annals of Botany*, 93: 235-248.
12. McDonald IM (1981) A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, 96 (1): 251-252.
13. McDonald P, Henderson AR and Heron SJE (1991) *The biochemistry of silage*. Chalcombe publications.
14. McDougall EI (1948) The composition and output of sheep's saliva. *The Biochemical Journal* 43 (1): 99-109.
15. Minson DJ (1984) Digestibility and voluntary intake by sheep of five *Digitaria* species. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 24 (127): 494-500.
16. Negawo AT, Teshome A, Kumar A, Hanson J and Jones CS (2017) Opportunities for Napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. *Agronomy*, 7 (2): 28.
17. Nguyen BT, Le LB, Pham LP, Nguyen HT, Tran TD and Van Thai N (2021) The effects of biochar on the biomass yield of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) and properties of acidic soils. *Industrial Crops and Products*, 161: 113224.
18. Rusdy M (2016) Elephant grass as forage for ruminant animals. *Livestock Research for Rural Development*, 28 (4).
19. Rambau MD, Fushai, F and Baloyi JJ (2016) Productivity, chemical composition and ruminal degradability of irrigated Napier grass leaves harvested at three stages of maturity. *South African Journal of Animal Science*, 46 (4): 398-408.
20. Salamone AM, AbuGhazaleh AA and Stuemke C (2012) The effects of maturity and preservation method on nutrient composition and digestibility of master graze. *Journal of Animal Research and Technology*, 1 (1): 13-19.
21. Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, McAllan AB and France J (1994) A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48 (3-4): 185-197.
22. Tilley JMA and Terry DR (1963) A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, 18 (2): 104-111.
23. Van Soest PV, Robertson JB and Lewis B (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3583-3597.
24. Van Soest PJ (1994) *Nutritional ecology of the ruminant*. Comstock Publishing Associates. A division of Cornell University Press, Ithaca and London.
25. Zewdu T (2005) Variation in growth, yield, chemical composition and in vitro dry matter digestibility of Napier grass accessions (*Pennisetum purpureum*). *Tropical Science*, 45 (2): 67-73.