University of Tehran Press

Journal of Animal Production

Online ISSN: 2382-994X

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

Effect of harvesting interval in different stages of growth on yield and nutritive value of Napier grass

Leila Taherabadi[1]✉ | **Farokh Kafilzadeh**[2]

1. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Razi, Kermanshah, Iran. E-mail: taherabadi.le@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: 25 February 2023
Received in revised form:
1 June 2023
Accepted: 3 June 2022
Published online: 6 July 2023

Keywords:
Chemical composition,
Cutting interval,
In vitro fermentation,
Napier grass.

ABSTRACT

Introduction: Increased livestock production can be achieved through the cultivation of high-quality forages with high-yielding capacity. Napier grass has been introduced to all tropical and subtropical areas of the world and is used as a forage crop with high potential productivity in terms of annual dry matter yield. However, both dry matter yield and nutritional quality of this grass have been affected by different cutting interval. This grass has been neither grown nor studied as a source of forage for ruminant nutrition in Iran.This research was conducted to identify the appropriate cutting interval for Napier grass to produce the maximum nutritive value and yield.

Material and methods: Napier grass was cultivated in a complete randomised block design with three replicates. During the growth season, the cutting intervals were 16-20, 24-28, 43 d or 136 d after planting to corresponding cutting heights of 50, 100, 150 and 300 cm. Hence, from each plot 6, 4, 2, or 1 cuts were harvested, respectively. Cell wall fractions, organic matter, and crude protein of Napier grass from different cuts were determined. Dry matter and organic matter digestibility and *in-vitro* ruminal fermentation kinetics of the forages were also determined. Biomass production of Napier grass under different cutting interval programs was also assessed.

Results and Discussion: The highest yield of dry matter of Napier grass (25.1 tons per hectare) was observed when only one cut was harvested at the end of vegetative stage (height of 300 cm). The digestibility of organic matter (OMD) ranged from 60 to 70 % in all treatments and the highest OMD was observed at the height of 50 cm. The maximum dry matter and digestible organic matter per hectare (15.9 and 14.2 tons, respectively) was produced when forage was harvested in one cut at the height of 300 cm. There was no difference in the yield of digestible dry matter and digestible organic matter of the forage harvested at the height of 50 and 100 cm. The concentration of crude protein in forages from different cuts ranged from 7.1 to 14.2 % and neutral detergent fiber ranged 65.7 to 76.2 %. The highest concentration of crude protein and the lowest cell wall components were observed at the height of 50 cm. The lowest and the highest gas production potential and fractional rate of gas production were observed at the cutting height of 300 cm and 50 cm, respectively.

Conclusion: The present study showed that it is possible to obtain higher quality of Napier grass by shortening the harvesting intervals. However, this resulted in a pronounce decrease in the yield of organic matter and digestible dry matter yield per hectare. The highest organic matter and digestible dry matter per hectare was produced when Napier grass was harvested only once (136 d after planting and height of 300 cm) at the end of vegetative stage.

Cite this article: Taherabadi, L., & Kafilzadeh, F. (2023). Effect of harvesting interval in different stages of growth on yield and nutritive value of Napier grass. *Journal of Animal Production*, 25 (2), 169-181.

DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2023.355929.623735

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2023.355929.623735

انتشارات دانشگاه تهران

تولیدات دامی

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۴x

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

اثر فواصل برداشت در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و ارزش غذایی علف نپیر

لیلا طاهرآبادی[1]✉ | فرخ کفیل‌زاده[2]

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

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

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۱۵

کلیدواژه‌ها:
فواصل برداشت،
تخمیر برون‌تنی،
ترکیب شیمیایی،
علف نپیر.

چکیده

مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر فواصل برداشت در مراحل مختلف رشد بر عملکرد تولید و ارزش غذایی علف نپیر به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای جدید در ایران، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و سه تکرار انجام شد. چین‌ها در فواصل هر ۱۶ تا ۲۰، ۲۴ تا ۲۸ و ۴۳ روز یا ۱۳۶ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی) برداشت شدند که به‌ترتیب در ارتفاع‌های تقریبی ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتی‌متر بودند. این فواصل برداشت به‌ترتیب منجر به شش، چهار، دو و یک چین برداشت شد. ترکیبات شیمیایی و تخمیر شکمبه‌ای برون‌تنی به‌همراه عملکرد تولید علف نپیر اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین عملکرد ماده خشک (۲۵/۱ تن در هکتار) فقط با یک برداشت در ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر صورت گرفت. قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در تمام چین‌ها ۶۰ تا ۷۰ درصد بود و بیش‌ترین مقادیر آن در علوفه برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر مشاهده شد. علوفه برداشت‌شده در ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر بیش‌ترین تولید ماده خشک و ماده آلی قابل هضم (به‌ترتیب ۱۵/۹ و ۱۴/۲ تن در هکتار) را داشت. بیش‌ترین غلظت پروتئین خام و کم‌ترین الیاف نامحلول در شوینده خنثی و لیگنین در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر مشاهده شد. کم‌ترین پتانسیل گاز تولیدی و بیش‌ترین نرخ تخمیر به‌ترتیب در ارتفاع ۳۰۰ و ۵۰ سانتی‌متر بود. براساس نتایج حاصل، برای دستیابی به حداکثر عملکرد ماده آلی قابل هضم می‌بایست علف نپیر را بدون اعمال چین‌های اضافی و در پایان مرحله رویشی (۱۳۶ روز پس از کاشت و ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر) برداشت نمود.

استناد: طاهرآبادی، لیلا و کفیل‌زاده، فرخ (۱۴۰۲). اثر فواصل برداشت در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و ارزش غذایی علف نپیر. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۵(۲)، ۱۶۹-۱۸۱. DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2023.355929.623735

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

توسعه صنعت دامپروری جهت تأمین منابع پروتئینی حیوانی و استفاده بی‌رویه دام‌ها از مراتع سبب نیاز فزاینده‌ای به تولید منابع علوفه‌ای در کشور شده است. گراس‌ها و لگوم‌ها از جمله منابع علوفه‌ای هستند که به‌طور عمده در تغذیه دام استفاده می‌شوند. در کشور ما کشت ذرت علوفه‌ای و یونجه بیش از سایر علوفه‌ها رایج می‌باشد. اما، در سال‌های اخیر کمبود منابع آبی کشور کشت این گیاهان را با مشکل مواجه نموده است. در چنین شرایطی، به‌نظر می‌رسد شناخت و استفاده از ظرفیت‌های تولید علوفه از منایع جدید با عملکرد تولیدی بالا علاوه بر استفاده بهینه از منابع آبی کشور سبب تنوع در منابع علوفه‌ای دردسترس و تأمین بیش‌تر علوفه جهت تغذیه دام گردد.

علف نپیر با نام علمی *Pennisetum purpureum* L. گیاهی چندساله و از خانواده *Poaceae* است. این گیاه امکان رشد در خاک‌های مختلف و حتی فقیر را دارد و به کم‌آبی، آفات و بیماری‌ها مقاوم است (Ishrath *et al*., 2010; Zewdu *et al*., 2005). دامنه دمای رشد علف نپیر ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این گیاه دارای سرعت رشد و عملکرد تولیدی بالاست، به‌طوری‌که، عملکرد تولیدی سالانه علف نپیر بین ۲۷/۱ تا ۹۰/۲ تن ماده خشک در هر هکتار برای کشورهای مختلف گزارش شده است (Negawo *et al*., 2017). عملکرد تولید علف نپیر در ایران ۲۶/۸ تن ماده خشک در هکتار گزارش شده است (Taherabadi & Kafilzadeh, 2023). از نظر ترکیبات شیمیایی، علف نپیتر دارای غلظت مناسب پروتئین خام (نه تا ۱۳/۱ درصد) و غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی ۵۰ تا ۶۹/۶ درصد است. بالابودن قابلیت هضم ماده‌آلی (۶۵ تا ۷۵ درصد) علف نپیر به‌دلیل محتوای لیگنین پایین (۳/۹ تا شش درصد) آن به‌همراه عملکرد تولید بالا سبب شده که این گیاه در تغذیه دام استفاده شود (Negawo *et al*., 2017; Rambau *et al*., 2016; Zewdu *et al*., 2005).

مشابه سایر گیاهان علوفه‌ای خصوصیات کمی و کیفی علف نپیر تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد. یکی از عوامل مدیریتی مؤثر بر عملکرد و ارزش غذایی علف نپیر مدیریت فواصل برداشت می‌باشد (Mutimura *et al*., 2012; Rusdy, 2016). رشد دوباره علف نپیر به‌دلیل توانایی مقاومت در برابر چین‌های مکرر و سرعت بازسازی آن یکی دیگر از ویژگی‌هایی است که سبب بهینه‌بودن مصرف آن در تغذیه دام می‌شود (Negawo *et al*., 2017). فاصله بین چین‌های برداشت این گیاه از طریق تأثیر در نسبت برگ به ساقه بر عملکرد و ترکیبات شیمیایی آن مؤثر است (Sunusi *et al*., 1997). نتایج مطالعات اثر فواصل برداشت را به‌صورت افزایش عملکرد به‌همراه کاهش کیفیت (Rengsirikul *et al*., 2011) و یا عملکرد بالا بدون تغییر در ترکیب شیمیایی علف نپیر نشان داده‌اند (Wanghchuck *et al*., 2015). با این‌حال، تعیین زمان و فواصل برداشت علف نپیر باید به‌گونه‌ای انجام شود تا در کنار حفظ کیفیت علوفه به تولید بیش‌تر در واحد سطح دست یافت.

با وجود گستردگی استفاده از علف نپیر در بسیاری از کشورها تنها یک مطالعه درخصوص آن در سال ۱۳۹۸ در ایران توسط پژوهش‌گران مطالعه حاضر صورت گرفته است (Taherabadi & Kafilzadeh, 2023) که در آن به بررسی عملکرد و ارزش غذایی علف نپیر پرداخته شده است. بنابراین، از آنجایی‌که آگاهی از تأثیر مدیریت برداشت علف نپیر در بهره‌وری بیش‌تر آن جهت تغذیه دام مؤثر است؛ این مطالعه با هدف بررسی اثر فواصل چین‌های برداشت در مراحل مختلف رشد بر عملکرد تولید و ارزش غذایی علف نپیر به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای جدید در کشور انجام شد.

۲. پیشینهٔ پژوهش

تولید منابع پروتئینی حیوانی به‌میزان در دسترس‌بودن خوراک با کیفیت و منابع علوفه‌ای جهت تغذیه دام بستگی دارد. علف نپیر

که به علف فیل نیز معروف است، به‌عنوان علوفه‌ای محبوب در بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان کشت می‌شود. پتانسیل عملکرد تولید به‌همراه ارزش غذایی مطلوب آن سبب شده است که علاوه بر استفاده به‌صورت سبز، خشک‌شده و سیلوشده در تغذیه دام جهت تولید اتانول و بیوگاز در صنعت نیز استفاده شود (Negawo *et al*., 2017; Zewdu *et al*., 2005).

علف نپیر دارای عملکرد تولید بالای ماده خشک سالانه می‌باشد. عملکرد سالانه این گیاه ۶۰ تن ماده خشک در هکتار و در برخی گزارش‌ها نیز بین ۱۴/۹ تا ۷۸ تن ماده خشک در هکتار گزارش شد (Negawo *et al*., 2017; Rengsirikul *et al*., 2011). با این‌حال، تفاوت در نتایج عملکرد گزارش شده متأثر از شرایط آب‌وهوایی و شیوه‌های مدیریتی است.

درخصوص ترکیبات شیمیایی علف نپیر، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین این گیاه به‌ترتیب ۵۵ تا ۷۰ درصد، ۲۸ تا ۴۴ درصد و پنج تا ۱۰ درصد و میزان پروتئین خام آن ۷/۵ تا ۱۵/۷ درصد در ماده خشک گزارش شده است. قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی علف نپیر در مراحل مختلف رشد بین ۶۰ تا ۸۰ درصد مشاهده شده است (Negawo *et al*., 2017; Zewdu *et al*., 2005; Cook *et al*., 2005). با این‌حال، کیفیت علوفه تحت تأثیر عوامل بسیاری از جمله آب‌وهوا، خاک، فصل، شرایط مدیریتی و کوددهی قرار دارد. یکی از شرایط مدیریتی موردتوجه در رابطه با استفاده از علف نپیر در سیستم‌های مختلف پرورش دام جهت تغذیه امکان برداشت چند چین از آن در یک دوره رشد می‌باشد (Cook *et al*., 2005).

فواصل و زمان چین‌های برداشت علف نپیر از طریق تأثیر در اجزا و ترکیب شیمیایی آن‌ها سبب تغییر در عملکرد تولید علوفه و ارزش غذایی آن می‌شود. محتوای پروتئین خام به‌طور قابل‌توجهی از ۲۸/۲ درصد در برداشت‌هایی با فاصله ۴۰ روز به ۸/۸ درصد در فواصل برداشت ۸۰ روز کاهش یافت (Magcale-Macandog *et al*., 1998;Wanghchuck *et al*., 2015). گزارش شده است که عملکرد تولید ماده خشک چین‌های برداشت شده علف نپیر با فاصله ۶۰ یا ۱۸۰ روز (پایان فصل رشد) نسبت به فواصل برداشت ۳۰ روز بالاتر بود. هم‌چنین، در این مطالعه کم‌ترین عملکرد تولید ماده خشک قابل هضم در هکتار در برداشت‌هایی به فاصله ۳۰ روز مشاهده شد (Sunusi *et al*., 1997). در مطالعه دیگری فواصل برداشت ۶۰ روز در فصل رشد جهت حفظ عملکرد بالا بدون تأثیر منفی در کاهش مواد مغذی علف نپیر توصیه شد (Wanghchuck *et al*., 2015).

در واقع، در گیاهان علوفه‌ای که امکان برداشت چندچین وجود دارد، اگرچه فواصل برداشت کم‌تر برای دستیابی به کیفیت بالاتر و تعداد چین‌های بیش‌تر علوفه موردتوجه است، اما میزان عملکرد تولید علوفه باید موردتوجه قرار گیرد. بنابراین، زمان و فواصل برداشت چین‌های علف نپیر با توجه به درنظرگرفتن عوامل محیطی باید به شیوه‌ای تعیین شود که هم عملکرد تولید و هم ارزش غذایی علوفه به حداکثر خود برسد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سال ۱۴۰۱ انجام شد. بدین منظور، پس از عملیات تسطیح و آماده‌سازی زمین، بذر علف نپیر (۲۵ کیلوگرم در هکتار) در یک قطعه زمین شامل ۱۲ کرت در سه بلوک (چهار کرت در هر بلوک) در پنج خردادماه کشت شد. ابعاد کرت‌ها ۱۰ متر× شش متر بود و کشت به‌صورت دست‌پاش انجام شد. برداشت چین‌های علف نپیر از هر کرت در هر بلوک در ارتفاع‌های تقریبی ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتی‌متر و به‌ترتیب در فواصل هر ۱۶ تا ۲۰، ۲۴ تا ۲۸ و۴۳ روز یا ۱۳۶ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی) انجام شد. به‌طوری‌که، برداشت اولین چین از چین‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر ۵۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) صورت گرفت و سپس، چین‌های دوم تا ششم آن به‌ترتیب در ۷۰

(مرحله رویشی)، ۸۶ (مرحله رویشی)، ۱۰۲ (مرحله رویشی)، ۱۱۸ (مرحله رویشی۱۶) و ۱۳۸ (پایان مرحله رویشی) روز پس از کاشت صورت گرفت. برداشت اولین چین از چین‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) صورت گرفت. سپس، برداشت چین دوم تا چهارم آن به‌ترتیب در ۹۴ (مرحله رویشی)، ۱۱۶ (مرحله رویشی) و ۱۴۴ (پایان مرحله رویشی) روز پس از کاشت انجام شد. برداشت چین اول در ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر، ۹۵ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و برداشت چین دوم آن در ۱۳۷ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی) انجام شد. برداشت علف نپیر بدون چین اضافی در ۱۳۶ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی) و ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر انجام شد. بدین‌صورت، تمام چین‌های برداشت به‌صورت ۱۳ تیمار آزمایشی (شش+ چهار+ دو+ یک) درنظر گرفته شد. آبیاری پس از سبز شدن گیاه هر هفته یک‌بار به‌روش بارانی صورت گرفت و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد.

تعیین عملکرد تر، پس از برداشت کامل هر کرت از ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری سطح زمین با دست صورت گرفت. عملکرد ماده خشک پس از نمونه‌برداری از علوفه برداشت شده از هر کرت و اندازه‌گیری ماده خشک آن در آون دارای جریان هوا در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت انجام شد.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی نمونه‌های آسیاب‌شده با الک یک میلی‌متری شامل الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین (Van Soest *et al*., 1991)، پروتئین خام، ماده آلی و عصاره اتری (AOAC, 2000) انجام شد. جهت انجام آزمایش‌های قابلیت هضم و کینتیک تخمیر از بافر مک‌دوگال (McDougall, 1948) و شیرابه شکمبه تهیه‌شده از گوسفند نر فیستوله‌گذاری‌شده نژاد سنجابی قبل از خوراک‌دهی وعده صبح استفاده شد. تعیین قابلیت هضم به‌روش برون‌تنی شامل مرحله هضم بی‌هوازی و مرحله هضم پپسین اسیدی صورت گرفت (Tilley & Terry, 1963). انرژی قابل‌متابولیسم با استفاده از رابطه (۱) برآورد شد (Minson, 1984).

رابطه ۱) $ME\ (MJ/kg\ DM) = ۰/۱۵۷\ DOMD + ۰/۰۵۹\ CP - ۱/۰۷۳$

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

برای تعیین کینتیک تخمیر (Theodorou *et al*., 1994)، 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 (McDonald, 1981).

رابطه ۲) $P=b\ (1-e^{-c\ (t\ -L)})$

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) هستند.

تجزیه و تحلیل داده‌های عملکرد و ترکیب شیمیایی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی مطابق مدل (۳) و کینتیک تخمیر مطابق مدل (۴) صورت گرفت.

رابطه ۳) $Y_{ij}= \mu+ T_i + B_j+ e_{ij}$

رابطه ۴) $Y_{ij}= \mu+ T_i + B_j+ e_{ij} + se_{ijk}$

که در آن، Y_{ij}، مشاهده مربوط به صفت (متغیر وابسته)؛ μ، اثر میانگین کل؛ T_i، اثر iامین تیمار؛ B_j، اثر jامین بلوک، e_{ij}، اثر خطای آزمایشی و se_{ijk}، اثر خطای نمونه‌برداری هستند.

۴. یافته‌های پژوهش و بحث

عملکرد تولید علف نپیر با افزایش سن علوفه یا تأخیر در زمان اولین برداشت افزایش یافت (P<۰/۰۵؛ جدول ۱). بیش‌ترین عملکرد ماده تر و ماده خشک علف نپیر در برداشت فقط یک چین در مرحله پایانی رشد رویشی (ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر) مشاهده شد که به‌ترتیب ۱۲۳/۲و ۲۵/۱ تن در هکتار بود. نتایج مقایسات گروهی کاهش عملکرد علوفه تر و ماده خشک علف نپیر برداشت شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر را نسبت به برداشت در سایر ارتفاع‌ها نشان داد (P<۰/۰۵). به‌طوری‌که، میانگین عملکرد ماده خشک در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر نسبت به عملکرد علوفه در برداشت‌های صورت‌گرفته در ارتفاع ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۳۷/۶ و ۶۹/۸ درصد کم‌تر بود.

عملکرد ماده خشک علف نپیر از ۲۵/۳ تا ۶۵/۹ تن در هکتار گزارش شد (Negawo *et al*., 2017). نشان داده شده است که عملکرد ماده خشک در چین‌های برداشت‌شده در هر ۱۰۰ روز ۳۹ تن ماده خشک در هکتار بود که نسبت به برداشت‌های صورت‌گرفته در هر ۴۰، ۶۰ و ۸۰ روز بیش‌ترین مقدار بود (Queiroz *et al*., 2000). هم‌چنین، عملکرد علف نپیر برداشت‌شده در هر ۴۵، ۶۵ و ۸۵ روز به‌ترتیب ۳۷/۵، ۴۸/۸ و ۵۲/۸ تن در هکتار در سال گزارش شد (Sotomayor-Rı *et al*., 1997). در مطالعه‌ای که طی یک‌سال صورت گرفت بررسی عملکرد ماده خشک در برداشت‌های صورت‌گرفته در هر یک، دو، سه، شش و ۱۲ ماه نشان داد که کم‌ترین عملکرد ماده خشک علف نپیر (۲۹ تن ماده خشک در سال) به برداشت‌های صورت‌گرفته در فواصل یک ماهه متعلق بود (Rengsirikul *et al*., 2011).

نتایج قبلی پژوهش‌گران مطالعه حاضر (Taherabadi & Kafilzadeh, 2023) نشان داد که با افزایش سن و ارتفاع گیاه نسبت ماده خشک ساقه افزایش یافت. هم‌چنین، در مطالعه‌ای که در آن چین‌های علف نپیر در فواصل یک یا دو ماه یا فقط برداشت در پایان دوره رشد انجام شد، بیش‌ترین نسبت ساقه به چین‌های برداشت‌شده در پایان دوره رشد تعلق داشت (Sunusi *et al*., 1997). افزایش عملکرد در ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر می‌تواند به‌همراه افزایش ارتفاع گیاه و توزیع مواد فتوسنتزشده بیش‌تری به ساقه باشد که نیاز به افزایش استحکام بخش هوایی را فراهم می‌آورد. به‌طوری‌که، در مراحل اولیه رشد سهم کم‌تری از ماده خشک به ساقه اختصاص می‌یابد. از طرفی افزایش چین‌های برداشت‌شده می‌تواند به‌دلیل از بین‌بردن بخش‌های مسئول فتوسنتز علف نپیر و افزایش زمان برای تشکیل این اندام‌ها سبب کاهش عملکرد گردد (Queiroz *et al*., 2000).

اثر چین‌های برداشت بر محتوای ماده خشک و ترکیب شیمیایی علف نپیر در جدول (۲) گزارش شده است. نتایج مقایسات گروهی نشان داد که درصد ماده خشک علوفه برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر نسبت به علوفه برداشت‌شده در ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر کم‌تر بود (P<۰/۰۵). اما، نسبت به علوفه‌های برداشت‌شده در سایر ارتفاع‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. درصد ماده خشک با افزایش تعداد چین‌ها در ارتفاع ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر کاهش یافت (P<۰/۰۵).

کیفیت علف نپیر به‌شدت تحت تأثیر سن، فواصل و شرایط محیطی برداشت قرار دارد. درصد ماده خشک علف نپیر به‌طور عمده پایین است و در مراحل مختلف رشد بین ۲۰ تا ۳۰ درصد گزارش شده است و بیش‌ترین مقدار آن در طول دوره رشد به مرحله زایشی گیاه مرتبط است (Negawo *et al*., 2017; Rambau *et al*., 2016). کاهش محتوای ماده خشک گیاه با افزایش تعداد چین‌های برداشت در ارتفاع ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر می‌تواند به‌دلیل افزایش نسبت ساقه به برگ و کاهش درصد ماده خشک ساقه و در نتیجه کاهش محتوای ماده خشک کل گیاه باشد (Rengsirikul *et al*., 2011).

نتایج این مطالعه افزایش اجزای دیواره سلولی شامل الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین در علوفه‌های برداشت‌شده با کوتاه‌ترین فواصل برداشت را نسبت به علوفه با یک چین برداشت (پایان مرحله رویشی) نشان داد (P<۰/۰۵). مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین در بین چین‌های

برداشت‌شده در ارتفاع‌های مشابه از روند خاصی تبعیت نکرد. نتایج مقایسات گروهی تفاوت معنی‌داری را در میانگین مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و لیگنین در چین‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر با ۱۰۰ سانتی‌متر نشان نداد. در حالی‌که، از این نظر بین علوفه‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر با علوفه‌های برداشت‌شده در چین‌هایی با ارتفاع ۱۵۰ و ۳۰۰ تفاوت وجود داشت (P<۰/۰۵).

جدول ۱. عملکرد تولید علف نپیر در چین‌هایی با فواصل برداشت مختلف

تیمار[1]		عملکرد تر (تن/ هکتار)	عملکرد ماده خشک (تن/ هکتار)
ارتفاع برداشت (سانتی‌متر)	چین		
۵۰	اول	۶/۰۶^{e}	۱/۱۲^{e}
	دوم	۸/۵۳^{cde}	۱/۴۴^{cde}
	سوم	۸/۲۴^{de}	۱/۵۹ ^{cde}
	چهارم	۹/۰۹^{cde}	۱/۳۴ ^{de}
	پنجم	۸/۴۴^{cde}	۱/۰۷^{e}
	ششم	۷/۵۰^{de}	۱/۰۲^{e}
۱۰۰	اول	۱۲/۲۹^{cde}	۲/۴۵^{cd}
	دوم	۱۵/۱۶^{cde}	۲/۶۱^{c}
	سوم	۱۴/۳۰^{cd}	۱/۹۱^{cde}
	چهارم	۱۲/۱۵^{cde}	۱/۳۷^{de}
۱۵۰	اول	۳۴/۲۱^{b}	۵/۸۹^{b}
	دوم	۳۶/۰۷^{b}	۶/۲۴^{b}
۳۰۰	اول	۱۲۳/۲۶^{a}	۲۵/۱۳^{a}
SEM		۲/۱۰	۰/۳۸
P-value		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

مقایسات گروهی تیمارها		P-value
۵۰ در مقابل ۱۰۰ سانتی‌متر	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
۵۰ در مقابل ۱۵۰ سانتی‌متر	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
۵۰ در مقابل ۳۰۰ سانتی‌متر	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

a-d: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

۱. ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۵۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۸۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین چهارم؛ ۱۰۲ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین پنجم؛ ۱۱۸روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، و چین ششم؛ ۱۳۸ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۹۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۱۱۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین چهارم؛ ۱۴۴ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۹۵ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین دوم؛ ۱۳۷ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر: ۱۳۶ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی).

میزان پروتئین خام علف نپیر با افزایش سن گیاه کاهش یافت (P<۰/۰۵). نتایج مقایسات گروهی نشان داد که پروتئین خام در چین‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر بیش‌ترین مقدار بود و با سایر ارتفاع‌های برداشت تفاوت داشت (P<۰/۰۵). افزایش مقدار ماده آلی از مراحل اولیه رشد تا پایان دوره رویشی مشاهده شد (P<۰/۰۵) و نتایج مقایسات گروهی کاهش ماده آلی علف نپیر برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر را نسبت به ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتی‌متر نشان داد (P<۰/۰۵). افزایش سن بر محتوای عصاره اتری علف نپیر تأثیر معنی‌داری نداشت. افزایش عددی کربوهیدرات‌های غیرفیبری با افزایش سن گیاه مشاهده شد. نتایج مقایسات گروهی افزایش کربوهیدرات‌های غیرفیبری در برداشت‌های انجام‌شده در ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر را نسبت به علوفه‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر نشان داد (P<۰/۰۵).

جدول ۲. ترکیبات شیمیایی (گرم در کیلوگرم ماده خشک) و ماده خشک (گرم در کیلوگرم علوفه تازه) علف نپیر در چین‌هایی با فواصل برداشت مختلف

تیمار[1]		دیواره سلولی						
ارتفاع برداشت (سانتی‌متر)	چین	ماده خشک	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	لیگنین	پروتئین خام	ماده آلی	عصاره اتری	کربوهیدرات‌های غیرفیبری[2]
۵۰	اول	۱۸۵^{ab}	۶۹۷^{bcde}	۲۹۹^{cde}	۳۶^{cde}	۱۲۳^{abc}	۸۹۲^{bcd}	۳۰/۹	۴۲/۶^{cd}
	دوم	۱۶۵^{abc}	۷۱۲^{bcd}	۲۷۴^{e}	۳۵^{de}	۱۳۵^{ab}	۸۹۸^{bcd}	۲۸/۰	۲۲/۸^{d}
	سوم	۱۹۳^{a}	۶۶۴^{cd}	۲۷۷^{e}	۳۴^{e}	۱۴۲^{a}	۹۰۶^{bc}	۲۹/۸	۴۵/۴^{cd}
	چهارم	۱۴۸ ^{bcd}	۶۵۷^{e}	۲۸۶^{e}	۴۴^{bcd}	۱۲۸^{abc}	۸۸۴^{cd}	۳۱/۱	۶۷/۲^{abc}
	پنجم	۱۲۶^{d}	۶۸۴^{cde}	۲۷۳^{e}	۴۲^{bcde}	۱۱۸^{abc}	۸۹۲^{bcd}	۲۷/۲	۶۳/۱^{abc}
	ششم	۱۳۵^{cd}	۶۸۲^{cde}	۳۱۲^{bcd}	۴۴^{bcd}	۹۱^{ed}	۸۸۰^{d}	۳۰/۳	۷۶/۲^{abc}
۱۰۰	اول	۱۹۸^{a}	۶۹۳^{bcde}	۳۲۲^{bc}	۳۶^{cde}	۱۰۶^{bcd}	۹۰۷^{bc}	۳۱/۵	۷۶/۴^{abc}
	دوم	۱۷۱^{abc}	۷۰۸^{bcde}	۳۱۱^{bcd}	۳۸^{cde}	۱۰۰^{cde}	۸۹۸^{bcd}	۲۷/۳	۶۲/۵^{abc}
	سوم	۱۳۴^{cd}	۶۷۸^{de}	۳۲۳^{bc}	۴۶^{bc}	۸۵^{de}	۸۹۱^{bcd}	۲۶/۶	۹۹/۶^{a}
	چهارم	۱۱۳^{d}	۷۰۵^{bcde}	۲۹۶^{de}	۴۵^{bc}	۷۱^{e}	۸۸۹^{bcd}	۲۶/۰	۸۶/۷^{ab}
۱۵۰	اول	۱۷۲^{abc}	۷۴۱^{ab}	۳۲۹^{ab}	۴۷^{b}	۸۸^{de}	۹۰۹^{ab}	۲۸/۲	۵۲/۱^{bcd}
	دوم	۱۷۲^{abc}	۷۲۸^{abc}	۳۲۵^{b}	۴۹^{b}	۸۵^{de}	۹۱۲^{ab}	۲۸/۹	۶۹/۵^{abc}
۳۰۰	اول	۲۰۳^{a}	۷۶۲^{a}	۳۵۰^{a}	۶۱^{a}	۷۵^{e}	۹۳۰^{a}	۲۶/۱	۶۷/۱^{abc}
SEM		۱۲/۰۵	۱۴/۴۸	۷/۳۹	۲/۸۳	۹/۰۳	۷/۰۳	۲/۴۶	۱۱/۲۵
P-value		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۲	۰/۷۴۷	۰/۰۰۸
مقایسات گروهی تیمارها		P-value							
۵۰ در مقابل ۱۰۰ سانتی‌متر		۰/۵۴۹	۰/۶۳۴	<۰/۰۰۱	۰/۱۷۶	<۰/۰۰۱	۰/۴۱۱	۰/۲۳۸	<۰/۰۰۱
۵۰ در مقابل ۱۵۰ سانتی‌متر		۰/۱۹۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۵۷۹	۰/۳۹۷
۵۰ در مقابل ۳۰۰ سانتی‌متر		۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۱۸۷	۰/۲۵۴

a-d: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

۱. ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۵۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۸۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین چهارم؛ ۱۰۲ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین پنجم؛ ۱۱۸روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، و چین ششم؛ ۱۳۸ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۹۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۱۱۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین چهارم؛ ۱۴۴ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۹۵ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین دوم؛ ۱۳۷ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر: ۱۳۶ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی).

۲. کربوهیدرات‌های غیرفیبری؛ NFC، پروتئین خام؛ CP، عصاره اتری؛ EE، الیاف نامحلول در شوینده خنثی؛ NDF، خاکستر؛ ASH.

NFC=100–(%CP+%EE+%NDF+%ASH)

گزارش شده است که غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و پروتئین خام علف نپیر بیش‌تر تحت تأثیر فاصله برداشت قرار می‌گیرد تا موقعیت جغرافیایی یا فصل (Wang *et al*., 2003). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که فواصل برداشت یک ماه موجب کاهش و سپس افزایش میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی ساقه و برگ شد (Sunusi *et al*., 1997). مشابه نتایج مطالعه حاضر، فاصله برداشت ۱۲ ماه نسبت به فواصل برداشت هر شش، سه، دو یا یک ماه منجر به افزایش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شد (Rengsirikul *et al*., 2011). رابطه عکسی بین غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و محتویات درون سلولی علف نپیر گزارش شده است (Sunusi *et al*., 1997). شرایط دمایی، فصل و حتی زمان برداشت گیاه در طول روز می‌تواند بر مقدار و ترکیب شیمیایی محتویات سلولی و درنتیجه غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی اثرگذار باشد. در مطالعه حاضر همان‌گونه که انتظار می‌رفت تغییرات کربوهیدرات‌های غیرفیبری علف نپیر مخالف الیاف نامحلول در شوینده خنثی بود. بخش عمده کربوهیدرات‌های غیرفیبری علف نپیر متشکل از کربوهیدرات‌های محلول در آب است که در ساقه گیاه موجود می‌باشد. نشان داده شد که میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب علف نپیر در فواصل مختلف برداشت هر دو، چهار، شش، هشت و ۱۰ هفته از دو تا شش هفته تمایل به افزایش و پس از آن تمایل به کاهش

داشت (Manyawu *et al*., 2003). بنابراین، در مطالعه حاضر افزایش کربوهیدرات‌های غیرفیبری در علوفه‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر می‌تواند ناشی از افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول باشد.

با افزایش زمان برداشت در این مطالعه افزایش غلظت ماده آلی مشاهده شد. همسو با نتایج مطالعه حاضر بیش‌ترین و کم‌ترین درصد ماده آلی در برداشت‌های ۱۲ ماه و هر یک ماه مشاهده شد (Rengsirikul *et al*., 2011). در پژوهشی فواصل برداشت هر ۴۵ روز منجر به بهبود کیفیت علوفه نپیر با افزایش معنی‌دار پروتئین خام (۱۰/۵ درصد) و کاهش فیبر خام (۲۶/۸ درصد) شد، در حالی‌که فواصل برداشت ۷۵ روز منجر به افزایش قابل توجه در تولید ماده خشک تولیدی شد (Ishrath *et al*., 2018) که این نتایج با نتایج مطالعه حاضر همسو بود. مطالعات مختلف غلظت پروتئین خام علف نپیر را ۴/۴ تا ۲۰ درصد در ماده خشک و به‌همراه روند کاهشی مقدار آن با افزایش سن و ماده خشک گزارش کرده‌اند (Mutimura *et al*., 2015; Rambau *et al*., 2016). غلظت پروتئین خام علف نپیر در ساقه نسبت به برگ کم‌تر است. کاهش پروتئین خام با افزایش سن گیاه و یا افزایش فاصله برداشت در چین‌های مختلف را می‌توان به‌طور عمده به افزایش درصد ساقه همراه با افزایش ارتفاع نسبت داد که این امر منجر به کاهش هم‌زمان میزان پروتئین خام و تجمع سریع اجزای دیواره سلولی گیاه می‌گردد (Mutimura *et al*., 2015).

با افزایش سن علف نپیر قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک علف نپیر کاهش یافت (P<۰/۰۵؛ جدول ۳). در مقایسات گروهی، افزایش قابلیت هضم ماده آلی علوفه چین‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر نسبت به ارتفاع‌های دیگر مشاهده شد (P<۰/۰۵). ماده آلی قابل‌هضم در ماده خشک با ادامه رشد گیاه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. اما، کاهش انرژی قابل متابولیسم با افزایش سن گیاه مشاهده شد (P<۰/۰۵). مقایسات گروهی، بیش‌ترین انرژی قابل متابولیسم را در علوفه‌های برداشت‌شده با حداقل فاصله زمان برداشت بین چین‌ها (ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر) نشان داد که در مقایسه با علوفه‌های حاصل از سایر ارتفاع‌های برداشت تفاوت داشت (P<۰/۰۵).

قابلیت هضم یکی از مؤلفه‌های مهم کیفیت علوفه است که می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند محیط، مورفولوژی، بلوغ گیاه و فاصله چین‌های برداشت قرار گیرد. همسو با نتایج مطالعه حاضر کاهش قابلیت هضم ماده خشک علف نپیر در طول یک‌سال در چین‌های برداشت‌شده در هر ۳۵ تا ۴۰، ۵۰ تا ۵۵، ۶۵ تا ۷۰ و ۸۰ تا ۸۵ روز به‌ترتیب ۸۱/۴، ۷۵/۰، ۶۷/۴ و ۶۲/۰ درصد گزارش شد (Cook *et al*., 2005). احتمال می‌رود با افزایش فاصله برداشت‌ها قابلیت هضم کاهش یابد، زیرا علوفه‌ها زمانی‌که در مراحل اولیه رشد خود برداشت می‌شوند دارای محتوای پروتئین خام نسبتاً بالاتری هستند. از سوی دیگر، با افزایش سن گیاه اجزای دیواره سلولی (الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین) افزایش می‌یابد که منجر به کاهش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی می‌شود (Zailan *et al*., 2016; Sunusi *et al*., 1997). لیگنین، جزء جدایی‌ناپذیر دیواره سلولی ثانویه گیاه و عامل اولیه محدودکننده قابلیت هضم است. لیگنین از طریق اتصال سلولز و همی‌سلولز مانع هضم و استفاده مؤثر آن‌ها توسط میکروب‌های شکمبه می‌شود (Negawo *et al*., 2017). بنابراین، احتمال می‌رود وجود همبستگی منفی معنی‌دار بین الیاف نامحلول در شوینده خنثی و شوینده اسیدی و لیگنین با قابلیت هضم (Rusdy, 2016; Rambau *et al*., 2016) سبب کاهش قابلیت هضم علف نپیر با افزایش سن شده است. هم‌چنین، عدم کاهش معنی‌دار قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک در چین‌های مکرر به‌دلیل عدم افزایش معنی‌دار اجزای دیواره سلولی صورت گرفته باشد.

از میان برداشت‌های صورت‌گرفته در ارتفاع‌های متفاوت، کم‌ترین عملکرد ماده آلی و ماده خشک قابل هضم علف نپیر در برداشت‌های ارتفاع ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر و بیش‌ترین آن در یک برداشت انجام‌شده در پایان مرحله رویشی (ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر) مشاهده شد. عملکرد ماده آلی قابل هضم علوفه برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر ۴/۶۱ تن در هکتار بود که نسبت به ارتفاع ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۳۴/۷ و ۶۷/۵ درصد کم‌تر بود (P<۰/۰۵؛ جدول ۴).

جدول ۳. قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم علف نپیر در چین‌هایی با فواصل برداشت مختلف

تیمار[1]		قابلیت هضم ماده خشک (گرم در کیلوگرم)	قابلیت هضم ماده آلی (گرم در کیلوگرم)	ماده آلی قابل هضم در ماده خشک (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)
ارتفاع برداشت (سانتی-متر)	چین				
۵۰	اول	۷۰۴^{abc}	۷۱۲^{a}	۶۳۷	۹/۶^{a}
	دوم	۷۱۲^{ab}	۶۷۵^{abc}	۶۰۸	۹/۳^{ab}
	سوم	۷۰۶^{abc}	۷۰۴^{ab}	۶۳۸	۹/۸^{a}
	چهارم	۶۶۷^{bcde}	۶۵۳^{abcd}	۵۷۷	۸/۷^{bcd}
	پنجم	۶۵۳^{cde}	۶۴۹^{bcd}	۵۷۵	۹/۰^{abc}
	ششم	۶۶۴^{bcde}	۶۶۸^{abc}	۵۸۸	۸/۸^{bcd}
۱۰۰	اول	۷۲۸^{a}	۶۷۵^{abc}	۶۱۳	۹/۳^{ab}
	دوم	۶۶۶^{bcde}	۶۴۱^{cd}	۵۷۷	۸/۵^{bcd}
	سوم	۶۳۸^{e}	۶۴۵^{cd}	۵۷۰	۸/۴^{cd}
	چهارم	۶۴۵^{e}	۶۳۶^{cd}	۵۶۶	۸/۳^{d}
۱۵۰	اول	۶۶۳^{bcde}	۶۵۲^{abcd}	۵۹۴	۸/۳^{cd}
	دوم	۶۵۰^{de}	۶۳۰^{cd}	۵۷۵	۸/۴^{cd}
۳۰۰	اول	۶۳۵^{e}	۶۱۰^{d}	۵۶۵	۸/۳^{d}
SEM		۱۶/۷	۱۸/۶	۱۸/۰	۰/۲۲
P-value		۰/۰۰۵	۰/۰۲۹	۰/۰۶۰	<۰/۰۰۱
مقایسات گروهی تیمارها		P-value			
۵۰ در مقابل ۱۰۰ سانتی‌متر		۰/۱۸۴	۰/۰۲۱	۰/۰۵۱	<۰/۰۰۱
۵۰ در مقابل ۱۵۰ سانتی‌متر		۰/۰۴۸	۰/۰۲۳	۰/۱۸۶	<۰/۰۰۱
۵۰ در مقابل ۳۰۰ سانتی‌متر		۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴۹	<۰/۰۰۱

a-d: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

۱. ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۵۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۸۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین چهارم؛ ۱۰۲ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین پنجم؛ ۱۱۸روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، و چین ششم؛ ۱۳۸ روز پس از کاشت (مرحله رویشی). ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۹۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۱۱۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین چهارم؛ ۱۴۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی). ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۹۵ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین دوم؛ ۱۳۷ روز پس از کاشت (مرحله رویشی). ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر: ۱۳۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی).

جدول ٤. عملکرد تولید ماده خشک، ماده آلی، ماده خشک قابل هضم و ماده آلی قابل هضم علف نپیر در چین‌هایی با فواصل برداشت مختلف

تیمار[1]	عملکرد (تن در هکتار)			
	ماده خشک	ماده آلی	ماده خشک قابل هضم	ماده آلی قابل هضم
ارتفاع برداشت (سانتی‌متر)				
۵۰	۷/۵۷^{c}	۶/۷۷^{c}	۵/۲۲^{c}	۴/۶۱^{c}
۱۰۰	۸/۳۴^{c}	۷/۴۹^{c}	۵/۶۴^{c}	۴/۸۸^{c}
۱۵۰	۱۲/۱۴^{b}	۱۱/۰۷^{b}	۷/۹۸^{b}	۷/۰۶^{b}
۳۰۰	۲۵/۱۳^{a}	۲۳/۰۶^{a}	۱۵/۹۸^{a}	۱۴/۲۱^{a}
SEM	۰/۶۱	۰/۵۰	۰/۳۶	۰/۴۳
P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

a-d: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

۱. ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۵۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۸۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین چهارم؛ ۱۰۲ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین پنجم؛ ۱۱۸روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، و چین ششم؛ ۱۳۸ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۹۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۱۱۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین چهارم؛ ۱۴۴ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۹۵ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین دوم؛ ۱۳۷ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر: ۱۳۶ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی).

افزایش درصد عملکرد ماده آلی و ماده خشک قابل‌هضم علف نپیر در ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر، با وجود کاهش قابلیت هضم متأثر از افزایش بیش‌تر عملکرد ماده خشک و ماده آلی علف نپیر در هکتار در این مرحله نسبت به برداشت‌های

صورت‌گرفته در سایر ارتفاع‌ها می‌باشد. موافق با نتایج این مطالعه، عملکرد ماده آلی قابل هضم در هکتار با افزایش سن علف نپیر از رابطه خطی تبعیت کرد. زیرا عملکرد ماده آلی قابل هضم با افزایش سن علف نپیر افزایش یافت و افزایش نرخ عمکرد ماده آلی بیش‌تر از کاهش نرخ قابلیت هضم ماده آلی بود (Muia *et al*., 1999).

پتانسیل گاز تولیدی (b) با افزیش سن گیاه کاهش داشت (جدول ۵). مقایسات گروهی کاهش پتانسیل گاز تولیدی علف نپیر در ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر را نسبت به چین‌های برداشت‌شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر نشان داد (P<۰/۰۵). مقایسات گروهی نشان داد که نرخ تخمیر تولید گاز علف نپیر برداشت‌شده در ارتفاع‌های ۵۰ سانتی‌متر نسبت به سایر ارتفاع‌های برداشت بیش‌ترین مقدار بود (P<۰/۰۵). با افزایش فواصل برداشت تفاوت معنی‌داری در فاز تأخیر مشاهده نشد.

ترکیب شیمیایی ماده خوراکی تأثیر مهمی بر تولید گاز دارد. مشخص شده است که محتویات درون‌سلولی قابل هضم‌ترین بخش گیاه است و رابطه نزدیکی بین قابلیت هضم دیواره سلولی و حجم کل گاز تولیدشده وجود دارد. هم‌چنین، پیشنهاد شده که تولید گاز با تولید اسیدهای چرب فرّار در اثر تخمیر سوبسترا همراه است. به‌طوری‌که، تخمیر بیش‌تر یک سوبسترا با تولید بیش‌تر گاز در ارتباط است (Huhtanen *et al*., 2008). از طرفی همبستگی مثبتی بین قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و نرخ ثابت تولید گاز در علف نپیر گزارش شده است (Mutimura *et al*., 2015). به‌همین جهت احتمال می‌رود در آزمایش حاضر گاز کم‌تری از بخش‌های کم‌تر قابل هضم علف نپیر با افزایش سن گیاه یا افزایش ارتفاع علوفه چین‌های برداشت تولید شود که این نتایج با میزان قابلیت هضم در این مطالعه نیز همخوانی داشت.

جدول ۵. فراسنجه‌های کینتیک تخمیر علف نپیر در چین‌هایی با فواصل برداشت مختلف

تیمار[1]		فراسنجه‌های کینتیک تخمیر		
ارتفاع برداشت (سانتی‌متر)	چین	b[2]	c[3]	L[4]
۵۰	اول	۱۸۱/۸^{a}	۰/۰۴۶۶^{ab}	۱/۷۹
	دوم	۱۸۰/۹^{a}	۰/۰۴۸۶^{a}	۱/۸۱
	سوم	۱۷۹/۲^{ab}	۰/۰۴۶۷^{ab}	۱/۷۴
	چهارم	۱۷۷/۷^{ab}	۰/۰۴۵۵^{abc}	۱/۹۷
	پنجم	۱۷۲/۳^{bc}	۰/۰۴۸۰^{a}	۱/۷۶
	ششم	۱۷۴/۱^{ab}	۰/۰۴۷۸^{a}	۲/۱۶
۱۰۰	اول	۱۸۲/۸^{a}	۰/۰۴۰۲^{cd}	۱/۷۵
	دوم	۱۷۲/۴^{bc}	۰/۰۴۲۸^{bc}	۱/۸۳
	سوم	۱۷۸/۴^{ab}	۰/۰۴۴۴^{abc}	۱/۷۶
	چهارم	۱۸۱/۸^{a}	۰/۰۳۸۲^{d}	۱/۹۹
۱۵۰	اول	۱۷۳/۰^{abc}	۰/۰۴۱۴^{cd}	۱/۸۳
	دوم	۱۷۷/۵^{ab}	۰/۰۴۳۹^{abc}	۱/۸۵
۳۰۰	اول	۱۶۷/۹^{c}	۰/۰۴۱۷^{cd}	۱/۹۳
SEM		۳/۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۸۵
P-value		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۲۰۵
مقایسات گروهی تیمارها			P-value	
۵۰ در مقابل ۱۰۰ سانتی‌متر		۰/۶۷۴	<۰/۰۰۱	۰/۳۷۷
۵۰ در مقابل ۱۵۰ سانتی‌متر		۰/۱۵۹	<۰/۰۰۱	۰/۴۰۸
۵۰ در مقابل ۳۰۰ سانتی‌متر		<۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۵۱۵

a-d: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

۱. ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۵۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۸۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین چهارم؛ ۱۰۲ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین پنجم؛ ۱۱۸روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، و چین ششم؛ ۱۳۸ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۷۰ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین دوم؛ ۹۴ روز پس از کاشت (مرحله رویشی)، چین سوم؛ ۱۱۶ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین چهارم؛ ۱۴۴ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر: چین اول؛ ۹۵ روز پس از کاشت (مرحله رویشی) و چین دوم؛ ۱۳۷ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی). ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر: ۱۳۶ روز پس از کاشت (پایان مرحله رویشی).
۲. پتانسیل گاز تولیدی (میلی‌لیتر در گرم ماده خشک)، ۳. ثابت نرخ تولید گاز (h^{-1})، ۴. فاز تأخیر (ساعت).

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مطالعه حاضر نشان داد که با وجود کیفیت بالاتر علف نپیر با کوتاه‌کردن فواصل برداشت در مراحل اولیه رشد و ارتفاع کم‌تر، عملکرد ماده آلی و ماده خشک قابل هضم به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت. بنابراین، در شرایط مشابه اجرای این مطالعه پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به بیش‌ترین عملکرد تولید ماده آلی و ماده خشک قابل هضم در هکتار، علف نپیر بدون چین اضافی و در پایان مرحله رویشی (۱۳۶ روز پس از کاشت با ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر) برداشت شود.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

طاهرآبادی، لیلا و کفیل‌زاده، فرخ (۱۴۰۲). ارزش غذایی علف نپیر در مراحل مختلف رشد. *تولیدات دامی*، ۲۵ (۱)، ۸۳-۹۱.

References

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

Cook, B. G., Pengelly, B. C., Brown, S. D., Donnelly, J. L., Eagles, D. A., Franco, M. A., Hanson, J., Mullen, B. F., Partridge, I. J., Peters, M., & Schultze-Kraft, R. (2005). Tropical forages: an interactive selection tool. Tropical Forages: an interactive selection tool.

Huhtanen, P., Seppala, A., Ahvenjarvi, S., & 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(10), 2657-2669.

Ishrath, P. K., Thomas, U. C., & Dhanya, G. (2018). Effect of cutting intervals on yield and quality fodder production in hybrid napier. *Forage Research*, *44*(2), 137-140.

Manyawu, G. J., Chakoma, C., Sibanda, S., Mutisi, C., & Chakoma, I. C. (2003). The effect of harvesting interval on herbage yield and nutritive value of Napier grass and hybrid Pennisetums. *Asian-australasian journal of animal sciences*, *16*(7), 996-1002.

Magcale-Macandog, D. B., Predo, C. D., Menz, K. M., & Predo, A. D. (1998). Napier grass strips and livestock: a bioeconomic analysis. *Agroforestry Systems*, *40*, 41-58.

McDonald, I. M. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, *96*(1), 251-252.

McDougall, E. I. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical journal*, *43*(1), 99.

Minson, D. J. (1984). Digestibility and voluntary intake by sheep of five Digitaria species. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *24*(127), 494-500.

Mutimura, M., Ebong, C., Rao, I. M., & Nsahlai, I. V. (2015). Nutritional values of available ruminant feed resources in smallholder dairy farms in Rwanda. *Tropical animal health and production*, *47*, 1131-1137.

Muia, J. M., Tamminga, S., Mbugua, P. N., & Kariuki, J. N. (1999). Optimal stage of maturity for feeding napier grass (*Pennistetum purpureum*) to dairy cows in Kenya.

Negawo, A. T., Teshome, A., Kumar, A., Hanson, J., & Jones, C. S. (2017). Opportunities for Napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. *Agronomy*, *7*(2), 28.

Queiroz Filho, J. L. D., Silva, D. S. D., & Nascimento, I. S. D. (2000). Dry matter production and quality of elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo at different cutting ages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *29*, 69-74.

Rusdy, M. (2016). Elephant grass as forage for ruminant animals. *Livestock Research for Rural Development*, *28*(4), 1-6.

Rambau, M. D., Fushai, F., & Baloyi, J. J. (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.

Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Pripanapong, P., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G., & Tudsri, S. (2011). Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach) cultivars as bioenergy crops in Thailand. *Grassland science*, *57*(3), 135-141.

Sunusi, A. A., Ito, K., Tanaka, S., Ishii, Y., Ueno, M., & Miyagi, E. (1997). Yield and digestibility of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach) as affected by the level of manure input and the cutting interval. *Japanese Journal of Grassland Science*, *43*(3), 209-217.

Taherabadi, L., & Kafilzadeh, F. (2023). Nutritive value of Napier grass at different growth stages. *Animal Production*, *25*(1), 83-91. (In Persian).

Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B., & 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.

Tilley, J. M. A., & Terry, D. R. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, *18*(2), 104-111.

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, *74*(10), 3583-3597.

Wang, S. M., Chen, C. S., Chen, W., Yan, S. F., & Cheng, Y. K. (2003). The contents of crude protein, acid-detergent fiber and neutral-detergent fiber in Napiergrass affected by cutting intervals, seasons and locations. *Journal of Taiwan Livestock Research*, *36*(4), 357-368.

Wangchuk, K., Rai, K., Nirola, H., Dendup, C., & Mongar, D. (2015). Forage growth, yield and quality responses of Napier hybrid grass cultivars to three cutting intervals in the Himalayan foothills. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, *3*(3), 142-150.

Zailan, M. Z., Yaakub, H., & Jusoh, S. (2016). Yield and nutritive value of four Napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars at different harvesting ages. *Agriculture and Biology Journal of North America*, *7*(5), 213-219.

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.