Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Comparison of Yield and Forage Nutritive Value of Six Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Lines at Different Harvest Stages

Mahdi Khosrowshi[1], Mohammad Kafi[2*], Masoumeh Salehi[3], Seyyed Hadi Ebrahimi[4]

[1] Master's student, Department of agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Email:mahdi.khosrowshiri@mail.um.ac.ir
[2] Corresponding author, Professor, Department of agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Email: m.kafi@um.ac.ir
[3] Assistant Professor, National Salinity Research Center, Yazd, Iran. Email: salehimasomeh@gmail.com
[4] Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Email: shebrahimi@um.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-11-26
Accepted: 2025-2-26

Keywords:
Acid detergent fiber
Crude protein
Flowering stage
Neutral detergent fiber
Superior quinoa lines

ABSTRACT

Background and Objectives: Khorasan Razavi province, one of the main livestock production hubs, is currently facing a shortage of bulky forage, and its water and soil resources are increasingly becoming saline. The primary goal of this study was to select superior quinoa lines with higher production capacity and favorable quality traits and to investigate the potential for cultivating forage quinoa lines adapted to the climatic conditions of the region.

Materials and Methods: This study was conducted during the 2022-2023 growing season at the Salinity Research farm of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The experiment was carried out in a split-plot arrangement within a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Six superior quinoa lines, selected from forage quinoa evaluation trials at the National Salinity Research Center of Yazd, including NSRCQF1 (line one), NSRCQF3 (line two), NSRCQF5 (line three), NSRCQF7 (line four), NSRCQF8 (line five), and NSRCQF11 (line six), were assigned to the main plots. Three harvest stages, including the early flowering, end of flowering, and dough grain stages, were assigned to the subplots. Forage was randomly harvested from each subplot over an area of one square meter, and agronomic traits such as fresh weight, dry weight per plant, dry matter percentage, leaf weight, stem weight, leaf-to-stem ratio, shoot crude protein content, acid detergent fiber and neutral detergent fiber, ash and fresh forage yield were measured.

Results: The results indicated that harvesting at the end of flowering and dough grain stages yielded the highest forage production, which was statistically significant. Harvesting at the beginning of flowering produced the best forage quality in terms of crude protein content (16.89%), showing a statistically significant difference at the 5% probability level compared to other growth stages. Among the six lines evaluated, line NSRCQF3 showed superiority in forage

production, while line NSRCQF11 excelled in forage protein content. The highest fresh forage yield (29 t ha^{-1}) was obtained at the dough grain stage. The highest leaf-to-stem ratio (50%) was achieved at the beginning of flowering, while the lowest ratio (39%) was observed at the dough grain stage.

Conclusion: The results of this study demonstrated that harvesting time significantly affected the quantitative and qualitative performance of quinoa forage. Harvesting at the dough grain stage resulted in high forage yield, while harvesting at the flowering stage maximized crude protein content (16.89%), highlighting the importance of selecting the appropriate harvest time. Among the six lines evaluated, NSRCQF3 showed superiority in forage production, and NSRCQF11 excelled in forage protein content. Based on these findings, quinoa can be utilized as a salt- and drought-tolerant forage crop in saline and arid regions, although research in this area is still in its early stages and requires further extensive studies.

Cite this article: Khosrowshi, M., Kafi, M., Salehi, M., Ebrahimi, S.H. 2025. Comparison of Yield and Forage Nutritive Value of Six Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Lines at Different Harvest Stages. *Crop Production Journal*, 17 (4), 107-124.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2025.23034.2653
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقایسه عملکرد و ارزش تغذیه‌ای علوفه شش لاین کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) در مراحل مختلف برداشت

مهدی خسروشیری[۱]، محمد کافی[۲*]، معصومه صالحی[۳]، سیدهادی ابراهیمی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران. رایانامه: mahdi.khosrowshiri@mail.um.ac.ir

[۲] نویسنده مسئول، استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران. رایانامه: m.kafi@um.ac.ir

[۳] استادیار، مرکزملی تحقیقات شوری، یزد، ایران. رایانامه: salehimasomeh@gmail.com

[۴] استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران. رایانامه: shebrahimi@um.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۶
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۱۲/۸

واژه‌های کلیدی:
ارقام برتر کینوا
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی
الیاف نامحلول در شوینده خنثی
پروتئین خام
مرحله گلدهی

چکیده

سابقه و هدف: استان خراسان رضوی یکی از قطب‌های اصلی پرورش دام‌های اهلی بوده که در حال حاضر با کمبود علوفه حجیم مواجه و منابع آب‌وخاک آن نیز در حال شور شدن می‌باشد. هدف اصلی از اجرای این آزمایش انتخاب لاین‌های برتر با تولید بیشتر و ویژگی‌های مناسب و بررسی امکان توسعه کشت ارقام کینوای علوفه‌ای سازگار با شرایط آب‌وهوایی منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقات شوری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تعداد شش لاین برتر کینوا حاصل از آزمایشات ارزیابی کینوای علوفه‌ای مرکز ملی تحقیقات شوری یزد شامل لاین‌های (یک) NSRCQF1، (دو) NSRCQF3، (سه) NSRCQF5، (چهار) NSRCQF7، (پنج) NSRCQF8 و (شش) NSRCQF11 در کرت‌های اصلی و سه مرحله برداشت شامل آغاز گلدهی، پایان گلدهی و مرحلهٔ خمیری دانه در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. برداشت علوفه به‌صورت تصادفی از هر کرت در سطح یک مترمربع انجام و صفات؛ وزن تر، وزن خشک بوته، درصد ماده خشک، وزن برگ، وزن ساقه، نسبت وزن برگ به ساقه، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی، خاکستر، پروتئین خام و عملکرد علوفه تر اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که برداشت در مرحلهٔ پایان گلدهی و خمیری دانه بالاترین عملکرد علوفه را داشت که از نظر آماری معنی‌دار بود؛ برداشت در مرحله آغاز گلدهی بهترین کیفیت علوفه را از نظر میزان پروتئین خام (۱۶/۸۹درصد) تولید کرد که از نظر آماری نسبت به سایر مراحل رشد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد نشان داد. همچنین در بین شش لاین مورد بررسی، لاین NSRCQF3 در تولید علوفه و لاین NSRCQF11 در محتوای پروتئین علوفه، برتری نشان دادند. بیشترین عملکرد علوفه تازه در مرحلهٔ خمیری دانه (۲۹ تن در

هکتار) به دست آمد. بیشترین نسبت برگ به ساقه از برداشت در مرحلهٔ آغاز گلدهی (۵۰ درصد) و کمترین نسبت از برداشت در مرحلهٔ خمیری شدن دانه (۳۹ درصد) به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که زمان برداشت تأثیر چشمگیری بر عملکرد کمی و کیفی علوفه کینوا دارد. برداشت در مرحله خمیری دانه با عملکرد بالای علوفه و برداشت در مرحله گلدهی با حداکثر محتوای پروتئین خام (۱۶٫۸۹ درصد) از جمله یافته‌های کلیدی بود که بیانگر اهمیت انتخاب زمان مناسب برداشت است. همچنین در بین شش لاین مورد بررسی، لاین NSRCQF3 در تولید علوفه و لاین NSRCQF11 در محتوای پروتئین علوفه برتری نشان دادند. بر اساس این نتایج، کینوا می‌تواند به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای متحمل در مناطق شور و خشک مورد استفاده قرار گیرد هر چند تحقیقات در این زمینه هنوز در ابتدای راه است و نیاز به مطالعات گسترده‌ای در این زمینه می‌باشد.

استناد: خسروشیری، مهدی؛ کافی، محمد؛ صالحی، معصومه؛ ابراهیمی، سیدهادی. (۱۴۰۳). مقایسه عملکرد و ارزش تغذیه‌ای علوفه شش لاین کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) در مراحل مختلف برداشت. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۴)، ۱۲۴-۱۰۷.

DOI: 10.22069/ejcp.2025.23034.2653

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گیاه کینوا[1] از خانواده تاج‌خروس[2] یک گیاه زراعی متحمل به تنش‌های محیطی است که بومی فلات آند آمریکای جنوبی می‌باشد (۱). این گیاه در خاک‌های شور و با بارندگی ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر رشد خوبی دارد، که نشان‌دهنده‌ی تحمل بالای آن به کم‌آبی و شوری خاک است (۲). کینوا بیشتر برای تولید دانه کشت می‌شود، اما می‌توان از آن به‌عنوان علوفه حجیم در تغذیه‌ی نشخوارکنندگان و دام‌های تک‌معده‌ای هم استفاده کرد (۱). کشت کینوا در طول دوره کمبود علوفه، به‌ویژه در مناطق تحت‌تأثیر خشک‌سالی و همچنین در زمین‌های غیر حاصلخیز، می‌تواند توجیه اقتصادی مناسبی داشته باشد (۳). ویژگی‌های ذکر شده، کینوا را به یک محصول استراتژیک برای تأمین تغذیه انسان و دام و ایفای نقش در تامین امنیت غذایی در مواجهه با تغییرات آب‌وهوایی، به‌ویژه افزایش شوری و خشکی در سراسر جهان تبدیل می‌کند.

کینوا به عنوان یک منبع غذایی با ارزش و غنی برای انسان شناخته شده است، اما بررسی‌های محدودی در مورد قابلیت استفاده از آن به‌عنوان علوفه دام انجام شده است. در حال حاضر، در ایران، سیلاژ ذرت، یونجه و کاه غلات از رایج‌ترین منابع علوفه‌ای برای تغذیه نشخوارکنندگان محسوب می‌شوند. باوجوداینکه سیلاژ ذرت از نظر تولید انرژی علوفه‌ای پرکاربرد است، اما به دلیل میزان پروتئین پایین، اغلب نیاز دارد که در ترکیب با منابع پروتئینی مانند یونجه قرار بگیرد تا نیازهای تغذیه‌ای دام به طور کامل تأمین شود. این موضوع، ضرورت بررسی و توسعه جایگزین های جدیدی مانند کینوا را برای تأمین علوفه باکیفیت و متعادل نشان می دهد (۴). نتایج پژوهش شاه و همکاران (۲۰۲۰) در مورد ویژگی‌های کیفی درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای کینوا نشان داد که این گیاه می‌تواند به‌عنوان یک منبع باکیفیت در خوراک دام باشد (۵). عوامل مختلفی مانند ژنوتیپ، مرحله رشد و روش‌های مدیریتی برای تعیین کیفیت علوفه دخیل هستند (۶). یافته‌های کوی و همکاران (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که تفاوت‌های قابل‌توجهی در تمامی صفات اندازه‌گیری شده، از جمله صفات زراعی، کیفیت تغذیه‌ای، ارتفاع برداشت و ژنوتیپ‌های مختلف کینوا وجود دارد (۷). عملکرد و کیفیت علوفه بسیاری از گیاهان علوفه‌ای بسته به مرحله برداشت بسیار متفاوت است (۸). بررسی ۱۵ ژنوتیپ کینوا در پرو نشان داد که آبیاری با آب شور باعث کاهش ارتفاع برخی ژنوتیپ‌ها شد، اما روی برخی دیگر تأثیر معنی‌داری نداشت (۹). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که وقتی علوفه کینوا در زمان مناسب برداشت می‌شود، حاوی مواد مغذی بیش‌تری می‌باشد (۱). گزارش شده است که برداشت کینوا در زمان گلدهی می‌تواند برای تغذیه دام‌ها مناسب‌تر باشد؛ زیرا علوفه حاوی فیبر کم‌تر و پروتئین بالاتری می‌باشد (۱۰). بیش‌ترین میزان پروتئین خام در بین مراحل برداشت در مرحله گلدهی (۱۲/۷۲ درصد) و کم‌ترین مقدار در مرحلهٔ خمیری (۱۰/۱۰ درصد) کینوای علوفه‌ای گزارش شده است (۱۱). گزارش شده است که محتوای پروتئین خام کینوای برداشت شده در مراحل مختلف فنولوژیکی با دیر برداشت‌کردن گیاهان کاهش‌یافته است (۱۲، ۱۳). لیو و یانگ (۲۰۲۱) نشان دادند که زیست‌توده کینوا در مرحله پر شدن دانه به اوج خود رسیده و سپس کاهش‌یافته است (۱۴).

با توسعه سریع دامداری صنعتی در سرتاسر جهان، تقاضا برای علوفه حجیم باکیفیت بالا جهت تغذیه دام افزایش‌یافته است. بااین‌حال، در محیط‌های نامساعد مانند مناطق تحت تنش خشکی و یا شوری، رشد گیاهان به طور مداوم کاهش‌یافته و تولید علوفه محدود می‌شود. بر اساس تخمین مؤسسه تحقیقات

[1] *Chenopodium quinoa* Willd.
[2] Amaranthaceae

خاک و آب کشور، حدود ۴۴/۵ درصد از اراضی کشاورزی ایران تحت‌تأثیر درجات مختلفی از شوری قرار دارند (۱۵). در حال حاضر گیاهانی که از نظر علوفه‌ای موردتوجه بوده و کشت آن‌ها در بسیاری از مناطق کشور معمول شده عمدتاً گیاهانی هستند که از پتانسیل کمی و کیفی علوفه‌ای مطلوبی برخوردار هستند، ولی درجه تحمل پایینی نسبت به شوری دارند. سورگوم، ذرت، یونجه و جو گیاهان علوفه‌ای هستند که به طور معمول در کشور به‌منظور تولید علوفه کشت می‌شوند. بااین‌حال، مشخص شده است که ذرت علوفه ای دارای ارزش نسبی پروتئینی پایینی است و برای بهبود کیفیت جیره غذایی دام، لازم است با یونجه مخلوط شود. کینوا نسبت به گندم و جو تحمل بالاتری به تنش شوری دارد (۱۶). همچنین کاشت این گیاه در مقایسه با غلات به آب، کود و عملیات زراعی کمتری نیاز دارد (۱۷).

ازآنجا که کینوا یک گیاه زراعی نسبتاً جدید برای کشور ما محسوب می‌شود و سیستم‌های کشاورزی و تنوع اقلیمی ایران به دلیل وسعت جغرافیایی بسیار متنوع است، شناسایی و توسعه ارقام بهینه و سازگار برای کاشت در هر منطقه اهمیت بالایی دارد. خراسان، به‌عنوان یکی از قطب‌های اصلی پرورش دام، با چالش کمبود علوفه حجیم مواجه است و منابع آب وخاک این منطقه نیز به طور فزاینده‌ای در معرض شورشدن هستند. در این پژوهش برای نخستین بار در خراسان رضوی، عملکرد و کیفیت علوفه لاین‌های مختلف کینوا، به‌عنوان یک گیاه متحمل به شوری، در مراحل مختلف برداشت مطالعه شده است. تاکنون مطالعاتی در برخی از مناطق ایران نظیر یزد، کرمان، گلستان بر روی لاین های خاص کینوا انجام شده که نتایج امیدوارکننده‌ای به‌ویژه در شرایط آبیاری با آب‌شور به همراه داشته‌اند (۱۸، ۱۹، ۲۰). این پژوهش به‌طور خاص به بررسی امکان استفاده از کینوای علوفه‌ای در خراسان رضوی می‌پردازد تا قابلیت انطباق این گیاه با شرایط منطقه و تأثیر آن بر تأمین علوفه موردنیاز دام‌ها ارزیابی شود.

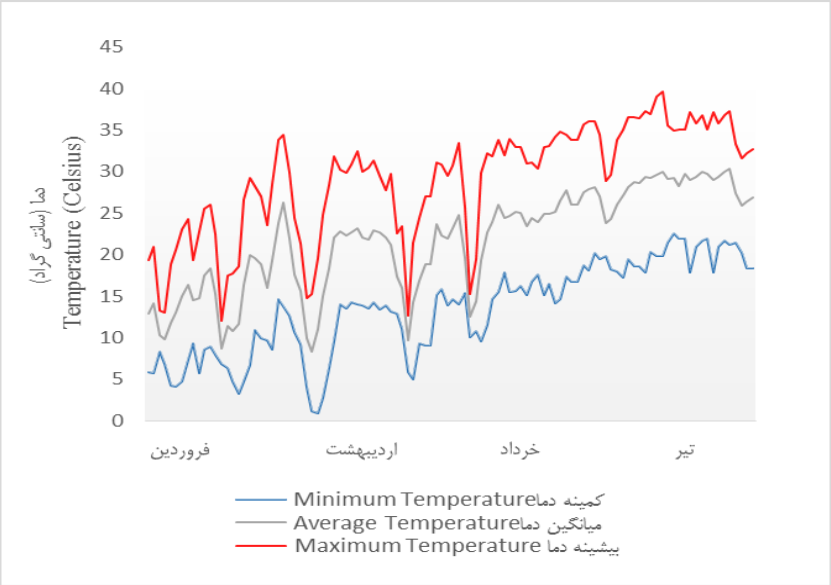
مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقات شوری دانشگاه فردوسی مشهد واقع در مزرعه نمونه آستان قدس رضوی در شرق دشت مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد. مقادیر کمینه، میانگین و بیشینه دما در بازه زمانی فصل رشد به‌صورت گرافیکی نمایش داده شده است (شکل ۱). قبل از کاشت از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Physico- chemical characteristics of soil in the experimental site

رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	کربن آلی C	نیتروژن کل N	فسفر P	پتاسیم K	اسیدیته pH	هدایت‌الکتریکی Electrical Conductivity
(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	-	دسی سیمنس بر متر
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	mg/kg	mg/kg	-	dS/m
13	64	23	0.59	0.058	74.2	206.8	7.83	4.83



شکل ۱- دمای کمینه، بیشینه و میانگین در طول فصل رشد

Figure 1. Minimum, maximum, and average temperatures during the growing season

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تعداد شش لاین برتر کینوا حاصل از آزمایش‌های ارزیابی کینوای علوفه‌ای مرکز ملی تحقیقات شوری یزد شامل لاین‌های (یک) NSRCQF1، (دو) NSRCQF3، (سه) NSRCQF5، (چهار) NSRCQF7، (پنج) NSRCQF8، (شش) NSRCQF11 در کرت‌های اصلی و سه مرحله برداشت در آغاز گلدهی، پایان گلدهی و مرحلهٔ خمیری دانه در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. عملیات آماده‌سازی زمین در اسفند ماه سال ۱۴۰۱ (شامل شخم اولیه، دو مرحله دیسک، تسطیح زمین و ایجاد جوی و پشته با فواصل ۵۵ سانتی‌متر) انجام شد و سپس کرت‌هایی با طول چهار متر و عرض ۳/۳ متر (شامل شش ردیف) ایجاد شد. بین کرت‌ها و بلوک‌ها نیز به‌ترتیب ۰/۵ و ۱/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. کاشت در ۲۹ اسفند ۱۴۰۱ انجام شد. عملیات کاشت با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع انجام گرفت. اولین آبیاری پنج روز پس از کاشت انجام‌شد و سپس در صورت عدم بارندگی هر ده روز یک‌بار به طور منظم ادامه یافت. آبیاری با روش جوی و پشته‌ای صورت گرفت. اسیدیته آب آبیاری ۷/۹۲ و هدایت الکتریکی آن ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. در اواسط دوره رشد کود شیمیایی اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باتوجه‌به نتایج تجزیه خاک هم‌زمان با آبیاری به زمین داده شد. در طی فصل رشد علف‌های هرز به روش دستی وجین شدند.

با رسیدن گیاه به سه مرحله رشدی (ابتدای گلدهی، انتهای گلدهی و مرحلهٔ خمیری دانه) برداشت علوفه به‌صورت تصادفی از هر کرت در سطح یک مترمربع انجام گرفت. برداشت به‌صورت دستی و با داس از پنج سانتی‌متری بالای یقه گیاه انجام شد. پس از آن سطح برگ‌ها اندازه‌گیری و وزن تر تعیین شد و سپس وزن خشک نمونه‌ها بعد از گذاشتن در آون به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. همچنین صفات درصد ماده خشک، وزن برگ، وزن ساقه و همچنین نسبت وزن برگ به ساقه اندازه‌گیری شدند.

پس از خشک‌کردن علوفه جهت اندازه‌گیری صفات کیفی، نمونه‌های خشک شده آسیاب شدند. سپس از الک یک میلی‌متری برای آنالیز شیمیایی عبور داده شدند. میزان نیتروژن نمونه‌ها با روش کجلدال اندازه‌گیری و سپس در ۶/۲۵ ضرب شد تا درصد پروتین به‌دست آید. محتوای خاکستر علوفه با سوزاندن در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت تعیین شد (۲۱). الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد (۲۲). تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های این تحقیق که به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد با استفاده از نرم‌افزار سس (۹,۴) و رویه مدل خطی عمومی انجام شده است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس ارائه شده نشان داد که اثر مرحله برداشت در سطح احتمال یک درصد بر سطح برگ معنی‌دار بود ولی اثر لاین و برهم‌کنش لاین و مراحل مختلف برداشت بر سطح برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جدول ۲- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات صفات زراعی کینوا تحت تاثیر لاین و مرحله برداشت

Table 2. Sources of Variation, Degrees of Freedom, and Mean Squares of Quinoa Agronomic Traits Affected by Line and Harvest Stage

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سطح برگ Leaf Area	وزن ساقه Stem Weight	وزن برگ Leaf Weight	نسبت وزن برگ به ساقه Leaf/stem	ماده خشک Dry Matter
تکرار Replication	2	91401	682.7	121.4	0.0002	18.29**
لاین line	5	158122^{ns}	899.5^{ns}	112.7 ^{ns}	0.03**	6.41*
خطای الف Error a	10	100603	605.0	86.43	0.001	1.92
مراحل برداشت Cutting stage	2	1657053**	855.2**	18.24^{ns}	0.05**	132.5**
اثر متقابل مرحله برداشت ولاین Cutting stage×line	10	72362 ^{ns}	71.42^{ns}	11.34^{ns}	0.003^{ns}	10.86^{ns}
خطای کل Total Error	24	73977	79.32	15.64	0.003	13.01
ضریب تغییرات (٪) C.V(%)	-	29.71	18.19	18.35	12.21	15.92

*، **و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 5%, 1% levels and non significant based on LSD, respectively.

براساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، بیشترین مقدار سطح برگ گیاه در برداشت در مرحلهٔ پایان گلدهی به میزان ۱۲۶۳ سانتی‌متر مربع در بوته به ثبت رسید که با تیمارهای دیگر از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار داشت. در جایگاه بعدی بیشترین سطح برگ مربوطبه برداشت در مرحله خمیری شدن دانه با مقدار ۷۳۸/۳ سانتی‌متر مربع در بوته بود که از لحاظ آماری با میزان سطح برگ در مرحله آغاز گلدهی با مقدار ۷۰۰/۲ سانتی‌متر مربع در بوته در یک کلاس آماری قرار داشتند. در مورد سطح برگ باید عنوان نمود که افزایش سطح برگ در مرحلهٔ انتهای گلدهی به دلیل این است که در این مرحله گیاه در حداکثر توانایی فتوسنتزی

خود قرار داشت تا انرژی کافی برای تولید و پر کردن دانه‌ها فراهم کند. در کینوا، گسترش سطح برگ تا پایان گل‌دهی ادامه دارد و پس از گلدهی پیری برگ تسریع می‌شود (۲۳) که توجیه کننده کمتر بودن سطح برگ در مراحل انتهایی رشد است. در انتهای گلدهی، گیاه در حداکثر توانایی فتوسنتزی خود است تا انرژی کافی برای تولید دانه‌ها فراهم کند. پس از آن، گیاه به مرحله تولید بذرها وارد می‌شود و نیاز به سطح برگ کاهش می‌یابد.

جدول ۳- مقایسه میانگین سطح برگ در بوته، وزن ساقه در بوته، نسبت وزن برگ به ساقه و ماده خشک کینوا تحت تأثیر لاین و مرحله برداشت

Table 4. Mean Comparison of Leaf Area Per Plant, Stem Weight Per Plant, Leaf/Stem Weight Ratio and Dry matter of Quinoa Affected by Line and Harvest Stage

مراحل برداشت Growing stages	سطح برگ در بوته (سانتی‌متر مربع) Leaf area per plant (cm^2)	وزن ساقه در بوته (گرم) Stem weight per plant (g)	نسبت وزن برگ به ساقه (درصد) Leaf/Stem Weight (%)	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)
آغاز گلدهی Beginning of Flowering	700.2 b	41.98c	50 a	19.66 b
پایان گلدهی End of Flowering	1263a	49.15b	46 a	23.34 a
خمیری شدن دانه Dough Stage	783.4 b	55.75a	39 b	24.95 a
حداقل اختلاف معنی‌دار LSD	187.1	6.12	0.03	2.48

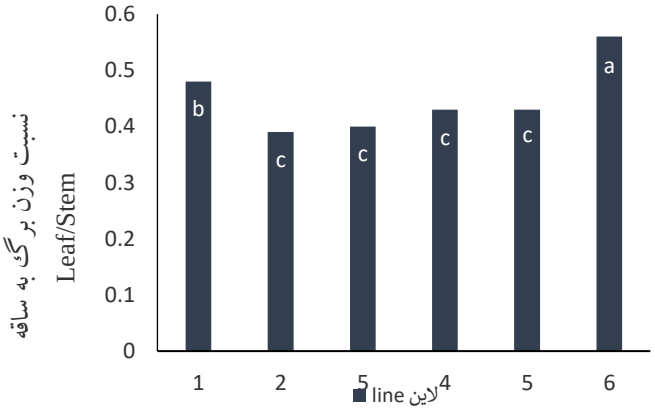
حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Different letters in each column indicate significant differences at the 5% probability level

وزن ساقه و برگ: نتایج تحلیل واریانس نشان داد که مرحله برداشت تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر وزن ساقه داشت. ولی اثرات لاین و برهم‌کنش لاین و مرحله برداشت بر وزن ساقه معنی‌دار نبود. همچنین در مورد وزن برگ هیچ‌کدام از متغیرها بر روی آن اثر معنی‌دار نداشتند (جدول ۲). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین مقدار وزن ساقه در برداشت در مرحلهٔ خمیری شدن دانه به میزان ۵۵/۵۷ گرم در بوته به ثبت رسید که با تیمارهای دیگر از لحاظ آماری معنی‌دار بود. در جایگاه بعدی بیشترین وزن ساقه مربوطبه برداشت در مرحله پایان گلدهی با مقدار۴۹/۱۵ گرم در بوته بود و در نهایت کمترین آن در برداشت در مرحله ابتدای گلدهی به میزان ۴۱/۹۸ سانتی‌متر ثبت شد که این تفاوت‌ها با تیمارهای دیگر معنی‌دار و قابل‌توجه بود. وزن ساقه همبستگی منفی و معنی‌داری با نسبت وزن برگ به ساقه و درصد پروتئین و همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد علوفه تر داشت (جدول ۶).

نسبت وزن برگ به ساقه: نسبت وزن برگ به ساقه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر لاین و مرحله برداشت قرار گرفت، اما اثر متقابل لاین‌ها و مرحله برداشت بر نسبت وزن برگ به ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۲). طبق جدول مقایسه میانگین، بیشترین نسبت وزن برگ به ساقه در مرحله آغاز گلدهی مشاهده شد که ۵۰ درصد بود و از نظر آماری تفاوت معنی داری با مرحله انتهای گلدهی که مقدار آن ۴۶ درصد است، نداشت. کمترین نسبت وزن برگ به ساقه در مرحله خمیری شدن دانه به میزان ۳۹ درصد

ثبت شد که به‌طور معنی‌داری با دو مرحله دیگر برداشت متفاوت بود (جدول ۳). از نظر تأثیر لاین ها، مقایسه میانگین ها نشان داد که لاین شش با نسبت ۵۶ درصد بیشترین مقدار نسبت وزن برگ به ساقه را دارد و پس از آن، لاین یک با ۴۸ درصد در جایگاه دوم قرار می‌گیرد. این دو لاین به‌طور معنی‌داری از لاین های دو، سه، چهار و پنج که در یک کلاس آماری قرار داشتند، متمایز بودند (شکل۲).



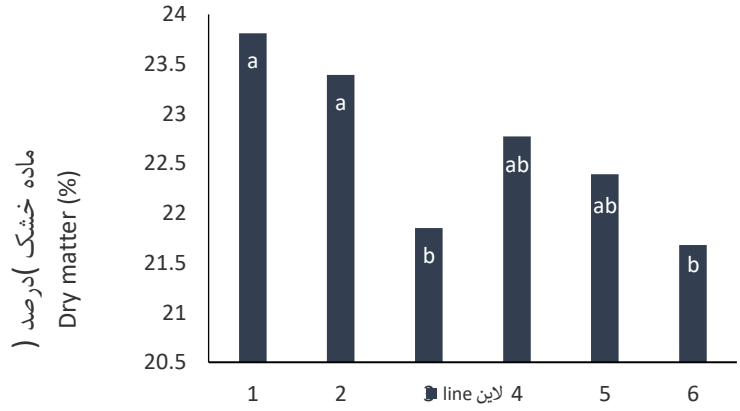
شکل۲- مقایسه میانگین نسبت وزن برگ به ساقه لاین‌ها

Figure 2. Mean comparison of leaf/stem ratio of lines

در مطالعه ای که توسط جیکوبسن و همکاران (۱۹۹۴) انجام شد، نشان داده شد که در مرحله اولیه رشد کینوا، نسبت وزن برگ به ساقه حدود ۲/۵ تا ۳ است (۲۴). با ادامه رشد و ظهور ساقه‌ها و اندام های دیگر در کینوا، این نسبت کاهش می‌یابد. جیکوبسن و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که در مراحل میانی رشد، این نسبت به حدود ۱/۵ تا ۲ می‌رسد. این نشان می‌دهد که در این مرحله، گیاه کینوا تمرکز بیشتری بر تولید و رشد برگ‌ها دارد. در مطالعه ای دیگر، پولونتو و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که در مراحل پایانی رشد کینوا، نسبت وزن برگ به ساقه کاهش می‌یابد (۲۵). این نشان می‌دهد که در این مرحله، وزن ساقه نسبت به برگ‌ها افزایش می‌یابد. برداشت در مرحله گلدهی، به‌دلیل اینکه گیاه تا این مرحله تمام انرژی خود را بر توسعه بخش‌های رویشی (شامل برگ و ساقه) متمرکز کرده است بیشترین میزان پر برگی و نسبت برگ به ساقه وجود دارد ولی با شروع مرحله زایشی تسهیم مواد مغذی به سمت دانه‌ها تمایل پیدا می‌کند و بعضی از برگ‌های گیاه به‌دلیل پیری ریزش می‌کنند و نسبت برگ به ساقه در مرحله خمیری شدن دانه کاهش پیدا می‌کند. باتوجه‌به (جدول ۶)، نسبت وزن برگ به ساقه با وزن برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت وزن ساقه همبستگی منفی و معنی‌دار دارد.

درصد ماده خشک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد ماده خشک در سطح احتمال پنج و یک درصد تحت تأثیر لاین و مرحله برداشت قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین درصد ماده خشک مربوط به برداشت در مرحله خمیری شدن دانه با ۲۴/۹۵ درصد بود و پس از آن مرحله پایان گلدهی با ۲۳/۳۴ درصد در جایگاه بعدی قرار گرفت که هر دو این مراحل در یک کلاس آماری قرار گرفتند و به‌طور معنی داری با

درصد ماده خشک در مرحله آغاز گلدهی با ۱۹/۶۶ درصد تفاوت نشان دادند (جدول ۳). در بررسی اثر لاین‌ها و بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین درصد ماده خشک مربوط‌به لاین‌های یک و دو بود که هر دو با مقادیر ۲۳/۸۱ و ۲۳/۳۹ درصد، در یک کلاس آماری قرار گرفتند. این دو لاین تنها با لاین های سه و شش که کمترین درصد ماده خشک را به‌ترتیب با مقادیر ۲۱/۸۵ و ۲۱/۶۸ درصد داشتند، تفاوت معنی‌دار نشان دادند و بین سایر لاین‌ها تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۳).



شکل۳- مقایسه میانگین ماده خشک لاین‌ها

Figure 3. Mean comparison of lines dry matter

نتایج این آزمایش در مورد درصد ماده خشک علوفه نشان داد که لاین شش کمترین ماده خشک را تولید کرد. از آنجایی که نسبت برگ به ساقه در لاین شش بیشتر از دیگر لاین‌ها بود این نتیجه قابل‌انتظار می‌باشد؛ زیرا برگ‌های کینوا به دلیل داشتن محتوای آب بالاتر و ساختار سلولی آن‌ها که دارای فضای خالی بیشتری هستند، ماده خشک کمتری نسبت به ساقه دارند. تغییر در میزان ماده خشک در بین مراحل رشدی حاصل کاهش رطوبت، تجمع مواد غذایی در دانه‌ها و پیری اندام‌های گیاه است. پیرتی و همکاران (۲۰۱۳) و تمل و یولکو (۲۰۲۰) گزارش کردند که محتوای ماده خشک در مراحل مختلف برداشت کینوا و با تأخیر در زمان برداشت افزایش یافت (۲۷، ۲۶). بیلماز و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که محتویات ماده خشک علوفه کینوا بین ۲۲/۵۷-۳۴/۰۶ درصد در بین مراحل مختلف برداشت متفاوت بود و بیشترین ماده خشک در مرحله خمیری شدن دانه در ژنوتیپ سرخ‌سر بدست آمده است (۱۱). راموس و کروز (۲۰۰۲) گزارش کردند که کینوا حاوی ۱۸/۹ درصد ماده خشک است (۲۸). علاوه بر این، پینکس‌ترهویس و وان شووتن (۲۰۰۳) بیان کردند که درصد ماده خشک کینوا به‌طور معنی‌داری بسته به دوره‌های رشد تغییر می‌کند.که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد (۲۹).

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی: نتایج تحلیل واریانس نشان داد که درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی در مراحل

مختلف برداشت کینوا در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری دارد و همچنین، اثر لاین بر این صفات در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود اما اثر متقابل لاین × مرحله برداشت بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کیفی و علوفه تر کینوا تحت تأثیر لاین و مرحله برداشت

Table 4. Analyses Variation (Mean Squares) of Quality Traits and Fresh Forage of Quinoa Affected by Line and Harvest Stage

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	خاکستر Ash	پروتئین Protein	عملکرد پروتئین Protein Yield	عملکرد علوفه تر Fresh Forage Yield
تکرار Replication	2	27.33	63.58	7.41	14.15	182662	247763132
لاین line	5	53.36*	30.08^{ns}	7.99^{ns}	9.56^{ns}	288354^{ns}	238667039^{ns}
خطای الف Error a	10	12.69	18.03	7.75	5.36	172118	179623809
مراحل برداشت Cutting stage	2	2413**	805.4**	146.9**	153.1**	17028^{ns}	127863105**
اثر متقابل مرحله برداشت ولاین Cutting stage*line	10	31.28^{ns}	7.05^{ns}	4.12^{ns}	4.25^{ns}	66722^{ns}	16209314^{ns}
خطای کل Total Error	24	15.33	13.06	4.70	2.71	36160	21326036
ضریب تغییرات(٪) C.V(%)	-	12.14	7.30	9.39	12.17	16.62	16.53

*، **و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 5%, 1% levels and non significant based on LSD, respectively.

براساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی در مرحله خمیری شدن دانه به ترتیب با مقدار ۳۴/۲۲ و ۴۸/۶۳ درصد به ثبت رسید که از نظر آماری تفاوت معنی‌دار با دیگر تیمارها داشت. مرحله پایان گلدهی با مقدار ۲۸/۴۴ و ۴۵/۵۳ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی در مرتبه بعدی قرار گرفت. کمترین مقدار نیز مربوط به مرحله ابتدای گلدهی به‌ترتیب با ۲۳/۰۲ و ۴۲/۳۰ درصد بود. این تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار و قابل‌توجه ارزیابی شدند (جدول ۵).

لاین یک بیشترین درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با ۳۴/۲۲ درصد و لاین سه کمترین مقدار را با ۲۷/۸۷ درصد داشت. تفاوت بین لاین یک، دو، چهار و شش با لاین سه از لحاظ آماری معنی‌دار بود اما تفاوت معنی‌دار بین دیگر لاین‌ها وجود نداشت (شکل ۴). شاه و همکاران (۲۰۲۰) گزارش دادند که محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه لاین‌های مختلف کینوا به ترتیب از ۱۷/۵ تا ۲۶/۸ درصد و ۲۱/۸ تا ۳۰/۶ درصد متغیر است (۵). نتایج ارایه شده در این تحقیق نیز با

مطالعات محققان دیگـر مطابقـت دارد (۱۲، ۳۰، ۲۶). امـا نتـایج ییلمـاز و همکـاران (۲۰۲۱) نشـان‌دهنـده بیشترین میزان الیاف نـامحلول در شـوینده اسـیدی در مرحله گلدهی است (۱۱). در مرحلـهٔ خمیـری شـدن دانه و مراحل پایانی رشد، گیاه برای محافظت از دانـه و استحکام خود موادی مانند لیگنـین و سـلولز تولیـد می‌کند که لیگنین از اجزای اصلی الیـاف نـامحلول در شوینده اسیدی می‌باشد (۲۷).

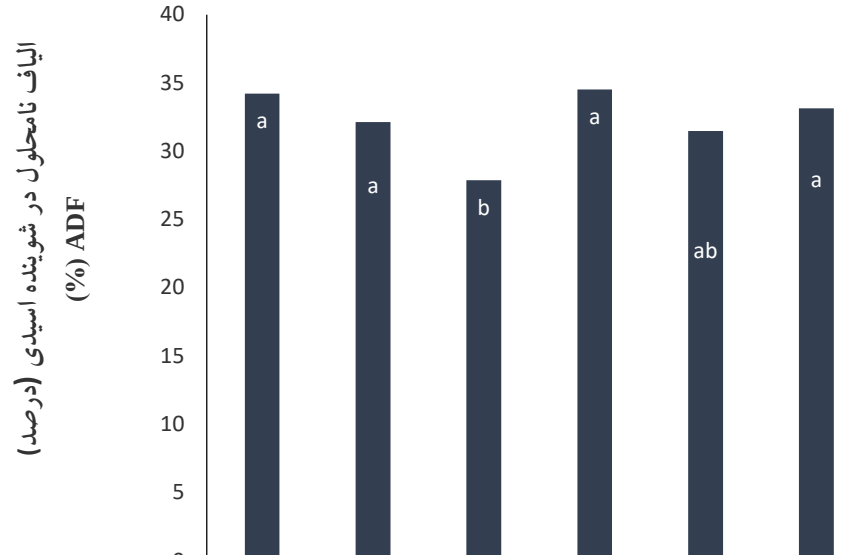
جدول ۵- مقایسه میانگین صفات کیفی و عملکرد علوفه تر تحت تأثیر مرحله برداشت

Table 5. Mean Comparison of Quinoa Qulity Traits and Fresh Forage Yield Affected by Harvest Stage

مراحل برداشت Growing stages	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی(درصد) ADF (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد) NDF (%)	خاکستر(درصد) Ash (%)	پروتئین(درصد) Protein (%)	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh Forage Yield(kg/ha)
آغاز گلدهی Beginning of Flowering	23.02^{c}	42.30^{c}	26.36^{a}	16.89^{a}	24845^{b}
پایان گلدهی End of Flowering	28.44^{b}	45.53^{b}	21.83^{b}	11.89^{b}	28797^{a}
خمیری شدن دانه Dough Stage	34.22^{a}	48.63^{a}	21.08^{b}	11.78^{b}	29919^{a}
حداقل اختلاف معنی‌دار LSD5%	2.69	2.48	1.49	1.13	130.82

حروف متفاوت در هر ستون و هر عامل بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Different letters in each column indicate significant differences at the 5% probability level.



شکل۴- مقایسه میانگین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی لاین‌ها

Figure 4. Mean Comparison of Lines ADF.

همچنین در مرحله گلدهی، نسبت برگ بـه سـاقه بالاتر است زیرا برگ‌ها دارای الیاف کمتری هستند اما ساقه‌ها دارای الیاف بیشتر و حـاوی لیگنـین و سـلولز بیشتری هستند. افـزایش الیـاف نـامحلول در شـوینده

اسیدی در مرحلهٔ خمیری شدن دانه به دلیل تجمع لیگنین و سلولز، کاهش برگ‌ها و پیری بافت‌های گیاه است که موجب لیگنینی‌تر شدن و کاهش هضم‌پذیری علوفه می‌شود. گزارشهایی وجود دارد که با کاهش قطر ساقه و ارتفاع بوته و همچنین افزایش نسبت برگ به ساقه تولید کربوهیدرات های ساختمانی و فیبر گیاه کاهش می‌یابد (۱۹، ۲۷). در مقایسه با ذرت و سورگوم نشان می‌دهد که علوفه کینوا به دلیل داشتن فیبر کمتر از کیفیت بیشتری برای تغذیه دام برخوردار است (۱۹).

خاکستر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد خاکستر در مراحل مختلف برداشت کینوا در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری داشت، اما اثر لاین و اثر متقابل لاین و مرحله برداشت بر درصد خاکستر معنی‌دار نبود (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین درصد خاکستر در آغاز گلدهی با مقدار ۲۶/۳۶ درصد به ثبت رسید. مرحله پایان گلدهی و مرحله خمیری شدن دانه به ترتیب با مقدار ۲۱/۸۳ و ۲۱/۰۸ درصد خاکستر در جایگاه بعدی قرار گرفتند که تفاوت معنی‌داری بین این دو مرحله رشدی از لحاظ درصد خاکستر وجود نداشت.

میزان بالای خاکستر در علوفه کینوا را می‌توان به متابولیسم این گیاه نسبت داد که منجر به جذب کربن بسیار بالا و در نتیجه تجمع مواد معدنی در بافت‌های گیاهی می‌شود. همچنین، جذب کاتیون‌های مختلف و تجمع آن‌ها در گیاه، به‌ویژه در مراحل مختلف فنولوژیکی، بر افزایش میزان خاکستر تأثیرگذار است (۱۱، ۱۴). چاوز و همکاران (۲۰۰۹) محتوای خاکستر کینوا را در مراحل مختلف رشد حدود ۱۵/۷۴ تا ۱۶/۸۳ درصد گزارش کردند. افزایش میزان خاکستر در مطالعه فعلی نسبت به مطالعات قبلی در نتیجه تاثیر شوری و تجمع کاتیون‌ها و آنیون‌های ناخواسته در گیاه است که باعث افزایش تجمع یون‌های سدیم و کلر در گیاه شده و محتوای خاکستر گیاه افزایش پیدا کرده است (۳۱).

پروتئین خام: بر اساس نتایج تجزیه واریانس محتوای پروتئین خام تحت‌تأثیر لاین و اثر متقابل لاین و مرحله برداشت قرار نگرفت؛ اما مرحله برداشت در سطح احتمال یک درصد بر روی آن اثرگذار بود (جدول ۴). با مقایسه نتایج، مشخص می‌شود که میزان پروتئین خام از مرحله ابتدای گلدهی به سمت مرحلهٔ خمیری شدن دانه به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته است. در واقع بیشترین میزان پروتئین در برداشت در مرحله‌ی ابتدای گلدهی (۱۶/۸۹ درصد) و کمترین مقدار در برداشت در مرحلهٔ خمیری شدن دانه (۱۱/۷۸درصد) به دست آمد که از لحاظ آماری با برداشت در مرحله پایان گلدهی با مقدار ۱۱/۸۹ درصد در یک کلاس آماری قرار داشت (جدول ۵). برخی از مطالعات گذشته نشان داده اند که میزان پروتئین خام کینوا با رسیدن به مراحل پایانی رشد و تأخیر در برداشت کاهش می یابد. به عنوان مثال، کارهای تحقیقاتی پژوهشگران قبلی به این موضوع پرداخته و کاهش محتوای پروتئین را در مراحل پایانی رشد تأیید کرده‌اند (۱۲، ۱۳، ۱۴). در مقابل، ییلماز و همکاران (۲۰۲۱) محتوای پروتئین کمتری را برای علوفه کینوا گزارش کردند که نشان دهنده تنوع در نتایج مطالعات مختلف است (۱۱). در نهایت، مطالعات دیگر به وضوح نشان می دهند که کینوا در مقایسه با سایر محصولات علوفه‌ای مانند ذرت علوفه ای و سورگوم، حاوی پروتئین بیشتری است، این ویژگی نشان‌دهنده‌ی پتانسیل بالای کینوا به‌عنوان منبعی غنی از پروتئین برای خوراک دام و تغذیه ی انسان است و آن را به یک گزینه ی غذایی پایدار و مغذی تبدیل می‌کند (۸، ۳۲).

جدول ۶- همبستگی بین صفات مورد بررسی شش لاین کینوا در سه مرحله برداشت

Table 6. Correlation between Traits Studied in Six Quinoa Lines at Three Harvest Stage

	سطح برگ(1) Leaf Area	وزن ساقه(2) Stem Weight	وزن برگ(3) Leaf Weight	نسبت وزن برگ به ساقه(4) Leaf/stem	ماده خشک(5) Dry Matter	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی(6) ADF	الیاف نامحلول در شوینده خنثی(7) NDF	خاکستر(8) Ash	پروتئین(9) Protein	عملکرد علوفه تر(10) Fresh Forage Yield
1	1									
2	-0.40	1								
3	0.33	0.62	1							
4	-0.32	-0.84**	0.93**	1						
5	0.16	0.40	0.08	0.10	1					
6	0.21	-0.06	-0.39	0.23	0.33	1				
7	-0.34	-0.60	-0.11	-0.15	0.59	-0.41	1			
8	-0.29	-0.27	0.05	-0.17	-0.06	0.30	-0.23	1		
9	0.68*	-0.75*	0.72*	0.56	-0.45	-0.04	0.65	0.42	1	
10	0.82*	0.78*	0.99**	0.39	-0.58	0.30	0.86**	-0.39	-0.88**	1

تجزیه همبستگی صفات نشان داد که بین وزن ساقه و درصد پروتئین همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۶) که می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش وزن ساقه، درصد پروتئین در گیاه کاهش پیدا می‌کند. مرحله خمیری شدن به دلیل افزایش وزن ساقه دارای درصد کمتری از پروتئین می‌باشد. همچنین برخلاف وزن ساقه که دارای همبستگی منفی با درصد پروتئین است، وزن برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد پروتئین دارد (جدول ۶) که نشان دهنده میزان بالای پروتئین برگ می‌باشد. کاهش غلظت پروتئین خام در علوفه به زیر شش تا هفت درصد باعث افت غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه به کمتر از ۵ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر می شود. این شرایط نیتروژن کافی برای عملکرد بهینه باکتری‌های شکمبه را فراهم نمی‌کند، که در نتیجه، فرآیند تخمیر میکروبی، سنتز پروتئین‌های میکروبی و جذب ماده خشک دچار اختلال می‌گردد (۳۳) که این امر نشان دهنده اهمیت میزان پروتئین در علوفه می‌باشد. مقایسه کیفیت تغذیه‌ای کینوا و گونه‌های علوفه ای رایج نشان داد که کینوا دارای محتوای فیبر کم (الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی) و محتوای پروتئین خام بالا است (۴).

عملکرد علوفه تر: نتایج تحلیل واریانس نشان داد که مرحله برداشت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد علوفه تر داشتند. ولی اثرات لاین و برهم‌کنش لاین و مرحله برداشت بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار نبود (جدول ۴). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین مقدار عملکرد علوفه تر در برداشت در مرحلهٔ خمیری شدن دانه به میزان ۲۹۹۱۹ کیلوگرم در هکتار به ثبت رسید که از لحاظ آماری با برداشت در مرحله پایان گلدهی در یک کلاس آماری قرار داشت و در نهایت کمترین عملکرد علوفه تر مربوط به برداشت در مرحله آغاز گلدهی با مقدار۲۴۸۵۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با دیگر مراحل رشدی داشت (جدول ۵). مطابق جداول همبستگی، صفاتی که بیشترین همبستگی را با عملکرد علوفه را دارند شامل؛ سطح برگ، وزن ساقه و وزن برگ می‌باشند که با تمام این صفات همبستگی مثبتی

دارد. در مرحله گلدهی، کینوا ۷/۰ تن در هکتار علوفه خشک با ۱۶٪ پروتئین خام تولید کرد (۱۴). برخی مطالعات عملکرد بالاتری را برای علوفه کینوا گزارش کردند (۱۱) که باتوجه‌به تفاوت لاین‌ها و شرایط متفاوت آب‌وهوایی قابل‌انتظار است.

نتیجه‌گیری کلی

از دیدگاه زراعی، تنوع در صفات عملکرد کمی و کیفیت کینوا فرصتی ارزشمند برای انتخاب و توسعه لاین‌های پربازده و سازگار فراهم می‌کند. لاین‌هایی با سطح برگ و وزن بیشتر برگ، پتانسیل بالایی برای تولید علوفه‌ای باکیفیت داشتند. هرچند نتایج آماری این پژوهش تفاوت معنی‌داری در برخی صفات نشان نداد، اما بر اساس مشاهدات عینی در مزرعه، لاین شش بیشترین نسبت برگ به ساقه (۵۶ درصد)، بالاترین میزان پروتئین (۱۵/۲۵ درصد)، و کیفیت علوفه برتر را نشان داد. از سوی دیگر، لاین سه با وزن ساقه بیشتر و ارتفاع متوسط، پتانسیل بیشتری برای تولید زیست‌توده علوفه نشان داد. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که برداشت در مرحله گلدهی به دلیل کیفیت بالاتر علوفه مطلوب‌تر است، در حالی که برداشت در مرحله خمیری شدن دانه، از نظر کمّی عملکرد بهتری داشت. این یافته‌ها بر اهمیت زمان‌بندی مناسب برداشت به‌عنوان یک عامل کلیدی در بهبود عملکرد و کیفیت علوفه کینوا تأکید می‌کند. علاوه بر این، شرایط آب‌وهوایی و مدیریت زراعی در مراحل مختلف رشد تأثیر قابل‌توجهی بر صفات زراعی و کیفی این گیاه دارند. شایان‌ذکر است که حداقل ۱۱ درصد محتوای پروتئین در تمام مراحل برداشت و در تمامی لاین‌ها ثبت شد، که نشان‌دهنده پتانسیل کینوا به‌عنوان یک منبع جایگزین مناسب برای تأمین علوفه با کیفیت در استان خراسان رضوی است. با این حال، مطالعات بیشتری برای مقایسه عملکرد و کیفیت علوفه کینوا با سایر گیاهان علوفه‌ای در شرایط کشت یکسان مورد نیاز است. این امر می‌تواند به درک بهتر ظرفیت این گیاه در پاسخ به نیازهای زراعی و تغذیه‌ای کمک کند.

References

1. FAO & CIRAD. (2015). State of the art report on quinoa around the world in 2013 (D. Bazile, D. Bertero, & C. Nieto, Eds.). Rome: FAO.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011). Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security. Santiago, Chile: Regional Office for Latin America and the *Caribbean.*
3. Salama, R., Yacout, M., Elgzar, M., & Awad, A. (2021). nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) crop as unconventional forage resource in feeding ruminants. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, *24*(1), 77-84.
4. Najafinezhad, H., Javaheri, M. A., Koohi, N., & Shakeri, P. (2019). Forage yield and quality and water productivity of kochia, millet, sorghum and maize under water deficit stress conditions. *Seed and plant production journal*, 35(2), 261-283.
5. Shah, S. S., Shi, L., Li, Z., Ren, G., Zhou, B., & Qin, P. (2020). Yield, agronomic and forage quality traits of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes in northeast China. *Agronomy*, *10*(12), 1908.
6. Baskota, S., & Islam, A. (2017). Evaluation of forage nutritive value of quinoa cultivars. *Field Days Bulletin, LREC Long Reports*.
7. Cui, H., Yao, Q., Xing, B., Zhou, B., Shah, S. S., & Qin, P. (2024). The performance of agronomic and quality traits of quinoa under different altitudes in northwest of china. *Agronomy*, *14*(6), 1194.

8. Atis, I., Konuskan, O., Duru, M., Gozubenli, H., & Yilmaz, S. (2012). Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, *14*(6), 874-886.
9. Gómez-Pando, L. R., Álvarez-Castro, R., & Eguiluz-De La Barra, A. (2010). Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd.: a promising crop. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(5), 391-396.
10. Tan, M., & Temel, S. (2019). Quinoa in every aspect: importance, use and cultivation. *Ankara, Turkey: IKSAD Publishing House*.
11. Yilmaz, Ş., Ertekin, I., & İbrahim, A. (2021). Forage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes harvested at different cutting stages under Mediterranean conditions. *Turkish Journal Of Field Crops*, *26*(2), 202-209.
12. Üke, Ö., Kale, H., Kaplan, M., & Kamalak, A. (2017). Effects of maturity stages on hay yield and quality, gas and methane production of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, *20*(1), 42-46.
13. Wei, Y., Yang, F., Liu, W., Huang, J., & Jin, Q. (2018). Regulation of nutrient accumulation and distribution in quinoa at different growth stages. *Pratacultural Science*, *35*(7), 1720-1727.
14. Liu, M., Yang, M., & Yang, H. (2021). Biomass production and nutritional characteristics of quinoa subjected to cutting and sowing date in the midwestern China. *Grassland Science*, *67*(3), 215-224.
15. Saadat, S., Rezaei, H., Esmaeilinejad, L., Mirkhani, R. & Bagheri, Y. R. (2023). *Soil Salinity Map of Agricultural Lands in Iran*. Karaj: Soil and Water Research Institute. [In Persian]
16. Salehi, M., & Dehghany, F. (2023). Determination of salinity stress tolerance threshold of quinoa genotypes under field conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 16(4), 1123-1137. [In Persian]
17. Kaya, E., & Aydemir, S. K. (2020). Determining the forage yield, quality and nutritional element contents of quinoa cultivars and correlation analysis on these parameters. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57(2), 311-317.
18. Saberi, A. R., & Kiani, A. (2023). Effects of irrigation intervals and plant density on forage yield and relative water content of quinoa, kochia, and forage sorghum cultivars in Golestan. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 17(1), 56–67. [In Persian]
19. Najafinezhad, H., Shakeri, P., & Amirpour Robat, M. (2021). Effect of planting date and plant density on forage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) varieties in cold temperate region of Kerman Province in Iran. *Seed and Plant Journal*, 36(4), 439- 460. [In Persian]
20. Shakeri, P., Aghashahi, A., Bahrami Yekdangi, M., & Shakeri, A. A. (2024). Evaluation of forage yield and digestibility of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in dry and silage forms. *Journal of Research in Ruminants*, 12(1), 51–68. [In Persian]
21. AOAC (2019) *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21st Edition, AOAC, Washington DC.
22. 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.
23. Ruiz, R. A., & Bertero, H. D. (2008). Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *European Journal of agronomy*, 29(2-3), 144-152.
24. Jacobsen, S. E., Jørgensen, I., & Stølen, O. (1994). Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. *The Journal of Agricultural Science*, 122(1), 47-52.
25. Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., d'Andria, R., Iafelice, G., & Marconi, E. (2010). Field trial evaluation of two chenopodium quinoa genotypes grown under rain-fed conditions in a

typical Mediterranean environment in South Italy. *Journal of agronomy and crop science*, 196(6), 407-411.
26. Peiretti, P., Gai, F., & Tassone, S. (2013). Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and plants at different growth stages. *Animal Feed Science and Technology*, *183*(1-2), 56-61.
27. Temel, S., & Yolcu, S. (2020). The effect of different sowing time and harvesting stages on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Turkish Journal of Field Crops*, 25(1), 41-49.
28. Ramos, N., & Cruz, A. (2002). Evaluation of seven seasonal crops for forage production during the dry season in Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, *36*(3), 271-276.
29. Schooten, H. V., & Pinxterhuis, J. B. (2003). *Quinoa as an alternative forage crop in organic dairy farming*. Research Institute for Animal Husbandry, Lelystad, NL.
30. Çarpıcı, E. B., Erol, S., Aşık, B. B., & Arslan, Ö. (2023). Influences of sowing date and harvest stage on dry matter yield and forage quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Turkish Journal of Field Crops*, 28(1), 26-36.
31. Chaves, M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of botany*, 103(4), 551-560.
32. Kaplan, M., Kara, K., Unlukara, A., Kale, H., Beyzi, S. B., Varol, I., Kizilsimsek, M., & Kamalak, A. (2019). Water deficit and nitrogen affects yield and feed value of sorghum sudangrass silage. *Agricultural Water Management*, *218*, 30-36.
33. Paterson, J., Funston, R., & Cash, D. (2001). Forage quality influences beef cow performance and reproduction. In Intermountain Nutrition Conference Proceedings, *Utah State University Publication*, 169, 101-111.