



## Investigating the Effects of Different Levels of Vermicompost and Irrigation on the Yield and Quality of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Forage

Diba Sheykhi<sup>1</sup> | Gholamreza Heidari<sup>2✉</sup> | Parviz Fathi<sup>3</sup> | Zahed Sharifi<sup>4</sup> | Habib Khodaverdiloo<sup>5</sup>

1. Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran. Email: dibasheykhi@uok.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran. Email: g.heidari@uok.ac.ir
3. Department of Irrigation Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran. Email: p.fathi@uok.ac.ir
4. Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran. Email: z.sharifi@uok.ac.ir
5. Department of Agrology Sciences, Faculty of Agriculture, Urmia University, West Azerbaijan, Iran. Email: h.khodaverdiloo@urmia.ac.ir

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received: September 19, 2022

Received in revised form:

November 01, 2022

Accepted: November 06, 2022

Published online: April 28, 2023

#### Keywords:

Biological yield,  
crude fiber,  
detergent fiber,  
drip irrigation,  
organic fertilizer.

### ABSTRACT

In order to investigate the effect of different levels of vermicomposting and irrigation on the yield and quality of quinoa forage, this experiment was conducted as a split plot based on a randomized complete block design in the research farm of Kurdistan University located in Dehgolan in 1400. The experimental factors included 4 levels of irrigation equal to 50, 75, 100, and 125% of the water requirement of the quinoa plant and the sub-factor included 4 levels of vermicompost fertilizer equal to 0, 5, 10 and 15 tons per hectare respectively. The highest plant height (111.47 cm), grain yield (2374.51 kg/ha), biological yield (5415.84 kg/ha), and digestible dry matter (59.49 %) in the treatment of 125% of plant water requirement and 15 tons per hectare of vermicompost was observed. The highest amount of crude protein of forage (15.71%) forage ash (18.91%) and water use efficiency (0.53 kg/m<sup>3</sup>) was in the treatment of 15 tons of vermicompost per hectare. Therefore, by improving the environmental conditions through the application of vermicompost and the water consumption required by the quinoa plant, its yield and quality can be increased.

**Cite this article:** Sheikhi Sanandaji, D., Heidari, G., Fathi, P., Sharifi, Z., & Khodaverdiloo, H. (2023). Investigating the effects of different levels of vermicompost and irrigation on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) forage. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(2), 15-29 DOI: 10.22059/ijfcs.2022.348816.654942.



© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2022.348816.654942>



## بررسی اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست و آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)

دیبا شیخی سنندجی<sup>۱</sup> | غلامرضا حیدری<sup>۲</sup> | پرویز فتحی<sup>۳</sup> | زاهد شریفی<sup>۴</sup> | حبیب خداوردیلو<sup>۵</sup>

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران. رایانامه: [dibasheykhi@uok.ac.ir](mailto:dibasheykhi@uok.ac.ir)
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران. رایانامه: [g.heidari@uok.ac.ir](mailto:g.heidari@uok.ac.ir)
۳. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران. رایانامه: [p.fathi@uok.ac.ir](mailto:p.fathi@uok.ac.ir)
۴. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران. رایانامه: [z.sharifi@uok.ac.ir](mailto:z.sharifi@uok.ac.ir)
۵. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران. رایانامه: [h.khodaverdiloo@urmia.ac.ir](mailto:h.khodaverdiloo@urmia.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	این آزمایش به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود ورمی کمپوست و آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه کینوا به صورت اسپلیت پلات بر پایه بلوک های کامل تصادفی در سال ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در دهگلان انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح آبیاری به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه کینوا و فاکتور فرعی شامل ۴ سطح کود ورمی کمپوست به ترتیب برابر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار بود. بالاترین ارتفاع بوته (۱۱۱/۴۷ سانتی متر)، عملکرد دانه (۲۳۷۴/۵۱ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد زیستی (۵۴۱۵/۸۴ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک قابل هضم (۵۹/۴۹ درصد) در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد. بالاترین مقدار پروتئین خام علوفه (۱۵/۷۱ درصد)، خاکستر علوفه (۱۸/۹۱ درصد) و کارایی مصرف آب (۰/۵۳ کیلوگرم در متر مکعب) در تیمار ۱۵ تن ورمی کمپوست در هکتار بود. بنابراین با مساعدسازی شرایط محیطی از طریق کاربرد کود ورمی کمپوست و مصرف آب مورد نیاز گیاه کینوا می توان عملکرد و کیفیت محصول آن را افزایش داد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۸	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۰	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱	
کلیدواژه ها: آبیاری قطره ای، الیاف نامحلول، عملکرد زیستی، فیبر خام، کود آلی.	

**استناد:** شیخی سنندجی، د، حیدری، غ، فتحی، پ، شریفی، ز، و خداوردیلو، ح. (۱۴۰۲). بررسی اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست و آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)، *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۴ (۲)، ۱۵-۲۹.

DOI: 10.22059/ijfcs.2022.348816.654942



## ۱. مقدمه

کینوا گیاهی با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd، از زیرخانواده Chenopodiaceae و خانواده Amaranthaceae می‌باشد (Praveen *et al.*, 2018). این گیاه، بومی منطقه آند در بولیوی، پرو و شیلی است که قدمت آن به بیش از ۵۰۰۰ سال می‌رسد (Hemalatha *et al.*, 2018). کینوا گیاهی یک‌ساله و دو لپه دارای دانه‌های گرد و ریز معروف به مادر دانه‌هاست که روی گل-آذین‌های بزرگ خوشه‌ای تشکیل می‌شوند. کینوا گیاهی خودگشن است که دگرگشتی ۱۰ تا ۱۵ درصد هم در آن رخ می‌دهد. این گیاه دارای ریشه‌هایی با نفوذپذیری عمیق، برگ‌های پهن و متناوب و گل‌آذین با رنگ‌های متنوع می‌باشد. دلیل این پدیده ناشی از وجود ترکیب بتاسیانین است. ارتفاع بوته کینوا از ۲۰ تا ۳۰۰ سانتی‌متر متفاوت است. طول دوره رشد آن بسته به رقم و شرایط آب و هوایی محل رشد از ۹۵ تا بیش از ۱۲۵ روز متفاوت است (Rathore & Kumar, 2021). کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد. در این نواحی خشکی و کم‌آبی یک واقعیت اقلیمی مسلم محسوب می‌شود. روند افزایشی تقاضای بخش‌های مختلف به آب در سال‌های آینده، مشکل کمبود آب را تشدید خواهد کرد. مؤسسه بین‌المللی آب (IWMI) گزارش کرده است که کشور ایران برای حفظ وضعیت فعلی خود به لحاظ منابع آبی قابل دسترس، باید تا سال ۲۰۲۵، ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل برداشت کنونی خود اضافه کند (Afshar *et al.*, 2020).

به‌کارگیری سامانه‌های آبیاری با راندمان بالا مانند سیستم آبیاری قطره‌ای، افزایش بهره‌وری آب و اصلاح الگوی کشت و استفاده از گیاهان کم‌مصرف جایگزین از جمله راهکارهای مؤثر در راستای صرفه‌جویی مصرف آب و توسعه پایدار در بخش کشاورزی محسوب می‌شود. امروزه سیستم آبیاری قطره‌ای-نوراری (تیپ) برای آبیاری گیاهان ردیفی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Liu *et al.*, 2018). کودهای شیمیایی رایج‌ترین نوع کودهای مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی می‌باشند. استفاده طولانی‌مدت از این کودها باعث ایجاد مخاطرات زیست‌محیطی، آلودگی آب‌های زیرزمینی و کاهش مقدار ماده آلی خاک خواهد شد. به‌خاطر همین مشکلات، توصیه شده است که کودهای آلی جایگزین کودهای شیمیایی شوند (Adekiya & Agbede, 2017). ورمی کمپوست مجموعه‌ای زیستی فعال از تجمع باکتری‌ها، آنزیم‌ها، کود حیوانی، بقایای گیاهی و پس‌ماندهای کرم خاکی است که طی یک فرآیند غیر حرارتی و هوازی تشکیل می‌شود. ورمی کمپوست علاوه بر تجزیه مواد آلی موجود در خاک، فعالیت‌های میکروبی را در بستر کشت گیاه افزایش می‌دهد. جذب رطوبت، ظرفیت نگهداری آب، تخلخل و قابلیت زهکشی در خاک حاوی ورمی کمپوست بالاست و میزان عناصر غذایی مانند نیترات، فسفر، کلسیم، آهن، منگنز، منیزیم و پتاسیم در فرم قابل جذب برای گیاه را افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر در این نوع کود، فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس برای گیاه بیشتر از سایر کودها است (Jabeen & Ahmad, 2019).

هر چند سرعت رشد کینوا در مراحل اولیه آرام است، اما در ادامه با سرعت رشد بالا و شاخ و برگ انبوهی تولید می‌کند که زیست‌توده علوفه‌ای مناسبی برای شرایط کم‌آبی خواهد بود. به طور سنتی از علوفه خشک کینوا برای خوراک دام استفاده می‌شود و زیست‌توده بوته به‌عنوان علوفه سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد. از بقایای برداشت‌شده آن برای دام استفاده می‌شود. نظر به ارزش غذایی کینوا، ویژگی‌هایی هم‌چون رشد سریع، استفاده کارآمد از آب و پروتئین بالا، امروزه این گیاه به‌عنوان یک محصول علوفه‌ای در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است، اما اطلاعات کمی در مورد کیفیت علوفه آن گزارش شده است (Navruz-Varli & Sanlier, 2016).

کاربرد کمپوست به مقادیر صفر، پنج و ده تن در هکتار به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ۱۱ و ۱۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کود در شرایط تنش کم‌آبی و آبیاری کامل برای گیاه کینوا شد (Hirich *et al.*, 2014). در پژوهشی کیفیت علوفه ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی تحت تیمار ورمی کمپوست مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که بالاترین میزان پروتئین خام، خاکستر، عملکرد کل پروتئین، ماده خشک قابل هضم و میزان انرژی در کاربرد ورمی کمپوست به‌دست آمد (Shakarami *et al.*, 2019). برای تولید علوفه با کمیت و کیفیت بالای کینوا انجام آبیاری در مراحل رشد و تغذیه کافی ضروری

به نظر می‌رسد. باتوجه به این که کینوا تا حدودی مقاوم به شرایط تنش کم‌آبی می‌باشد، در سطوح پایین تنش کیفیت علوفه افت معنی‌داری نداشت (Hosseini *et al.*, 2020). در آزمایش دیگری که روی گیاه اسپرس انجام شد مطلوب‌ترین بوته‌ها از نظر حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی (خوش‌خوراکی) علوفه، از تیمار آبیاری کامل و کاربرد ورمی‌کمپوست به دست آمدند (Karami *et al.*, 2018). در سال‌های اخیر، گیاه کینوا به‌عنوان یک گیاه جدید و جایگزین گیاهان پرآب‌بر، معرفی شده و کشت آن در مناطق دارای محدودیت آب توصیه شده است. مدیریت بهینه آب و کود گیاهان زراعی در سطح مزرعه از مهم‌ترین ضروریات دستیابی به عملکرد مطلوب در سطح مزرعه محسوب می‌شود. در کنار به‌زراعی و به‌نژادی گیاهان علوفه‌ای رایج، شناخت منابع علوفه‌ای جدید برای افزایش تولید و بهبود کیفیت خوراک دام و طیور ضروری به نظر می‌رسد.

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

آزمایش مزرعه‌ای این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در دشت دهگلان انجام شد. مزرعه مذکور در ۴۵ کیلومتری شرق سنندج واقع می‌باشد. این مزرعه در مختصات جغرافیایی ۳۵/۱۸ درجه شمالی و ۴۷/۱۸ درجه شرقی و ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارندگی سالیانه این منطقه برابر ۳۵۰ میلی‌متر بوده و اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه، مدیترانه‌ای و از نوع نیمه‌خشک است. میانگین سالانه دمای حداکثر و حداقل به ترتیب ۲۳ و ۶/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این آزمایش در قالب اسپلیت‌پلات و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی طرح شامل ۴ سطح آبیاری به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه محصول کینوا و فاکتور فرعی شامل ۴ سطح کود ورمی‌کمپوست به ترتیب برابر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار بود. رقم کینوا مورد کشت در این آزمایش، رقم زودرس تیتی‌کاکا (Titicaca) بود. این رقم سازگار با کشت در مناطق کوهستانی می‌باشد. قبل از کاشت و تهیه بستر از شش نقطه محل آزمایش از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد، همچنین ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این آزمایش مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱).

روش آبیاری مورد استفاده در این آزمایش از نوع سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری بود. در این پژوهش دور آبیاری به صورت ثابت و برابر هفت روز در نظر گرفته شد. فاصله نوارهای آبیاری در هر کرت برابر ۵۰ سانتیمتر بود. مقدار آب آبیاری توسط یک کنتور حجمی تعبیه‌شده روی لوله اصلی اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، برای کنترل و تنظیم مقدار آب آبیاری ورودی به هر کرت، شیرهای قطع و وصل در ابتدای لوله لاترال نصب شد. قطر لوله اصلی، آبرسان و نوارهای آبیاری به ترتیب برابر ۵۶، ۳۲ و ۱۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. در این پژوهش برای تعیین عمق آب آبیاری از روش بیلان رطوبتی خاک (Xu *et al.*, 2016) استفاده شد. برای این منظور، قبل از هر آبیاری و به روش وزنی درصد رطوبت حجمی خاک اندازه‌گیری شد. درصد حجمی رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی نیز در مزرعه و با احداث کرتی به مساحت یک متر مربع اندازه‌گیری شد (Daillo & Marico, 2013). در پایان دوره رشد با حذف اثر حاشیه دو متر مربع از هر کرت، اندام هوایی به‌منظور به‌دست‌آوردن عملکرد زیستی و عملکرد دانه برداشت شد. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد از هر کرت ده بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شده و صفات ارتفاع بوته (سانتی‌متر) و وزن دانه از ده بوته اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها گزارش شد. ارتفاع بوته به‌وسیله خط کش و وزن دانه با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، پنج نمونه ۱۰۰ تایی از دانه‌ها برای هر کرت با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. صفات مربوط به کیفیت علوفه شامل خاکستر علوفه (Van *et al.*, 1991)، درصد پروتئین خام علوفه<sup>۲</sup> با استفاده از دستگاه کج‌لدال (Nelson & Sommers, 1973)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی<sup>۳</sup> (Van *et al.*, 1991)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی<sup>۴</sup>

1. ASH

2. CP (Crude Protein)

3. NDF (Natural Detergent Fiber)

4. ADF (Acid Detergent Fiber)

(AOAC, 1999)، فیبر خام<sup>۱</sup> (AOAC, 1999)، کربوهیدرات‌های محلول در آب<sup>۲</sup> (AOAC, 1999)، ماده خشک قابل هضم<sup>۳</sup> (AOAC, 1999) و کارایی مصرف آب با استفاده از معادله (۱) (Xu et al., 2016) اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار SAS 9.1 و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD استفاده شد. همچنین رسم نمودارها با استفاده از صفحه گسترده Excel انجام شد.

$$WUE_i = \frac{DM_i}{I_i} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن  $WUE_i$ : کارایی مصرف آب در تیمار  $i$  ام بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب،  $DM_i$ : میزان ماده خشک تولیدشده در تیمار  $i$  بر حسب کیلوگرم در هکتار و  $I_i$ : مقدار کل آبیاری در فصل رشد بر حسب متر مکعب می‌باشد.

جدول ۱. ویژگی‌های خاک و ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Specifications	Unit	Soil (0-30)	Soil (0-60)	Vermicompost
Texture	-	clay loam	clay	-
Sand	%	42.84	37.55	-
Clay	%	41.28	32.24	-
Sand	%	15.88	40.21	-
Field capacity	%	35	34	-
Electrical conductivity	ds/m <sup>-1</sup>	0.49	0.52	1.12
pH	-	7.62	7.83	7.95
Nitrogen	%	0.08	0.05	0.9
Available potassium	p.p.m	320	309	1.52
Available iron	p.p.m	2.2	2.4	0.55
Available Phosphorus	p.p.m	13.5	15.5	0.76
Organic carbon	%	0.76	0.74	16.69
Lime	%	0.89	1.16	-

### ۳. یافته‌های پژوهش و بحث

اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، لیاف نامحلول در شوینده خنثی، لیاف نامحلول در شوینده اسیدی، فیبر خام، کربوهیدرات محلول و ماده خشک قابل هضم معنی‌دار بود. اثر ساده ورمی کمپوست بر خاکستر علوفه معنی‌دار شد. همچنین کارایی مصرف آب و پروتئین خام علوفه تحت تأثیر اثرات مستقل سطوح آبیاری و ورمی کمپوست معنی‌دار شد (جدول ۲ و ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس تاثیر کاربرد ورمی کمپوست و آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

MS					
SOV	df	Plant height	Biological yield	Seed yield	WUE
Replication	2	17.54 <sup>ns</sup>	206634.36 <sup>ns</sup>	8924.86 <sup>ns</sup>	0.0025 <sup>ns</sup>
Irrigation (I)	3	1481.27 <sup>**</sup>	1643836.52 <sup>**</sup>	3019995.32 <sup>**</sup>	0.02927 <sup>**</sup>
Error 1	6	19.18	58546.68	9602.69	0.0013
Vermicompost (V)	3	847.17 <sup>**</sup>	1046225.31 <sup>**</sup>	223492.28 <sup>**</sup>	0.0357 <sup>**</sup>
I × V	9	76.37 <sup>**</sup>	129455.31 <sup>**</sup>	20561.08 <sup>*</sup>	0.0017 <sup>ns</sup>
Error 2	24	19.86	24170.77	7954.74	0.0018
CV%	-	5.43	3.85	5.41	9.32

<sup>ns</sup> غیر معنی‌دار، \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

### ۳-۱. ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین (۱۱۱/۴ سانتی‌متر) و کمترین (۶۰/۳ سانتی‌متر) ارتفاع بوته کینوا به ترتیب در تیمارهای ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، ۱۲۵ درصد نیاز

1. CF (Crude fiber)

2. WSC (Water Soluble Carbohydrates)

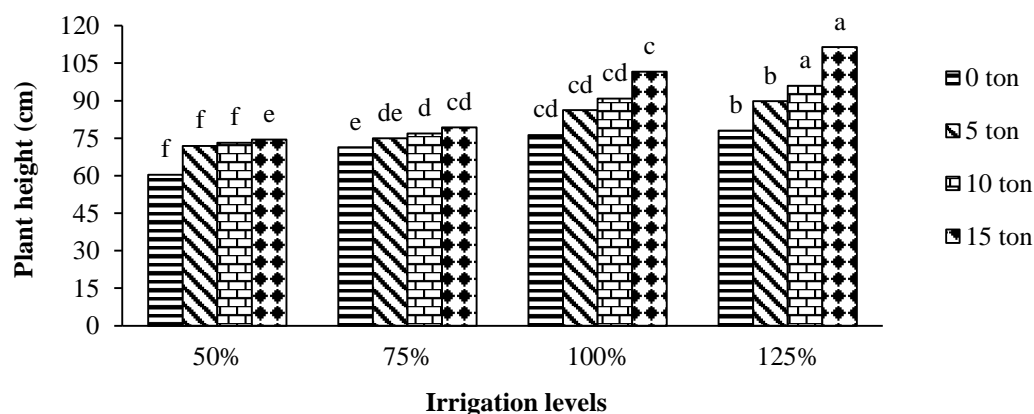
3. DMD (Dry Matter Digestibility)

آبی گیاه و تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (شکل ۱). ارتفاع بوته، صفتی است که بیش از هر عامل دیگر تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه است. با این حال، شرایط محیطی، تغذیه بهینه و رطوبت کافی، ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش ارتفاع بوته ناشی از توسعه و تقسیم سلولی است و افزایش سطوح آبیاری که منجر به دسترسی گیاه به رطوبت کافی در همه مراحل رشد می‌شود و همچنین کاربرد ورمی کمپوست از طریق تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی موجب افزایش رشد و ارتفاع بوته گیاه می‌شود (Jbawi *et al.*, 2018). در همه سطوح آبیاری مورد مطالعه، کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش ارتفاع ساقه در مقایسه با تیمار شاهد شد که این امر ناشی از بهبود حاصله در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست می‌باشد. نظر به اینکه رشد و نمو گیاه تحت تأثیر پارامترهای حاصلخیزی خاک قرار دارد، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بستر کشت به وسیله ورمی کمپوست دلیل افزایش ارتفاع ساقه در مقایسه با تیمار شاهد می‌باشد (Chanda *et al.*, 2021). افزایش ارتفاع بوته با افزایش سطوح آبیاری (Arab Hosseini *et al.*, 2019) و کاربرد ورمی کمپوست (Rahimi *et al.*, 2020) در سایر تحقیقات گزارش شده است.

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و آبیاری بر کیفیت علوفه کینوا

SOV	df	MS						
		Ash	Cp	NDF	ADF	Cf	WSC	DMD
Replication	2	0.39 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	0.41	5.89 <sup>ns</sup>	1.66 <sup>ns</sup>
Irrigation (I)	3	0.20 <sup>ns</sup>	79.72 <sup>**</sup>	253.43 <sup>**</sup>	239.95 <sup>**</sup>	83.46 <sup>**</sup>	126.59 <sup>**</sup>	1389.31
Error 1	6	0.77	0.43	0.81	0.97	0.26	7.77	1.40
Vermicompost (V)	3	121.44 <sup>**</sup>	41.23 <sup>**</sup>	583.70 <sup>**</sup>	265.56 <sup>**</sup>	158.73 <sup>**</sup>	65.59 <sup>**</sup>	573.50 <sup>**</sup>
I × V	9	0.08 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>	6.53 <sup>**</sup>	4.99 <sup>**</sup>	2.11 <sup>**</sup>	21.76 <sup>*</sup>	8.82 <sup>**</sup>
Error 2	24	0.23	0.40	0.42	0.48	0.32	7.31	0.60
CV%	-	3.18	4.72	7.12	3	3.11	13.52	8.18

<sup>ns</sup> غیر معنی‌دار، \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

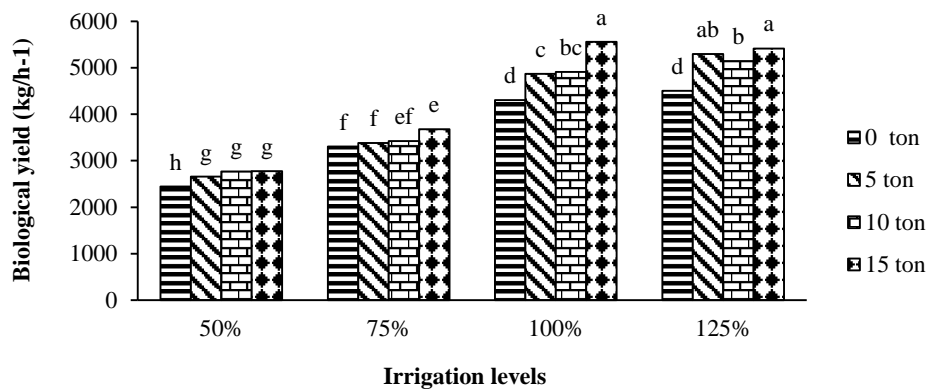


شکل ۱. اثر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر ارتفاع بوته کینوا

### ۳-۲. عملکرد زیستی

اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و ورمی کمپوست بر عملکرد زیستی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف آب آبیاری و ورمی کمپوست بر عملکرد زیستی کینوا نشان داد بیشترین عملکرد زیستی کینوا در تیمار ترکیبی ۱۵ تن ورمی کمپوست و ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. در همه سطوح آبیاری، بالاترین میزان عملکرد زیستی کینوا از تیمار ۱۵ تن در هکتار کود ورمی کمپوست به دست آمد (شکل ۲) که همسو با نتایج سایر محققان می‌باشد (Hirich *et al.*, 2014). افزایش عملکرد زیستی ناشی از کاربرد کود ورمی کمپوست در تیمارهای دارای تنش آبی نشان‌دهنده این امر می‌باشد که در شرایط کم آبیاری، وجود ماده آلی قابل توجه در خاک تا حدود زیادی اثرات ناشی از تنش آبی را خنثی می‌کند. زیرا مواد آلی، ظرفیت

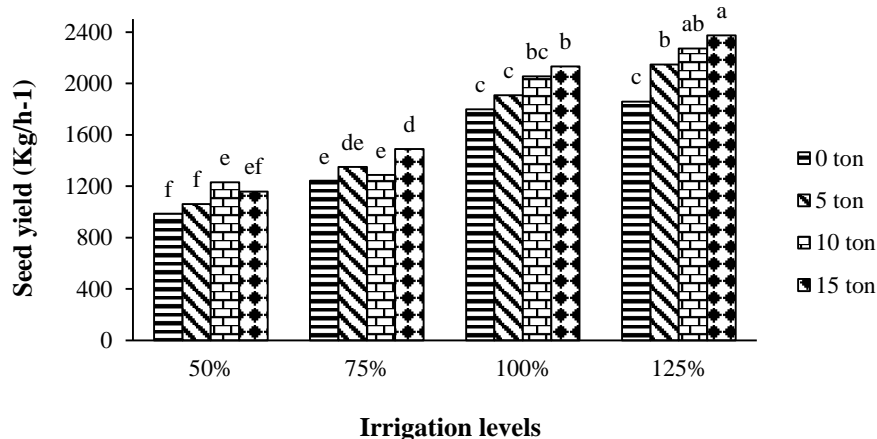
نگهداری آب در خاک را بهبود می بخشد و دسترسی به آب و مواد مغذی برای گیاه را افزایش می دهد (Wesseling *et al.*, 2019). از سوی دیگر باتوجه به کمبود آب قابل دسترس گیاه در سطوح پایین آبیاری میزان تجمع مواد فتوسنتزی و سرعت رشد نسبی کاهش می یابد و افت قابل توجه سرعت رشد نسبی بیانگر کاهش ماده خشک تولیدشده در اثر کاهش رشد شاخ و برگ در مرحله رشد سبزینه ای است که می تواند یکی از علل کاهش عملکرد زیستی باشد (Jbawi *et al.*, 2018). وجود مواد آلی در بستر کشت سبب افزایش باروری خاک، ظرفیت نگهداری خاک و نیز افزایش خلل و فرج خاک می شود این مواد عناصر غذایی خود را به مرور زمان آزاد و در اختیار گیاه قرار می دهند. لذا به نظر می رسد کودهای آلی ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، باعث افزایش آب در دسترس گیاه شده و موجبات افزایش رشد پیکره رویشی و تولید بیوماس را فراهم می کنند (Singer *et al.*, 2017). به نظر می رسد که وجود مقادیر بیشتر فسفر در کود ورمی کمپوست موجب افزایش رشد و حجم سامانه ریشه ای شده که به جذب بیشتر پتاسیم و در کنار آن جذب نیتروژن کمک می کند. علاوه بر این مقادیر بالای عناصر غذایی و ماده آلی در این کود سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده که دسترسی گیاه را به عناصر غذایی افزایش می دهد و از سویی وجود هورمون های محرک رشد در این کود بر رشد و افزایش عملکرد زیستی گیاه تأثیر مطلوبی می گذارد (Wesseling *et al.*, 2019).



شکل ۲. اثر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر عملکرد زیستی کینوا

### ۳-۳. عملکرد دانه

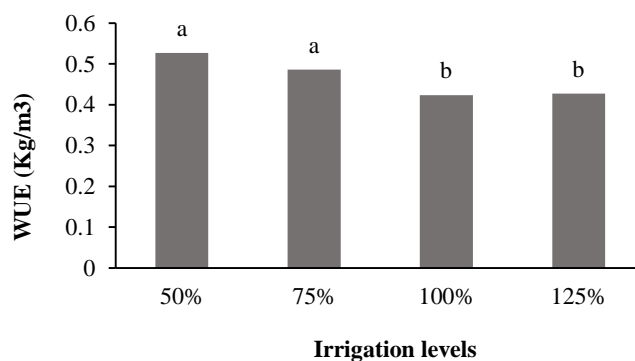
عملکرد دانه تحت تاثیر اثر متقابل سطوح آبیاری و ورمی کمپوست در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲) و بالاترین عملکرد دانه معادل ۲۳۷۴/۵۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین مقدار آن برابر با ۹۸۵/۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و ورمی کمپوست شاهد (صفر تن در هکتار) مشاهده شد (شکل ۳). شکل ۳ نشان می دهد کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن در همه سطوح آبیاری شده است. این یافته در تطابق با نتایج سایر محققان مبنی بر بهبود عملکرد دانه کینوا با افزایش عمق آب آبیاری بود (Ghobadi *et al.*, 2017). ورمی کمپوست حاوی مقادیر بالایی مواد هیومیکی می باشد که این مواد موجب بهبود فراهمی عناصر غذایی خصوصا روی و آهن شده و با اثر مستقیم بر متابولیسم گیاهی موجب افزایش عملکرد می شود (Praveen *et al.*, 2018). گزارش شده است که این ترکیبات موجب افزایش عملکرد و رشد بالاتر محصول به ویژه در خاک شنی و شرایط کمبود رطوبت خواهد شد (El-Gamal *et al.*, 2020).



شکل ۳. اثر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر عملکرد دانه کینوا

### ۳-۴. کارایی مصرف آب

نتایج مقایسه میانگین اثر مستقل کاربرد ورمی کمپوست و سطوح مختلف آبیاری بر شاخص کارایی مصرف آب به ترتیب در شکل های ۴ و ۵ ارائه شده است. با کاهش عمق آب آبیاری و افزایش کود ورمی کمپوست، کارایی مصرف آب آبیاری افزایش یافت. میانگین کارایی مصرف آب برای محصول کینوا رقم تیتیکاکا برابر  $0.53$  کیلوگرم بر متر مکعب آب آبیاری گزارش شده است (Razzaghi et al., 2020). کم آبیاری تنظیم شده باعث افزایش کارایی مصرف آب گیاه شده، اما در کاهش عملکرد اثر کمی دارد. یکی از راه های افزایش کارایی مصرف آب، تنظیم دقیق بازشدگی روزنه های برگ می باشد. به طور معمول، گیاهان روزنه های خود را برای جذب دی اکسید کربن باز می کنند و در همان زمان آب از دست می دهند. در نتیجه، تولید زیست توده ممکن است کاهش یابد، زیرا تبادل گاز به دلیل بسته شدن روزنه باعث صرفه جویی در آب می شود (Alvar-Beltran et al., 2019). کاربرد ورمی کمپوست، هدایت هیدرولیکی خاک، رطوبت در نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت زراعی خاک را بهبود می بخشد و باعث افزایش معنی دار گنجایش رطوبتی و آب در دسترس خاک می شود (Razzaghi et al., 2020).



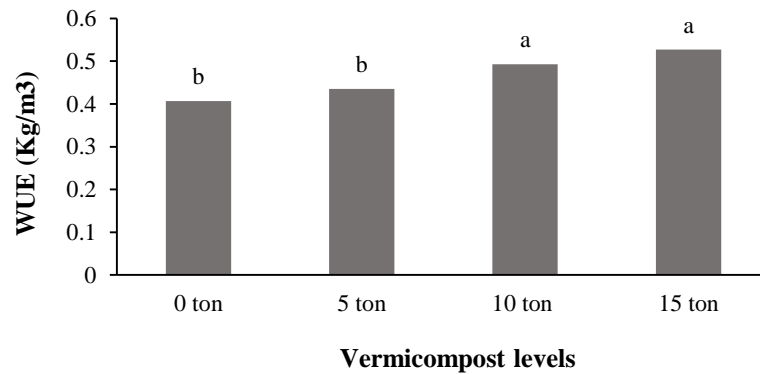
شکل ۴. اثر کاربرد سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) بر کارایی مصرف آب کینوا

### ۳-۵. خاکستر علوفه

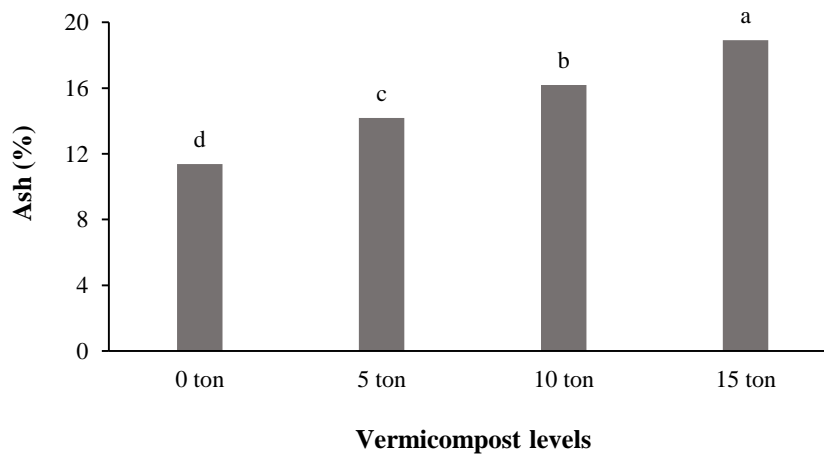
خاکستر علوفه کینوا تحت تاثیر کاربرد ورمی کمپوست در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳) و بالاترین درصد خاکستر در تیمار کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد (شکل ۶). درصد خاکستر علوفه، میزان مواد معدنی موجود در بافت های گیاهی را نشان می دهد و از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت علوفه است. هرچه جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر و نیتروژن بیشتر باشد، این عناصر سبب رشد بهتر ریشه و گسترش بیشتر آن در خاک می شوند که



این امر سبب جذب بیشتر مواد معدنی و افزایش خاکستر کل می‌شود. علاوه بر این، افزایش غلظت اکثر عناصر غذایی سبب افزایش درصد خاکستر علوفه می‌شود که نماینده محتوای کل عناصر غذایی موجود در گیاه می‌باشد. دلیل افزایش خاکستر کل در تیمارهای حاوی ورمی کمپوست می‌تواند ناشی از آزاد شدن کندتر عناصر غذایی و جذب تدریجی آن‌ها توسط گیاه دانست (Karimi *et al.*, 2017). افزایش درصد خاکستر علوفه در تیمار کاربرد ورمی کمپوست توسط (Mohammadzadeh Toutounchi *et al.*, 2019) گزارش شده است. در آزمایش Delfani *et al.* (2017) گزارش شد که خاکستر علوفه گلرنگ تحت تأثیر دور آبیاری معنی‌دار نشد.



شکل ۵. اثر کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر کارایی مصرف آب کینوا

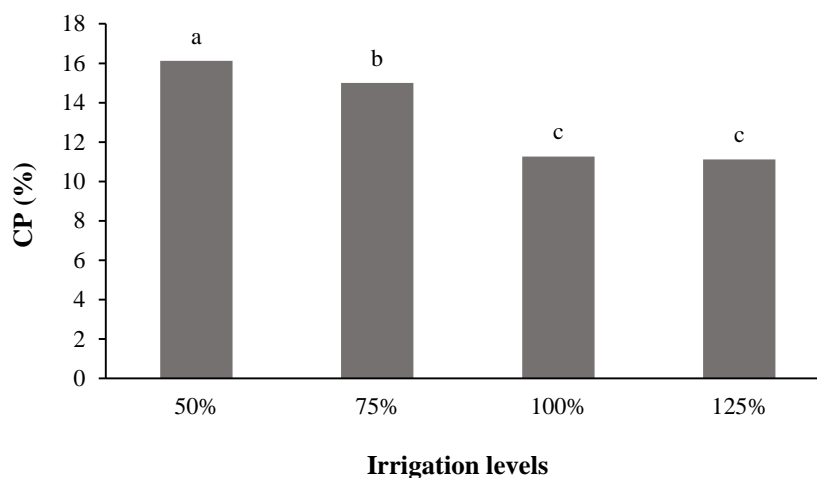


شکل ۶. اثر کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر خاکستر علوفه کینوا

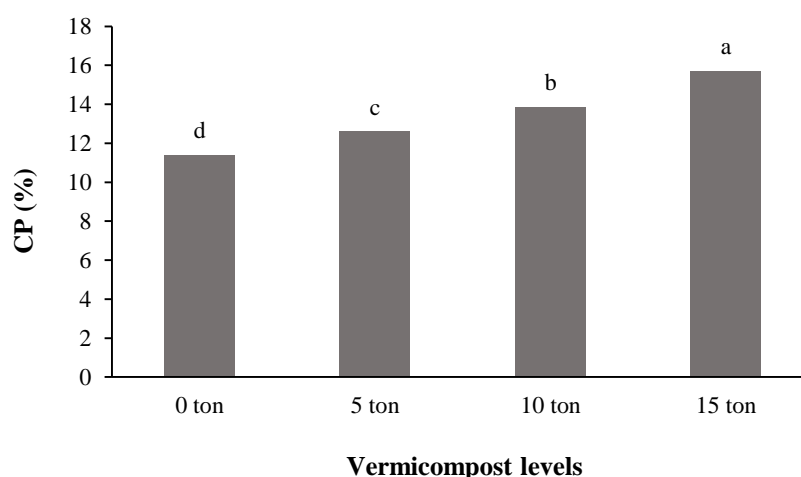
### ۳-۶. پروتئین خام علوفه

با افزایش سطوح آبیاری درصد پروتئین کاهش یافت؛ به نحوی که کمترین مقدار آن (۱۱/۱۱ درصد) در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه بود (شکل ۷). اما با افزایش سطوح ورمی کمپوست درصد پروتئین خام علوفه به طور معنی‌داری افزایش یافت و بالاترین مقدار آن (۱۵/۷۱ درصد) در تیمار ۱۵ تن ورمی کمپوست در هکتار مشاهده شد (شکل ۸). پروتئین بالا در علوفه یکی از فاکتورهای مهم گیاهان علوفه‌ای برای تغذیه دام محسوب می‌شود. حداقل پروتئین خام ماده خوراکی برای علوفه هشت درصد گزارش شده است. مقدار پروتئین خام موجود در علوفه کینوا بیشتر از حد مذکور بوده و نشان‌دهنده ارزش این فرآورده فرعی در جیره غذایی دام می‌باشد (Ghavipankeh *et al.*, 2019). افزایش درصد پروتئین خام علوفه با کاربرد سطوح بالاتر ورمی کمپوست توسط سایر محققان نیز گزارش شده است که دلیل این امر را به آزادسازی تدریجی ترکیبات نیتروژنه موجود در ورمی کمپوست در طول فصل رشد گیاه،

که باعث افزایش محتوای پروتئین خام شده است، نسبت داده‌اند (Mahmud *et al.*, 2018). افزایش مقدار پروتئین علوفه کینوا در تنش توسط Hosseini *et al.*, (2020) نیز گزارش شده است.



شکل ۷. اثر کاربرد سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) بر پروتئین خام علوفه کینوا

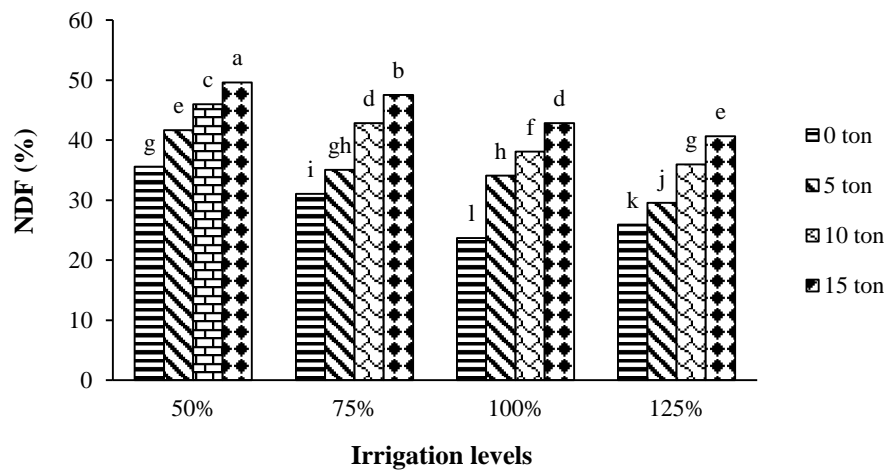


شکل ۸. اثر کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر پروتئین خام علوفه کینوا

### ۳-۷. الیاف نامحلول در شوینده خنثی

درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و ورمی‌کمپوست در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین (۴۹/۶۵ درصد) و کمترین (۲۳/۷۱ درصد) درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی به ترتیب به تیمار کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار در ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار عدم کاربرد ورمی‌کمپوست در ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تعلق داشت (شکل ۹). فیبر نامحلول در شوینده خنثی بیانگر دیواره سلولی (سلولز، همی‌سلولز و لگنین) و قابلیت هضم علوفه است. علوفه با فیبر کمتر از سرعت هضم بیشتری برخوردار بوده و می‌تواند انرژی بیشتری برای دام تامین کند و هرچه مقدار آن کمتر باشد خوش‌خوراکی آن افزایش یافته و دام قادر است علوفه بیشتری مصرف کند (Waghorn *et al.*, 2017). بالاتر بودن درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سطوح پایین‌تر آبیاری را می‌توان ناشی از کاهش نسبت برگ به ساقه و لیگنینی‌شدن ساقه‌ها جهت حفظ ساختار فیزیولوژیک تحت شرایط کم‌آبی می‌شود، دانست (Javanmard *et al.*, 2019). اثر سطوح مختلف آبیاری و ورمی‌کمپوست بر الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه کینوا (شکل ۷) در آزمایش حاضر نشان داد که در همه سطوح آبیاری افزایش مقدار ورمی‌کمپوست مورد استفاده موجب افزایش درصد الیاف

نامحلول در شوینده خنثی شد. افزایش درصد لیاف نامحلول در شوینده خنثی با کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست در علوفه اسپرس توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Karami et al., 2018).



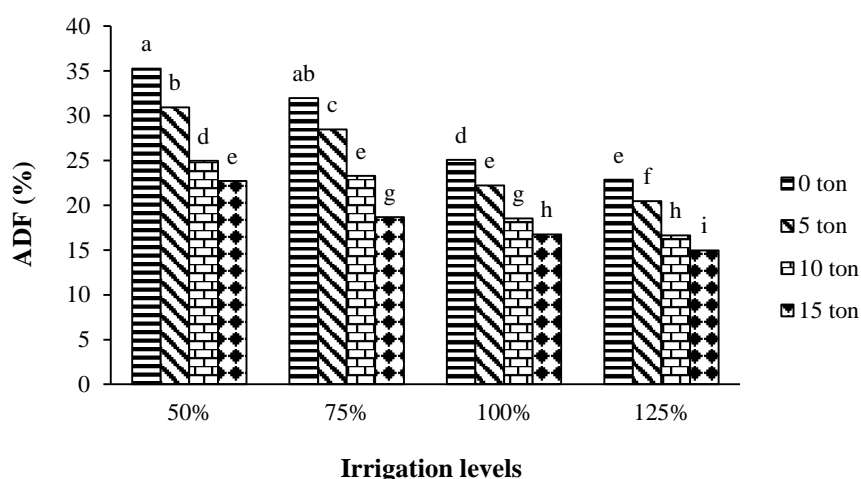
شکل ۹. اثر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر لیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه کینوا

### ۳-۸. لیاف نامحلول در شوینده اسیدی

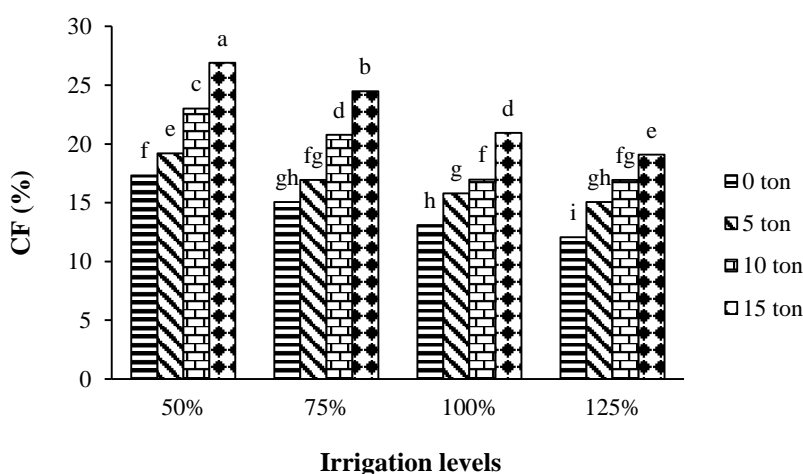
با افزایش سطوح آبیاری و ورمی کمپوست مقدار لیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفه کینوا کاهش یافت، به نحوی که کمترین مقدار آن در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست معادل (۱۴/۹۵ درصد) بود (شکل ۱۰). به طور کلی باتوجه به اینکه علوفه دو بخش ساختمانی و دیواره سلولی که از سلولز و همی سلولز و لیگنین تشکیل شده است و محتوای سلولی را در برمی گیرد که از هیدرات‌های کربن با زنجیره ساختمانی کوتاه و از ترکیب پروتئین و اسیدهای آلی تشکیل شده است، کیفیت علوفه با لیگنینی شدن و افزایش دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) کاهش می‌یابد (Karami et al., 2018). علاوه بر این، با کاهش ADF شاخص ارزش غذایی نسبی افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث بهبود کیفیت مواد غذایی می‌شود (Javanmard et al., 2019). در سطوح بالاتر کود ورمی کمپوست به دلیل وجود عناصر غذایی به ویژه نیتروژن به علت اتساع دیواره سلولی بخش کمتری به دیواره سلولی تعلق می‌گیرد. همچنین با افزایش نیتروژن قابل دسترس گیاه در سطوح بالاتر ورمی کمپوست، مقدار ADF کاهش می‌یابد که به دلیل اثر افزایشی نیتروژن بر رشد رویشی و انبساط سلولی می‌باشد (Waghorn et al., 2017).

### ۳-۹. فیبر خام

اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و ورمی کمپوست بر فیبر خام علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین مقدار فیبر خام علوفه (۲۶/۹۱ درصد) در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین مقدار (۱۲/۰۶ درصد) در تیمار شاهد ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد. افزایش سطوح آبیاری در همه سطوح ورمی کمپوست موجب کاهش درصد فیبر خام علوفه می‌باشد (شکل ۱۱). نتایج مطالعه Hosseini et al. (2020) نشان داد که درصد فیبر خام علوفه کینوا با افزایش سطح تنش افزایش پیدا کرد که منطبق بر نتایج حاصل از آزمایش حاضر بود. در آزمایش دیگری درصد فیبر خام علوفه گلرنگ تحت تاثیر آبیاری معنی دار نشد (Delfani et al., 2017). از طرف دیگر درصد بالای عناصر میکرو و ماکرو در ورمی کمپوست، باعث افزایش رشد سبزینه‌ای گیاهان می‌شود و از فیبر گیاه کاسته شده و در نتیجه، کیفیت علوفه تولیدی بیشتر می‌شود. کاهش درصد فیبر خام علوفه در کاربرد کودهای آلی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Ghahfarokhi et al., 2021).



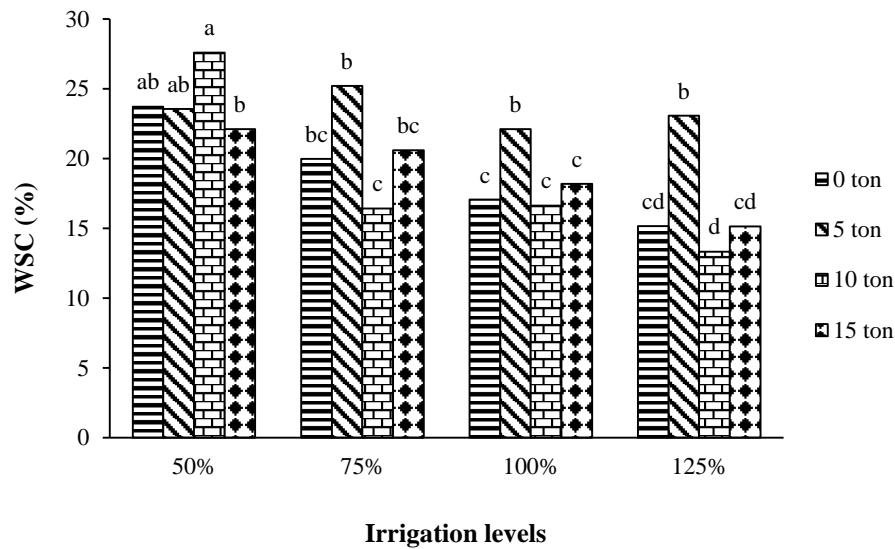
شکل ۱۰. اثر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفه کینوا



شکل ۱۱. اثر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر فیبر خام علوفه کینوا

### ۳-۱۰. کربوهیدرات‌های محلول در آب

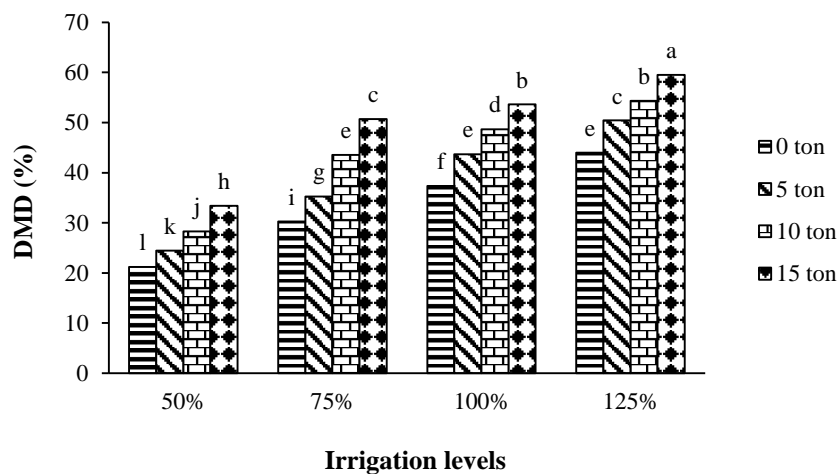
با افزایش سطوح آبیاری درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه کینوا کاهش یافت، به نحوی که کمترین مقدار آن (۱۳/۳۴ درصد) در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار مشاهده شد و بالاترین درصد آن (۲۷/۶ درصد) مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار بود (شکل ۱۲). میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب یا کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی در اندام‌های گیاهی متشکل از برخی قندهای ساده محلول بوده، از قابلیت هضم بالایی برخوردار هستند و به‌عنوان یکی از فاکتورهای اصلی و تعیین‌کننده خوش‌خوراکی و کیفیت علوفه می‌باشد (Ghahfarokhi *et al.*, 2021). گیاهانی که میزان رطوبت کمتری دریافت می‌کنند، مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب بیشتری دارند (Moradtalab *et al.*, 2019). در پژوهشی اثر کاربرد کودهای آلی بر درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه رازیانه و اسپرس مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که کاربرد این کودها باعث تغییر معنی‌دار آن‌ها با شاهد نشد که مغایر با نتیجه آزمایش حاضر می‌باشد (Ghahfarokhi *et al.*, 2021). Mohammadzadeh Toutouchi *et al.* (2019) گزارش کردند که درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب در تیمارهای تنش آبی بالاتر از تیمارهای بدون تنش بود که این نتیجه منطبق بر نتیجه حاصل از آزمایش حاضر می‌باشد.



شکل ۱۲. اثر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر کربوهیدرات محلول در آب علوفه کینوا

### ۳-۱۱. ماده خشک قابل هضم

بیشترین (۵۹/۴۹ درصد) و کمترین (۲۱/۲ درصد) مقدار ماده خشک قابل هضم به ترتیب در تیمارهای ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۵ تن ورمی کمپوست در هکتار و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و بدون کاربرد ورمی کمپوست بود. با افزایش سطوح آبیاری و ورمی کمپوست درصد ماده خشک علوفه کینوا نیز افزایش یافت. قابلیت هضم علوفه بستگی به نسبت محتویات داخل سلول به دیواره سلول دارد. درحالی که محتویات داخل سلول عمدتاً از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌های محلول (که قابلیت هضم بالایی دارند) تشکیل شده است. عوامل محیطی مانند دما، تنش رطوبتی، سایه، نوع خاک و عوامل تغذیه‌ای مانند انواع کودها بر قابلیت هضم تأثیر دارند (Mikic *et al.*, 2015) و تولید ماده خشک قابل هضم بیشتر در این پژوهش با افزایش سطوح ورمی کمپوست مورد استفاده را می‌توان به عرضه مواد غذایی بیشتر و همچنین بهبود شرایط فیزیکی خاک نسبت داد، علاوه بر این پروتئین‌های محلول داخل سلول افزایش یافت و در نتیجه باعث افزایش درصد ماده خشک قابل هضم شد. در آزمایش دیگری که اثر سطوح مختلف آبیاری بر کیفیت علوفه ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که با افزایش سطوح آبیاری ماده خشک قابل هضم علوفه افزایش یافت (Sharafi, 2020).



شکل ۱۳. اثر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و ورمی کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر ماده خشک قابل هضم علوفه کینوا

#### ۴. نتیجه گیری

کاربرد ورمی کمپوست در سطوح مختلف آبیاری موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد کینوا به ویژه در سطوح کم آبیاری شد، به نحوی که ورمی کمپوست توانست از افت عملکرد در تیمارهای تنش آبی جلوگیری کند. همچنین کاربرد ورمی کمپوست در تمام سطوح آبیاری موجب بهبود کیفیت علوفه کینوا شد. بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۵۲۷ کیلوگرم در متر مکعب) در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و کمترین کارایی مصرف آب در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی مشاهده شد. بالاترین عملکرد دانه (۲۳۷۴/۵۱ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد زیستی (۵۱۵/۸۴ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک قابل هضم (۵۹/۴۹ درصد) و کمترین مقدار لیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۱۴/۹۵ درصد) در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد. به علاوه، استفاده از ورمی کمپوست، می تواند از طریق کاهش مصرف نهاده های شیمیایی، از بروز آلودگی های زیست محیطی جلوگیری کند و هزینه های تولید را نیز کاهش دهد.

#### ۵. منابع

- Adekiya, A.O., & Agbede, T.M. (2017). Effect of methods and time of poultry manure application on soil and leaf nutrient concentrations, growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16, 383-388.
- Afshar, H., Sharifan, H., Ghahraman, B., & Bannayan, M. (2020). Investigation of wheat water productivity in drip irrigation (tape) (Case study of Mashhad and Torbat Heydariyeh). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 14, 39-48. (In Persian)
- Arab Hosseini, A., Akbari, G., Soltani, E., Najafi, M., & Asadi, A. (2019). The effect of planting patterns and irrigation intervals on quantitative and qualitative yield of forage maize under drip irrigation system in Pishva-Varamin. *Crop Production*, 12, 137-156. (In Persian)
- AOAC. (1999). In: Cunnif, p. official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 16th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Chanda, G.K., Bhunia G., & Chakraborty, S.K. (2021). The effects of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato. *plants Journal Horti and Forestry*, 3, 42-45.
- Delfani, A., Hatami, A., Pouredad, S.S., Tahmasebi, Z., Fattahnia, F., & Jahansooz, M.R. (2017). Effect of planting density and supplementary irrigation on quality and quantity of forage yield of two safflowers (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Dryland Agriculture*, 6, 147-164.
- Diallo, D., & Marico, A. (2013). Field capacity (FC) and permanent wilty point (PWP) of clay soils developed on quaternary alluvium in niger river loop (Mali). *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3, 1085-1089.
- El-Gamal, B.A., Hanan, M., El-Fotoh, A., & Mervat, A. (2020). Impact of organic and bio-fertilizers on soil health and production of quinoa and soybean. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 9, 828-847.
- Ghahfarokhi, H., Esmaeili, M., Danesh Shahraki, A., & Ghajar Sepanlu, M. (2021). Evaluation of organic and nitrogen fertilizers application on quality of forage of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) under intercropping system. *Journal of Agroecology*, 13, 563-579.
- Hemalatha, P., Bomzan, D.P., Sathyendra Rao, B.V., & Sreerama, Y.N. (2018). Distribution of phenolic antioxidants in whole and milled fractions of quinoa and their inhibitory effects on a-amylase and aglucosidase activities. *Food Chemistry*, 199, 330- 338.
- Hirich, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S.E. (2014). Deficit irrigation and organic compost improve growth and yield of quinoa and pea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200, 0931-2250.
- Hosseini, N., Jalilian, J., & Gholinezhad, E. (2020). Impact of some stress modulators on morphological characteristics, quantitative and qualitative traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) forage under water-deficit stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31, 111-128. (In Persian)
- Jabeen, N., & Ahmad, R. (2019). Growth response and nitrogen metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to vermicompost and biogas slurry under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 40, 104-114.
- Jbawi, E.A., Danoura, R., & Yaacoub, A. (2018). Effect of deficit irrigation and manure fertilizer on improving growth and yield of quinoa in Syria. *Open Access Journal of Agriculture Research*, 2, 1351-1362.
- Karami, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., & AghaAlikhani, M. (2018). The quantitative and qualitative characteristics of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) under different irrigation and nutrient regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49, 203-216. (In Persian)
- Karimi, A.R., Behdani, M.A., Fathi, M.H., & Eslami, S.V. (2017). Effect of vermicompost and micronutrient application on forage quantity and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*, 9, 862-877. (In Persian)

- Liu, X., Li, S., He, P., Zhang, P., & Duan, Y. (2018). Yield and nutrient gap analysis for potato in northwest China. *The Journal of Agricultural Science*, 156, 971-979.
- Mahmud, M., Abdullah, R., & Syafawati Yaacob, J. (2018). Effect of vermicompost amendment on nutritional status of sandy loam soil, growth performance, and yield of pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy Journal*, 8, 1-17.
- Mikic, A., Cupina, B., Rubiales, D., Mihailovic, V., Sarunaite, L., Fustec, J., Antanasovic, S., Krstic, D., Bedoussac, L., Zoric, L., Dordevic, V., Peric, V., & Srebric, M. (2015). Models, developments, and perspectives of mutual legume intercropping. *Advances in Agronomy*, 130, 337-419.
- Mohammadzadeh Toutouchi, P., Pirezad, A., & Jalilian, J. (2019). Effect of biofertilizers and vermicompost on yield and forage quality of chicory under rainfed condition. *Journal of Crops Improvement*, 21, 195-207. (In Persian)
- Moradtalab, N., Hajiboland, R., Aliasgharzad, N., Hartmann, T.E., & Neumann, G. (2019). Silicon and the association with an arbuscularmycorrhizal fungus (*Rhizophagus clarus*) mitigate the adverse effects of drought stress on strawberry. *Agronomy Journal*, 9, 1039-1045.
- Navid Ghavipankeh, N., Fathi Nasri, M.H., Bashtani, M., & Farhangfar, H. (2020). Determination of chemical composition and estimating nutritional value of quinoa crop residues using nylon bag and gas production techniques. *Research On Animal Production*, 23, 35-45. (In Persian)
- Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371-376.
- Nelson, D.W., & Sommers, L.E. (1973). Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, 65, 109-112.
- Oktem, A., Oktem, A.G., & Emeklierc, H.Y. (2010). Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41, 832-847.
- Praveen Kadam, V., Suneetha Devi, K. B., Hussain, S. A., & Uma Devi, M. (2018). Growth, yield attributes, yield and economics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as influenced by variable irrigation water supply through drip and surface methods. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 2319-7706.
- Rahimi, M., Mohammad Modarres Sanavy, A., Aghaalikhani, M., & Heidarzadeh, A. (2020). The effects of urea, vermicompost and azocompost on some traits of sweetcorn cultivars under water deficit stress. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 12, 57-71.
- Rathore, S., & Kumar, R. (2021). Vermicompost fertilization and pinching improves the growth, yield, and quality of super food (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the western Himalaya. *Acta Physiologiae Plantarum*, 43, 234-251.
- Razzaghi, F., Bahadori-Ghasroldashti, M.R., Henriksen, S., Sepaskhah, A.R., & Jacobsen, S.E. (2020). Physiological characteristics and irrigation water productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to deficit irrigation imposed at different growing stages—A field study from Southern Iran. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 23, 45-61.
- Sharafi, S. (2020). Effects of different irrigation levels on the qualitative and quantitative performance of forage in the intercropping of corn (*Zea mays*) with snail medic (*Medicago scutellata*) under competition with weeds. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30, 41-60. (In Persian)
- Shakarami, G., Rahim Zadeh Khoiyi, F., Rafiei, M., Mirshekari, B., & Rashidi, V. (2019). Evaluation of forage quality of corn and cowpea intercropping as affected by vermicompost and urea foliar application. *Plant Ecophysiology*, 36, 137-151. (In Persian)
- Singer, W.J., Sally, S.D., & Meek, D.W. (2017). Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. *Agronomy Journal*, 99, 80-87.
- Van Soest, P.J., 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, 3583-3596.
- Waghorn, G.C., Burke, J.L., & Kolver, E.S. (2017). Principles of feeding value. pp: 35-59. In: Rattray, Javanmard, A., Nikdel, H., & Amani Machiani, M. (2019). Evaluation of forage quantity and quality in domestic populations of hairy vetch (*Vicia villosa* L.), vetch (*Vicia sativa* L.) and caspian vetch (*Vicia hyrcanica*) under rainfed condition. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 29, 15-31. (In Persian)
- Wesseling, J., Stoof, C., Ritsema, C., Oostindie, K., & Dekker, L. (2019). The effect of soil texture and organic amendment on the hydrological behaviour of coarse textured soils. *Soil Use Manage*, 25, 274-283.
- Xu, X., He, P., Pampolino, M.F., Li, Y., Liu, S., Xie, J., Hou, Y., & Zhou, W. (2016). Narrowing yield gaps and increasing nutrient use efficiencies using the nutrient expert system for maize in Northeast China. *Field Crops Research*, 194, 75-82.