University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 15, No. 4, pp. 1059-1072 (Winter 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4231.1991

Original article

Investigating the combined effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) under drought stress

A. Yazdanpoor[1], M. Soluki[2], M. Dahmardeh[3*], I. Khammari[4]

1. Master of Faculty of Agricultural, Zabol University, Iran
2. Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agricultural, Zabol University, Iran
2. Associate Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agricultural, Zabol University, Iran
4. Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agricultural, Zabol University, Iran

Received 3 March 2021; Accepted 10 May 2021

Extended abstract

Introduction

Modification to withstand drought stress has always faced its own bottlenecks, therefore, in the first stage, cultivating drought-resistant plants such as quinoa is the best way to prevent of reduce in crop yields. Quinoa with a scientific name (*Chenopodium quinoa*) is a dicotyledonous plant and belongs the subfamily (chenopodiaceae). There is saponin in all parts of quinoa, including leaves, flowers, fruits, seeds, and seeds coat (Bhargava and Srivastava, 2013). Also is used as an antibiotic, fungal disinfectant and in the pharmaceutical industry (Dini et al, 2001).Potassium have an important role in quality, plant tolerance to various environmental stresses, elements displacement, equilibrium, biochemical and physiological processes including photosynthesis, protein formation and opening and closing of pores and formation of vessels. The use of livestock and poultry manures is important in soil management and sustainability and improves the physical, chemical and microbial properties of the soil. The present study was conducted to investigate the effect of livestock and chemical fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of quinoa under drought stress.

Materials and Methods

This experiment was conducted in the form of split-split plot in a randomized complete block design with three replications.in the field of research of the Agricultural Research Institute of Zabol University In year of 2019-2020 In this experiment, drought stress was the main plot, cow manure as a sub-plot and potassium fertilizer as a sub-sub plot. The measured traits included: number of spikes, 1000-seed weight, grain yield, biological yield, harvest index, proline, carbohydrate and protein. Protein was measured by Bradford (1976). Proline was measured using the method (Bates, 1973) as follows.

Results and discussion

The results showed that the simple, double and triple effects of drought stress, cow manure and potassium fertilizer were significant different at the level of 1% probability on 1000-grain weight and grain yield. The highest 1000-grain weight and grain yield were obtained when using full irrigation treatment. The simple, double and triple effects of drought stress, cow manure and potassium fertilizer were significant different at the level of 1% probability on Carbohydrates and grain protein. Also, the

[*] Corresponding author: Mehdi Dahmardeh; E-Mail: Dr.dahmardeh@uoz.ac.ir

© 2022, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

highest amount of grain protein was obtained in the application of 20 t ha^{-1} of manure and no potassium fertilizer in the stage of grain filling and the highest amount of leaf carbohydrates in the treatment of 10 tons of manure and 200 $kg.ha^{-1}$ of potassium in the cessation stage of irrigation in the flowering stage. The results also showed that the highest of grain yield was obtained when using 10 t.ha-1 of manure and 200 $kg.ha^{-1}$ of potassium fertilizer during full irrigation.

Conclusion

The results showed that the combined application of manure cow and potassium in full irrigation conditions improved the quantitative and qualitative characteristics of quinoa. The triple effects of drought stress× manure× potassium increased grain yield, 1000-grain weight, harvest index, proline, protein and carbohydrates. The highest grain yield was obtained in the simultaneous use of cow manure and potassium fertilizer in the complete irrigation stage. In fact, the using of manure in addition to retaining moisture under conditions of severe stress increases the absorption of essential elements and plant growth, and the absorption of elements such as nitrogen, increases the growth of aerial parts of the plant and stores more nutrients in these areas for re-transfer during seeds ripen. On the other hand, due to its positive effect on maintaining moisture in the plant and increasing the duration of photosynthesis due to the continuity of leaf area in the reproductive stage, potassium consumption can provide more nutrients to more flowers and thus increase yield. It becomes a plant. Under stress conditions, the amount of carbohydrates and proteins increased, which is due to plant adaptation.

***Keywords*:** Carbohydrates, Grain yield, Proline, Protein

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4231.1991

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی کینوا تحت تنش خشکی

اعظم یزدانپور[۱]، محمود سلوکی[۲]، مهدی دهمرده[۳]*، عیسی خمری[۴]

۱. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
۲. استاد گروه اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
۳. دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
۴. استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
پروتئین
پرولین
کربوهیدرات
عملکرد دانه

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۱/۰۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۲/۲۰

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۱

۱۵(۴): ۱۰۵۹-۱۰۷۲

چکیده

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی بوده که رشد گیاهان را در نواحی خشک و نیمه‌خشک ازجمله ایران محدود می‌کند. جهت بررسی تأثیر کودهای دامی و شیمیایی در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه کینوا، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک در سال زراعی ۱۳۹۸ اجرا گردید. عامل اصلی تنش خشکی با سه سطح شامل: آبیاری کامل (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه‌ها و عامل فرعی شامل: کود آلی (گاوی) با سه سطح (شاهد، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و عامل فرعی فرعی شامل کود پتاسیم با سه سطح (شاهد، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار اثر تنش خشکی، کود دامی، پتاسیم و برهمکنش آن‌ها بر اکثر صفات موردبررسی بود. بیشترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت با مصرف هم‌زمان کود دامی، پتاسیم در مرحله‌ی آبیاری کامل به دست آمد. بیشترین میزان پروتئین دانه و کربوهیدرات برگ تحت شرایط تنش خشکی به دست آمد. همچنین کاربرد کود دامی سبب افزایش معنی‌دار میزان پروتئین دانه و کربوهیدرات برگ شد. نتایج نشان داد که کاربرد توأم کود دامی و پتاسیم در شرایط آبیاری کامل سبب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی کینوا گردید.

مقدمه

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی بوده که رشد گیاهان را در نواحی خشک و نیمه‌خشک ازجمله ایران محدود می‌کند. تأثیر تنش خشکی روی رشد و عملکرد گیاه به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد. گیاهان سازوکارهای متفاوتی را در برابر تنش خشکی بکار می‌گیرند و با ایجاد تغییراتی در برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک خود به تنش‌ها پاسخ می‌دهند ازجمله آنکه می‌توان به افزایش محتوی کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در گیاه اشاره کرد که سبب تداوم رشد گیاه در شرایط تنش متوسط شد اما در درازمدت تنش خشکی شدید منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد گیاه می‌شود اما کاربرد کودها تا حدی اثرات منفی تنش خشکی بر عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Talebnejad and Sepaskhah, 2014). تنش خشکی باعث کاهش عملکرد در گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*) شد (Jamali et al., 2018). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که تنش خشکی در اوایل فصل رشد گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*) باعث نفوذ سریع‌تر ریشه گیاه در عمق شده و گیاه به تنش خشکی مقاوم‌تر می‌شود (Zurita Silva et al., 2015). در شرایط بدون محدودیت آب، رشد ریشه کینوا (*Chenopodium quinoa*) در طول ۴ هفته به عمق ۵۰ سانتی‌متر می‌رسد

* نگارنده پاسخگو: مهدی دهمرده. پست الکترونیک: Dr.dahmardeh@uoz.ac.ir

(Zurita Silva et al., 2015). کودهای دامی به دلیل دارا بودن عناصری نظیر روی و مس سبب افزایش نگهداری آب در خاک شده و اثرات کمبود آب را کاهش می‌دهند و با داشتن ویژگی‌هایی ازجمله اصلاح ساختمان خاک، تغذیه خاک، حفظ رطوبت خاک و برخی ویژگی‌های خاص دیگر در سطوح بالای تنش می‌تواند باعث افزایش میزان کربوهیدرات‌ها، پرولین و پروتئین شده و اثرات نامناسب تنش خشکی را کاهش دهد (Kalanaki et al., 2020). تحقیقات نشان می‌دهد که مصرف ۲۰ تا ۳۰ تن کود دامی در گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*) موجب بهبود ساختار خاک و افزایش عملکرد می‌شود و بهترین زمان کاربرد کود دامی ۲ ماه قبل از کاشت است (Garcia, et al., 2019). سطوح بالای کود گاوی بیشترین تأثیر را بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه زعفران (*Crocus Sativus*) داشت (Asghari et al., 2019). پتاسیم نقش مهمی در کیفیت، میزان تحمل گیاهان به انواع تنش‌های محیطی، جابجایی عنصرها، ایجاد تعادل، فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ازجمله فتوسنتز، ساختن پروتئین و باز و بسته شدن روزنه‌ها و تشکیل آوندها دارد (Karimi, 2017). پتاسیم مسئول تورژسانس سلول‌های محافظ به هنگام باز شدن روزنه‌هاست و افزایش آن در سلول‌های محافظ باعث کاهش پتانسیل اسمزی شده و از طریق تنظیم اسمزی بر وضعیت آب گیاه نقش دارد و موجب غلبه بر تنش خشکی خاک می‌شود از طرفی با تأثیر بر کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند بر افزایش تحمل به تنش در گیاه نقش اساسی داشته باشد (Karimi, 2017). تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد کود پتاسیم در شرایط تنش خشکی سبب افزایش ماده خشک در تمام مراحل رشد و عملکرد دانه می‌شود و بیشترین عملکرد دانه در گیاه ذرت (*Zea mays*) تحت تأثیر کود پتاسیم به دست آمد (Rezaei Sokht Abandani et al., 2020). کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa*). گیاهی دولپه است، ارتفاع گیاه با توجه به رقم و شرایط رشد از ۳۲ تا ۱۲۵ روز متغیر است. دانه‌های خوراکی کینوا کوچک (قطر ۴-۱/۵ میلی‌متر) مسطح و گاهی بیضی‌شکل است که معمولاً رنگ آن‌ها زردکم رنگ است (Hariadi et al., 2011). در تمام قسمت‌های کینوا ازجمله برگ‌ها، گل‌ها، میوه‌ها، دانه‌ها و پوشش دانه‌ها، ساپونین وجود دارد (Bhargava and Srivastava, 2013). ساپونین رقم‌های تلخ کینوا باعث جذب داروهای خاص و هیپوکلسترولمی می‌شود. همچنین کینوا به‌عنوان ضد آنتی‌بیوتیک عمل کرده و می‌تواند به‌عنوان داروی ضد باروری، ضدعفونی‌کننده قارچ و درنهایت به‌صورت داروهای استروئیدی در صنایع داروسازی مورداستفاده قرار گیرد (Dini et al, 2001). کینوا تقریباً دو برابر خانواده غلات پروتئین دارد و جایگزین مناسبی برای برنج است با داشتن اسیدآمینه‌های لیزین و ایزولیزین (به‌ویژه لیزین) منبع کامل پروتئین به شمار می‌رود (Singh et al, 2016). مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد، باوجودآنکه پژوهش‌های مختلفی درزمینه‌ی تنش خشکی، کودهای دامی و پتاسیم به‌صورت مجزا انجام گرفته است؛ لیکن بررسی اثرات متقابل کودهای دامی و پتاسیم تحت شرایط تنش خشکی به‌منظور ارزیابی عکس‌العمل‌های گیاه کینوا پرسشی است که تاکنون به آن پرداخته نشده بود؛ بنابراین پژوهش حاضر در قالب آزمایش مزرعه‌ای (اسپلیت‌اسپلیت پلات) سعی بر آن دارد تا با بررسی برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه کینوا به تنش موقت خشکی در مرحله زایشی، مقایسه اثر تیمارهای مختلف کودهای آلی (گاوی) و کودهای پتاسیم و همچنین تغذیه تلفیقی بر عملکرد و اجزای عملکرد به برخی از این مجهولات پاسخ دهد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (پژوهشکده بقیه‌الله اعظم) در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. میانگین دما در طول دوره رشد به شرح جدول زیر است (جدول ۱).

جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک موردنظر، قبل از کاشت یک نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری زمین تهیه که نتایج آن در جدول (۲) ارائه‌شده است.

در این آزمایش عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح شامل: (آبیاری کامل (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، کود دامی قبل از کاشت به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح شامل: عدم مصرف کود (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار و کود پتاسیم به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح شامل: عدم مصرف کود (شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.

جدول ۱. میانگین حداقل و حداکثر دما در طول دوره رشد

Table 1. Average minimum and maximum temperatures during the growing season

دما (سانتی‌گراد) Tepmerature (°C)	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April
میانگین حداقل Average min	2.65	4.31	10.17	15.2
میانگین حداکثر Average max	15.2	20.94	25.37	29.31
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	27.1	16.9	0	22.7

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil experimental

عمق خاک Deapth	بافت خاک Soil texture	pH	هدایت الکتریکی EC	نیتروژن N	فسفر قابل‌جذب P	پتاسیم قابل‌جذب K	ماده آلی organic material
cm			$dS.m^{-1}$	%	---------- $mg.kg^{-1}$ ----------		%
0-30	Sandy loam	7.80	1.32	0.05	2.58	46.14	6.05

بذر مورداستفاده از مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان تهیه شد. عملیات کاشت بذر رقم رد کینوا در ۲۰ آبان ۱۳۹۸ به روش خشکه‌کاری و به‌صورت دستی انجام شد. به‌طوری‌که هر کرت فرعی فرعی شامل ۴ خط کاشت به طول ۲ متر، بافاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت فرعی ۴×۲ فاصله بین دو کرت فرعی ۱/۵ متر و مساحت زمین ۵۰۰ مترمربع در نظر گرفته شد. پس از انجام عملیات شخم و دیسک، براساس آنالیز انجام‌گرفته از خاک، کود فسفره از منبع سوپرفسفات تریپل به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاس به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار تأمین شد. با توجه به تحقیقات پیشین مصرف این مقدار پتاسیم باعث افزایش عملکرد محصول خواهد شد. کود فسفره و پتاسیم قبل از کاشت هم‌زمان با آماده‌سازی زمین به خاک افزوده شد. کود نیتروژن نیز از منبع اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک در سه مرحله: قبل از کاشت، در مرحله ۶-۸ برگی و قبل از گلدهی استفاده شد. پس از اطمینان از سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه اقدام به تنک کردن بوته‌ها شد. عملیات تنک و وجین علف‌های هرز در دو مرحله، ۴ تا ۶ برگی و در مرحله ۶ تا ۸ برگی انجام شد. در طول مطالعه، هیچ بیماری یا آفت در مزرعه مشاهده نشد؛ و هیچ آفت‌کشی در طول فصل برای کنترل آفات استفاده نگردید.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

به‌منظور اندازه‌گیری تعداد سنبله و وزن هزار دانه، تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت و اندازه‌گیری انجام شد. جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک یک مترمربع از دو ردیف وسط هر کرت آزمایشی با رعایت اثر حاشیه‌ای و در ۲۱ فروردین ۱۳۹۹ برداشت گردید. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک ضربدر ۱۰۰ محاسبه گردید (Bamshad et al., 2020).

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

جهت تعیین کربوهیدرات و پرولین در مرحله گلدهی نمونه‌هایی از برگ‌های تازه (جوان) تهیه و پارامترهای موردنظر اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری پروتئین به روش بردفورد (Bradford, 1976) انجام شد. اندازه‌گیری پرولین با استفاده از روش بیتس (Bates, 1973) به شرح زیر انجام گرفت. ۰/۵ گرم از برگ گیاه کینوا وزن و با ۱۰ میلی‌لیتر سالیسیلیک اسید ۳ درصد مخلوط گردید و درون هاون چینی ساییده شد تا کاملاً عصاره یکنواختی تهیه شود و در مرحله‌ی بعد عصاره حاصل توسط کاغذ واتمن صاف گردید و ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف‌شده، به همراه ۲ میلی‌لیتر نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال مخلوط شد و به مدت تقریباً یک ساعت در حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. درنهایت حدود ۴ میلی‌لیتر

تولوئن به لوله‌های آزمایش حاصل از محتویات فوق اضافه شد. غلظت پروتئین با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Gold Spectrumlab 54) ساخت کشور آمریکا در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. برای اندازه‌گیری هیدرات‌کربن از روش اسچیگل (Schlegel, 1956) با اندکی تغییرات استفاده شد. ابتدا در هرکدام از نمونه‌ها، هیدرات‌کربن با استفاده از آب مقطر و بر اساس روش اسیدسولفوریک استخراج شد. در این روش ۰/۲ گرم از برگ تر گیاه وزن گردید و نمونه‌ها در داخل لوله‌های آزمایش به همراه ۱۰ سی‌سی آب مقطر اضافه گردید و به مدت یک ساعت در حمام بن ماری و در دمای ۸۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد. بعد از خارج کردن لوله‌ها از بن‌ماری حدوداً به ۱ میلی‌لیتر از این نمونه‌ها، ۱ سی‌سی فنل ۰/۵ درصد و ۴ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد اضافه گردید. نمونه‌ها در طول‌موج ۴۸۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد.

برای تجزیه تحلیل آماری داده‌ها از برنامه نرم‌افزاری SAS، نسخه ۹/۱ استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعداد سنبله

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی و بر برهمکنش تنش خشکی × کود دامی در سطح یک درصد معنی‌دار اما مصرف کود پتاسیم تأثیری بر تعداد سنبله نداشت (جدول ۳).

نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد سنبله با میانگین ۱۵/۱۶ سنبله در مترمربع با مصرف ۱۰ تن در هکتار کود دامی در هنگام آبیاری کامل بود که نسبت به تیمار شاهد ۱۱/۷۶ درصد افزایش نشان داد و تفاوت معنی‌داری ازلحاظ آماری با تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی و عدم آبیاری در مرحله گلدهی نشان نداد (جدول ۴).

تعداد سنبله به تراکم بوته و مرحله رشد و نمو گیاه بستگی دارد هرچه مرحله رشد و نمو بیشتر باشد طبیعتاً گیاه به مواد غذایی بیشتری نیاز دارد استفاده از کودهای دامی سبب جذب تدریجی عناصر غذایی می‌شود باعث می‌گردد که همین امر سبب افزایش مقدار فتوسنتز گردیده و درنهایت به افزایش تعداد سنبله در مترمربع و افزایش گلدهی می‌انجامد (Moradi et al., 2016).

جدول ۳. تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی و کیفی کینوا تحت تأثیر تنش خشکی و کود آلی (گاوی) و پتاسیم

Table 3. Analysis of variance of morphological and biochemical characteristics of Chenopodium quinoa under drought stress and cow Manure and potassium

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی DF	تعداد سنبله Spike no.	وزن هزار دانه Grain W.t	عملکرد دانه Grain Yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
Repeat	تکرار	2	0.01	0.0039	0.01	0.6344
Drought stress (S)	تنش خشکی	2	2.08**	0.44**	1.89**	1.27*
Maine error	خطای اصلی	4	0.49	0.0001	0.02	0.88
Manure (M)	کود دامی	2	0.45	0.073 **	0.43**	3.98*
(S)*(M)	برهمکنش تنش*کود دامی	4	0.77**	0.28**	1.33**	3.97 **
Sub-error	خطای فرعی	12	0.24	0.0001	0.02	0.76
K	کودپتاسیم	2	0.19	0.112**	0.11*	0.63
(S)*(K)	برهمکنش تنش خشکی*پتاسیم	4	0.17	0.31**	0.04	0.28
(M)*(K)	کود دامی*پتاسیم	4	0.16	0.18**	0.32**	1.61**
(S)*(M)*(k)	تنش خشکی*کود دامی*پتاسیم	8	0.14	0.14**	0.22**	0.58*
Sub sub-error	خطای فرعی فرعی	36	0.16	0.00007	0.03	0.24
CV%	ضریب تغییرات	-	*28.21*	*0.4*	*11.63*	*9.98*

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی DF	شاخص برداشت Harvest index	پرولین Proline	پروتئین Protein	کربوهیدرات Carbohydrat
Repeat	تکرار	2	25.86	3.95	13370.63	324.57**
Drought stress (S)	تنش خشکی	2	781.65**	331.59**	407112.27**	573471.61
Maine error	خطای اصلی	4	69.96	0.61	12780.9	6489.23
Manure (M)	کود دامی	2	46.58	495.21**	437663.3**	874640.20**
(S)*(M)	برهمکنش تنش*کود دامی	4	167.04**	87.379**	304545.4**	243908.05**
Sub-error	خطای فرعی	12	25.08	0.32	3527.77	7582.47
K	کودپتاسیم	2	19.54	82.19**	320927.52**	236802.53**
(S)*(K)	برهمکنش تنش خشکی*پتاسیم	4	5.28	115.28**	166620.46**	272629.95**
(M)*(K)	کود دامی*پتاسیم	4	20.98	125.66**	22892.22	302488.65**
(S)*(M)*(k)	تنش خشکی*کود دامی*پتاسیم	8	82.34**	29.212**	361079.35**	541108.73**
sub-error Sub	خطای فرعی فرعی	36	21.01	0.55	9818.42	6209.5
CV%	ضریب تغییرات	-	*14.31*	*7.52*	*10.25*	*4.11*

* و ** به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

Statistically significant at the probability levels of 5% and 1%, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین بر همکنش تنش خشکی و کود دامی بر تعداد سنبله در گیاه کینوا

Table 4. Comparison of averages Interaction drought stress and cow manure on spike number in *Chenopodium quinoa*

سطوح آبیاری Irrigation levels	کود دامی Cow manure	تعداد سنبله Spike no.
	t ha^{-1}	
آبیاری کامل (Full irrigation)	0	13.33^{ab}
	10	15.16^{a}
	20	12.44^{abc}
گلدهی (Flowering Stage)	0	9.776^{bc}
	10	8.88^{bc}
	20	15.11^{a}
پر شدن دانه (Seed Filling stage)	0	1^{c}
	10	9.778^{bc}
	20	9.77^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارد.

Means in each column followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level.

پتاسیم به دلیل نقشی که در نقل‌وانتقال کربوهیدرات‌ها و پروتئین به دانه دارد و همچنین باعث افزایش سریع گلدهی (فاز زایشی) می‌شود یعنی زمانی برای افزایش رشد رویشی و تعداد سنبله ندارد بنابراین در این تحقیق تأثیری بر تعداد سنبله نداشته است. لطفی جلال‌آبادی و همکاران (Lotfi Jalabadi et al., 2013) نشان دادند که کود دامی باعث افزایش تعداد سنبله گندم (Wheat) در مترمربع شد. سایر محققین نیز به نتایج مشابهی دراین‌باره دست یافتند (Khosravi and Mahmoudi 2013). استفاده از ۲۰ تن کود دامی و عدم آبیاری در مرحله گلدهی با توجه به عدم معنی‌داری ازلحاظ آماری به دلیل کاهش مصرف آب تیمار مناسبی ازلحاظ تأثیر بر تعداد سنبله در مترمربع باشد.

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمارها، اثرات دوگانه و سه‌گانه تنش خشکی، کود دامی و کود پتاسیم بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). همان‌طور که جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد بیشترین میزان وزن هزار دانه در کاربرد تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی و عدم استفاده از کود پتاسیم در مرحله آبیاری کامل (۳/۰۵ گرم) و کمترین میزان وزن هزار دانه با میانگین (۱/۶۳ گرم) در تیمار عدم مصرف کود دامی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در مرحله آبیاری به دست آمد (جدول ۵).

کاربرد هم‌زمان کود دامی و پتاسیم در مرحله‌ی پر شدن دانه سبب کاهش اثرات تنش خشکی می‌شود و این اثرات تنش خشکی روی وزن هزار دانه تأثیر زیادی نداشت ولی نسبت به مرحله‌ی آبیاری میزان وزن هزار دانه کاهش یافت. هر عاملی که باعث افزایش طول دوره رشد و نمو گیاه شود به بهبود فتوسنتز و افزایش آن منجر می‌شود. آبیاری و استفاده از کود دامی باعث ایجاد شرایط بهینه برای رشد رویشی گیاه کینوا می‌شود که گیاه با انجام فتوسنتز بیشتر و ذخیره‌سازی کربوهیدرات در ساقه و افزایش سطح برگ و فتوسنتز موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شود (Nazari et al., 2014; Ansori et al., 2016). گزارش‌ها حاکی از افزایش وزن هزار دانه در گیاه ذرت (*Zea mays*) تحت تأثیر کود دامی است (Moradi et al., 2016; Ghorbani et al., 2006).

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی، کود دامی و اثر دوگانه تنش × کود دامی، کود دامی × پتاسیم و اثر سه‌گانه تنش خشکی× کود دامی و پتاسیم در سطح یک درصد و اثر ساده پتاسیم در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی، کود دامی و پتاسیم نشان داد که با افزایش کاربرد کود دامی و پتاسیم مقدار عملکرد دانه افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد دانه (۲/۳۴ تن بر هکتار) در کاربرد تیمارهای ۲۰ تن در هکتار کود دامی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در مرحله آبیاری کامل و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد عدم مصرف کود دامی و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در مرحله قطع آبیاری مرحله پر شدن دانه‌ها به دست آمد (جدول ۵). احتمالاً کاربرد تیمارهای ۲۰ تن در هکتار کود دامی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به دلیل توانمندسازی گیاه در جذب آب و عناصر غذایی باعث افزایش اجزای عملکرد قبل از گلدهی شده و طولانی شدن طول دوره‌ی فتوسنتز جاری بخصوص در زمان پر شدن دانه می‌شود و گیاه زمان بیشتری برای پر شدن دانه دارد که درنتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و باعث طولانی شدن دوره‌ی ذخیره‌سازی مواد در دانه‌ها شده که افزایش کربوهیدرات‌ها در نتیجه مصرف کود دامی و پتاسیم در این تحقیق نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که گیاه ابتدا ذخیره پروتئین و سپس کربوهیدرات به‌واسطه طولانی بودن دوره‌ی پر شدن دانه صورت گرفت. همچنین پتاسیم به دلیل اثری که بر روی تداوم برگ در مرحله‌ی زایشی می‌گذارد، مواد فتوسنتزی بیشتری در دسترس تعداد بیشتری از گل‌ها قرار می‌دهد (Feli et al., 2018). نتایج مشابهی در رابطه با افزایش عملکرد دانه در شرایط مصرف کود دامی توسط محققین دیگر بر روی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و زیره سیاه (*Carum carvi* L.) رضاخانی و حاج سید خانی (Rezakhani and Hoj Seyed Hadi, 2017) گزارش شده است. همچنین تأثیر مثبت کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد دانه در تحقیقات امیری و همکاران (Amiri et al., 2016) بر روی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و رضایی سوخت آباندانی و همکاران (Rezaei Sokht Abandani et al., 2020) بر روی گیاه ذرت (*Zea mays*) مشاهده گردید.

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر معنی‌داری بین برهمکنش تنش خشکی و کود دامی و برهمکنش کود دامی و پتاسیم و برهمکنش تنش خشکی × کود دامی و پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک وجود دارد (جدول ۳). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷/۳۴ تن در هکتار) را در کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در مرحله آبیاری کامل و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک در کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود دامی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با میانگین (۳/۷۸ تن در هکتار) در هنگام قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه‌ها نشان داد (جدول ۵.) به نظر می‌رسد که تنش با کاهش شاخص سطح برگ موجب کاهش کارایی فتوسنتز در جذب و درنهایت کاهش ماده خشک گیاه می‌شود (Yadollahi et al., 2014). احتمالاً کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با تأثیر بر روزنه‌ها باعث جذب دی‌اکسید کربن گیاه شده و به عمل فتوسنتز در گیاه کمک می‌نماید؛ بنابراین در ساخت مواد هیدروکربنی گیاه نقش دارد و افزایش مواد هیدروکربنی گیاه باعث افزایش وزن خشک گیاه می‌شود، از طرفی افزودن ۲۰ تن در هکتار کود دامی به خاک با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی آن، باعث افزایش ارتفاع گیاه و عملکرد بیولوژیک افزایش می‌یابد؛ که این افزایش عملکرد بیولوژیک درنهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. این نتیجه یافته‌های سایر محققین روی بومادران،

مریم‌گلی و ریحان را مورد تأیید قرار می‌دهد (Kaplan et al., 2009; Scheffer et al., 1993). همچنین نتایج سایر محققین نیز از تأثیر کاربرد کود دامی بر عملکرد بیولوژیک گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) (Moradi et al., 2016) و تأثیر مثبت کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت (*Zea mays*) (Rezaei Sokht Abandani et al., 2020) گزارش شده است.

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تنش خشکی، اثر دوگانه تنش خشکی × کود دامی و اثر سه‌گانه تنش خشکی× کود دامی × پتاسیم ازلحاظ آماری بر شاخص برداشت معنی‌دار است (جدول ۳). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین شاخص برداشت با میانگین (۳۱/۸ درصد) در کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در مرحله آبیاری (شاهد) و کمترین شاخص برداشت با میانگین (۳۶/۶۵ درصد) در کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود دامی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در مرحله عدم آبیاری به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم سبب افزایش اجزای رویشی (سطح برگ و ارتفاع) و اجزای زایشی که شامل تعداد سنبله، تعداد دانه و وزن هزار دانه باعث افزایش ماده خشک گیاه گشته و عملکرد بیولوژیک زیاد می‌شود که درنهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد، شاخص برداشت با عملکرد دانه نسبت مستقیم دارد به این صورت که شاخص برداشت نشان‌دهنده

جدول ۵. مقایسه میانگین ویژگی‌های کمی و کیفی کینوا تحت تأثیر تنش خشکی و کود دامی (گاوی) و پتاسیم

Table 5. Comparison of averages Interaction characteristics of under drought stress and cow manure potassium on Chenopodium quinoa

سطوح آبیاری Irrigation levels	کود آلی Cow manure	پتاسیم potassium	وزن هزار دانه weight of thousand grain	عملکرد دانه grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
	t. ha^{-1}	kg.ha^{-1}	gr	---------- t.ha^{-1} ----------		%
آبیاری کامل Full irrigation	0	0	2.08^{f}	2.28^{ab}	5.14^{c-g}	44.22^{a}
		100	2.29^{c}	2.11^{abc}	5.28^{b-f}	40.18^{ab}
		200	1.63^{p}	1.956^{be}	4.88^{c-g}	40.52^{ab}
	10	0	2.03^{h}	1.31^{hL}	4.38^{f-h}	29.73^{c-g}
		100	1.97^{j}	1.48^{g-j}	4.56^{d-h}	34.39^{b-e}
		200	2.02^{h}	1.64^{e-h}	4.8^{c-g}	34.47^{b-e}
	20	0	3.05^{a}	2.09^{a-d}	4.8^{c-g}	44.49^{a}
		100	1.99^{i}	1.84^{c-f}	4.99^{c-g}	37.1^{abc}
		200	2.13^{de}	2.34^{a}	7.34^{a}	37.3^{abc}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا شروع پرشدن دانه Stop irrigation at the flowering stage until the seeds begin to fill	0	0	1.77^{m}	1.1^{klm}	4.62^{c-h}	23.89^{fg}
		100	2.01^{h}	1.15^{j-m}	3.78^{h}	30.63^{c-g}
		200	1.8^{i}	0.99^{L-m}	4.37^{f-h}	23.04^{fg}
	10	0	1.68^{o}	1.51^{j-m}	4.56^{d-h}	33.19^{be}
		100	2.01^{h}	1.31^{h-L}	5.05^{c-g}	25.84^{d-g}
		200	2.04^{g}	1.75^{d-g}	5.59^{bc}	31.88^{b-f}
	20	0	1.72^{n}	1.44^{g-k}	5.16^{b-f}	28.03^{d-g}
		100	2.09^{f}	1.13^{hl}	4.48^{e-h}	25.37^{e-g}
		200	1.52^{f-i}	1.97^{j}	4.99^{c-g}	30.73^{e-f}
قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه ها تا انتهای پرشدن دانه Stopping irrigation in the stage of seed filling until the end of seed filling	0	0	2.14^{d}	1.44^{g-k}	4.95^{c-g}	29.16^{c-g}
		100	2.14^{d}	0.88^{m}	4.12^{gh}	21.63^{g}
		200	2.06^{g}	0.958^{m}	3.78^{h}	25.77^{d-g}
	10	0	2.29^{c}	1.84^{c-f}	5.47^{b-d}	34.52^{bcd}
		100	2.37^{b}	1.62^{e-h}	6.09^{b}	26.84^{d-g}
		200	2.12^{e}	1.95^{b-e}	5.32^{a-c}	32.07^{b-f}
	20	0	2.05^{g}	1.18^{i-l}	4.4^{f-h}	26.97^{d-g}
		100	1.87^{k}	2.05^{a-d}	5.4^{b-d}	38.07^{abc}
		200	1.99^{ij}	1.67^{e-h}	4.94^{c-g}	33.75^{be}

جدول ۵. ادامه

Table 5. Continued

سطوح آبیاری Irrigation levels	کود آلی Manure cow	پتاسیم potassium	پرولین Proline	کربوهیدرات Carbohydrat	پروتئین Protein
	t. ha^{-1}	kg.ha^{-1}	----------	mg.gr^{-1}	----------
آبیاری کامل Full irrigation	0	0	0.94^{i}	1854.62^{ef}	1285.19^{bcd}
		100	4.8^{f}	1975.10^{e}	875.56^{hi}
		200	2.5^{g}	1792.12^{f}	411.11^{l}
	10	0	8.08^{e}	2417.81^{ab}	694.07^{ij}
		100	7.73^{e}	1975.10^{e}	864.44^{hi}
		200	12.64^{d}	1625.45^{g}	816.30^{hi}
	20	0	4.6^{f}	1605.66^{g}	496.89^{kl}
		100	2.35^{gh}	1912.60^{ef}	1160de
		200	13.11^{d}	1570.24^{g}	840^{hi}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا شروع پرشدن دانه Stop irrigation at the flowering stage until the seeds begin to fill	0	0	1.7^{g-i}	1881.70^{ef}	858.52^{hi}
		100	12.64^{d}	1295.94^{h}	862.96^{hi}
		200	2.0^{g-i}	1348.02^{h}	1180.74^{cde}
	10	0	18.14^{b}	1378.23^{h}	1380^{efg}
		100	18.56^{b}	2230.31^{cd}	1080^{e-g}
		200	12.64^{d}	2502.19^{a}	865.19^{hi}
	20	0	19.19^{ab}	2205.31^{cd}	1578.52^{a}
		100	18.14^{b}	1524.06^{g}	793.33^{hi}
		200	19.89^{a}	1910.87^{ef}	931.85^{f-h}
قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه ها تا انتهای پرشدن دانه Stopping irrigation in the stage of seed filling until the end of seed filling	0	0	4.1^{f}	2404.62^{ab}	480.74^{kL}
		100	15.91^{c}	1145.24^{i}	824.44^{hi}
		200	1.06^{hi}	1898.02^{ef}	595.56^{jk}
	10	0	4.6^{f}	2240.73^{cd}	1431.85^{ab}
		100	18.14^{b}	2137.6^{d}	1351.11^{bc}
		200	4.1^{f}	2325.45^{bc}	918.52^{gh}
	20	0	18.14^{b}	2161.56^{d}	1342.22^{bc}
		100	11.94^{d}	2284.48^{bcd}	1107.41^{def}
		200	12.29^{d}	2142.81^{d}	1064.44^{e-g}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنیداری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means in each column followed by the similar letter are not significantly different at 5% probability level.

چگونگی توزیع مواد پرورده بین اندام‌های رویشی و دانه گیاه است که درنهایت افزایش عملکرد دانه شاخص برداشت را افزایش می‌دهد که در تحقیق فوق نیز مشاهده شد، بنابراین هر عاملی که مقادیر این توزیع را تغییر دهد، باعث تغییر در شاخص برداشت می‌شود (Majidian et al., 2008). گزارش شده است که مصرف کود پتاسیم شاخص برداشت و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داد (Nawab Zada, 2003; Sobhani, 2004).

پرولین برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تمامی اثرات ساده، دوگانه و سه‌گانه بر مقدار پرولین ازلحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات تنش خشکی، کود دامی و پتاسیم نشان‌دهنده‌ی افزایش مقدار پرولین با مصرف کود دامی و پتاسیم در قطع آبیاری در زمان گلدهی است به‌طوری‌که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم نسبت به شاهد (عدم مصرف) باعث افزایش ۹۵/۲۳ درصدی پرولین شد (جدول ۵). احتمالاً مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم موجب افزایش کارایی مصرف آب و بهبود انتقال عناصری مانند نیتروژن از ریشه به برگ شده بنابراین مصرف کود پتاسیم موجب جذب بیشتر نیتروژن به خاطر خاصیت آنتاگونیسمی و بهبود شرایط رشد بیشتر گیاه و تقسیم سلولی و همچنین در ساخت هیدرات‌کربن و پروتئین‌ها می‌شود که درنهایت جذب پروتئین‌هایی مانند پرولین افزایش می‌یابد. گیاهان در هنگام تنش اسیدآمینه پرولین را در تمام‌اندام‌های گیاهی انباشته می‌کنند (تنظیم اسمزی) که این اسیدآمینه در سیتوپلاسم برای محافظت از ساختمان درشت مولکول‌ها مصرف می‌شود و هیدروکسی پرولین همچنین برای سنتز دیواره سلولی بکار می‌رود (Hu et al., 2014). نتایج بررسی اثرات تنش خشکی بر دو گونه *S. persica* و *S.europaea* (سالیکورنیا) نشان داد که تنش خشکی بر محتوای پرولین می‌افزاید (Torabi Kahbouni et al., 2008). پتاسیم باعث

فعال شدن آنزیم‌ها ازجمله آنزیم دلتا ۱-پیرولین ۵-کربوکسیلات‌سنتاز که مؤثر در سنتز پرولین در هنگام تنش خشکی است (Strizhov et al., 1997). احتمالاً کاربرد پتاسیم در تحقیق فوق، به دلیل مؤثر واقع‌شدن بر فعالیت این آنزیم منجر به افزایش غلظت پرولین در برگ کینوا شده باشد کاربرد کودهای دامی با داشتن ویژگی‌هایی ازجمله اصلاح ساختمان خاک، تغذیه خاک، حفظ رطوبت خاک و برخی ویژگی‌های خاص دیگر در سطوح بالای تنش می‌تواند باعث افزایش میزان کربوهیدرات‌ها، پرولین و پروتئین شده و اثرات نامناسب تنش خشکی را در گیاه سالیکورنیا (*Salicornia Persica*) کاهش دهد (Kalanaki et al., 2020). نتایج تحقیق اصغری و همکاران (Asghari et al., 2019) نشان می‌دهد که در گیاه زعفران (*Crocus sativus*) بیشترین محتوای پرولین (۲۸/۲۴ میکرومول بر گرم) در تیمار با مصرف ۴۰ تن در هکتار کود گاوی به دست آمد.

کربوهیدرات‌های محلول

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کلیه اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه تنش خشکی، کود دامی و پتاسیم ازلحاظ آماری بر میزان کربوهیدرات برگ معنی‌دار شد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین هیدرات‌کربن برگ (۲۵۰۲/۱۹ میلی‌گرم بر گرم) در کاربرد تیمار ۱۰ تن در هکتار کود آلی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در مرحله عدم آبیاری در مرحله گلدهی و کمترین میزان کربوهیدرات برگ با میانگین (۱۱۴۵/۲۴ میلی‌گرم برگرم) در کاربرد تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم و عدم مصرف کود دامی در هنگام عدم آبیاری در زمان پر شدن دانه‌ها حاصل شد (جدول ۵). گیاهان برای مقابله با انواع تنش‌ها با تغییر برخی از ژن‌ها، به ایجاد استراتژی‌هایی می‌پردازند به عبارتی از طریق افزایش کربوهیدرات‌های محلول از مسیرهایی غیرفتوسنتزی یا تجزیه کربوهیدرات‌های نامحلول، اقدام به افزایش کربوهیدرات‌های محلول هم برای حفظ تورژسانس سلولی و هم برای جلوگیری از تخریب شدن پروتئین‌ها می‌کنند (Moradtalab et al., 2019). به نظر می‌رسد مصرف کود پتاسیم و مواد آلی موجود در کود دامی منبع خوبی برای تأمین کربن موردنیاز برای سنتز قند در کینوا است و تأثیر مثبت مصرف جداگانه و نیز با هم از کود دامی و پتاسیم بر افزایش کربوهیدرات روشن است. گیاهانی که میزان رطوبت کم‌تری دریافت می‌کنند، مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب بیشتری دارند (Moradtalab et al., 2019). در پژوهشی دیگر تحقیقات نشان داد که در شرایط تنش خشکی، میزان کربوهیدرات‌های محلول در گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) افزایش قابل‌توجهی یافت (Brujerdnia et al., 2016).

پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کلیه اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه تنش خشکی، کود دامی و پتاسیم ازلحاظ آماری بر میزان پروتئین معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی، کود دامی و پتاسیم نشان‌دهنده‌ی افزایش مقدار پروتئین است به‌گونه‌ای که بیشترین مقدار پروتئین با میانگین (۱۵۷۸/۵۲ میلی‌گرم برگرم) با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی و عدم کاربرد کود پتاسیم با اعمال تنش خشکی (مرحله‌ی گلدهی) و کمترین مقدار پروتئین با میانگین (۴۱۱/۱۱ میلی‌گرم برگرم) از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و عدم مصرف کود دامی و در مرحله آبیاری حاصل شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که قابلیت زیاد نگهداری آب در کود دامی و همچنین دارا بودن نیتروژن زیاد کودهای دامی، آزادسازی تدریجی ترکیبات نیتروژنِ و ویژگی خاص آن (کاهش آبشویی نیتروژن) باعث افزایش میزان پروتئین در مرحله گلدهی شده است از طرفی تنش خشکی میزان فتوسنتز گیاه را کاهش داده و این کاهش به وجود آمده، در میزان دی‌اکسید کربن ورودی و بسته بودن روزنه‌ها تأثیر داشته و درنهایت تا حدی درصد پروتئین را بالا می‌برد (Mahmud et al., 2018). نتایج مشابهی از تأثیر افزایش کاربرد کود دامی در تحقیق محققان صالحی ارجمند (Salehi Arjmand, 2005) و تتراد جونز و همکاران (Tetard-Jones et al., 2016) به دست آمده است.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که کاربرد توأم کود دامی و پتاسیم در شرایط آبیاری کامل سبب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی کینوا گردید. اثرات سه‌گانه تنش خشکی × کود دامی × پتاسیم باعث افزایش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، پرولین، پروتئین و کربوهیدرات شد به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در استفاده هم‌زمان کود دامی و پتاسیم در مرحله آبیاری به دست آمد. مصرف پتاسیم به دلیل اثرگذاری

مثبت آن در جهت حفظ رطوبت در گیاه و افزایش طول مدت فتوسنتز به‌واسطه تداوم سطح برگ در مرحله زایشی، می‌تواند مواد پرورده بیشتری را در اختیار تعداد بیشتری از گل‌ها قرار دهد و درنتیجه باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. در شرایط تنش مقدار کربوهیدرات‌ها و پروتئین افزایش یافت که این افزایش ناشی از سازگاری گیاه است.

منابع

Amiri, A., Sirousmehr, A., Yadollahi, P., Asgharipour, M., Esmaeilzadeh Bahabadi, S., 2016. Effect of drought stress and spraying of salysilic acid and chitosan on photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in safflower. Journal of Crops Improvement. 18(2), 453-466. [In Persian with English summary].

Ansori, A., Shahgholi, H., Makarian, H., Gholipoor, M., 2016. The effect of planting dateon the growth and yield of indigo (*Indigo feratinctoria* L.) in Shahrood conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 14, 37-47. [In Persian with English summary].

Asghari, R., Dadashi, M., razavi, A., Feizi, H., Bakhtiari, S., 2019. Effect of cow manure on yield and morphological and physiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) under salinity stress. Saffron Agronomy and Technology. 7(2), pp. 171-184. [In Persian with English summary].

Bamshad, R., Ramroudi, M., Asgharipour, M., 2020. Evaluation of yield and quality traits of black cumin (*Nigella sativa* L.) affected by fertilizer and irrigation. Iranian Journal of Horticultural Science. 51(2), 307-317. [In Persian with English summary].

Bates, L., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.

Bhargava, A., Srivastava, S., 2013. QUINOA: Botany, Production and Uses. Boston, MA. CABI.

Borujerdnia, M., Bihmta, M., Alamy Sayeda, K., 2016. Effect of drought stress on proline content, soluble carbohydrates, electrolyte leakage and relative water content of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Physiology, 8, 23-41.

Boroujerdnia M, Bihamta M, AlamiSaid K, Abdossi V. Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (Phaseolus vulgaris L.). Crop Physiology Journal. 8, 23-41. [In Persian with English summary].

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities inutilizing the principle of protein-dye binding. nalytical Biochemistry. 72, 248-254.

Brittany, L.G., Rojas-Silva, P., Rojo, L., Delatorre-Herrera, J., Baldeon, M., Raskin., 2015. Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 14, 431-445.

Dini, I., Tenore, G.C., Dini, A., 2001. Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seeds: an interesting and underexploited andine food plant. Food Chemistry. 92, 125-32.

Ehteshami, S., Abbasi, M., Khavazi, K., Zand, B., 2014. Effect of phosphate solubilizing bacteriastrains (*Pseudomonas putida*) on forage qualityand quantity of sorghum cultivars in Varamin. Journal of Plant Process and Function. 2(6), 1-11. [In Persian with English summary].

Feli, A., Maleki Farahani, S., Besharati, H., 2018. The impact of chemical urea fertilizer nd different organic and biofertilizers on both quantitative and qualitative yield and some soil properties in cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.). Crop Improvement (Journal of Agricultural Crops Production). 20, 345-356. [In Persian with English summary].

Ghorbanli, M., Bakhshi, Khaniki G.H., Zakeri, A., 2011. The effect of drought stress on antioxidant compounds in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 27, 658-647. [In Persian with English summary].

García-Parra, M., García-Molano, J., Deaquiz-Oyola, Y., 2019. Physiological performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under agricultural climatic conditions in Boyaca,

Colombia. Agronomía Colombiana, 37, 144-152.

Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. E., Shabala, S., 2011. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. Journal of Experimental Botany. 62(1),185-93

Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition ofplants. Journal of Plant Nutrient and Soil Science .168, 541-549.

Hu, Y.Y., Zhang, Y.L., Yi, X.P., Zhan, D.X., Luo, H.H., Chow, W.S., Zhang, W.F., 2014. The elative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. Journal of Integrative Agriculture. 13, 975-989.

Jamali, S., Sharifian, S., Frost, M., 2018. The combined effect of different seawater regimes and low irrigation on leaf characteristics of quinoa. Water and Irrigation Management. 8, 177-191.

Jacobsen, S.E., Liu, F., Jensen, C.R., 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Scientia Horticulturae. 122, 281-287.

Kalanaki, M., Ritzema, H., Bamshad, R., Jones, E., Fazilatnia, M., 2020. Application of bio-desalinization for reclamation of salt-affected soil under composted cow manure and deficit irrigation with saline water. Paddy and Water Environment. 18, 469-479.

Karimi, R., 2017. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Scientia Horticultura 215, 184-194.

Khosravi, H., Mahmoudi, H., 2013. Evaluation of effects of Azotobacter inoculation and manure on growth of rainfed wheat', Journal of Soil Management and Sustainable Production. 3(2), 205-219. [In Persian with English summary].

Koyro, H., Eisa, S., 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant and Soil 302, 79–90

Lotfi Jala Abadi, A., Siadat, S., Bakhsandeh, A., Fathi, G., Alemi Saied, K., 2013. Effect of chemical, organic and biological fertilizers systems on yield and yield components of wheat genotypes (*T. aestivum* and *T. durum*) in Ahvaz conditions. Plant Productions. 36(1), 103-116. [In Persian with English summary].

Mahmud, M., Abdullah, R., Syafawati Yaacob, J., 2018. Effect of vermicompost mendment onnutritional status of sandy loam soil, growthperformance, and yield of pineapple (Ananascomosus var. MD2) under field conditions. Agronomy 2018, 8(9), 183. https://doi.org/10.3390/agronomy8090183

Majidian, M., Qalavand, Aloo. Karimian, N.M., Kamkar Haghighi, M.A., 2008. Effects of different amounts of nitrogen, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. Electronic Journal of Crop Production. 1, 35-61. [In Persian with English summary].

Changes in agronomic traits and wheat harvest index under livestock manure and growth-promoting bacteria at different levels of nitrogen. Plant Physiology, 7

Moradi, M., Soleimani Fard, A., Naseri, R, Ghasemi, M.Abroumand, K., 2016. The changes of agronomic traits and harvest index of wheat under the effect of manure and plant growth promotion bacteria at different levels of nitrogen. Crop Physiology Journal. 7(28), 73-90. [In Persian with English summary].

Moradtalab, N., Hajiboland, R., Aliasgharzad, N., Hartmann, T.E., Neumann, G., 2019. Silicon and the association with an arbuscular-mycorrhizal fungus (*Rhizophagus clarus*) mitigate the adverse effects of drought stress on strawberry. Agronomy. 9(1), 41. DOI: 10.3390/agronomy9010041.

Nawab, K, Zada, K., 2003. Response of wheat to farmyard manure, potassium and zinc under different irrigated and un-irrigated cropping patterns. Proceeding of 4th Internatinal Congres on Biological Science. (Botany) Egypt. 165-170

Nazari, S.H., Zaefrian, F., Farahmandfar, E., Zand, E., Azimi Sooran, S., 2014. Effect of harvest timeon forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. Iranian Journal of Field Crops Research. 12, 237-245. [In Persian with English summary].

Rezaei Sokht Abandani, R., Siadat, S. A., Pazaki, A, Lak, S., Mojaddam, M., 2020. Investigation of the effect of drought stress, different levels of nitrogen and potassium fertilizers on some agronomic and physiological traits of single cross corn 704. Journal of Plant Ecophysiology. 40, 40-52. [In Persian with English summary].

Rezakhani, A., Seyed Hadi, H. 2017. The effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, grain yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Crop Science, 48, 777-786. [In Persian with English summary].

Rezakhani, A., Seyed Hadi, H., 2017. The effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, grain yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Crop Science, 48, 777-786. [In Persian with English summary].

Salehi Arjmand, H., 2005. Effect of environmental stresses on accumulation of secondary metabolites in plants. Proceedings of the National Conference on the Sustainable Development of Medicinal Plants.Publications of the Research Institute of Forests and Rangelands. 305-307. [In Persian].

Sceffer, M.S.C., Ronzelli Junio, P.R., Koehler, H.S. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass,yield and yield composition of the essesntial oil of *Achillea millefolium* L. Acta Hoticulture (ISHS) 331, 109-114.

Schlegel, H.G., 1956. Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Plata. 47, 510-515.

Shecari, F., Afshari, M., Afzahy, K., Azim Khani, R.., 2016. The effect of foliar application of salicylic acid on dry weight, harvest index, yield and yield components of cowpea under dehydration stress. Environmental Stresses in Crop sciences.1, 58-51. [In Persian with English summary].

Singh, S., Singh, R., Singh, K.V., 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), functional superfood for today'sworld: A Review. WSN. 58, 84-96.

Strizhov, N., Abraham, E., Okresz, L., Blickling, S., Zilberstein, A., Schell, J., Koncz, C., Szabados, L., 1997. Differential expression of two P5CS genes controlling prolin accumulation during salt stress requires ABA and is regulated by ABA1, ABI1 and AXR2 in Arabidopsis. Plant Journal. 12, 557-569.

Talebnejad, R., Sepaskhah, A.R., 2014. Effects of water-saving irrigation and ground-water depth on rice growth,yield and water use. Archives of Agronomy and Soil Science. 60,15–31.

Talebnejad, R., Sepaskhah, A.R., 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigationwatersalinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. Agricultural Water Management. 148, 177–188.

Tetard-Jones, C., Edwards, M., Rempelos L., Gatehouse, A.M.R., Eyre, M., Wilcockson, J.S., Leifert, C., 2016. Effects of Previous Crop Management, Fertilization Regime and Water Supply on Potato Tuber Proteome and Yield. Agronomy, 3, 59–85.

Torabi Kahbouni, S., 2008. Comparative study of the effects of salinity and drought stress on some physiological and biochemical parameters of two species of Salicornia, MA thesis in plant physiology. University of Tehran. [In Persian].

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., Martínez, E. A., 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90, 2541-2547.

Yadollahi, P., Asgharipour, M., Marvaneh, H., Kheiri, N. ¹Ayob, A., 2017. Effect of drought stress on grain and oil yield of two sunflower cultivars. Journal of Crop Science Research in Arid Areas, 1, 76-65. [In Persian with English summary].

Zurita Silva, A., Jacobsen, S. E., Razzaghi, F., Álvarez Flores, R., Ruiz, K. B., Morales, A., Silva Ascencio, H., 2015. Quinoa drought responses and adaptation. In: Bazile, D., Bertero, D., Nieto, C. (eds.), State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013. Chapter 2.4. Santiago, Chile: FAO/CIRAD, 2015. pp. 157-171.