



## مدیریت آب و آبیاری

(نشریه علمی)

دوره ۱۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰

صفحه‌های ۹۹-۱۱۲

DOI: 10.22059/jwim.2021.295006.742

مقاله پژوهشی:

### ارزیابی اثر کود نیتروژن و روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر کارایی کاربرد آب در کشت گیاه کینوا

صابر جمالی<sup>۱</sup>، حسین انصاری<sup>۲\*</sup>، سیده محبوبه زین‌الدین<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲. استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳. دانشجوی کارشناسی، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۱۴

#### چکیده

به منظور بررسی اثر آبیاری جویچه‌ای و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا، طرحی در قالب کرت‌های خرد شده و براساس بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارها شامل سه روش آبیاری (جویچه‌ای FI، یک در میان ثابت FAFI و یک در میان متناوب VAFI) و سه سطح کوددهی نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. استفاده از ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن (در مقایسه با کوددهی به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار)  $+62/5$  و  $+70/8$  درصد عملکرد در واحد سطح گیاه کینوا را افزایش داد. در اثر اعمال روش‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متناوب، تغییراتی به میزان  $-9/8$  و  $-9/3$  در صفت ارتفاع بوته مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که عملکرد دانه در تیمار FAFI50 دارای کم‌ترین مقدار (۱۴/۳ گرم) و در تیمار VAFI50 دارای بیش‌ترین مقدار (۳۳/۴ گرم) بود. به‌طور کلی، در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (VAFI200) کاهش کاربرد آب و دستیابی به عملکرد مناسب محصول اتفاق افتاده که منجر به افزایش کارایی کاربرد آب در شرایط اقلیمی مشهد شده است.

**کلیدواژه‌ها:** رقم تیتیکاکا، روش آبیاری، عملکرد دانه کینوا، کارایی کاربرد آب.

### Evaluation of the effects of nitrogen and alternate furrow irrigation method on water use efficiency in cultivation of Quinoa plant

Saber Jamali<sup>1</sup>, Hossein Ansari<sup>2\*</sup>, Seyedeh Mahbubeh Zeynodin<sup>3</sup>

1. Ph.D. Candidate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran.

2. Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran.

3. B.Sc. Graduated, Department of Desert and Arid Areas Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received: January, 04, 2020

Accepted: May, 15, 2021

#### Abstract

To investigate the effects of furrow irrigation and nitrogen fertilizer on yield and yield components of Quinoa, an experiment was conducted as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications in 2018 at Ferdowsi University of Mashhad. Treatments included three irrigation methods (furrow irrigation (FI), fixed alternate furrow irrigation (FAFI), and variable alternate furrow irrigation (VAFI)) and three-level of nitrogen fertilizing (50, 100, and 200 Kg/ha). The yield of quinoa was increased +62.5 and +70.8 percent under the use of 100 and 200 Kg/ha nitrogen fertilizer (compared to 50 Kg/ha using nitrogen fertilizer). The plant height was decreased -9.8 and -9.3 percent under using FAFI and VAFI, respectively. The result showed that the lowest and the highest of grain yield with 14.3 g and 33.4 g in FAFI50 and VAFI200, respectively. Generally, the use of variable alternative furrow irrigation + 200 Kg/ha nitrogen (VAFI200) was decreased irrigation water consumption and increasing water use efficiency, therefore with this treatment in Mashhad climatic conditions can be produced a reliable yield.

**Keywords:** Irrigation method, Quinoa grain yield, Titicaca cultivar, Water productivity.

## مقدمه

گیاه کینوا<sup>۱</sup> به‌عنوان گیاهی متحمل به شوری و خشکی، می‌تواند به امنیت غذایی کمک کرده (Çolak et al., 2020; Salim et al., 2020) و تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار را در شرایط خاص اقلیمی ایران که خشکی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی از واقعیت انکارناپذیر آن است، فراهم سازد (Jamali et al., 2018). در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک (مانند ایران) برای حصول امنیت غذایی و کشاورزی پایدار نیاز به مدیریت، صرفه‌جویی و استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود آب است (Qadir, 2003; Ahmadi et al., 2010; Topak et al., 2016). از جمله روش‌های توسعه‌یافته در شرایط کمبود آب می‌توان به آبیاری ناقص ریشه (یا جویچه‌ای یک در میان) اشاره نمود (Shahnazari et al., 2007; Emdad & Samamipour, 2017). تئوری خاص حاکم بر روش آبیاری ناقص ریشه، آن را از روش کم‌آبیاری معمولی که اغلب موجب کاهش محصول می‌شود، متمایز می‌سازد (Ghrab et al., 2013). در این روش در هر نوبت آبیاری، تنها بخشی از ریشه آبیاری و بخش دیگر آن خشک می‌ماند. سمت خشک ریشه با ارسال سیگنال‌هایی به روزه‌های برگ، میزان بازشدگی روزه را تحت تأثیر قرار داده که منجر به کاهش میزان تلفات آب می‌شود (Davies et al., 2000). از جمله نتایج اعمال آبیاری ناقص ریشه می‌توان به افزایش غلظت شیره آوندی، کاهش هدایت روزه‌ای، افزایش کارایی کاربرد آب و عدم کاهش معنی‌دار کمیت محصول اشاره نمود (Limaa et al., 2015; Romero et al., 2015; Salim et al., 2020). هم‌چنین نتایج مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهند که در این روش آبیاری، کیفیت محصولات (انار، گوجه‌فرنگی، چغندر قند، نیشکر و ...) نیز بهبود قابل ملاحظه‌ای می‌یابد (Sheinidashtegol et

al., 2009; Molavi et al., 2011; Parvizi et al., 2014). در پژوهشی که به‌منظور بررسی اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان روی گیاه ذرت انجام شد، نتایج نشان داد که بیش‌ترین ماده خشک تجمعی، ۲۵۷ گرم در بوته (در تیمار آبیاری کامل جویچه‌ها) و کم‌ترین مقدار آن نیز ۱۹۶ گرم در بوته در تیمار آبیاری یک در میان متناوب در کل دوره رشد بود. در این پژوهش بیش‌ترین کارایی کاربرد آب مربوط به تیمار آبیاری کامل در مرحله گلدهی و آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل رشد بود (Samsamipoor et al., 2015). آبیاری جویچه‌ای یک در میان در همه مراحل رشد ذرت دانه‌ای به‌استثنای مرحله کاکل‌دهی در باجگاه (استان فارس) منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای در سراسر فصل رشد نشد، ولی حجم آب آبیاری در این پژوهش ۲۹ درصد کاهش یافت، هم‌چنین در کوشک (استان فارس) آبیاری جویچه‌ای یک در میان در مراحل مختلف رشد ذرت دانه‌ای، به‌استثنای مرحله رشد ابریشم‌دهی (اعمال دو مرتبه آبیاری جویچه‌ای معمولی در این مرحله رشدی)، محصولی برابر محصول آبیاری جویچه‌ای در سرتاسر فصل رشد تولید کرد، ولی حجم آب آبیاری را ۳۰ درصد کاهش داد. کارایی کاربرد آب در دو منطقه مذکور به‌ترتیب ۱/۰۴ و ۰/۹۷ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب به‌دست آمد (Sepaskhah & Parand, 2006).

هم‌چنین در بررسی تأثیر آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد گوجه‌فرنگی، شش تیمار آبیاری ثابت، متناوب شیارها (یک طرفه گیاه) و تمام شیارها (دو طرف گیاه) در دو سطح ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مورد‌مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کارایی کاربرد آب در آبیاری متناوب در حالی ۴۰ درصد نسبت به آبیاری تمام شیارها افزایش یافت، که نه تنها هیچ کاهش محصولی ایجاد نشد بلکه بیش از ۳۸ درصد در کاربرد آب صرفه‌جویی شد. هم‌چنین، محصول تولیدشده

تیتیکاکا نشان داد که افزایش میزان کود نیتروژن مصرفی در شرایط گلخانه‌ای منجر به افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه و ماده خشک اندام هوایی می‌شود (Alizadeh-zouj, 2016). هم‌چنین مطابق نتایج پژوهشی دیگر روی ارقام تیتیکاکا و نگرا<sup>۶</sup> در شرایط آب‌وهوایی بورکینافاسو<sup>۶</sup>، افزایش کود نیتروژن مصرفی منجر به کاهش در عملکرد دانه، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته در این ارقام شد (Alvar-Beltrán et al., 2019b).

از این‌رو، با توجه به بحران آب از یک‌سو و افزایش جمعیت از سوی دیگر نیاز به استفاده مؤثرتر از آب برای افزایش عملکرد را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد، از طرفی نیل به کشاورزی پایدار نیازمند استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. از آنجایی که گیاه کینوا به سایر تنش‌های محیطی مقاوم بوده و این گیاه می‌تواند به امنیت غذایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمک کند و هم‌چنین پژوهشی در شرایط اقلیمی مشهد و با استفاده از آبیاری بخشی ریشه روی این گیاه انجام نشده، لذا این مطالعه با هدف بررسی اثرات روش‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای یک در میان (آبیاری جویچه‌ای مرسوم، یک در میان متناوب و یک در میان ثابت) بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، کارایی کاربرد آب و مشخصات رشد گیاه کینوا تحت اعمال مقادیر مختلف کود نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مدنظر قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه اجرای طرح و آماده‌سازی زمین

مطالعه حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با موقعیت جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام شد. مساحت زمین در نظر گرفته‌شده برای انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای حدود ۴۸۰ مترمربع (۴۰ متر در ۱۲

در آبیاری متناوب نسبت به آبیاری تمام و آبیاری ثابت شیارها از کیفیت بالاتری برخوردار بود (Sarker et al., 2016). در بررسی اثر آبیاری کامل و یک در میان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی کاربرد آب گوجه‌فرنگی، نتایج نشان داد که استفاده از تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و متغیر در مقایسه با تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب ۱۰/۶ و ۳۵/۵۵ درصد کاهش در عملکرد را به‌همراه داشت. در این پژوهش کارایی کاربرد آب با آبیاری یک در میان ثابت و متغیر به‌ترتیب ۱/۸ و ۱/۳ برابر کارایی کاربرد آب با آبیاری کامل بود (Molavi et al., 2011). در پژوهش‌ها، سه روش آبیاری جویچه‌ای به‌صورت آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ها، آبیاری یک در میان ثابت و آبیاری مرسوم مورد مقایسه قرار گرفت. در این مطالعه عملکرد بالای دانه به‌همراه ۵۰ درصد کاهش در میزان کاربرد آب در آبیاری متناوب یک در میان ذرت گزارش شد و نتایج کلی این پژوهش نشان داد که روش آبیاری متناوب جویچه‌ها به‌منظور صرفه‌جویی و ذخیره‌کردن آب در نواحی خشک مناسب است (Kang et al., 2000).

براساس نتایج یک پژوهش، کاربرد کود نیتروژن به میزان ۹۳/۷۵، ۱۸۷/۵ و ۳۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه و وزن هزاردانه رقم وردس<sup>۲</sup> گیاه کینوا را بهبود بخشید (Kansomjet et al., 2017). نتایج پژوهشی نشان داد که استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در کشت کینوا رقم کیو-۵۲<sup>۲</sup> در شرایط آب‌وهوایی ترکیه، منجر به دستیابی عملکرد بهینه دانه (۲/۹۵ تن در هکتار) و افزایش میزان پروتئین دانه می‌شود (Geren et al., 2015). مطابق نتایج پژوهشی در کشور ساحل عاج، افزایش میزان کود نیتروژن مصرفی در کشت کینوا (رقم تیتیکاکا)<sup>۴</sup> منجر به بهبود در ارتفاع بوته، طول سنبله و طول ریشه شد، در حالی که بر عملکرد و قطر ساقه اثر منفی داشت (Alvar-Beltrán et al., 2019a). مطالعه روی رقم

و با خاصیت دارویی و غذایی مطلوب بومی کشورهای کوهپایه‌ای آند مانند بولیوی، پرو، اکوادور و شیلی در آمریکای جنوبی می‌باشد. کینوا به دلیل ارزش غذایی بالا و توازن اسید آمینه‌ای بسیار مطلوبی که دارد توسط سازمان خواروبار جهانی (فائو)<sup>۹</sup> با شیر خشک مقایسه شده است (Jamali et al., 2018). در این مطالعه بذره‌های رقم تیتیکاکا در عمق ۱/۵ سانتی‌متری خاک و به فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر (به عبارت دیگر، تراکم بوته در هر کرت ۱۲۰ بوته بود)، در تاریخ ۵ مردادماه ۱۳۹۷ کاشته شدند و پس از ۱۰ روز جوانه زدند (جدول ۲).

#### تیمارهای مورد بررسی و مرحله داشت

برای اجرای این پژوهش از آزمایش کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) با سه روش آبیاری (آبیاری جویچه‌ای مرسوم FI<sup>۱</sup>، آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت FAFI<sup>۱۱</sup> (در هر نوبت آبیاری و به صورت ثابت تنها یک طرف ردیف کشت آبیاری می‌شود) و متناوب VAFI<sup>۱۲</sup> (در هر نوبت آبیاری و به صورت تناوبی تنها یک طرف ردیف کشت آبیاری می‌شود) به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح کود نیتروژن به عنوان فاکتور فرعی (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (Alizadeh-zouj, 2016)) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد، لازم به ذکر است که شماتیکی از طرح در شکل (۱) و نمادهای اختصاری تیمارهای مورد بررسی در جدول (۳) و شکل (۲) ارائه شده است. در جدول (۴) کیفیت آب آبیاری ارائه شده است.

متر) بود. آزمایش در ۲۷ کرت به ابعاد سه×سه (مترمربع) اجرا شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول سه متر بود. برای آماده‌کردن زمین برای کاشت، دو مرتبه شخم نیمه‌عمیق (شخم اول در پاییز سال قبل و شخم دوم در بهار) زده شد و پس از آن عملیات کولتواتور، دیسک و لولر در بهار برای تکمیل فرایند آماده‌سازی زمین صورت گرفت. قبل از کشت و پس از آماده‌سازی زمین نمونه مرکبی از خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به صورت تصادفی از چند نقطه از زمین تهیه و جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد (جدول ۱).

#### گیاه مورد مطالعه

گیاه مورد مطالعه در این پژوهش گیاه کینوا بوده که گیاهی یکساله و دارای شباهت ظاهری با علف هرز سلمک یا سلمه‌تره است. این گیاه مادر دانه‌ها معروف است و جزو خانواده تاج‌خروسیان<sup>۷</sup> و زیر خانواده اسفناجیان<sup>۸</sup> بوده و شرایط رشد آن شبیه اسفناج می‌باشد. برگ‌های آن شبیه اسفناج است و علاوه بر دانه آن، از برگ گیاهان جوان به عنوان سبزی تازه و یا به صورت پخته استفاده می‌شود. این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای قوی بوده و نسبت به استرس خشکی مقاوم می‌باشد. طول دوره رشد این گیاه بین ۹۰ تا ۱۲۵ روز متغیر می‌باشد. اهمیت غذایی کینوا مربوط به پروتئین بالا، ترکیب کامل و متعادل اسید آمینه‌ها، کلسیم، پتاسیم، فسفر، منیزیم و آهن بالا و سدیم پایین است که باعث محبوبیت آن شده است. کینوا گیاهی است با ارزش

Table 1. Physiochemical characteristics of research site soil

Depth cm	Soil texture	EC dSm <sup>-1</sup>	pH	K ppm	P	N	Organic carbon Percent	Organic mater
0-30	Silty loam	0.58	7.92	186	29.2	0.058	0.62	1.07

Table 2. Date of planting, seedling and harvesting of Quinoa

Plant	Date of planting	Date of seedling	Date of harvesting
Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)	2018/07/27	2018/08/06	2018/11/01

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۱۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰

ارزیابی اثر کود نیتروژن و روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر کارایی کاربرد آب در کشت گیاه کینوا

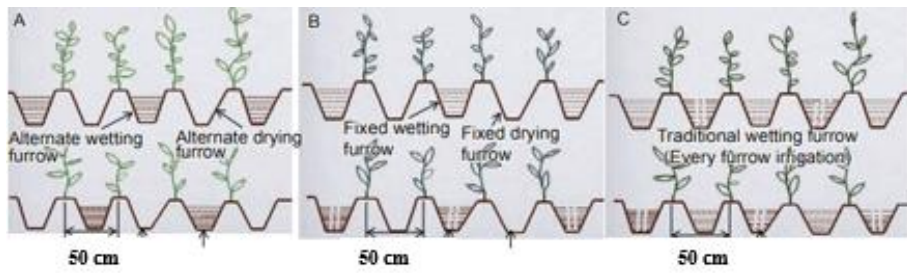


Figure 1. Schema of used furrow irrigation a) variable alternate furrow irrigation, b) fixed alternate furrow irrigation, and c) traditional furrow irrigation

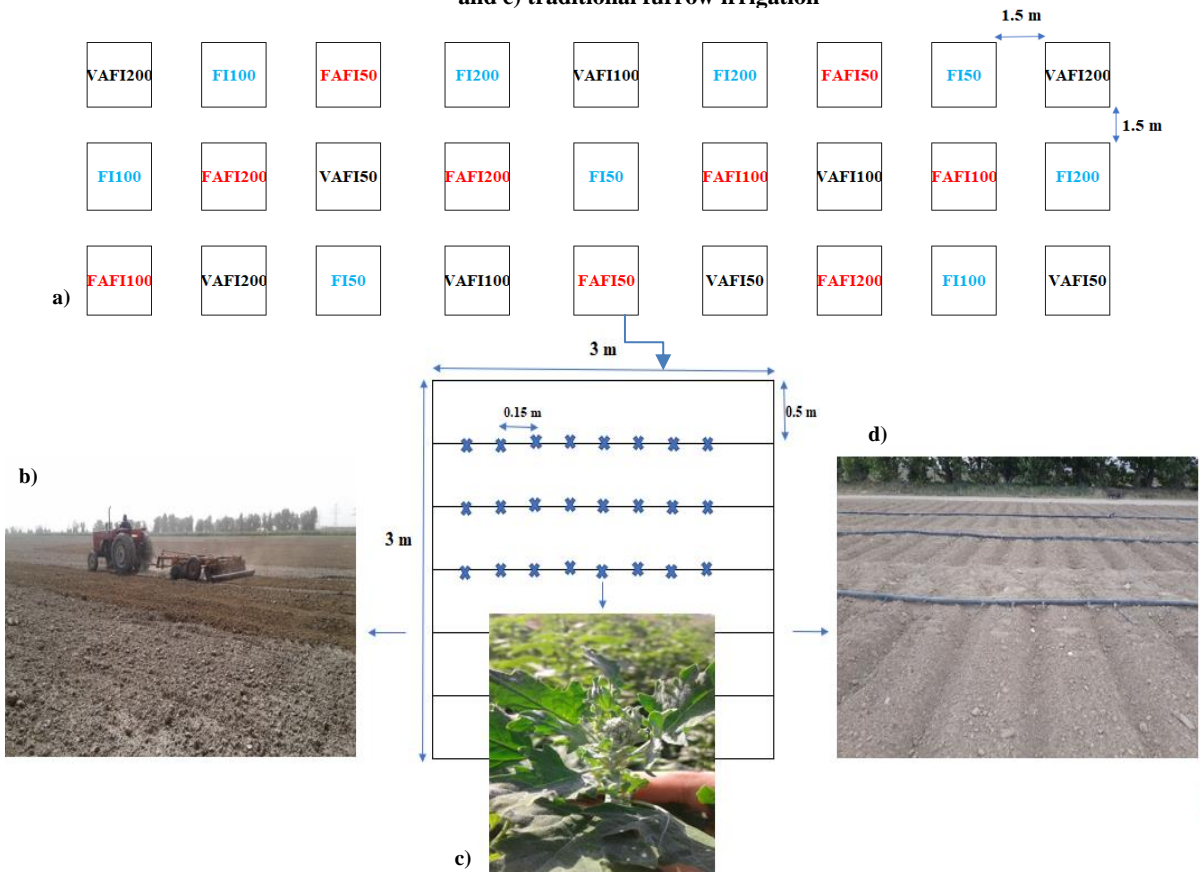


Figure 2. a) Schema of treatments in this study, b) preparing land for farming, c) plant cultivation, and d) preparing irrigation systems.

# FI: Furrow irrigation, VAFI: Variable alternate furrow irrigation, and FAFI: fixed alternate furrow irrigation  
200: 200 Kg.ha<sup>-1</sup> Nitrogen, 100: 100 Kg.ha<sup>-1</sup> Nitrogen, 50: 50 Kg.ha<sup>-1</sup> Nitrogen

Table 3. Treatments and abbreviations

Treatments	Abbreviations
Traditional furrow irrigation + 50 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	FI50
Traditional furrow irrigation + 100 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	FI100
Traditional furrow irrigation + 200 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	FI200
Variable alternate furrow irrigation + 50 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	VAFI50
Variable alternate furrow irrigation + 100 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	VAFI100
Variable alternate furrow irrigation + 200 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	VAFI200
Fixed alternate furrow irrigation + 50 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	FAFI50
Fixed alternate furrow irrigation + 100 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	FAFI100
Fixed alternate furrow irrigation + 200 Kg.ha <sup>-1</sup> nitrogen	FAFI200

Table 4. Quality of used irrigation water

Water quality	EC	pH	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	dS m <sup>-1</sup>		meq l <sup>-1</sup>						
Fresh water	0.93	7.9	4.4	1.9	3.0	2.6	3.1	0.0	3.7

هر یک از تکرارها به میزان محاسبه شده با استفاده از روابط (۱) و (۲) و براساس مساحت هر کرت، میزان آب آبیاری تخصیص داده شد. در شکل (۳) مقدار نیاز آبی گیاه در طول فصل رشد ارائه شده است، لازم به ذکر است که تا قبل از اعمال تیمارهای آبیاری سه مرحله آبیاری در کل به میزان ۴/۵ مترمکعب انجام شده است.

Table 5. K<sub>c</sub> of Quinoa plant (cv Titicaca) (Talebnejad and Sepaskhah, 2015)

Growth stage	K <sub>c</sub>
ini	0.55
mid	1.2
end	0.75

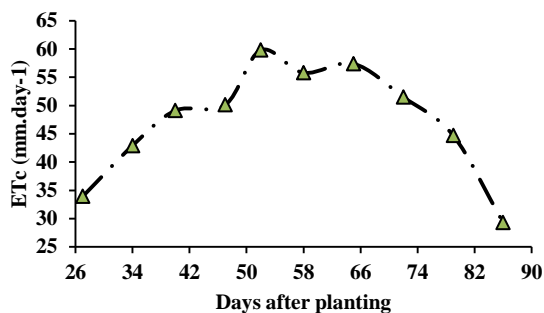


Figure 3. Quinoa water requirement during growth stage

$$ETc = Kc \times Kp \times (E_{pan}) \quad (1)$$

$$CWR = ETc \times A \quad (2)$$

در روابط (۱) و (۲) پارامترهای  $ETc$ ,  $Kp$ ,  $E_{pan}$ ,  $A$  و  $CWR$  به ترتیب بیانگر تبخیر تعرق روزانه گیاه برحسب میلی متر بر روز، ضریب تشت، تبخیر از سطح تشت برحسب میلی متر در روز، ضریب گیاهی، سطح زیر کشت در هر تکرار برحسب مترمربع و میزان آب آبیاری برحسب مترمکعب است (Allen et al., 1998). گیاهان تا دو هفته قبل از برداشت اعمال شد.

تیمارهای کودی به صورت مرحله ای و به میزان ۲۵ درصد قبل از کشت، ۵۰ درصد در زمان شروع نمایان شدن گل آذین و ۲۵ درصد دیگر در زمان دانه بستن به گیاهان تخصیص یافته است. دور آبیاری برای این پژوهش براساس شرایط زارعین و شرایط رایج در منطقه (با توجه به این که کشت عمده در این مزرعه ذرت بوده، مدار آبیاری براساس آن تنظیم شد)، هفتگی بود. برای تعیین متوسط مقدار تبخیر تعرق گیاه در مراحل مختلف رشد، از داده های ایستگاه هواشناسی واقع در مزرعه استفاده و مقدار تبخیر تعرق گیاه براساس رابطه (۱) محاسبه شد (لازم به ذکر است که برای تعیین  $Kc$ ، مقادیر جدول (۵) مورد استفاده قرار گرفت)، که برای این منظور در ابتدا ضریب تشت با استفاده از روش پیشنهادی در نشریه فائو ۵۶ با توجه به موقعیت استقرار آن که عاری از گیاه بوده (به طور میانگین ۰/۷) تعیین گردید (Allen et al., 1998). پس از آن، مقدار تجمعی آب تبخیر شده از تشت تبخیر محاسبه و در نهایت نیاز آبیاری براساس رابطه (۲) به دست آمد. آبیاری گیاهان در این پژوهش با استفاده از سیستم آبیاری جویچه ای بود و انتقال آب تا زمین زراعی با استفاده از لوله های با جنس پی وی سی<sup>۳</sup> و شیرهای تعبیه شده روی آن بود. کنترل حجم آب تحویلی به هر یک از تیمارها با استفاده از کنتور حجمی آب، انجام شد. برای اعمال آبیاری، روی هر یک از لوله های در هر یک از نوارها قرار داشتند، شیرهایی تعبیه شده بود که برای تیمارهای یک در میان، شیرها بسته شده و در آبیاری متداول، شیرها باز بود. لازم به ذکر است که در هر یک از تیمارها به صورت جداگانه کنتور حجمی تعبیه شده و در

## مرحله برداشت، روش انجام آزمایشات و تجزیه و تحلیل آماری

در تاریخ ۱۰ آبان‌ماه ۱۳۹۷ و همزمان با زمان برداشت محصول، با حذف حاشیه‌ها در هر کرت آزمایشی، بوته‌های واقع در سطح یک مترمربع از وسط هر کرت کف‌بری شدند. پس از عملیات برداشت، گیاهان در هوای آزاد خشک شده و برای برآورد عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مربوط به هر تیمار به آزمایشگاه منتقل شدند. در انتها صفات وزن سنبله، عملکرد دانه و عملکرد در واحد سطح با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم، طول و قطر سنبله و قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتالی، ارتفاع با استفاده از خط‌کش مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. لازم به ذکر است که برای نشان دادن روند تغییرات این صفت در طول سه مرحله رشد، متوسط ارتفاع ۱۰ بوته از هر کرت (به‌صورت تصادفی) مورد اندازه‌گیری و مدنظر قرار گرفت. در این پژوهش کارایی کاربرد آب با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.4 و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. نمودار صفات نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

$$WUE = \frac{GY}{CWR} \quad (3)$$

در رابطه (۳) پارامترهای WUE و GY به‌ترتیب بیانگر کارایی کاربرد آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب و عملکرد دانه (به‌عنوان عملکرد اقتصادی گیاه کینوا) برحسب کیلوگرم در هکتار است (Samsamipoor et al., 2015).

## نتایج و بحث

شکل (۴) حجم آب مورد استفاده در طول دوره رشد برای سه روش آبیاری را نشان می‌دهد. براساس نتایج، حجم آب آبیاری مورد استفاده در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب و ثابت در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای مرسوم، حدود ۴۴ درصد کاهش یافته است.

## تجزیه واریانس صفات رشد و عملکرد گیاه کینوا

براساس جدول تجزیه واریانس صفات رشد و عملکرد گیاه کینوا تحت روش‌های مختلف آبیاری و سطوح متفاوت کوددهی نیتروژن، نتایج نشان داد که تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر طول و عرض سنبله، قطر ساقه، وزن سنبله، عملکرد دانه و کارایی کاربرد آب در سطح احتمال یک درصد ( $P < 0/01$ ) و بر عملکرد در واحد سطح گیاه کینوا در سطح احتمال پنج درصد ( $P < 0/05$ ) معنی‌دار است (جدول ۶). همچنین نتایج مطابق جدول (۶) نشان‌دهنده معنی‌داری تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر روی طول و عرض سنبله، قطر ساقه، وزن سنبله، عملکرد دانه و عملکرد در واحد سطح گیاه کینوا در سطح احتمال یک درصد ( $P < 0/01$ ) و بر کارایی کاربرد آب در سطح احتمال ۵ درصد ( $P < 0/05$ ) است. اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی در سطح احتمال پنج درصد ( $P < 0/05$ ) بر قطر ساقه، وزن سنبله، عملکرد و کارایی کاربرد آب معنی‌دار شد (جدول ۶).

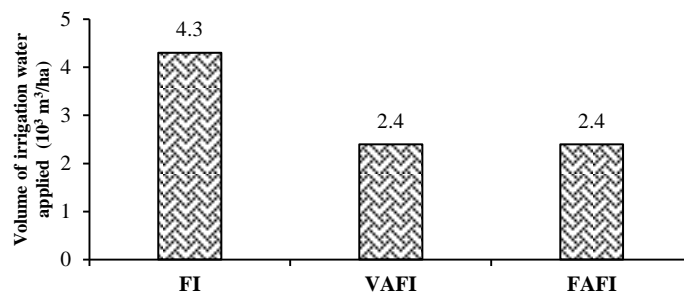


Figure 4. Volume of irrigation water applied during growth stages

**Table 6. Analysis of variance of yield, water productivity and growth properties of Quinoa**

Source of variation	df	mean square							
		WUE <sup>#</sup>	Y	GY	PW	SD	PH	IW	IL
Replication	2	0.005 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	4.75 <sup>ns</sup>	41.4 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>**</sup>	499.3 <sup>ns</sup>	0.6 <sup>ns</sup>	5.9 <sup>*</sup>
Irrigation Methods	2	0.658 <sup>**</sup>	0.011 <sup>*</sup>	161.7 <sup>**</sup>	2502.3 <sup>**</sup>	0.18 <sup>**</sup>	362.0 <sup>ns</sup>	63.7 <sup>**</sup>	193.1 <sup>**</sup>
Nitrogen Levels	2	0.097 <sup>*</sup>	0.075 <sup>**</sup>	205.9 <sup>**</sup>	4510.8 <sup>**</sup>	0.27 <sup>**</sup>	19.5 <sup>ns</sup>	17.6 <sup>**</sup>	108.8 <sup>**</sup>
Irrigation Method × Nitrogen Levels	4	0.018 <sup>*</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	21.4 <sup>*</sup>	71.1 <sup>*</sup>	0.005 <sup>*</sup>	308.2 <sup>ns</sup>	4.4 <sup>ns</sup>	2.3 <sup>ns</sup>
Error A	4	0.002	0.002	0.52	0.53	1.8	25.2	0.4	3.8
Error	12	0.001	0.002	3.2	23.2	0.001	175.8	1.9	0.95
Cv		3.9	13.0	8.6	5.9	2.5	12.3	15.4	3.9

\*\* , \* , ns: Represent significant at 1 and 5 percent levels and non-significant, respectively.

# WUE: Water use efficiency, Y: Yield, GY: grain yield, PW: Panicle weights, SD: Stem diameter, PH: Plant height, IW: Inflorescences width, and IL: Inflorescences length

کود نیتروژن منجر به بهبود در طول سنبله گیاه کینوا شد، به طوری که استفاده از ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نسبت به ۵۰ کیلوگرم در هکتار از این کود منجر به افزایش معنی دار و به میزان ۳۱/۸+ و ۱۲/۴+ درصدی در این صفت شد. نتایج این پژوهش با نتایج *Salim et al.* (2020) و *Çolak et al.* (2020) روی کینوا مطابقت داشت.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۷) کمترین و بیشترین میزان از قطر سنبله به ترتیب در تیمار استفاده از ۲۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار با مقدار ۳/۷ و ۹/۸ سانتی متر بود. لازم به ذکر است که بین تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن اختلاف معنی دار آماری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نشد. دلیل بهبود در این صفت در شرایط استفاده از کود نیتروژن می تواند ناشی از افزایش در دسترس بودن مواد غذایی برای گیاه باشد، که این مواد توسط ریشه جذب و صرف تولید شیره پرورده برای استفاده در اندامهای مختلف گیاه می شود. این موضوع سبب بهبود تقسیمات سلولی و در ادامه، افزایش طول سنبله می شود.

طبق نتایج اعمال روشهای مختلف آبیاری جویچه‌ای سبب تغییراتی به میزان ۹/۳- و ۹/۸- در صفت ارتفاع بوته شده است، به طوری که بیشترین میزان این صفت در شرایط آبیاری جویچه‌ای مرسوم (۱۱۵/۱ سانتی متر) و کمترین میزان آن در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب (۱۰۳/۸ سانتی متر) مشاهده می شود.

### مقایسه میانگین اثر روش آبیاری و میزان کود نیتروژن مصرفی بر طول و قطر سنبله و ارتفاع بوته

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های طول سنبله گیاه کینوا در تیمارهای مختلف، بیشترین میزان از این صفت در تیمار آبیاری جویچه‌ای مرسوم (۲۹/۷ سانتی متر) و کمترین آن در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت (۲۰/۴ سانتی متر) مشاهده شد (جدول ۷). نتایج نشان دهنده تغییرات در طول سنبله در اثر روش‌های یک در میان ثابت و متناوب به میزان ۱۷/۲- و ۳۱/۳- درصد بود (علامت + و - به ترتیب بیانگر افزایش و کاهش در این صفت می باشد). تغییر در قطر سنبله به میزان ۴۴/۹- و ۲۷/۱- درصد در اثر استفاده از آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متناوب جهت آبیاری کینوا در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای مرسوم به وجود آمد. مطابق نتایج ارائه شده در جدول (۷)، بیشترین میزان از این صفت در تیمار آبیاری جویچه‌ای مرسوم (۱۱/۸ سانتی متر) و کمترین مقدار آن در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت (۶/۵ سانتی متر) بود. دلیل کاهش در طول و قطر سنبله که محل تشکیل تعداد دانه و عملکرد دانه می باشد، می تواند ناشی از کاهش جذب آب و مواد غذایی در اثر کاهش توسعه و رشد ریشه در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب و ثابت باشد ( *Gholam Hosseini et al.*, 2008; *Sepaskhah and Parand*, 2006). بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۷)، استفاده از مقادیر مختلف



ارزیابی اثر کود نیتروژن و روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر کارایی کاربرد آب در کشت گیاه کینوا

**Table 7. Simple effects of irrigation method and nitrogen levels on growth properties of Quinoa**

Treatment	Yield	Plant height	Inflorescences width	Inflorescences length
	Kg.m <sup>-2</sup>		cm	
FAFI	0.31 b	104.4 b	6.5 c	20.4 c
VAFI	0.38 a	103.8 b	8.6 b	24.6 b
FI	0.36 ab	115.1 a	11.8 a	29.7 a
LSD (0.05)	0.06	6.6	0.8	2.6
50 Kg.ha <sup>-1</sup> N	0.24 b	108.4 a	7.3 b	21.7 c
100 Kg.ha <sup>-1</sup> N	0.39 a	108.8 a	9.7 a	28.6 a
200 Kg.ha <sup>-1</sup> N	0.41 a	106.1 a	9.8 a	24.4 b
LSD (0.05)	0.05	13.6	1.4	1.01

Numbers followed by the same letter are not significantly different at P<0.05

آن در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با ۰/۳۱ کیلوگرم در مترمربع مشاهده شد. استفاده از ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن منجر به بهبود عملکرد به میزان ۶۲/۵+ و ۷۰/۸+ درصد نسبت به تیمار استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن شد. در تیمارهای موردبررسی هرچه میزان کود افزایش یافته است، به دلیل در دسترس بودن کود برای گیاه و صرف انرژی کم تر برای تأمین نیاز خود صفت عملکرد با توجه به شیره پرورده بیش تری که در دسترس بود و صرف دانه بستن در این تیمارها شده، افزایش یافته است. دلیل کم بودن عملکرد در واحد سطح می‌تواند، آفت کرم ساقه خوار باشد که در زمان دانه بستن به گیاهان صدمه جبران ناپذیری را وارد کرد. کاهش میزان عملکرد در آبیاری جویچه‌ای ثابت نسبت به آبیاری جویچه‌ای مرسوم می‌تواند به دلیل تنش موجود و اثر آن روی گیاه باشد، به طوری که تولید فرآورده‌های فتوسنتزی، شیره پرورده و کاهش در دسترس بودن این مواد برای اندام‌های مختلف گیاه را به همراه داشته و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Singh & Patel, 1996; Sepaskhah & Ahmadi, 2010; Akbari Nodehi, 2015). اما عدم کاهش مقدار عملکرد در تیمار آبیاری جویچه‌ای متناوب می‌تواند کاهش آب‌شویی مواد غذایی موجود در ناحیه توسعه ریشه نسبت به تیمار آبیاری جویچه‌ای مرسوم باشد.

طبق نتایج اختلاف معنی‌داری در این صفت بین آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متناوب در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نشد. کاهش میزان ارتفاع بوته در شرایط اعمال آبیاری جویچه‌ای یک در میان در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای مرسوم، می‌تواند به دلیل کاهش توسعه ریشه‌ها و کاهش آب در دسترس گیاه باشد (Sepaskhah & Parand, 2006). به عبارت دیگر، کاهش دسترسی به آب در ناحیه توسعه ریشه، کاهش آب جذب توسط گیاه را در پی دارد. از طرفی کاهش جذب آب توسط گیاه، کاهش آماس سلولی و تقسیم سلولی را به همراه داشته است، از این رو در این تیمارها کم شدن ارتفاع امری محتمل است (Cakir, 2004; Samsamipoor et al., 2015). براساس شکل (۵) که روند تغییرات ارتفاع را در طول دوره رشد گیاه (در سه مرحله زمانی ۳۰ و ۵۰ روز پس از سبزشدن گیاهان و زمان برداشت) نشان می‌دهد، در شرایط اعمال ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و متناوب سبب افزایش بیش تری در این صفت شده است. در شرایط اعمال ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نیز بیش ترین میزان در تیمار یک در میان متناوب در این صفت نسبت به دو تیمار دیگر مشاهده می‌شود.

براساس نتایج جدول (۷)، بیش ترین میزان عملکرد در واحد سطح با ۰/۳۸ کیلوگرم در مترمربع در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب و کم ترین میزان

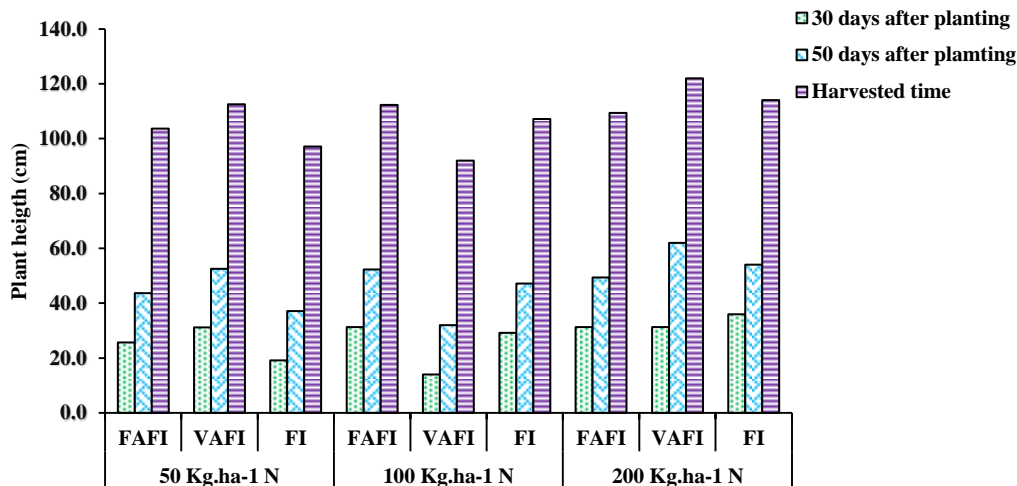


Figure 5. Quinoa (cv. Titicaca) plant height variation in this study

نیترژن به خاک در تمامی تیمارهای آبیاری منجر به بهبود در صفت قطر ساقه شده است. وزن سنبله نیز در تیمار VAFI200 (۱۲۲/۳ گرم) دارای بیشترین میزان و در تیمار FAFI50 (۴۵ گرم) دارای کمترین میزان بود. عملکرد دانه در تیمار FAFI50 دارای کمترین مقدار (۱۴/۳ گرم) و در تیمار VAFI200 دارای بیشترین مقدار (۳۳/۴) بود. با توجه به این‌که در زمان دانه بستن آفت کرم ساقه‌خوار به گیاهان حمله کرد، بیش‌تر دانه‌ها پوک بوده و یا دارای وزن کمی بود که دلیل آن می‌تواند کم‌شدن شیره پرورده و رسیدن آن به دانه و ذخیره آن در دانه و در نتیجه آن افزایش وزن و عملکرد دانه باشد. دلیل کم‌شدن عملکرد در آبیاری جویچه‌ای مرسوم نسبت به آبیاری یک در میان متناوب می‌تواند به دلیل شسته‌شدن مواد غذایی باشد. افزایش کود نیترژن سبب بهبود در اندام هوایی و سطح برگ گیاه شده و از این‌رو افزایش رشد رویشی و زیست‌توده را به‌همراه دارد و در نتیجه آن فرآورده‌های فتوسنتزی برای حصول عملکرد حداکثری نیز افزایش می‌یابد (Poshtdar *et al.*, 2016) و به همین دلیل در تیمارهای موردبررسی هرچه میزان نیترژن افزایش یافته عملکرد دانه و وزن سنبله افزایش یافته است.

نتایج این پژوهش با نتایج (2014) Akbari Nodehi روی توت‌فرنگی و (2015) Geren و Alizadeh-zouj، (2016) Kansomjet *et al.*، (2017) روی کینوا مطابقت داشت و با نتایج (2019b) Alvar-Beltrán *et al.* روی کینوا مطابقت نداشت. نتایج عملکرد در واحد سطح در این پژوهش و نتایج (2011) Molavi *et al.* که آبیاری یک در میان ثابت و متناوب را بر روی گوجه‌فرنگی اجرا کرده بودند، دارای مغایرت است که دلیل آن می‌تواند شرایط اقلیمی، نوع گیاه و خاک باشد. از طرفی نتایج پژوهش حاضر و نتایج (2009) Sheinidashtegol *et al.* روی نیشکر در یک راستا بوده و عملکرد در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب نسبت به آبیاری یک در میان ثابت بیش‌تر است.

#### مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری و نیترژن مصرفی بر رشد، عملکرد و کارایی کاربرد آب کینوا

براساس جدول (۸) بیش‌ترین و کم‌ترین میزان قطر ساقه گیاه کینوا در شرایط اعمال تیمارهای موردبررسی به‌ترتیب در تیمارهای FI200 (۱/۴۴ سانتی‌متر) و FAFI50 (۰/۷۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. نتایج نشان داد که افزودن کود

ارزیابی اثر کود نیتروژن و روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر کارایی کاربرد آب در کشت گیاه کینوا

**Table 8. Interaction effects of irrigation method and nitrogen levels on yield and growth properties of Quinoa**

Treatment	Water use efficiency	Grain yield	Panicle weights	Stem diameter
	Kg.m <sup>-3</sup>		gr	cm
FAFI50	0.64 g	14.3 g	45.0 e	0.78 h
FAFI100	0.88 e	17.0 efg	63.3 d	0.98 f
FAFI200	0.99 d	19.9 de	82.7 c	1.07 de
VAFI50	1.16 c	17.8 ef	68.7 d	0.92 g
VAFI100	1.28 b	25.3 b	99.0 b	1.11 d
VAFI200	1.38 a	33.4 a	122.3 a	1.25 b
FI50	0.75 f	16.6 fg	60.3 d	1.04 e
FI100	0.78 f	21.0 cd	90.0 c	1.18 c
FI200	0.8 f	24.0 bc	102.7 b	1.44 a

Numbers followed by the same letter are not significantly different at P<0.05

این صفت در آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت ۳۷/۵ و ۵۴/۷ درصد، آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر ۱۰/۳ و ۱۹/۰ درصد و آبیاری جویچه‌ای متداول ۴/۰ و ۶/۷ درصد بود. نتایج بیانگر کاهش اثر خشکی ناحیه‌ای ریشه در آبیاری جویچه‌ای ثابت در شرایط استفاده از کود نیتروژن بوده و این میزان از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر به مراتب بیشتر است. در این صفت بیش‌ترین و کم‌ترین میزان به ترتیب با ۰/۶۴ و ۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با سطح کوددهی ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (FAFI 50) و آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر با سطح کوددهی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (VAFI 200) مشاهده شد.

### نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده اثر مثبت اعمال کود نیتروژن بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه کینوا رقم تیتیکاکا است، به طوری که عملکرد محصول در واحد سطح در ازای استفاده از ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن با بهبود ۶۲/۵+ و ۷۰/۸+ درصدی نسبت به تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه بود. در اثر اعمال روش‌های مختلف آبیاری FAFI و VAFI، تغییراتی به میزان ۹/۸- و ۹/۳- در صفت ارتفاع بوته مشاهده شد. همچنین براساس نتایج، بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته در

از جمله دلایل افزایش عملکرد دانه در شرایط افزایش میزان نیتروژن مصرفی می‌تواند کاهش زمان تکمیل رشد برگ‌ها و تولید مواد فتوسنتزی باشد. همچنین مواد فتوسنتزی مازاد از تولید در این شرایط در گیاه ذخیره شده و پس از گرده‌افشانی به دانه منتقل می‌شود (Kazemi *et al.*, 2008). از طرفی در شرایط محدودیت نیتروژن (که رابطه مستقیمی با کلروفیل برگ دارد) میزان کلروفیل برگ کاهش یافته و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Pandey *et al.*, 2000).

براساس نتایج جدول (۸) افزایش کود مصرفی در کشت گیاه کینوا منجر به بهبود در کارایی کاربرد آب (WUE) در هر سه روش آبیاری جویچه‌ای شده است. براساس نتایج جدول (۷) در هر سه سطح کوددهی ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در آبیاری جویچه‌ای متداول، تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در WUE براساس آزمون مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد. به عبارت دیگر، در این روش آبیاری، تغییرات کارایی کاربرد آب به نوعی مستقل از میزان کود مصرفی عمل کرده و ممکن است در این روش آبیاری آب‌شویی کود اتفاق افتاده باشد. همچنین میزان آب کاربردی در این روش آبیاری دو برابر دو روش دیگر آبیاری بوده و خود می‌تواند دلیلی بر کم‌بودن WUE در این شرایط باشد. از طرفی نتایج نشان داد که در شرایط استفاده از سطوح کوددهی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان بهبود در

### تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

### منابع

1. Ahmadi, S.H., Andersen, M.N., Plauborg, F., Poulsen, R.T., Jensen, C.R., Sepaskhah, A.R., & Hansen, S. (2010). Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Gas exchange and xylem [ABA]. *Agricultural Water Management*, 97, 1486-1494.
2. Akbai Nodehi, D. (2014). The effect of different levels of drought stress and nitrogen fertilizer on some characteristics of strawberry plants (*Fragaria ananassa* Duch. cv. selva). *Water and Irrigation Management*, 4(1), 59-72. (In Persian).
3. Akbari Nodehi, D. (2015). Effect of furrow irrigation methods and deficit irrigation on yield and water use efficiency of maize in mazandaran. *Journal of Water and Soil Science*, 18(4), 245-255. (In Persian).
4. Alizadeh-zouj, F. (2016). Quinoa yield response to deficit irrigation and nitrogen levels, in presence of saline shallow groundwater. *International Quinoa Conference 2016: Quinoa for Future Food and Nutrition Security in Marginal Environments*, 6-8 December, Dubai. 1-18.
5. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109.
6. Alvar-Beltrán, J., Dao, A., Marta, A. D., Saturnin, C., Casini, P., Sanou, J., & Orlandini, S. (2019a). Effect of drought, nitrogen fertilization, temperature, and photoperiodicity on quinoa plant growth and development in the sahel. *Agronomy*, 9(10), 607.
7. Alvar-Beltrán, J., Saturnin, C., Dao, A., Dalla Marta, A., Sanou, J., & Orlandini, S. (2019b). Effect of drought and nitrogen fertilisation on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions in Burkina Faso. *Italian Journal of Agrometeorology*, 1, 33-43.
8. Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89(1), 1-16.
9. Çolak, Y. B., Yazar, A., Alghory, A., & Tekin, S. (2020). Evaluation of crop water stress index and leaf water potential for differentially irrigated quinoa with surface and subsurface drip systems. *Irrigation Science*, 38(4), 1-20.

شرایط FI (۱۱۵/۱ سانتی متر) و کمترین مقدار آن در آبیاری VAFI (۱۰۳/۸ سانتی متر) مشاهده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عملکرد دانه در تیمار FAFI50 دارای کمترین مقدار (۱۴/۳ گرم) و در تیمار VAFI200 دارای بیشترین مقدار (۳۳/۴) بود. دستاوردهای این پژوهش نشان می دهد که با مدیریت صحیح آبیاری جوچه ای یک در میان متناوب، می توان به عملکرد برابر با آبیاری جوچه ای مرسوم رسید. در این مطالعه، استفاده از روش آبیاری یک در میان متناوب به دلیل عملکرد دانه بیشتر نسبت به آبیاری یک در میان ثابت توصیه می شود. به طور کلی، کاهش کاربرد آب و دستیابی به عملکرد مناسب و قابل قبول محصول عواملی هستند که منجر به افزایش کارایی کاربرد آب می شود، به طوری که در این پژوهش و در شرایط اقلیمی مشهد، با کاربرد آبیاری جوچه ای یک در میان متناوب و اعمال ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (VAFI200) این مهم محقق شده است. نتیجه کلی مطالعه حاضر بیانگر این است که وجود تنش های محیطی مانند کمبود آب در ناحیه ریشه تأثیر به سزایی بر کاهش تبخیر تعرق گیاهان دارد و در این شرایط تغذیه کامل خاک به ویژه بهره مندی آن از عنصر نیتروژن، راه کاری مناسب برای افزایش عملکرد گیاه است.

### پی نوشت ها

1. *Chenopodium quinoa* Wild.
2. Verdes
3. Q-52
4. Titicaca
5. Negra
6. Burkina Faso
7. Amaranthaceae
8. Chenopodiaceae
9. FAO (Food and Agriculture Organization)
10. Furrow Irrigation
11. Fixed Alternate Furrow Irrigation
12. Variable Alternate Furrow Irrigation
13. PVC

10. Davies W.J., Bacon M.A., Thompson D.S., Sobeih W., & Rodriguez L.G. (2000). Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil: exploitation of the plant's chemical signaling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. *Journal of Experimental Botany*, 51, 1617-1626.
11. Emdad, M.R., & Samamipour, M. (2017). Variation of advance power function coefficients and water advance time in alternate furrow irrigation management. *Water and Irrigation Management*, 7(2), 349-365. (In Persian).
12. Geren, H. (2015). Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 20(1), 59-64.
13. Gholam Hosseini, M., Ghalavand, A., & Jamshidi, A. (2008). The effect of irrigation regimes and fertilizer treatments on grain yield and elements concentration in leaf and grain of sunflower. *Research and reconstruction in agronomy and horticulture*, 21(2), 91-100. (In Persian).
14. Ghrab, M., Gargouri, K., Bentaher, H., Chartzoulakisc, K., Ayadia, M., Mimound, M.B., Masmoudid, M.M., Mechliad, N.B., & Psarrasc, G. (2013). Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. *Agricultural Water Management*, 123, 1-11.
15. Jamali, S., Sharifan, H., & Sajadi, F. (2018). The effect of different seawater and deficit irrigation regimes on leaf properties of quinoa. *Water and Irrigation Management*, 8(2), 177-191. (In Persian).
16. Kang, S., Liang, Z., Pan, Y., Shi, P., & Zhang, J. (2000). Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. *Agricultural Water Management*, 45(3), 267-274.
17. Kansomjet, P., Thobunluepop, P., Lertmongkol, S., Sarobol, E., Kaewsuwan, P., Junhaeng, P., Pipattanawong, N., & Ivan, M.T. (2017). Response of physiological characteristics, seed yield and seed quality of quinoa under difference of nitrogen fertilizer management. *American Journal of Plant Physiology*, 12, 20-27.
18. Kazemi poshtmasari, H., Pirdashti, H.A., Bahmanyar, M.A., & Nasiri, M. (2008). Investigating nitrogen remobilization in different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in different nitrogen fertilizer rates and top dressed. *Journal of crop production*, 1(3), 1-16. (In Persian).
19. Limaa, R.S.N., Assis Figueiredoa, F.A.M.M., Martinsa, A.O., Deusa, B.C.S., Ferraza, T.M., Assis Gomesa, M.M., Sousab, E.F., Glennc, D.M., & Campostrini, E. (2015). Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity and water-use efficiency of papaya. *Scientia Horticulturae*, 183, 13-22.
20. Molavi, H., Mohammadi, M., & Liaghat, A. (2011). Effect of full irrigation and alternative furrow irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato (Super Strain B). *Water and Soil Science*, 21(3), 115-126. (In Persian).
21. Pandey, R. K., Marienville, J.W., & Adam, A. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a Sahelian environment I: Grain yield components. *Agricultural Water Management*, 46, 1-27.
22. Parvizi, H., Sepaskhah, A.R., & Ahmadi, S.H. (2014). Effect of drip irrigation and fertilizer regimes on fruit yields and water productivity of a pomegranate (*Punica granatum* (L.) cv. Rabab) orchard. *Agricultural Water Management*, 146, 45-56.
23. Poshtdar, A., Mashhadie, A. R. A., Moradi, F., Siadat, S. A., & Bakhshandeh, A. (2016). Effect of source and rate of nitrogen fertilizer on yield and water and nitrogen use efficiency of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(1), 14-31. (In Persian).
24. Qadir, M. (2003). Agricultural water management in water starved countries: Challenges and opportunities. *Agricultural Water Management*, 62, 165-185.
25. Romero, P., Gil-Munoz, R., Fernández-Fernández, I., Del Amorb, F., Martínez-Cutillasa, A., & García-García, J. (2015). Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown monastrell grapevines by partial root zone irrigation, in comparison with regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 149, 55-73.
26. Salim, S.A., Hadeethi, I.K.H., & Hadithi, R.A.G.M. (2020). Water stress on different growing stage for Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) and its influence on water

- requirement and yield. *Iraqi Journal of Agriculture Sciences*, 51(3), 953-966.
27. Samsamipoor, M., Afrasiab, P., Emdad, M., Delbari, M., & Karandish, F. (2015). Evaluation of corn forage yield and yield components under alternate furrow irrigation. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 46(1), 11-1. (In Persian).
28. Sarker, K.K., Akanda, M.A., Biswas, S.H., Roy, D.K., Khatun, A., & Goftar, M.A. (2016). Field performance of alternate wetting and drying furrow irrigation on tomato crop growth, yield, water use efficiency, quality and profitability. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(10), 2380-2392.
29. Sepaskhah A.R., & Ahmadi S.H. (2010). A review on partial root-zone drying irrigation. *International Journal of Plant Production*, 4 (4), 241-258.
30. Sepaskhah, A.R., & Parand, A. R. (2006). Effects of alternate furrow irrigation with supplemental every furrow irrigation at different growth stage of maize (*Zea mays* L.). *Plant Production Science*, 9, 415-421.
31. Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., & Jensen, C.R. (2007). Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research*, 100, 117-124.
32. Sheinidashtegol A, Kashkouli H, Naseri A, & Boromandnasab S. (2009). Effects of every-other furrow irrigation on water use efficiency and sugarcane characteristics in southern ahvaz sugarcane fields. *Journal of Water and Soil Science*, 13(1), 45-57. (In Persian).
33. Singh, J., & Patel, A. L. (1996). Water status, gaseous exchange, proline accumulation and yield of wheat in response to water stress. *Annual of Biology Ludhiana*, 12, 77-81.
34. Talebnejad, R., & Sepaskhah, A. (2015). Effect of deficit irrigation and different saline groundwater depths on onyield and water productivity of quinoa. *Agricultural Water Management*, 159, 225-238.
35. Topak, R., Acar, B., Uyanoz, R., & Ceyhan, E. 2016. Performance of partial root-zone drip irrigation for sugar beet production in a semi-arid area. *Agricultural Water Management*, 176, 180-190.