

مقاله علمی-پژوهشی

## بررسی تأثیر سطوح ایستابی کم عمق و شور بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه کینوا (Chenopodium Quinoa Willd) در محیط گلخانه

یزدان محمدی<sup>۱</sup>، هوشنگ قمرنیا<sup>۲\*</sup>، مهدی جوزی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۰۷

### چکیده

با توجه به کمبود آب و مصرف بالای آب در بخش کشاورزی، می‌توان از منابع آب زیرزمینی کم عمق و شور به عنوان منبعی جهت جبران قسمتی از نیاز آب مورد نیاز گیاه استفاده نمود. در این مطالعه به بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد و پارامترهای گیاهی کینوا رقم تیتیکاکا، در محیط گلخانه در دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ پرداخته شد. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای اعمال شده شامل سطوح ایستابی کم عمق (با اعماق ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر) و شور (با سطوح شوری ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر از نمک NaCl) بود. نتایج نشان داد با افزایش شوری آب از ۱ تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر و با افزایش عمق سطح ایستابی میزان آب زیر زمینی مورد استفاده، درصد مشارکت آب زیر زمینی و مشارکت آب زیر زمینی به طور معنی‌داری کاهش یافت. درصد مشارکت آب زیرزمینی برای سطوح مختلف شوری ۱، ۲۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر در عمق‌های سطح ایستابی ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر به ترتیب (۷۱/۱۲، ۵۵/۵۱، ۳۷/۴۳)، (۶۶/۶۸، ۵۱/۲۱، ۳۵/۸۴)، (۶۰/۱۳۹۷، ۴۶/۹۲، ۳۲/۵۷) و (۵۶/۹۳، ۴۳/۰۳، ۳۰/۱۵) حاصل شد. افزایش شوری موجب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و افزایش عمق سطح ایستابی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گردید. نتایج کلی پژوهش نشان داد در هیچ کدام از تیمارها، نیاز آبی گیاه به صورت صددرصدی در هیچ روزی توسط آب زیرزمینی تامین نشده و همواره بخشی از نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد از طریق آبیاری تامین گردیده است. همچنین می‌توان گفت که استفاده از منابع آبی زیرزمینی کم عمق و شور (شوری کمتر از ۲ دسی زیمنس بر متر) به منظور رفع نیاز آبی گیاه کینوا می‌تواند سبب کاهش میزان آبیاری و کمک به تبخیر و تعرق گیاه گردد.

### واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی کم عمق، شوری، عملکرد، کینوا، گلخانه، لایسیمتر

### مقدمه

شدید و پی در پی، گسترش زمین‌های زراعی، رشد جمعیت، افزایش تقاضا و به تبع آن افزایش برداشت آب در دهه‌های اخیر، موجب کمبود شدید منابع آب شیرین در سراسر جهان گردیده است (Salehi, 2022). کمبود بارندگی و میزان آب در دسترس در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از عوامل محدودکننده توسعه بخش کشاورزی در راستای تامین امنیت غذای این جمعیت در حال رشد است (Fronza and Vinícius, 2003). در واقع کمبود آب شیرین یک خطر سیستماتیک جهانی است که تأثیرات آن بر رفاه و معیشت مردم بسیار فراتر از چالش‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی است (Qadir et al., 2022). کشور ما ایران نیز با متوسط بارندگی ۲۳۰ میلی‌متر در سال (حدود یک سوم متوسط جهانی) و تبخیری سه برابر متوسط جهانی، در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان طبقه‌بندی شده و همچون سایر کشورهای جهان از این قائده و بحران مستثنی

کمبود آب به عنوان یک چالش جهانی شناخته شده است و از اواخر دهه ۱۹۹۰ به طور جامع مورد مطالعه قرار گرفته است (Liu et al., 2017). مدیریت ضعیف، تغییرات آب و هوایی، خشکسالی‌های

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- استاد، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

(Email: hghamarnia@razi.ac.ir

\*) نویسنده مسئول:

مسئله را برطرف یا تعدیل نمود (Ramezani moghadam et al., 2016; Ghamarnia and Farmanifard, 2014., Gowing et al., 2009). سطح کم عمق آب زیرزمینی باعث افزایش جریان صعودی مویینی و به دنبال آن افزایش شوری در ناحیه ریشه گیاه شده که این مسئله می‌تواند تاثیر منفی بر عملکرد محصول بگذارد. لذا درک فعل و انفعالات بین آب زیرزمینی، آب خاک و نمک برای رشد محصول در زمین‌های زراعی شور ضروری است (Chen et al., 2022). کینوا به عنوان یک گیاه هالوفیت در برابر شوری‌های بالا نظیر آب دریا مقاوم بوده و در شرایط نامساعد طبیعی نیز می‌تواند رشد کند (Koyro et al., 2008; Hariadi et al., 2010; Shabala et al., 2013; Panuccio et al., 2014). کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd., *Amaranthaceae*) یک شبه غلات یک‌ساله، پهن برگ و دارای ریشه‌های عمیق و مخصوص مناطق آمریکای جنوبی و ارتفاعات آند است که به عنوان یک غذای کاربردی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است. این گیاه مقاومت بالایی در برابر تنش‌های محیطی نظیر خشکی، سرما و شوری داشته و به دلیل تحمل شرایط سخت محیطی و خواص تغذیه‌ای و بیولوژیکی ویژه به عنوان یکی از غلات مهم و یک گیاه امیدبخش در قرن ۲۱ تعریف شده است. همچنین به دلیل ارزش غذایی بالا (دارای محتوای پروتئین بالا) و سازگاری با شرایط نامساعد رشد از طرف سازمان خواروبار جهانی به عنوان بهترین گیاه برای امنیت غذایی معرفی شده است (Salek Mearaji et al., 2019; Sharifian et al., 2018; Vilcacundo and Hernández-Ledesma, 2017; Adolf et al., 2013, Jacobsen et al., 2012). گیاه کینوا ارزش غذایی بالایی دارد و در اراضی با حاصلخیزی کم با شرایط نامساعد محیطی، قابلیت کشت داشته و به عنوان اصلی‌ترین منبع جایگزین غلات معرفی شده است (Jamali and Ansari, 2022; Salek Mearaji et al., 2019). کینوا عمدتاً در پرو، بولیوی، اکوادور، آرژانتین، شیلی و کلمبیا کشت می‌شود، اگرچه در سال‌های اخیر در اروپا، آمریکای شمالی و آفریقا با عملکرد بالا معرفی شده است. مصرف کینوا در کشورهای پردرآمد در حال افزایش است اما نسبت به کشورهای تولیدکننده اصلی همچنان کم است. مصرف سالانه کینوا در پرو و بولیوی به ازای هر نفر به ترتیب ۲/۳۷ و ۱/۱۵ کیلوگرم است در حالی که در مصرف آن در ایالات متحده ۰/۰۳ کیلوگرم است (FAO, 2013). دانه کینوا یکی از معدود غلاتی است که حاوی تمام ۹ اسید آمینه ضروری به علاوه فیبر، منیزیم، ویتامین B، آهن، پتاسیم، کلسیم، فسفر، ویتامین E و سایر آنتی‌اکسیدان‌های مفید است (Talebnejad et al., 2022). طالب‌نژاد و سپاسخواه در تحقیقی به بررسی تاثیر اعماق مختلف آب زیرزمینی شور (۰/۳، ۰/۵۵، ۰/۸ متر) و شوری آب آبیاری (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر) بر عملکرد و مصرف آب گیاه کینوا در شرایط

نخواهد بود (Marzban et al., 2019; Saatsaz, 2020). بررسی‌ها نشان می‌دهد بخش کشاورزی بیشترین مصرف کننده آب است. سهم برداشت آب مصرفی در بخش کشاورزی در دنیا ۶۹ درصد، در خاورمیانه ۴ درصد و در ایران ۹۲ درصد است (Marzban et al., 2019). لذا یافتن راهکارهایی برای مقابله با وضعیت موجود، همواره جزو اولویتهای مطالعاتی و پژوهشی محققین بوده است. یکی از این راهکارها استفاده از منابع آب شور، سطوح ایستابی کم عمق و کشت گیاهان مقاوم به شوری است (Ghamarnia and Jalili, 2014). در ایران قسمت‌های زیادی از مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه فلات مرکزی، دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان با مسئله شوری مواجه هستند. ۵۵/۶ میلیون هکتار (۳۴ درصد مساحت کل کشور) از اراضی ایران دارای درجات مختلف شوری هستند که اکثر آن‌ها در فلات مرکزی و دشت‌های ساحلی جنوب و شرق خوزستان قرار دارند (Moameni, 2011). در بسیاری از مناطق بالا بودن سطح آب زیرزمینی به عنوان یک مشکل شناخته شده است و مهندسان برای رفع این مشکل و پایین انداختن سطح ایستابی، سیستم‌های مختلف زهکشی را احداث می‌کنند. غافل از اینکه در بسیاری از موارد بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی نعمتی است که در مدیریت آب در کشاورزی فایزایب معمولاً از این منبع آب چشم‌پوشی می‌شود، در حالی که با مدیریت و شرایط صحیح می‌تواند به صورت درجا یا زه‌آب همراه با آب آبیاری جهت جبران بخشی از آب مورد نیاز گیاه استفاده کرد (Ayars and Schoneman, 1986; Gupta et al., 1993). نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد میزان تبخیر و تعرق مورد نیاز گیاهان می‌تواند از طریق جریان صعودی آب حاصل از مویینی سطح ایستابی در اعماق ۰/۷ تا ۱/۵ متری تامین شود (Ragab and Amer, 1986; Ragab et al., 1988; Ayars et al., 2006; Ayars et al., 2009; Ghamarnia and Gowing, 2007, Gowing et al., 2009; Ghamarnia et al., 2012; Ghamarnia and Jalili, 2014). استفاده از سهم آب زیرزمینی کم عمق به منظور تامین نیاز آبی گیاه تحت تاثیر پارامترهایی از قبیل عمق آب زیرزمینی، گونه‌های گیاهی، دور آبیاری، نوع خاک، میزان تبخیر و تعرق، توزیع سیستم ریشه‌ای گیاه و سمیت یون‌ها بر رشد محصول بستگی دارد (Grimes and Henderson, 1984). در مناطقی که سطح ایستابی بالا باشد مسائلی نظیر ماندابی و زهدار بودن خاک پیش می‌آید که سبب کاهش غلظت و مقدار اکسیژن خاک می‌شوند که اثرات منفی روی گیاه دارد (Brisson et al., 2002). لذا می‌توان از آب زیرزمینی کم عمق و حتی شور به منظور کنترل سطح ایستابی و در راستای تامین نیاز آبی گیاه بدون ایجاد اثر منفی بر محصول استفاده نمود. البته باید به مسئله شور شدن اراضی در اثر استفاده از آب زیرزمینی شور دقت نمود که می‌توان با زهکشی کنترل شده این

در ایران است، یافتن راهکارهایی نظیر کشت و توسعه گیاهان مقاوم برای مقابله با تنش‌های حاصل از آن امری ضروری است. بررسی‌ها نشان می‌دهد کشت گیاه کینوا به دلیل مقاومت در مقابل تنش‌های شوری به عنوان یک گیاه مناسب برای رسیدن به کشاورزی پایدار، تغذیه و تولید صنعتی امری منطقی است. همچنین به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در بعضی از مناطق جنوبی، غربی، شمال غرب و شمال ایران، بررسی تأثیر همزمان سطح ایستابی کم عمق و شور برای گیاه کینوا از اهداف پژوهش حاضر است. لذا در این پژوهش ضمن معرفی گیاه کینوا به عنوان یک محصول استراتژیک (Razzaghi et al., 2012; Saeidi et al., 2020; FAO, 2011) عمق‌های مختلف آب زیرزمینی (۰/۶، ۰/۸، ۱/۱ متر) با سطوح مختلف شوری ۱، ۲، ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر بر روی عملکرد کینوا در شرایط گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه مورد مطالعه

همانطور که توسط Ghamarnia and Jalili (2014) توضیح داده شد، در راستای اهداف پژوهش، طراحی آزمایش‌ها و تیمارها در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در غرب ایران با مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا با اقلیم منطقه (نیمه خشک و بدون بارش تابستانه) انجام شد شکل (۱). با نمونه-برداری از خاک‌های منطقه و انجام آزمایش‌های خاک‌شناسی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه به شرح جدول (۱) ارائه گردیده است.

لایسیمتری گلخانه پرداختند. نتایج نشان داد با افزایش شوری، عملکرد دانه و ماده خشک اندام هوایی به صورت معنی‌داری کاهش یافت. در شوری بالاتر از ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، ماده خشک، شاخص برداشت، محتوای پروتئین، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد خوشه در بوته و ارتفاع بوته نیز کاهش یافت. در تمامی تیمارهای شوری، افزایش عمق آب زیرزمینی سبب افزایش قابل توجهی در میزان ماده خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، ماده خشک ریشه و تبخیر تفرق گیاه شد (Talebnejad and Sepaskhah, 2015). همچنین بیان داشتند که کینوا قادر به استخراج آب (سه‌م آب زیرزمینی) / تبخیر تفرق بین ۱۸ تا ۶۶ درصد از آب‌های زیرزمینی شور است؛ حتی در شرایط بدون کم آبیاری. Ghamarnia and Jalili (۲۰۱۴) در پژوهشی لایسیمتری به بررسی کمک آب زیرزمینی کم‌عمق (اعماق ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر) و شور (سطوح شوری ۱، ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر) به تبخیر و تفرق و عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (Nigella sativa L.) پرداختند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد درصد مشارکت آب زیرزمینی برای سطوح شوری ۱، ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر در اعماق ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متری به ترتیب در حدود (۶۷/۲۵، ۵۵ و ۴۵/۷۵ درصد)، (۶۰/۷۵، ۵۰ و ۴۱/۵ درصد) و (۴۳/۵، ۵۴/۲۵ و ۳۶ درصد) نیاز کلی به دست آمد. نتایج نشان داد استفاده از آب زیرزمینی کم عمق با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر برای آبیاری گیاه سیاهدانه می‌تواند به صورت قابل توجهی نیاز آبی گیاه سیاهدانه را برطرف کند (Beyrami et al., 2020). در پژوهشی به بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد کینوا در شرایط لایسیمتری در قالب طرح کاملاً تصادفی پرداختند. نتایج نشان داد با افزایش شوری پارامترهای عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کینوا به صورت معنی‌دار کاهش یافته است. از آنجایی که شوری جزء لاینفک بخش زیادی از اراضی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شهر کرمانشاه

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه  
الف- خصوصیات فیزیکی خاک

بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری	عمق نمونه گیری	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
سیلتی کلی	۱/۳	۰ - ۳۰	۴/۲	۴۴/۲	۵۱/۶
سیلتی کلی	۱/۳۲	۳۰ - ۶۰	۳/۹	۴۶/۵	۵۰/۶

ب- خصوصیات شیمیایی خاک

پی اچ	شوری	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	کربن آلی (%)	منیزیم (Meq/l)	آهن (Meq/l)	روی (Meq/l)	مس
۷/۳	۱/۲	۲۶	۴۴۰	۱/۳۸	۷/۸	۱۱/۹	۱/۲۶	۱/۶۴

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

شوری (dS/m)	کل جامدات محلول (mg/lit)	بی-کربنات (Meq/l)	کلر (Meq/l)	سولفات (Meq/l)	آنیون (Meq/l)	منیزیم+کلسیم (Meq/l)	سدیم (Meq/l)	کاتیون‌ها (Meq/L)	سدیم محلول (%)	نسبت جذب سدیم	
1	631	6.9	0.01	6.20	1.8	1.15	9.28	8.18	1.09	11.7	0.54

جدول ۳- اطلاعات هواشناسی منطقه در مدت زمان اجرای آزمایش

سال	ماه	حداقل دما (C°)	حداکثر دما (C°)	متوسط دما (C°)	حداقل رطوبت نسبی (%)	حداکثر رطوبت نسبی (%)
۱۳۹۷	فروردین	۹/۹	۲۸/۳	۱۹/۱	۶/۴	۷۴/۵
	اردیبهشت	۱۶/۶	۲۴/۷	۲۰/۷	۳۶/۸	۸۶/۱
	خرداد	۲۳/۸	۳۵/۲	۲۹/۵	۲۰	۵۶/۶
	تیر	۲۶/۵	۴۰/۵	۳۳/۵	۱۴/۴	۴۱/۲
	مرداد	۲۸/۸	۴۳/۱	۳۵/۹	۱۵/۵	۴۲/۱
۱۳۹۸	فروردین	۸/۳	۲۲/۵	۱۵/۴	۲۴/۴	۹۱/۵
	اردیبهشت	۱۴	۲۷/۹	۲۱	۱۸/۸	۷۷/۱
	خرداد	۲۴/۳	۳۷/۵	۳۰/۹	۱۵	۵۳/۶
	تیر	۲۵/۳	۳۹/۶	۳۲/۵	۱۴/۴	۴۳/۲
	مرداد	۲۸/۴	۴۲/۱	۳۵/۲	۱۷/۵	۴۲/۱

همچنین تجزیه نمونه آب مورد استفاده برای آبیاری مطابق جدول (۲) می‌باشد. میانگین داده‌های ماهانه هواشناسی در هر دو سال مطالعه در محیط گلخانه در جدول (۳) ارائه شده است. به منظور محاسبه پارامترهای حداکثر و حداقل دما و رطوبت نسبی از سنسورهای داخل گلخانه استفاده شد.

#### مشخصات و شرایط آماده‌سازی لایسیمترها

در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر سطوح ایستایی کم عمق و

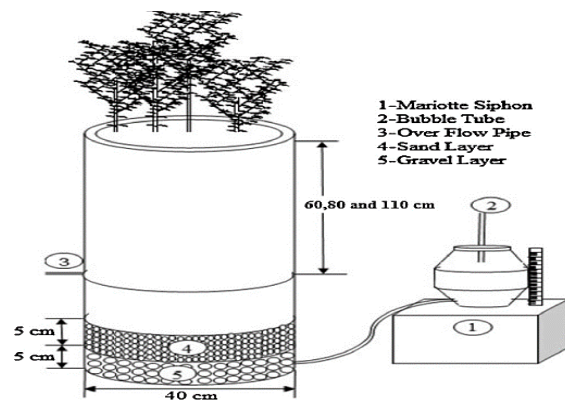
شور بر عملکرد گیاه کینوا از تعداد ۳۶ لایسیمتر پلی اتیلنی قابل تخلیه (زهکش دار) با قطر خارجی ۴۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۲ متر در گلخانه استفاده شد (شکل ۲). به منظور جلوگیری از هرگونه آب-شویی احتمالی و خروج آب از انتهای لایسیمترها، انتهای آنها کاملاً توسط رینگ و فلنج آب‌بندی شد. یک لایه ۵ سانتیمتری شن و بر روی آن یک لایه ۵ سانتیمتری ماسه قرار داده شد. در نهایت لایسیمترها با خاک رس سیلتی (متشکل از خاک عبور داده شده از

گیرد. در واقع میزان کاهش آب در ماریوت سیفون‌ها بیانگر میزان کمک آب زیرزمینی به میزان آب مصرفی گیاه است. داده‌های آب زیرزمینی به صورت روزانه، در پایان هر ۲۴ ساعت و رأس یک زمان مشخص قرائت می‌گردید. به منظور اعمال میزان آب آبیاری مورد نیاز گیاه، از تشتک تبخیر کلاس A مستقر در گلخانه استفاده شد. در روش تشتک نیاز است که پارامترهای میزان تبخیر از تشتک (Epan)، ضریب تشتک (Kp) و ضریب گیاهی (Kc) در نظر گرفته شود. مقدار تبخیر و تعرق واقعی گیاه (ETc) در دوره‌های مختلف رشد از معادله (۱) محاسبه می‌گردد:

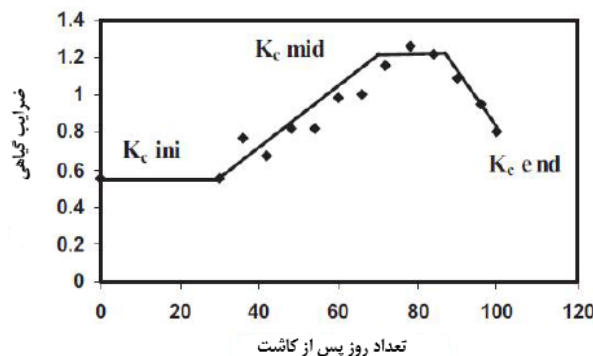
$$ETc = Kc * Kp * Epan \quad (1)$$

به منظور تعیین میزان نیاز آبی گیاه کینوا، متوسط ضرایب گیاهی کینوا در طول دو سال انجام آزمایش و دوره‌های ابتدایی رشد، توسعه، میانی و انتهایی با استفاده از شکل (۳) محاسبه شد. دور آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه ۵ روز در نظر گرفته شد. جدول (۴) طول مراحل رشد و شکل (۴) نمایی از محل انجام طرح را نشان می‌دهد.

الک ۲ میلی‌متری) تا فاصله ۱۰ سانتی‌متری از لبه لایسیمتر به صورت لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری با دست متراکم و به چگالی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسید. آزمایشات در دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ اجرا شد. در تاریخ ۱۶ فروردین ۱۳۹۷ و ۱۹ فروردین ۱۳۹۸ تعداد ۱۰ بذر گیاه کینوا رقم تیتیکاکا، در عمق ۱/۵ سانتی‌متری از خاک لایسیمترها کاشته شد. پس از رسیدن به مرحله ۴ برگ، تراکم بوته‌ها در هر لایسیمتر به ۳ بوته تقلیل یافت. تا مرحله استقرار گیاه (مرحله ۸ برگ) نیاز آبی تمام تیمارها با استفاده از آبیاری سطحی با شوری ۱ دسی زیمنس بر متر انجام شد و سپس اعمال تیمار اجرا گردید. در این مطالعه، آزمایشات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طول فصل زراعی انجام شد. تیمارها شامل کاربرد اعماق مختلف آب زیرزمینی ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر نسبت به سطح لایسیمتر با سطوح مختلف شوری ۱ (کیفیت آب منطقه: شاهد)، ۲، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر که برای ایجاد این سطوح شوری از نمک صنعتی NaCl خالص استفاده گردید. در تیمارهای آب زیرزمینی کم عمق، آب توسط سیفون ماریوت به صورت روزانه در اختیار گیاه قرار می‌-



شکل ۲- نمایی از لایسیمتر (بدون مقیاس)



شکل ۳- ضریب گیاهی Kc مربوط به گیاه کینوا در شرایط گلخانه‌ای (Talebnejad and Sepaskhah, 2015)

جدول ۴ - طول مراحل رشدی (روز از کاشت)

تاریخ کاشت	جوانه‌زنی	سبز شدن	غنچه‌دهی	گلدهی	تغییر رنگ	برداشت
۱۶ فروردین ۱۳۹۷	۲-۳	۵-۶	۴۰	۷۰	۱۰۲	۱۲۴
۱۹ فروردین ۱۳۹۸	۳-۲	۶-۷	۴۵	۷۴	۱۰۵	۱۲۶



شکل ۴- نمایی از ایستگاه لایسیمتری طرح اجرا شده

براساس عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)، ا:کل آب مصرف شده (میلی‌متر)، GY: عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و BY: عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Jafari et al., 2019).

#### بحث و نتایج

در جدول (۵) نتایج کل آب سطحی و زیرزمینی استفاده شده و درصد مشارکت آب زیرزمینی کینوا و همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال، کیفیت آب و سطح ایستایی برای همه‌ی تیمارها آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد کل آب سطحی استفاده شده برای تمامی تیمارها در سال اول و دوم رشد کینوا در شرایط گلخانه‌ای (میزان بارندگی: صفر میلی‌متر) به ترتیب ۳۶۱/۸۹ و ۳۹۱/۹۱ میلی‌متر در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ محاسبه گردیده است. در تیمارهای با شوری ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کمترین و بیشترین میزان متوسط

در این پژوهش پس از محاسبه نیاز آبی گیاه و میزان استفاده از آب زیرزمینی در دسترس، کمبود نیاز آبی گیاه از طریق آبیاری سطحی در اختیار گیاه قرار داده شد. پس از برداشت گیاه کینوا پارمترهایی نظیر ارتفاع بوته، وزن تر گیاه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول پانیکول، تعداد شاخه‌های جانبی، درصد پروتئین دانه و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری شد. در نهایت پس از به دست آوردن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، با استفاده از روابط (۲) و (۳) به ترتیب کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) و کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) محاسبه شد.

$$WUE_{GY} = \frac{GY}{I} \quad (2)$$

$$WUE_{BY} = \frac{BY}{I} \quad (3)$$

که در این روابط  $WUE_{GY}$ : کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)،  $WUE_{BY}$ : کارایی مصرف آب

میلی متر در روز ؛ ۱۶۲/۷۰ میلی متر، ۴۳/۰۳ درصد و ۱/۳۶ میلی متر در روز ؛ ۱۱۳/۹۰ میلی متر، ۳۰/۱۵ درصد و ۰/۹۵ به دست آمد. همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها بر مبنای آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در جدول (۶) درج شده است. تجزیه واریانس برای صفات آب زیر زمینی مورد استفاده (mm)، مشارکت آب زیر زمینی (%) و مشارکت آب زیرزمینی (day/mm) انجام شد. اثرات مستقل سال، کیفیت آب و سطح ایستابی در همه صفات معنی دار در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. اثر متقابل کیفیت آب × سطح ایستابی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد که نشان می دهد در سطوح ایستابی مختلف تأثیر آب شور بر صفات اندازه گیری شده متفاوت است. اثر متقابل سال × سطح ایستابی نیز در همه صفات معنی دار شد که نشان می دهد تأثیر سطح سطح ایستابی بر صفات اندازه گیری در سال های مختلف متفاوت بوده است. تیخیر و تعرق و میزان کل آب زیرزمینی مصرف شده گیاه کینوا در طول دوره رشد برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شکل (۵) آمده است. بررسی نتایج حاصل از شکل (۵) نشان می دهد در تیمار با شوری ۱ دسی زیمنس بر متر با عمق های آب زیرزمینی ۰/۶ و ۰/۸ متر برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب از تاریخ ۱۵ (۳۱ روز پس از کاشت) و ۱۳ (۲۶ روز پس از کاشت) و ۱۸ (۳۱ روز پس از کاشت) استفاده از آب زیرزمینی کم عمق نموده اند. اما در تیمار شوری ۱ دسی زیمنس بر متر و عمق آب زیرزمینی ۱/۱ متر برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۲۵ (۴۱ روز پس از کاشت) و ۲۳ (۳۶ روز پس از کاشت) اردیبهشت، استفاده از آب زیرزمینی کم عمق شروع شد. در تیمار با شوری ۲ دسی زیمنس بر متر با عمق های آب زیرزمینی کم عمق ۰/۶ و ۰/۸ متر برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب از تاریخ ۱۵ (۳۱ روز پس از کاشت) و ۱۳ (۲۶ روز پس از کاشت) اردیبهشت و ۲۰ (۳۶ روز پس از کاشت) و ۱۸ (۳۱ روز پس از کاشت) اردیبهشت شروع به استفاده از آب زیرزمینی کم عمق نمودند. اما در تیمار شوری ۲ دسی زیمنس بر متر و عمق آب زیرزمینی ۱/۱ متر برای دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۲۵ (۴۱ روز پس از کاشت) و ۲۳ (۳۶ روز پس از کاشت) اردیبهشت، استفاده از آب زیرزمینی کم عمق شروع شد. در تیمار با شوری ۶ دسی زیمنس بر متر با عمق های آب زیرزمینی کم عمق ۰/۶ و ۰/۸ متر برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب از تاریخ ۱۵ (۳۱ روز پس از کاشت) و ۱۳ (۲۶ روز پس از کاشت) اردیبهشت و ۲۰ (۳۶ روز پس از کاشت) و ۱۸ (۳۱ روز پس از کاشت) اردیبهشت شروع به استفاده از آب زیرزمینی کم عمق نمودند. اما در تیمار شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و عمق آب زیرزمینی ۱/۱ متر برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۲۵ (۴۱ روز پس از کاشت) و ۲۳ (۳۶ روز پس از کاشت) اردیبهشت، استفاده از آب زیرزمینی کم عمق شروع شد. در تیمار با

آب سطحی مصرف شده (آب آبیاری شده) به ترتیب متعلق به سطوح ایستابی آب زیرزمینی کم عمق ۰/۶ و ۱/۱ متر می باشد. میزان متوسط آب سطحی مورد استفاده برای تیمارهای شوری ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر و سطوح ایستابی آب زیرزمینی کم عمق (۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱) به ترتیب (۱۰۸/۶۱، ۱۶۷/۰۴ و ۲۳۵/۳۹)، (۱۲۵/۲۶، ۱۸۳/۱۶ و ۲۴۱/۳۵)، (۱۴۶/۶۵، ۱۹۹/۴۸ و ۲۵۳/۸۴) و (۱۶۱/۸۸، ۲۱۴/۲۰ و ۲۶۳ میلی متر حاصل شد. کل آب زیرزمینی (میلی متر)، درصد مشارکت آب زیرزمینی (درصد) و مشارکت آب زیرزمینی (میلی متر در روز) برای شوری ۱ دسی زیمنس بر متر و سطوح ایستابی آب زیرزمینی کم عمق ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر به ترتیب (۲۶۸/۲۹، ۲۰۹/۸۶ و ۱۴۱/۵۱) میلی متر، (۷۱/۱۲، ۵۵/۵۱، ۳۷/۴۳) درصد و (۲/۲۴، ۱/۷۵ و ۱/۱۸) میلی متر در روز، برای شوری ۲ دسی زیمنس بر متر به ترتیب (۲۵۱/۶۴، ۱۹۳/۷۴ و ۱۳۵/۵۵) میلی متر، (۶۶/۶۸، ۵۱/۲۱ و ۳۵/۸۴) درصد و (۲/۱۰، ۱/۶۱ و ۱/۱۳)، برای شوری ۶ دسی زیمنس بر متر به ترتیب (۲۳۰/۲۵، ۱۷۷/۴۲ و ۱۲۳/۰۶) میلی متر، (۶۰/۱۳۹۷، ۴۶/۹۲ و ۳۲/۵۷) درصد و (۱/۹۲، ۱/۴۸، ۱/۰۳) میلی متر در روز و برای شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر مقدار پارامترهای مذکور به ترتیب (۲۱۵/۰۲، ۱۶۲/۷۰ و ۱۱۳/۹۰) میلی متر، (۵۶/۹۳، ۴۳/۰۳ و ۳۰/۱۵) درصد و (۱/۷۹، ۱/۳۶ و ۰/۹۵) میلی متر در روز بدست آمد. نتایج کلی جدول (۵) نشان می دهد با افزایش میزان شوری آب از ۱ تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر، میزان آب زیر زمینی مورد استفاده، درصد مشارکت آب زیر زمینی و مشارکت آب زیر زمینی به طور معنی داری کاهش یافته است. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش سطح ایستابی از ۰/۶ تا ۱/۱ متر، میزان آب زیر زمینی مورد استفاده، درصد مشارکت آب زیر زمینی و مشارکت آب زیر زمینی نیز به طور معنی داری کاهش یافته است. برای تیمار شوری ۱ دسی زیمنس بر متر و عمق های آب زیرزمینی ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر مقدار پارامترهای کل آب زیرزمینی مصرف شده (میلی متر)، درصد مشارکت آب زیرزمینی (%) و مشارکت آب زیرزمینی (میلی متر در روز) به ترتیب ۲۶۸/۲۹ میلی متر، ۷۱/۱۲ درصد و ۲/۲۴ میلی متر در روز ؛ ۲۰۹/۸۶ میلی متر، ۵۵/۵۱ درصد و ۱/۷۵ میلی متر در روز ؛ ۱۴۱/۵۱ میلی متر، ۳۷/۴۳ درصد و ۱/۱۸ میلی متر در روز شد. برای تیمار شوری ۲ دسی زیمنس بر متر در شرایط مذکور مقدار پارامترها به ترتیب ۲۵۱/۶۴ میلی متر، ۶۶/۶۸ درصد و ۲/۱۰ ؛ ۱۹۳/۷۴ میلی متر، ۵۱/۲۱ درصد و ۱/۶۱ میلی متر در روز؛ ۱۳۵/۵۵ میلی متر، ۳۵/۸۴ درصد و ۱/۱۳ میلی متر در روز شد. در تیمار با شوری ۶ دسی زیمنس بر متر به ترتیب حدود ۲۳۰/۲۵ میلی متر، ۶۰/۱۳۹۷ درصد و ۱/۹۲ میلی متر در روز ؛ ۱۷۷/۴۲ میلی متر، ۴۶/۹۲ درصد و ۱/۴۸ میلی متر در روز ؛ ۱۲۳/۰۶ میلی متر، ۳۲/۵۷ درصد و ۱/۰۳ میلی متر در روز به دست آمد. در تیمار با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر مقدار این پارامترها در اعماق ذکر شده به ترتیب ۲۱۵/۰۲ میلی متر، ۵۶/۹۳ درصد و ۱/۷۹

نشان دهنده کم شدن کمک آب زیرزمینی به تبخیر تعرق گیاه کینوا در شوری‌های بالاتر از ۲ دسی زیمنس بر متر بوده است. نتایج حاصل از شکل (۶) مربوط به میزان مشارکت روزانه آب زیرزمینی در طول دوره رشد گیاه کینوا است. شکل (۶) نشانگر درصد بیشتر مشارکت آب زیرزمینی برای تیمارهای با عمق‌های ۰/۶ و ۰/۸ متر آب زیرزمینی و شوری‌های ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار با عمق ۱/۱ متر می باشد. ضمناً این موضوع همچنین نشان دهنده آن است که با افزایش عمق آب زیرزمینی، به علت افزایش فاصله بین ریشه گیاه تا سطح آب زیرزمینی شور، دسترسی گیاه کاهش یافته و به تبع آن درصد مشارکت آب زیرزمینی به منظور تامین نیاز آبی گیاه کاهش می‌یابد.

شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر با عمق‌های آب زیرزمینی کم عمق ۰/۶ و ۰/۸ متر برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب از تاریخ ۱۵ (۳۱ روز پس از کاشت) و ۱۳ (۲۶ روز پس از کاشت) اردیبهشت و ۲۰ (۳۶ روز پس از کاشت) و ۱۸ (۳۱ روز پس از کاشت) اردیبهشت شروع به استفاده از آب زیرزمینی کم عمق نموده‌اند. اما تیمار شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و عمق آب زیرزمینی ۱/۱ متر برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۲۵ (۴۱ روز پس از کاشت) و ۲۳ (۳۶ روز پس از کشت) اردیبهشت، شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. نتایج کلی حاکی از این است با افزایش عمق آب زیرزمینی، به علت عمیق تر بودن سطح آب زیرزمینی شور گیاه دیرتر شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. همچنین نتایج شکل (۵) نشان می‌دهد که با افزایش شوری از ۱ تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر، مقدار استفاده از آب زیرزمینی شور کاهش یافته و این

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سال، کیفیت آب و سطح ایستایی برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده

سال	کل آب مصرفی (mm)	شوری (dS/m)	عمق آب زیرزمینی (m)	کل آب مصرفی سطحی (mm)	کل آب مصرفی زیرزمینی (mm)	درصد مشارکت آب زیرزمینی (%)	مشارکت آب زیرزمینی (mm/day)
۱۳۹۷	۳۶۱/۸۹	۱	۰/۶	۱۱۰/۶۷	۲۵۱/۲۳ <sup>c</sup>	۶۹/۴۳ <sup>b</sup>	۲/۰۹ <sup>c</sup>
		۲	۰/۸	۱۷۶/۳۱	۱۸۵/۵۹ <sup>g</sup>	۵۱/۲۸ <sup>g</sup>	۱/۵۵ <sup>g</sup>
		۶	۱/۱	۲۳۶/۳۹	۱۲۴/۹۷ <sup>l</sup>	۳۴/۵۳ <sup>kl</sup>	۱/۰۴ <sup>l</sup>
		۱۰	۱/۱	۲۴۳/۵۸	۱۱۸/۳۱ <sup>l</sup>	۳۲/۶۹ <sup>kl</sup>	۰/۹۹ <sup>l</sup>
		۱۰	۰/۶	۱۵۱/۹۲	۲۰۹/۹۸ <sup>e</sup>	۵۸/۰۳ <sup>de</sup>	۱/۷۵ <sup>e</sup>
		۱۰	۰/۸	۲۰۶/۱۷	۱۵۵/۷۳ <sup>i</sup>	۴۳/۰۳ <sup>i</sup>	۱/۳ <sup>i</sup>
۱۳۹۸	۳۹۱/۹۱	۱	۰/۶	۱۰۶/۵۵	۲۸۵/۳۶ <sup>a</sup>	۷۲/۸۱ <sup>a</sup>	۲/۳۸ <sup>a</sup>
		۲	۰/۸	۱۵۷/۷۸	۲۳۴/۱۳ <sup>d</sup>	۵۹/۷۴ <sup>d</sup>	۱/۹۵ <sup>d</sup>
		۶	۱/۱	۲۳۳/۸۶	۱۵۸/۰۵ <sup>hi</sup>	۴۰/۳۳ <sup>ij</sup>	۱/۳۳ <sup>hi</sup>
		۱۰	۱/۱	۲۳۹/۱۲	۱۵۲/۷۹ <sup>ij</sup>	۳۸/۹۹ <sup>j</sup>	۱/۲۷ <sup>ij</sup>
		۱۰	۰/۶	۱۴۱/۳۹	۲۵۰/۵۲ <sup>c</sup>	۶۳/۹۳ <sup>c</sup>	۲/۰۹ <sup>c</sup>
		۱۰	۰/۸	۱۹۲/۷۹	۱۹۹/۱۲ <sup>f</sup>	۵۰/۸۱ <sup>g</sup>	۱/۶۶ <sup>f</sup>
	۱۰	۱/۱	۲۵۶/۳۷	۱۳۵/۵۴ <sup>k</sup>	۳۴/۵۸ <sup>k</sup>	۱/۱۳ <sup>k</sup>	
	۱۰	۰/۶	۱۵۷/۱۱	۲۳۴/۸ <sup>d</sup>	۵۹/۹۱ <sup>d</sup>	۱/۹۶ <sup>d</sup>	
	۱۰	۰/۸	۲۱۰/۰۴	۱۸۱/۸۷ <sup>g</sup>	۴۶/۴۱ <sup>h</sup>	۱/۵۳ <sup>g</sup>	
	۱۰	۱/۱	۲۶۶/۳۷	۱۲۵/۵۴ <sup>l</sup>	۳۲/۰۳ <sup>lm</sup>	۱/۰۵ <sup>l</sup>	

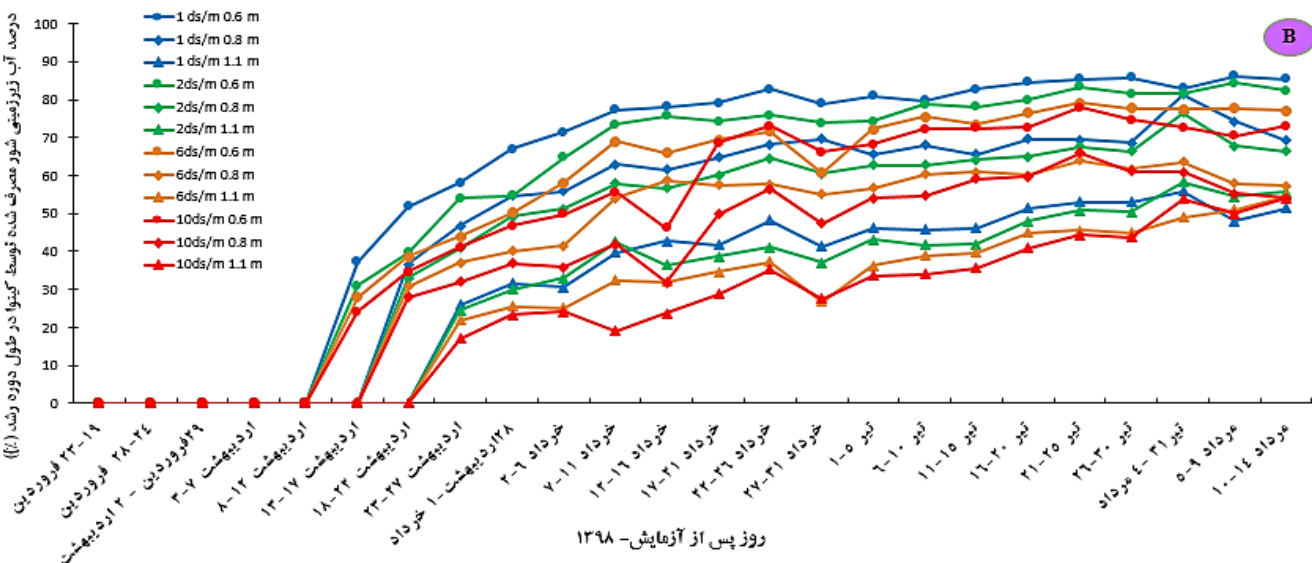
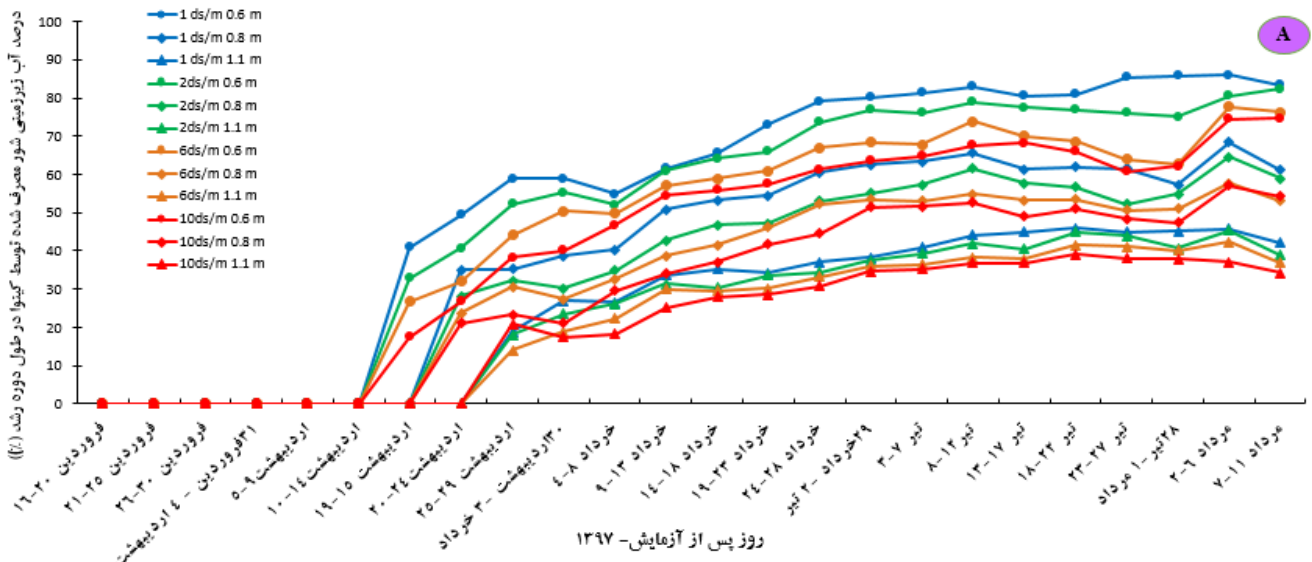
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P > 0.05$ )

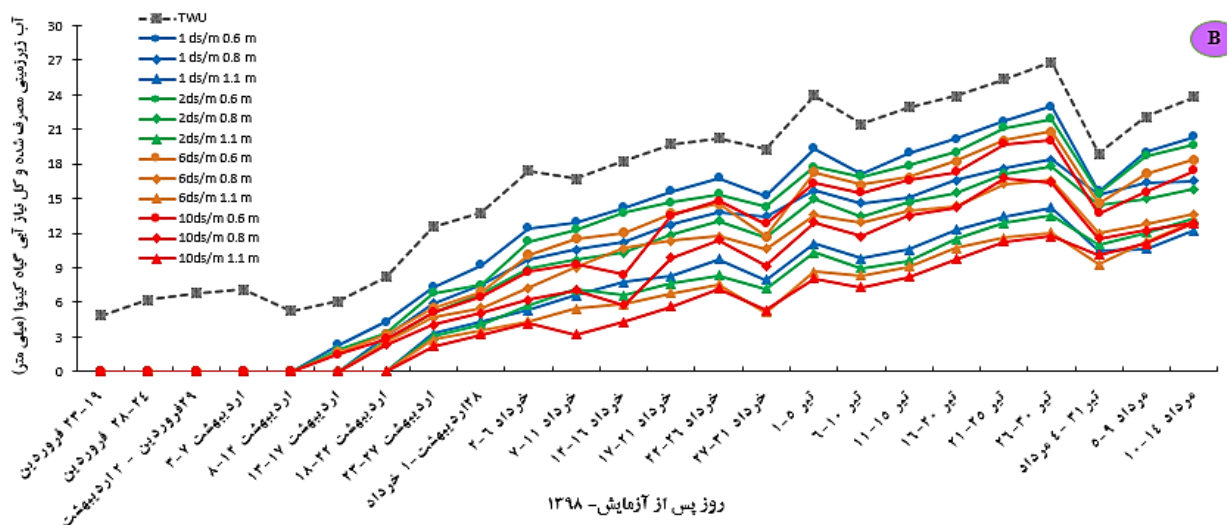


جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های مورد ارزیابی.

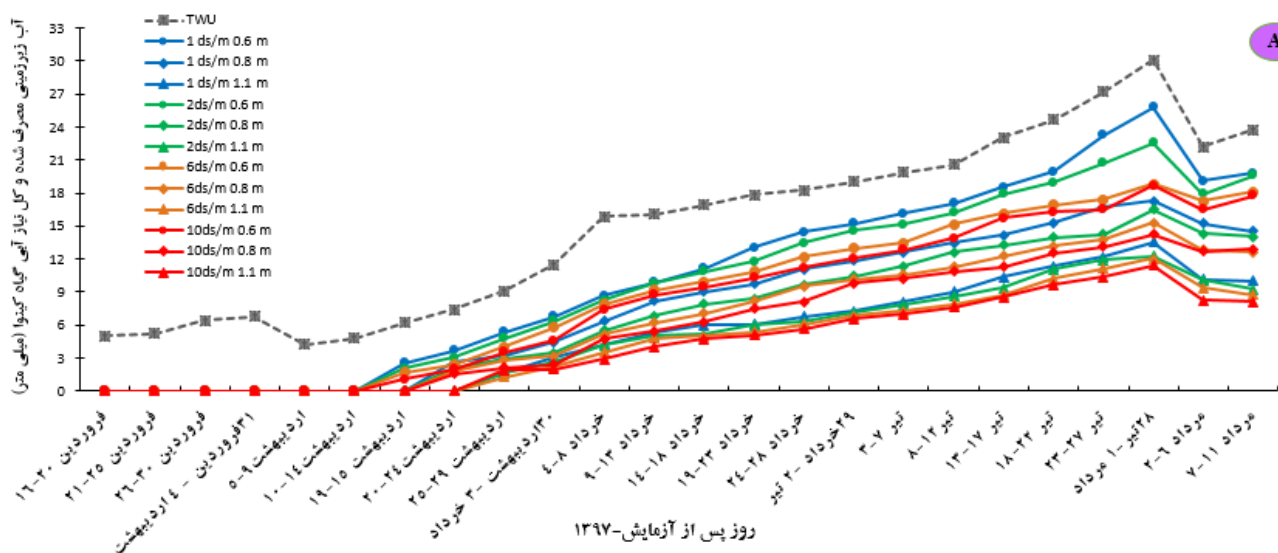
میانگین مربعات			درجه آزادی	منبع تغییرات
مشارکت آب زیرزمینی	درصد مشارکت آب زیرزمینی	کل آب مصرفی زیرزمینی		
۱/۷۵۲**	۶۵۳/۹۳**	۲۵۲۲۴/۰۸**	۱	سال
۰/۴۳۸**	۴۴۲/۸۴**	۶۳۰۵/۲۱**	۳	شوری
۵/۳۰۲**	۵۲۷۴/۵۵**	۷۶۳۴۵/۲۶**	۲	عمق آب زیرزمینی
۰/۰۱۴**	۱۴/۶۷**	۲۰۳/۱۷**	۶	شوری × عمق آب زیرزمینی
۰/۰۰۳ns	۱/۴۵ns	۴۴/۹۱ <sup>ns</sup>	۳	شوری × سال
۰/۰۲۹**	۲۱/۱۴**	۴۱۸/۲۹**	۲	عمق آب زیرزمینی × سال
۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۲/۸۵ <sup>ns</sup>	۳۵/۵۶ <sup>ns</sup>	۶	شوری × عمق آب زیرزمینی × سال
۰/۰۰۱	۱/۲۵	۱۷/۴۱	۴۴	خطا
۲/۲۵	۲/۲۸	۲/۲۵		ضریب تغییرات (%)

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد ( $P \leq 0.05$  و  $P \leq 0.01$ )





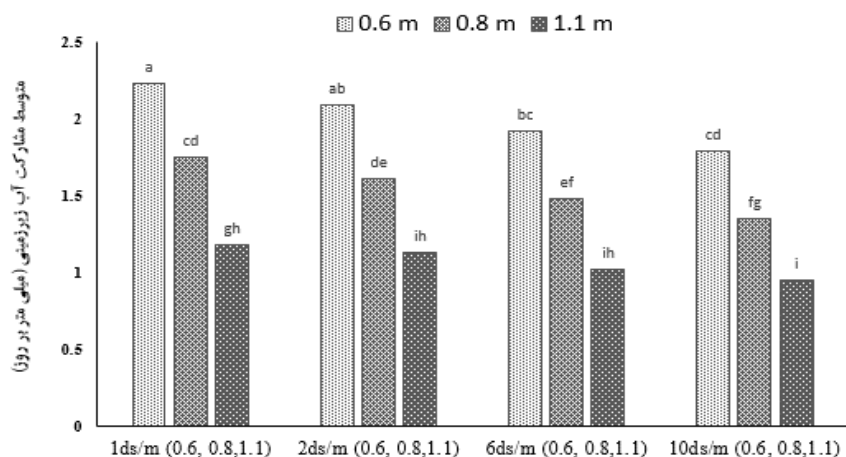
شکل ۵ - سهم روزانه آب زیرزمینی در طول فصل رشد کینوا (A سال ۱۳۹۷ و B سال ۱۳۹۸)



شکل ۶ - مصرف کل و آب زیرزمینی در طول فصل رشد کینوا (A سال ۱۳۹۷ و B سال ۱۳۹۸)

عمق های ۰/۸ و ۱/۸ متر آب زیرزمینی شور بیشتر بوده است. این موضوع بیان می کند با افزایش عمق آب زیرزمینی، میزان دسترسی گیاه به منبع آب در دسترس کاهش یافته و در نتیجه نمی تواند درصد بیشتری از نیاز آبی خود را از این منبع آب رایگان رفع نماید. همچنین بررسی نمودار نشان می دهد با افزایش شوری، متوسط مشارکت آب زیرزمینی کاهش یافته و در نتیجه استفاده از آب زیرزمینی برای تامین نیاز آبی گیاه بسیار ضروری است. شکل A مربوط به سال ۱۳۹۷ و شکل B مربوط به سال ۱۳۹۸ هست. همچنین در جدول (۷) نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد نظر ارائه شده است.

همچنین با بررسی شکل (۶) نیز می توان بیان داشت در شرایط مذکور در هیچ کدام از تیمارها، نیاز آبی گیاه به صورت صددرصدی و کامل در هیچ روزی توسط آب زیرزمینی تامین نشده است و همواره بخشی از نیاز آبی گیاه کینوا در طول دوره رشد از طریق آبیاری سطحی تامین شده است. نتایج حاصل از بررسی متوسط مشارکت آب زیرزمینی (میلی متر در روز) در شکل (۷) ارائه شده است که نشان می دهد با افزایش عمق آب زیرزمینی شور، میزان مشارکت آب زیرزمینی کاهش می یابد. برای تیمار ۰/۶ متر آب زیرزمینی و شوری - های ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر، درصد مشارکت نسبت به



شکل ۷- متوسط مشارکت آب زیرزمینی (میلی متر بر روز)

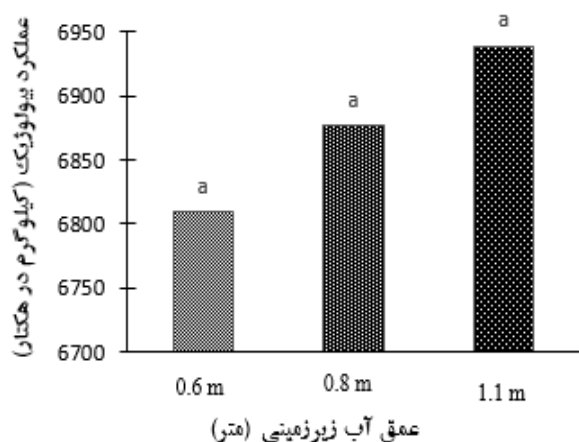
جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس برای پارامترهای مختلف عملکرد کینوا

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	وزن تر	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	طول پانیکول	تعداد شاخه‌های جانبی	درصد پروتئین دانه	وزن خشک ریشه	شاخص برداشت
سال	۱	۴۲۲/۸۲**	۷۴۴۸۳/۸۴ <sup>ns</sup>	۱۳۹ <sup>ns</sup>	۲۵۴۳۸۵/۳۶**	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۲/۶۷**	۰/۰۰۱**
عمق آب زیرزمینی	۲	۱۵۶/۹۵**	۴۰۱۴۲۸/۳۳ <sup>ns</sup>	۹۹۹۹۶/۰۷ <sup>ns</sup>	۱۰۸۰۵۱/۶**	۱/۱۵**	۴/۴۱**	۲۵/۲۹**	۵/۷۵**	۳۲۶/۶**	۰/۰۰ <sup>ns</sup>
شوری	۳	۶۵۷/۵۶**	۳۱۳۳۳۴/۳۱ <sup>ns</sup>	۴۸۵۵۷۱/۸۹**	۴۶۰۵۷/۶۱**	۰/۵۴**	۱۹/۶۶**	۳۶/۵۳**	۱۸/۷۷**	۶۸/۸۶**	۰/۰۰۱*
تکرار	۲	۴۸/۹۰	۵۰۶۵۱۳/۸۵	۱۸۷۳۱۷/۶ <sup>ns</sup>	۳۳۳۴۵/۶۵**	۰/۱۲	۰/۱۸	۱/۴۵	۰/۱۷	۲/۰۵	۰/۰۰
سال × شوری	۲	۰/۵۲ <sup>ns</sup>	۱۹۹۲۶۰/۶۶ <sup>ns</sup>	۵۴/۵۳ <sup>ns</sup>	۶۵۶/۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰ <sup>ns</sup>
سال × عمق آب زیرزمینی	۳	۵/۳۹**	۱۹۹۲۶۰/۶۶ <sup>ns</sup>	۱/۳۳ <sup>ns</sup>	۱۶۴/۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۶۴*	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰ <sup>ns</sup>
شوری × عمق آب زیرزمینی	۶	۵/۳۸ <sup>ns</sup>	۱۰۱۰۱ <sup>ns</sup>	۱۳۳۶/۲۳ <sup>ns</sup>	۱۸۷۷۷/۸۳**	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۸۱**	۰/۸۶*	۰/۰۰۱*
سال × شوری × عمق آب زیرزمینی	۶	۲/۱۳ <sup>ns</sup>	۱۹۹۹۲/۶۶ <sup>ns</sup>	۳۰/۵۱ <sup>ns</sup>	۵۲۸/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰ <sup>ns</sup>
خطا	۴۴	۱/۱۴	۲۸۸۱۸۷۶/۶۶	۸۴۸۰۷/۰۸	۱۹۴۸/۷۶	۰/۰۰۳	۰/۰۹	۰/۲	۰/۱۳	۰/۲۷	۰/۰۰
ضریب تغییرات		۱/۸۴	۵/۳۸	۴/۲۳	۲/۱۹	۲/۲۳	۲/۷۷	۴/۷۳	۲/۲۲	۵/۹۱	۳/۹۵

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۷) نشان داد که افزایش غلظت شوری عملکرد بیولوژیک کینوا را کاهش داد. کمترین عملکرد بیولوژیک (۶۶۶۴/۷۸) کیلوگرم در هکتار) گیاه کینوا تحت تأثیر تیمار غلظت شوری ۱۰ (دسی زیمنس بر متر) حاصل شد، که در مقایسه با تیمار غلظت شوری ۱ (دسی زیمنس بر متر) باعث کاهش ۵/۴۷ درصدی عملکرد بیولوژیک شد (شکل ۷). افزایش عمق سطح ایستابی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد. بترتیب بیشترین

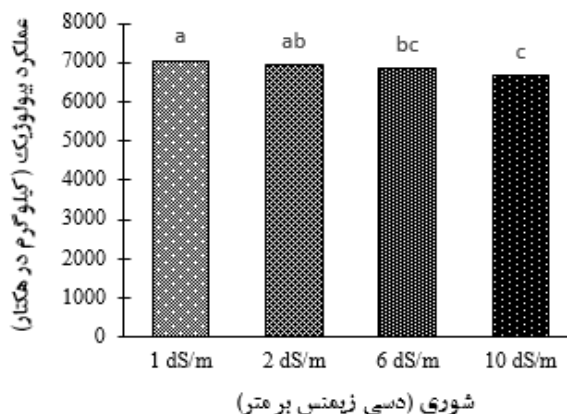
عملکرد بیولوژیک در عمق سطح ایستابی ۱/۱ (۶۹۳۸/۶۶ در هکتار)، ۰/۸ (۶۸۷۶/۲۶) کیلوگرم در هکتار) و ۰/۶ (۶۸۰۹/۵۹) کیلوگرم در هکتار) متر حاصل شد (شکل ۸). عملکرد بیولوژیک برای برای سال-های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۶۸۷۳/۴۵ و ۶۸۷۶/۲۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. همچنین نتایج بررسی اثر سال بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (شکل ۹). کمترین عملکرد دانه (۱۹۴۹/۱۳۹۸) کیلوگرم در هکتار) در سال ۱۳۹۷ بدست آمد. همچنین، نتایج مقایسه

دانه گردید، اما با افزایش عمق سطح ایستابی از ۰/۶ به ۱/۱ متر عملکرد دانه افزایش یافت.

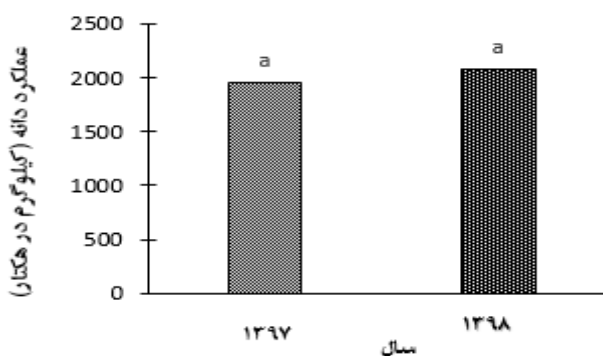


شکل ۸- تأثیر عمق آب زیرزمینی بر عملکرد بیولوژیکی کینوا

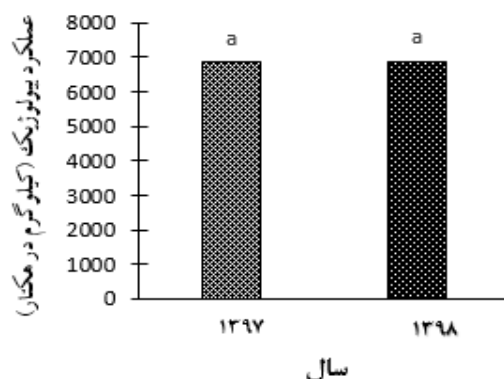
میانگین نشان داد که بین سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بر روی عملکرد دانه مشاهده نشد (شکل ۱۰). افزایش غلظت شوری از ۱ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر موجب کاهش عملکرد



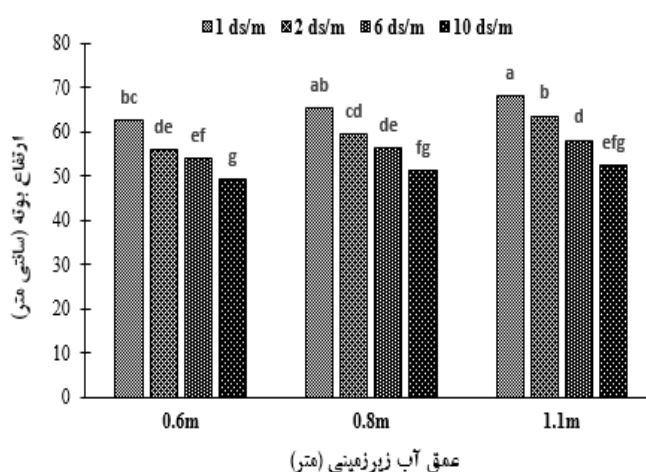
شکل ۷- اثر تیمار شوری بر عملکرد بیولوژیکی کینوا



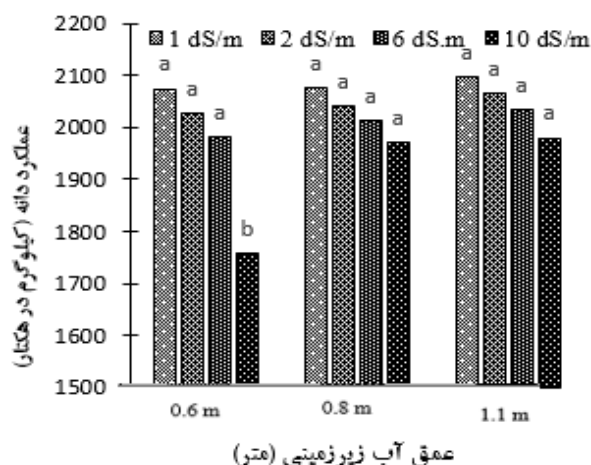
شکل ۱۰- تغییرات عملکرد دانه کینوا در سال‌های مختلف



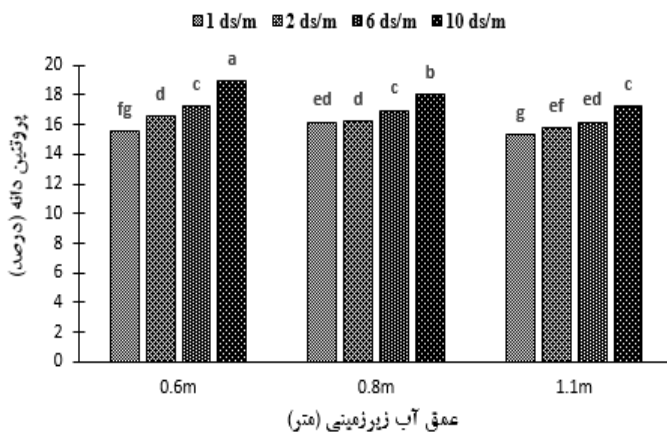
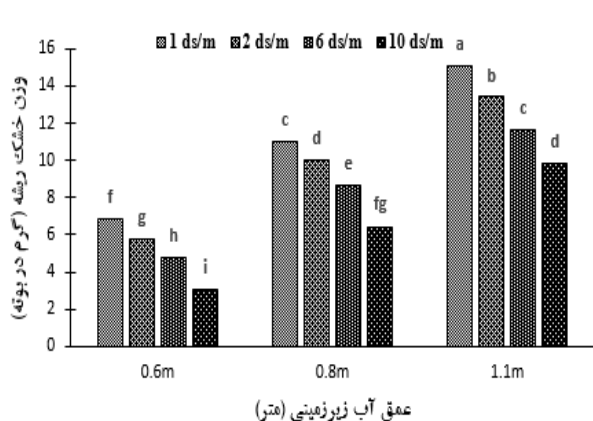
شکل ۹- تغییرات عملکرد بیولوژیکی کینوا در سال‌های مختلف



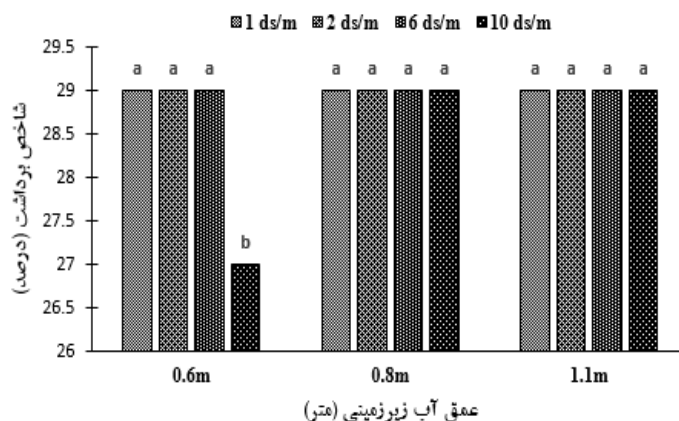
شکل ۱۱- اثر متقابل عمق آب زیرزمینی × غلظت شوری بر ارتفاع کینوا



شکل ۱۲- اثر متقابل عمق آب زیرزمینی × غلظت شوری بر عملکرد دانه کینوا



شکل ۱۳- اثر متقابل عمق آب زیرزمینی × غلظت شوری بر وزن خشک ریشه کینوا  
 شکل ۱۴- اثر متقابل عمق آب زیرزمینی × غلظت شوری بر درصد پروتئین دانه کینوا



شکل ۱۵- اثر متقابل عمق آب زیرزمینی × غلظت شوری بر شاخص برداشت کینوا

۱۳۹۷ برای شوری ۱ دسی زیمنس بر متر و عمق سطح ایستابی ۱/۱ متر به دست آمد. همچنین نتایج تجزیه واریانس بررسی تأثیر اعماق مختلف آب زیرزمینی و شوری در جدول (۹) بر کارایی مصرف آب کینوا نشان داد که تأثیر شوری و عمق آب زیرزمینی بر کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه معنی دار و برای کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک معنی دار نشد. همچنین نتایج مقایسه میانگین تأثیر شوری و عمق آب زیرزمینی بر کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه کینوا نشان داد افزایش غلظت شوری از ۱ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر موجب کاهش کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه گردید، اما با افزایش عمق سطح ایستابی از ۰/۶ به ۱/۱ متر این پارامتر افزایش یافت. بیشترین (۵/۵۶) کیلوگرم در هکتار بر میلی متر) و کمترین (۴/۶۶) کیلوگرم در هکتار بر میلی متر) کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه بترتیب تحت تأثیر اثر متقابل عمق سطح ایستابی (۱/۱ متر) × غلظت شوری (۱ دسی زیمنس بر متر) و عمق سطح ایستابی (۰/۶ متر) × غلظت شوری (۱۰ دسی زیمنس بر متر) بدست آمد (شکل ۱۶).

بیشترین (۲۰۹۶/۸۱) کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۷۵۶/۶۱) کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه بترتیب تحت تأثیر اثر متقابل عمق سطح ایستابی (۱/۱ متر) × غلظت شوری (۱ دسی زیمنس بر متر) و عمق سطح ایستابی (۰/۶ متر) × غلظت شوری (۱۰ دسی زیمنس بر متر) بدست آمد (شکل ۱۱). همچنین نتایج اثرات متقابل عمق آب زیرزمینی \* شوری برای صفات ارتفاع بوته (شکل ۱۲)، وزن خشک ریشه (شکل ۱۳)، درصد پروتئین دانه (شکل ۱۴) و شاخص برداشت (شکل ۱۵) کینوا نیز بررسی شد.

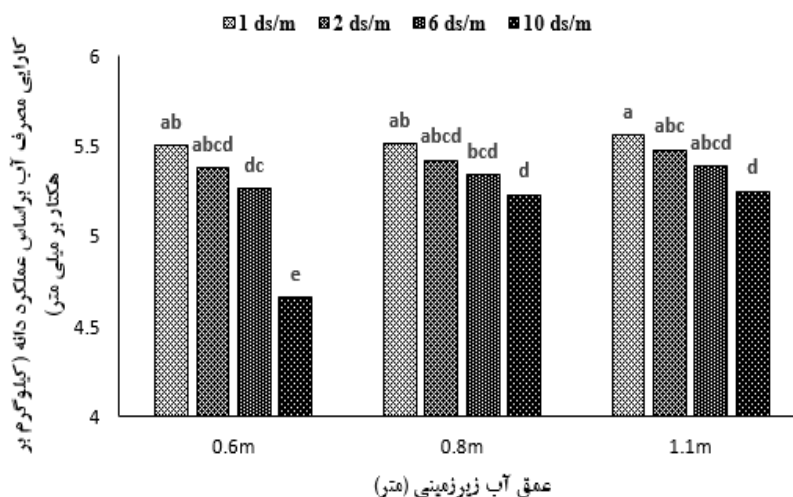
نتایج کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاه کینوا برای دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در جدول (۸) ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که کمترین میزان کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (۱۶/۸۰ و ۴/۵۹) کیلوگرم بر هکتار بر میلی متر برای شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و عمق سطح ایستابی ۰/۶ متر در سال ۱۳۹۸ و بیشترین میزان کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (۱۹/۶۸ و ۵/۶۲) کیلوگرم بر هکتار بر میلی متر در سال

جدول ۸- تاثیر عمق و سطوح مختلف آب زیرزمینی بر عملکرد و کارایی مصرف آب کینوا

سال	کل آب مصرفی (mm)	عمق (m) آب زیرزمینی (dS m <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	کارایی مصرف آب آبیاری بر مبنای عملکرد بیولوژیک (kg/ha/mm)	کارایی مصرف آب آبیاری بر مبنای عملکرد دانه (kg/ha/mm)
		۱dS/m-۰/۶m	۱۹۹۵/۳۴ <sup>abc</sup>	۶۹۸۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۱۹/۳۰ <sup>ab</sup>	۵/۵۱ <sup>abc</sup>
		۱dS/m-۰/۸m	۲۰۱۳/۸۸ <sup>a</sup>	۷۰۴۸/۵۹ <sup>ab</sup>	۱۹/۴۸ <sup>ab</sup>	۵/۵۶ <sup>ab</sup>
		۱dS/m-۱/۱m	۲۰۳۴/۹۳ <sup>a</sup>	۷۱۲۲/۲۷ <sup>a</sup>	۱۹/۶۸ <sup>a</sup>	۵/۶۳ <sup>a</sup>
		۲dS/m-۰/۶m	۱۹۶۶/۷۴ <sup>abcd</sup>	۶۸۸۳/۵۸ <sup>ab</sup>	۱۹/۰۳ <sup>ab</sup>	۵/۴۳ <sup>abc</sup>
		۲dS/m-۰/۸m	۱۹۸۰/۸۳ <sup>abcd</sup>	۶۹۳۲/۸۷ <sup>ab</sup>	۱۹/۱۶ <sup>ab</sup>	۵/۴۷ <sup>abc</sup>
		۲dS/m-۱/۱m	۲۰۰۲/۹۵ <sup>abc</sup>	۷۰۱۰/۳۱ <sup>ab</sup>	۱۹/۳۷ <sup>ab</sup>	۵/۵۳ <sup>ab</sup>
۱۳۹۷	۳۶۱/۸۹	۶dS/m-۰/۶m	۱۹۳۸/۴۰ <sup>cd</sup>	۶۷۸۴/۴۱ <sup>ab</sup>	۱۸/۷۵ <sup>ab</sup>	۵/۳۶ <sup>bc</sup>
		۶dS/m-۰/۸m	۱۹۵۱/۵۷ <sup>bcd</sup>	۶۸۳۰/۴۸ <sup>ab</sup>	۱۸/۸۷ <sup>ab</sup>	۵/۳۹ <sup>bc</sup>
		۶dS/m-۱/۱m	۱۹۷۲/۰۱ <sup>abcd</sup>	۶۹۰۲/۰۳ <sup>ab</sup>	۱۹/۰۷ <sup>ab</sup>	۵/۴۵ <sup>abc</sup>
		۱۰dS/m-۰/۶m	۱۷۱۳/۷۱ <sup>e</sup>	۶۵۸۰/۴۰ <sup>b</sup>	۱۸/۱۸ <sup>b</sup>	۴/۷ <sup>d</sup>
		۱۰dS/m-۰/۸m	۱۹۱۰/۸۳ <sup>cd</sup>	۶۶۸۷/۹۱ <sup>ab</sup>	۱۸/۴۸ <sup>ab</sup>	۵/۲۸ <sup>c</sup>
		۱۰dS/m-۱/۱m	۱۹۱۸/۶۳ <sup>cd</sup>	۶۷۱۵/۱۹ <sup>ab</sup>	۱۸/۵۶ <sup>ab</sup>	۵/۳۰ <sup>c</sup>
		۱dS/m-۰/۶m	۲۱۵۲/۰۳ <sup>a</sup>	۶۹۸۶/۱۱ <sup>ab</sup>	۱۷/۸۳ <sup>ab</sup>	۵/۴۹ <sup>a</sup>
		۱dS/m-۰/۸m	۲۱۳۷/۶۳ <sup>a</sup>	۷۰۴۸/۸۳ <sup>ab</sup>	۱۷/۹۹ <sup>ab</sup>	۵/۴۵ <sup>a</sup>
		۱dS/m-۱/۱m	۲۱۵۸/۰۳ <sup>a</sup>	۷۱۱۶/۵۶ <sup>a</sup>	۱۸/۱۶ <sup>a</sup>	۵/۵۱ <sup>a</sup>
		۲dS/m-۰/۶m	۲۰۸۸/۵۷ <sup>a</sup>	۶۸۸۶/۴۰ <sup>ab</sup>	۱۷/۵۷ <sup>ab</sup>	۵/۳۳ <sup>ab</sup>
		۲dS/m-۰/۸m	۲۱۰۳/۲۵ <sup>a</sup>	۶۹۳۵/۴۷ <sup>ab</sup>	۱۷/۷۰ <sup>ab</sup>	۵/۳۷ <sup>a</sup>
۱۳۹۸	۳۹۱/۹۱	۲dS/m-۱/۱m	۲۱۲۵/۳۸ <sup>a</sup>	۷۰۰۸/۵۹ <sup>ab</sup>	۱۷/۸۸ <sup>ab</sup>	۵/۴۳ <sup>c</sup>
		۶dS/m-۰/۶m	۲۰۲۵/۴۳ <sup>a</sup>	۶۷۸۸/۷۱ <sup>ab</sup>	۱۷/۳۳ <sup>ab</sup>	۵/۱۷ <sup>a</sup>
		۶dS/m-۰/۸m	۲۰۷۲/۴۳ <sup>a</sup>	۶۸۳۳/۸۱ <sup>ab</sup>	۱۷/۴۴ <sup>ab</sup>	۵/۲۹ <sup>a</sup>
		۶dS/m-۱/۱m	۲۰۹۳/۸۴ <sup>a</sup>	۶۹۰۵/۰۳ <sup>ab</sup>	۱۷/۶۳ <sup>ab</sup>	۵/۳۴ <sup>a</sup>
		۱۰dS/m-۰/۶m	۱۷۹۹/۴۸ <sup>b</sup>	۶۵۸۳/۷۵ <sup>b</sup>	۱۶/۸۰ <sup>b</sup>	۴/۵۹ <sup>b</sup>
		۱۰dS/m-۰/۸m	۲۰۲۹/۵۴ <sup>a</sup>	۶۶۹۲/۱۲ <sup>ab</sup>	۱۷/۰۸ <sup>ab</sup>	۵/۱۸ <sup>a</sup>
		۱۰dS/m-۱/۱m	۲۰۴۰/۶۶ <sup>a</sup>	۶۷۲۹/۳۳ <sup>ab</sup>	۱۷/۱۷ <sup>ab</sup>	۵/۲۱ <sup>a</sup>

جدول ۹- جدول تجزیه تاثیر عمق و سطوح مختلف آب زیرزمینی بر عملکرد و کارایی مصرف آب کینوا

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	کارایی مصرف آب براساس بیولوژیک	کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه
سال	۱	۱۳۹ <sup>ns</sup>	۲۵۴۳۸۵/۳۶**	۳۷/۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۳**
شوری	3	۹۹۹۹۶/۰۷ <sup>ns</sup>	۱۰۸۰۵۱/۶**	۳/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۷۶**
عمق آب زیرزمینی	2	۴۸۵۵۷۱/۸۹**	۴۶۰۵۷/۶۱**	۰/۷۰ <sup>ns</sup>	۰/۳۲**
تکرار (سال)	2	۱۱۸۶۸۴/۱۴	۳۲۳۴۵/۶۲**	۰/۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۳ <sup>ns</sup>
سال×شوری	3	۱/۳۳ <sup>ns</sup>	۶۵۶/۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>
سال×عمق آب زیرزمینی	۳	۵۴/۵۲ <sup>ns</sup>	۱۶۴/۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>
شوری×عمق آب زیرزمینی	۶	۱۳۳۶/۲۳ <sup>ns</sup>	۱۸۷۷۷/۸۳**	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۳**
سال×شوری×عمق آب زیرزمینی	۶	۳۰/۵۱ <sup>ns</sup>	۵۲۸/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>
خطا	۴۴	۸۴۸۰۷/۰۸	۱۹۴۸/۷۶	0/6	0/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۲۳	۲/۱۹	۴/۲۴	۲/۱۶



شکل ۱۶- اثر متقابل عمق آب زیرزمینی × غلظت شوری بر کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه کینوا

## نتیجه گیری

ایستابی (۱/۱ متر) × غلظت شوری (۱ دسی زیمنس بر متر) بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد بیشترین (۵/۵۶ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) و کمترین (۴/۶۶ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه بترتیب تحت تأثیر اثر متقابل عمق سطح ایستابی (۱/۱ متر) × غلظت شوری (۱ دسی زیمنس بر متر) و عمق سطح ایستابی (۰/۶ متر) × غلظت شوری (۱۰ دسی زیمنس بر متر) بدست آمد. نتایج کلی پژوهش نشان داد در هیچ کدام از تیمارها، نیاز آبی گیاه به صورت صددرصدی و کامل در هیچ روزی توسط آب زیرزمینی تامین نشده است و همواره بخشی از نیاز آبی گیاه کینوا در طول دوره رشد از طریق آبیاری سطحی تامین شده است. همچنین می‌توان بیان داشت که استفاده از منابع آبی زیرزمینی کم عمق و شور (شوری کمتر از ۲ دسی زیمنس بر متر) به منظور رفع نیاز آبی گیاه کینوا می‌تواند به صورت قابل ملاحظه‌ای سبب کاهش میزان آبیاری سطحی و کمک به تبخیر و تعرق گیاه گردد.

## منابع

- Adolf, V.I., Jacobsen, S.E. and Shabala, S. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental and Experimental Botany* 92: 43-54.
- Ayars, J.E. and Schoneman, R.A. 1986. Use of saline water from a shallow water table by cotton. *Transactions of the ASAE*. 29 (6): 1674-1678.
- Ayars, J.E. and Schoneman, R.A. 2006. Irrigating field crops in the presence of saline groundwater. *Irrigation and Drainage*. Volume 55, Issue 3, Special Issue: 19th ICID International Congress, Beijing, 265-279.

در راستای تامین نیاز آبی گیاه و به منظور کنترل سطح ایستابی می‌توان از آب زیر زمینی کم عمق و شور استفاده نمود. پژوهش حاضر به منظور تأثیر سطوح ایستابی کم عمق (با اعماق ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر) و شور (با سطوح شوری ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی زیمنس) بر متر بر نیاز آبی و کارایی مصرف آب در گیاه کینوا انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش شوری آب از ۱ تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر و با افزایش عمق سطح ایستابی میزان آب زیر زمینی مورد استفاده، درصد مشارکت آب زیر زمینی و مشارکت آب زیر زمینی به طور معنی‌داری کاهش یافت. درصد مشارکت آب زیرزمینی برای سطوح مختلف شوری ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر در عمق‌های سطح ایستابی ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر به ترتیب (۲۱/۱۲، ۵۵/۵۱، ۳۷/۴۳)، (۶۸/۶۸، ۵۱/۲۱، ۳۵/۸۴)، (۹۷/۱۳، ۴۶/۹۲، ۳۲/۵۷) و (۹۳/۵۶، ۴۳/۰۳ و ۳۰/۱۵) حاصل شد. دلیل این امر این است که با افزایش عمق، به علت افزایش فاصله بین ریشه گیاه تا سطح آب زیرزمینی شور، دسترسی گیاه کاهش یافته و به تبع آن درصد مشارکت آب زیرزمینی به منظور تامین نیاز آبی گیاه کاهش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد اثرات کیفیت آب و سطح ایستابی بر روی میزان آب زیرزمینی مورد استفاده (mm)، درصد مشارکت آب زیر زمینی (%) و مشارکت آب زیرزمینی (day/mm) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج بررسی پارامترهای عملکردی نشان داد افزایش شوری موجب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شده است. افزایش عمق سطح ایستابی نیز سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شد. بیشترین عملکرد بیولوژیک در عمق سطح ایستابی ۱/۱ متری برابر ۶۹۳۸/۶۶ کیلوگرم در هکتار شد. بیشترین عملکرد دانه (۲۰۹۶/۸۱ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر اثر متقابل عمق سطح

- Drainage Engineering. 138 (2): 156–165.
- Ghamarnia, H. and Jalili, Z. 2014. Shallow saline groundwater use by Black cumin (*Nigella sativa* L.) in the presence of surface water in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*. 132: 89– 100.
- Ghamarnia, H., Jalili, Z. and Rezvani, S. V. 2021. Investigation of Different Levels of Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of *Stevia Rebaudiana* Bertoni in Greenhouse and Field Environment Conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 51(12): 3115-3125.
- Gowing, J.W., Rose, D.A. and Ghamarnia, H. 2009. The effect of salinity on water productivity of wheat under deficit irrigation above shallow groundwater. *Agricultural Water Management*. 96: 517–524.
- Grimes, D.W. and Henderson, D.W. 1984. Developing the Resource Potential of a Shallow Water Table Contribution. *California Water Resource Center, University of California, Davis*, pp. 39 (No. 188).
- Gupta, R., Yadav, R. L. and Rajendra, G. 1993. Ground water contribution to evapotranspiration of sugarcane during summer. *Cooperative-Sugar*. 25: 113-115.
- Hariadi, Y. Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S.-E. and Shabala, S. 2010. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. *Journal of Experimental Botany*. 62: 185–193.
- Jafari, N., Aghayari, F. and Paknejad, F. 2019. Effect of Different Deficit-Irrigation Methods on Yield and Water Use Efficiency of Wheat (Parsi Cultivar). *JOURNAL OF CROP ECOPHYSIOLOGY (AGRICULTURE SCIENCE)*. 12(4 (48) ): 581-51398.
- Jamali, S. and Ansari, H. 2022. Scheduling Quinoa Irrigation by Crop Water Stress Index. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*. 15(6): 1263-1274.
- Koyro H.W., Lieth H. and Eisa S.S. 2008. Salt tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd., grains of the Andes: influence of salinity on biomass production, yield, composition of reserves in the seeds, water and solute relations. In *Mangroves and Halophytes: Restoration and Utilisation* (pp. 133-145). Springer, Dordrecht.
- Liu, J., Yang, H., Gosling, S.N., Kumm, M., Flörke, M., Pfister, S., Hanasaki, N., Wada, Y., Zhang, X., Zheng, C., Alcamo, J. and Oki, T. 2017. Water scarcity assessments in the past, present and future. *Earth's Future*. 5(6): 545-559.
- Marzban, H., Sadraei Javaheri, A., Zibaei, M., Nazemosadat, S.M.J. and Karimi, L. 2019. Study of Ayars, J.E., Christen, E.W. and Hornbuckle, J.W. (2006. Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. *Agricultural Water Management*. 86: 128–139.
- Ayars, J.E., Shouse, P. and Lesch, S.M. 2009. In situ use of ground water by alfalfa original research article. *Agricultural Water Management*. 96: 1579–1586.
- Beyrami, H., Rahimian, M. H., Salehi, M. and Yazdani-Biouki, R. 2020. Effect of different levels of irrigation water salinity on quinoa (*Chenopodium quinoa*) yield and yield components in spring planting. *Journal of Crop Production*. 12(4):111-120.
- Brisson, N., Rebisrem, B., Zimmer, D. and Renault, P. (2002. Response of the root system of a winter wheat crop to waterlogging. *Plant Soil*, 243: 43-55.
- Chen, sh., Mao, X. and sh. S. 2022. Response and contribution of shallow groundwater to soil water/salt budget and crop growth in layered soils. *Agricultural Water Management*. 266: 107574.
- FAO. 2011. Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security, Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Latin America and the Caribbean Av. Dag Hammarskjöld 3241, Vitacura, Santiago, Chile rlc-quinoa@fao.org
- FAO-ALADI: Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinoa Santiago 2013.
- Fronza, D. and Vinícius Folegatti, M. 2003. Water consumption of the *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) crop estimated through microlysimeter, *Journal of Scientia Agricola*. 60(3): 595-599.
- Ghamarnia, H. and Farmani fard, M. 2014. Assessment of the Supplementary Irrigation Effect on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Water Requirement in the Presence of Shallow Groundwater. *Irrigation and Water Engineering*. 4(2): 99-112.
- Ghamarnia, H. and Gowing, J.W. 2007. Root water uptake modeling in the presence of surface irrigation and saline shallow water table. In: *ICID 22nd European Regional Conference, Pavia, Italy, 2–7 September*.
- Ghamarnia, H. and Jalili, Z. 2014. Shallow saline groundwater use by Black cumin (*Nigella sativa* L.) in the presence of surface water in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*. 132: 89– 100.
- Ghamarnia, H., Gholamian, M., Sepehri, S., Arji, I. and Rezvani, V. 2012. Groundwater contribution by safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under high salinity, different water table levels, with and without irrigation. *Journal of Irrigation and*



- yield and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Ahvaz, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 21(4): 354-367.
- Saatsaz, M. 2020. A historical investigation on water resources management in Iran. *Environ Dev Sustain*. 22: 1749–1785.
- Salek Mearaji, H., Tavakoli, A., Ghanimati, S. and Kasirlou, P. 2019. The effect of salinity stress on traits related to germination of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Agroecology Journal*. 15(3): 59-69.
- Shabala S., Hariadi Y. and Jacobsen S.E. 2013. Genotypic difference in salinity tolerance in quinoa is determined by differential control of xylem Na<sup>+</sup> loading and stomatal density. *Journal of plant physiology*. 170(10): 906-914.
- Sharifian, H., Jamali, S. and Sajadi, F. 2018. Investigation the Effect of Different Salinity Levels on the Morphological Parameters of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd. ) under Different Irrigation Regimes. *water and soil science (journal of science and technology of agriculture and natural resources)*. 22(2): 15-27.
- Talebnejad, R. and A. R. Sepaskhah. 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. *Agriculture Water Management*. 148: 177-188
- Talebnejad, R. and Sepaskhah, A. R. 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. *Agricultural Water Management*. 148: 177–188.
- Talebnejad, R., Bahrami, M. and Sepaskhah, A. 2022. Planting dates and irrigation regimes influence on growth and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a semi-arid area. *Iran Agricultural Research*. 40(2): 103-120.
- Vilcacundo, R. and Hernandez-Ledesma, B. 2017. Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Current Opinion in Food Science*. 14: 1-6.
- the Status of Resources and Water Consumption in Iran and Improving the Situation. *WATER AND WASTEWATER*. 30(4 (122): 16-32. SID.
- Moameni, A. 2011. Geographical Distribution and Salinity Levels of Soil Resources of Iran. *Iranian Journal of Soil Research*. 24(3): 203-215.
- Nosetto, M.D., Jobbagy, E.G., Jackson, R.B. and Sznaider, G.A. 2009. Reciprocal influence of crops and shallow ground water in sandy landscapes of the inland pampas. *Field Crop Researches*, 113: 138-148.
- Panuccio, M.R., Jacobsen, S.E., Akhtar, S.S. and Muscolo, A. 2014. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB plants*, 6.
- Qadir, M., Smakhtin, V., Koo-Oshima, S. and Guenther, E. 2022. Global Water Scarcity and Unconventional Water Resources. In: Qadir, M., Smakhtin, V., Koo-Oshima, S., Guenther, E. (eds) *Unconventional Water Resources*. Springer, Cham.
- Ragab, R.A. and Amer, F. 1986. Estimating water table contribution to the water supply of maize. *Journal of Agricultural Water Management*. 11: 221–230.
- Ragab, R.A., Amer, F. and El-ghamary, W.M. 1988. The conjunctive use of rainfall and shallow water table in meeting water requirements of faba beans. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 160 (1): 47–53.
- Ramezani moghadam, J., Naseri, A. A., Hooshmand, A. and Meskar bashi, M. 2016. Lysimeter Study to Evaluate The Effects of Water Stress and Nitrogen Fertilizer on Maize in The Shallow Ground Water. *Irrigation Sciences and Engineering*. 39(3): 1-11.
- Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Jacobsen, S.-E., Jensen, C.R. and Andersen, M.N. 2012. Effects of Salinity and Soil–Drying on Radiation Use Efficiency, Water Productivity and Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 198: 173-184
- Saeidi S.M., Siadat S.A., Moshatati A., Moradi-Telavat M.A. and Sepahvand N.A. 2020. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rates on growth, seed

## Investigating the Effect of Shallow and Saline Waterlogging Levels on the Yield and Efficiency of Water Consumption of Quinoa (*Chenopodium Quinoa Wild*) Plant in the Greenhouse Environment

Y. Mohammadi<sup>1</sup>, H. Ghamarnia<sup>\*2</sup>, M. Jovzi<sup>3</sup>

Received: Jul.25, 2023

Accepted: Mar.26, 2024

### Abstract

Considering the lack of water and the high consumption of water in the agricultural sector, shallow and salty underground water sources can be used as a source to compensate part of the plant's water needs. In this study, the effect of shallow and saline groundwater on the yield and Plant parameters of quinoa in the greenhouse environment in two crop years 2018 and 2019 was investigated. The experiment was conducted in the form of factorial design of randomized complete blocks with 3 replications. The applied treatments included shallow (with depths of 0.6, 0.8 and 1.1 m) and saline (with salinity levels of 1, 2, 6 and 10 decisiemens/meter of NaCl salt). The results showed that with the increase of water salinity from 1 to 10 decisiemens/meter and with the increase of the depth of the groundwater level, the percentage of groundwater contribution and the contribution of groundwater decreased significantly. The percentage of underground water participation for different salinity levels of 1, 2, 6 and 10 decisiemens/m in the depths of the water table 0.6, 0.8 and 1.1 meters respectively (37.43, 55.51, 71.12), (35/84, 51.21, 66.68), (32.57, 46.92, 60.1397) and (30.15, 43/03, 56.93) were obtained. The increase in salinity caused a decrease in biological yield and an increase in the depth of the ponding surface caused an increase in biological yield and grain yield. The general results of the research showed that in none of the treatments, the water requirement of the plant was never provided by underground water in a hundred percent way, and a part of the water requirement of the plant was always supplied through irrigation during the growth period. It can also be said that the use of shallow and salty underground water resources (salinity less than 2 decisiemens/meter) in order to meet the water needs of the quinoa plant can reduce the amount of surface irrigation and contribute to the evaporation and transpiration of the plant.

**Keywords:** Field, Greenhouse, Lysimeter, Quinoa, Salinity, Shallow ground water, Yield

1- Ph.D Candidate, Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Full Professor, Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

3 - Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

(\* - Corresponding Author Email: hghamarnia@razi.ac.ir)