

ارزیابی کمک آب زیرزمینی کم عمق در تأمین نیاز آبی دو رقم عدس (*Lens culinaris* L.)

هوشنگ قمرنیا^{۱*}، آزاده خلدی رضایی^۲ و مختار قبادی^۳

۱- استاد گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۲- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه،
azadekholdirezaie@yahoo.com
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ghobadi.m@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۰

چکیده

آب زیرزمینی کم عمق، یک منبع آب بالقوه و کارآمد در کشاورزی است. در این پژوهش به بررسی اثر اعماق سطوح ایستابی کم عمق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی متر بر تأمین نیاز آبی، کارایی مصرف آب و عملکرد دو رقم عدس (کیمیا و ILL6037) در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ پرداخته شده است. آزمایشات در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با بهره گیری از لایسیمترهای پلی اتیلنی با قطر ۲۸۰ میلی متر به صورت فاکتوریل دو عامله و بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. لازم به ذکر است که در این تحقیق هیچگونه استفاده‌ای از آبیاری سطحی نشد و صرفاً آب مورد نیاز گیاه از طریق سطح ایستابی کم عمق و با استفاده از آب بارن تأمین گردید. مطابق نتایج به دست آمده، عمق ۶۰ سانتی متر بیشترین میزان مصرف از آب زیرزمینی و عمق ۱۱۰ سانتی متر کمترین میزان مصرف از آب زیرزمینی را داشت، به طوری که متوسط مشارکت آب زیرزمینی برای اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی متر به ترتیب ۵۳/۷۶ درصد، ۳۶/۵۰ درصد و ۱۵/۲۳ درصد به دست آمد. بیشترین کارایی مصرف آب زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه در سال‌های اول و دوم به ترتیب برای ارقام ILL6037 و کیمیا در عمق آب زیرزمینی ۱۱۰ سانتی متر و کمترین کارایی مصرف آب برای رقم‌های ذکر شده در اعماق آب زیرزمینی ۶۰ و ۸۰ سانتی متری، به دست آمد. همچنین در این آزمایش متوسط بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه با ۹۱/۳۱ و ۳۷/۸۰ گرم بر مترمربع در هر دو سال برای رقم کیمیا به ترتیب در اعماق سطح ایستابی ۶۰ و ۱۱۰ و بیشترین و کمترین میزان پروتئین به ترتیب برای رقم کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی متر و رقم ILL6037 در عمق ۶۰ سانتی متری به دست آمد.

کلمات کلیدی: پروتئین، سطوح ایستابی کم عمق، عملکرد، کارایی مصرف آب، لایسیمتر

مقدمه

در بین حبوبات دارا می باشد. کرمانشاه، همدان، خرم‌آباد، کرمان، بوم، فارس، بوشهر و میناب مهم ترین مراکز تولید عدس در ایران می باشند (Agriculture Statistics, 2011). به طور کلی، کم بودن عملکرد عدس در بسیاری از مناطق کشت آن در دنیا و همچنین در کشور ما به دلایل گوناگونی از جمله بروز انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی در طول فصل رشد است (Bagheri et al., 2000). بنابراین، توجه ویژه به شرایط اقلیمی، به عنوان یکی از عوامل تعیین کننده تولید محصولات کشاورزی ما را بیشتر یاری خواهد نمود. در این راستا با توجه به محدودیت در افزایش سطح زیرکشت و همچنین کمبود منابع آب شیرین تجدیدشونده، بهترین راه حل و ایده عملی در جهت افزایش تولید و بالابردن کیفیت محصولات، می تواند بهره گیری از روش‌های نوین و مکانیزه، کاشت، داشت و برداشت، بذور اصلاح شده، استفاده از منابع آب جایگزین و بازیافتی، بهره گیری از پساب‌های تصفیه شده، به کارگیری تک آبیاری‌ها یا

گیاه عدس از نظر مقدار پروتئین بسیار غنی بوده و در بین حبوبات فقط لوبیای سویا بیشتر از عدس پروتئین دارد. همچنین عدس از نظر غذایی ارزش بالایی داشته و منبع خوبی از آهن و اسید فولیک و فیبر می باشد. بذر عدس دارای حدود ۲۸ درصد پروتئین بوده و با توجه به این که در حال حاضر حدود ۲۵ درصد جیره پروتئینی روزانه جمعیت کشورهای در حال توسعه جهان از حبوبات تأمین می گردد، عدس با دارا بودن درصد قابل توجهی پروتئین و با توجه به غنی بودن از اسیدهای آمینه که مکمل پروتئین خوبی برای غلات می باشد، حائز اهمیت است (Singh & Saxena, 1993). سطح زیرکشت عدس در ایران در حدود ۱۱۷۲۳۰ هکتار و تولید آن ۷۱۸۰۸ تن بوده و از نظر سطح زیرکشت، پس از نخود و لوبیا رتبه سوم را

* نویسنده مسئول: hghamarnia@razi.ac.ir

محققان در آزمایشی با مطالعه چهار عمق سطح ایستابی ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ اینچ روی گیاهان گوجه‌فرنگی، لوبیاسبز و ذرت شیرین در سه بافت خاک در گلخانه دریافتند که میزان محصول، همان‌طور که به بافت خاک بستگی دارد، از عمق سطح ایستابی نیز تأثیر می‌پذیرد و میزان آب استفاده‌شده به طور خطی با مقدار ماده خشک تولیدشده افزایش می‌یابد (Goins *et al.*, 1996). در پژوهش دیگری نیز نشان داده شد که بین عمق سطح ایستابی و سهم استفاده آب زیرزمینی ارتباط معکوس برقرار است (درحالی‌که آب زیرزمینی به‌طور طبیعی لب‌شور باشد). همچنین در طی تحقیقی مشخص شد که جذب میزان آب زیرزمینی توسط گیاه با سطح سفره کمتر از یک متر بیشتر از سطح سفره با اعماق دو و سه متری بوده است (Kahlow *et al.*, 1998). همچنین مشاهده شد در مناطقی که سطح ایستابی کم‌عمق وجود دارد، می‌توان نیاز آبیاری را تا ۸۰ درصد مجموع نیاز تبخیر و تعرق گیاه، بدون کم شدن محصول گیاه و افزایش در مقدار شوری خاک، کاهش داد. این عمل نه‌تنها محصول مناسب و خوبی را حاصل می‌کند، بلکه میزان شوری خاک و عمق سطح ایستابی را نیز در حد قابل قبولی نگه می‌دارد (Pratharpar *et al.*, 1999).

در تحقیقی برای گیاه سیاه‌دانه تحت شوری‌های ۱، ۲ و ۴ دسی‌زیمنس در شرایط سطوح ایستابی ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی‌متری، میزان استفاده از آب زیرزمینی نسبت به کل آب مورد نیاز گیاه به ترتیب ۶۷/۵، ۵۵ و ۴۵/۷۵ درصد، ۶۰/۷۵، ۵۰ و ۴۱/۵ درصد و ۵۴/۲۵، ۴۳/۵۰ و ۳۶ درصد اندازه‌گیری شد (Ghamarnia & Jalily, 2014).

در تحقیقی بر روی گیاه کینوا تحت آب‌های زیرزمینی شور، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی‌زیمنس با اعماق ۰/۳، ۰/۵۵ و ۰/۸۰ متر میزان استفاده از آب زیرزمینی نسبت به کل آب مورد نیاز گیاه از ۱۸ تا ۶۶ درصد گزارش شد. (Talebnejad & Sepaskhah, 2015). برای سبزیجات خوردنی نظیر ریحان، تربچه و جعفری نیز میزان استفاده از آب زیرزمینی در اعماق بین ۶۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متری در حدود ۲۴ تا ۵۱ درصد گزارش شده است (Ghamarnia & Khodaei, 2016).

از آنجا که در بسیاری از دشت‌های موجود در استان‌های شمالی، غربی، شمال‌غربی و جنوب‌غربی ایران پتانسیل استفاده از آب زیرزمینی کم‌عمق در ماه‌های مختلفی از سال برای استفاده محصولات زراعی و باغی وجود دارد، لذا در این راستا و در این پژوهش به بررسی اثر اعمال سطوح ایستابی کم‌عمق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر بر تأمین نیاز آبی، کارایی مصرف آب و عملکرد اجزای محصول دو ژنوتیپ عدس (کیمیا و ILL6037) پرداخته شد که به صورت فاکتوریل دو عامله و بر

آبیاری‌های تکمیلی همراه با بذوری که به این آبیاری‌ها واکنش مثبت نشان می‌دهند و نیز استفاده از آب‌های زیرزمینی کم‌عمق باشد.

آب زیرزمینی کم‌عمق، منبعی است که در کشاورزی آبی با در نظر گرفتن مدیریت متناوب آبیاری، دائماً از آن چشم‌پوشی می‌شود، درحالی‌که این منبع این پتانسیل و قابلیت را داراست که مقدار زیادی از آب مورد نیاز گیاه را در شرایط مدیریت بهینه فراهم و رفع نماید. دسترسی و میزان استفاده گیاه از آب زیرزمینی کم‌عمق تحت تأثیر عواملی مانند هدایت آبی (ضریب آبگذری) خاک، ویژگی‌ها و خصوصیات ریشه‌دوانی گیاه، حد قابل تحمل شوری گیاه، وجود یک سیستم زهکشی مناسب و نوع سیستم آبیاری و مدیریت آن قرار می‌گیرد (Ayars *et al.*, 2009).

هنگامی که آب زیرزمینی توسط گیاه استفاده می‌شود، در واقع این منبع در تعادل آب آبیاری به حساب آمده است. مقدار آبی که از آب ذخیره‌شده در لایه‌های خاک تخلیه می‌گردد، کاهش یافته و در عین حال می‌توان دور آبیاری را افزایش داد. پس تعداد کل دفعات آبیاری و مجموع عمق مورد نیاز آب آبیاری گیاه، کاهش خواهد یافت. بنابراین سطح آب زیرزمینی کم‌عمق، یک منبع آب بالقوه و کارآمد در کشاورزی است که بعضی اوقات آبیاری زیرسطحی تعریف می‌شود (Benz *et al.*, 1985). تعدادی از مطالعات و تحقیقات نشان داده‌اند که حدوداً بین ۲۰ تا ۴۰ درصد میزان تبخیر و تعرق مورد نیاز گیاهان مختلف می‌تواند از جریان صعودی آب حاصل از مویبندی سطح ایستابی در اعماق ۰/۷ تا ۱/۵ متر تأمین شود (Ragab *et al.*, 1988).

در رابطه با استفاده عدس از آب زیرزمینی کم‌عمق تاکنون هیچگونه گزارشی نشده است که بتوان آن نتایج را با نتایج حاصله از این تحقیق مقایسه نمود، اما محققان بسیاری سهم آب زیرزمینی شور و غیرشور را برای محصولات کشاورزی مختلف و در شرایط متنوع دیم و آبی به شمار آورده و به آن پرداخته‌اند.

با بررسی سه سطح ایستابی ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر و سه ژنوتیپ گندم، در سه تکرار نشان داده شد که بیشترین مصرف آب زیرزمینی مربوط به عمق ۶۰ سانتی‌متر و کمترین مقدار مصرف از آب زیرزمینی نیز مربوط به عمق ۱۱۰ سانتی‌متر می‌باشد، به‌طوری‌که متوسط مشارکت آب زیرزمینی برای ارقام مختلف در طی دو سال تکرار آزمایش‌ها برای اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر، به ترتیب ۶۳ درصد، ۵۵ درصد و ۴۵ درصد به‌دست آمد (Ghamarnia *et al.*, 2012).

عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ۱۳۱۹ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. در این ایستگاه لایسیمترهای مدنظر از خاک منطقه پس از رد شدن از الک شماره ۲ پُر شدند تا عاری از سنگ‌ریزه و کلوخه گردند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول‌های ۱ و ۲ و خصوصیات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است.

پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت تا درصد امکان استفاده عدس از آب زیرزمینی کم‌عمق در شرایط مختلف تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی آب واقع در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی با طول و

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه و لایسیمترها

Table 1. Physical properties of soil in the studied area and lysimeters

وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	عمق نمونه‌گیری (سانتی‌متر)	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	بافت خاک Soil texture
Bulk Density (g/cm ³)	Depth (cm)	Clay (%)	Sand (%)	Silt (%)	
1.3	0-60	54	3.7	42.3	(سیلتی رسی) Silt- Clay

جدول ۲- مشخصات شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه و لایسیمترها

Table 2. Chemical properties of soil in the studied area and lysimeters

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Ec (dS/m)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable Potassium (mg/kg)	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn (mg/kg)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg/kg)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg/kg)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu (mg/kg)	قلیائیت Alkalinity pH
1.2	26	44	1.38	7.8	11.9	1.26	1.64	7.3

جدول ۳- مشخصات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

Table 3. Chemical properties of water in studied area

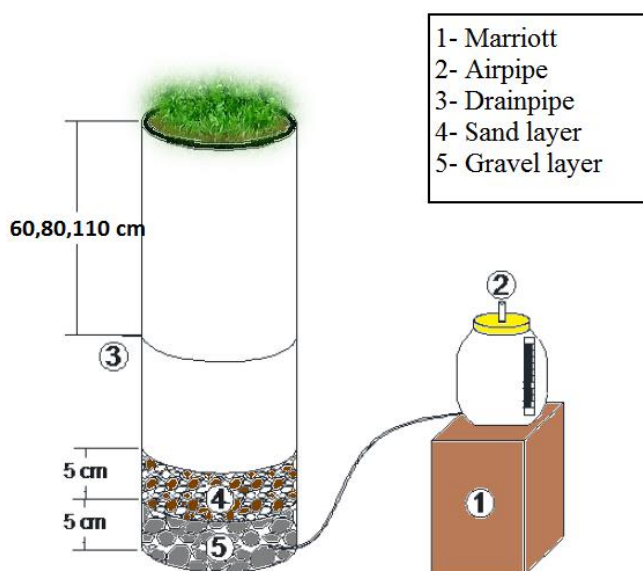
کل املاح محلول (میلی‌گرم در لیتر) TDS Mg/L	قلیائیت Alkalinity pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Ec (ds/m)	نسبت جذب سدیم SAR	مجموع کاتیون‌ها Sum of Cations	سدیم (میلی‌گرم در لیتر) Na+ Mg+Ca Mg/L	کلسیم (میلی‌گرم در لیتر) Sum of Anions	سولفات (میلی‌گرم در لیتر) SO ₄ ⁻ Mg/L	کلرید (میلی‌گرم در لیتر) CL ⁻ Mg/L	بی‌کربنات (میلی‌گرم در لیتر) HCO ₃ ⁻ Mg/L	کربنات (میلی‌گرم در لیتر) CO ₃ ⁻ Mg/L
640	7.1	1	0.54	9.23	1.08	8.15	1.18	1.9	6.15	0

پلی اتیلن با قطر ۲۸۰ میلی‌متر تعداد ۱۰ بذر که به قارچ‌کش مانکوزب با غلظت ۲ در ۱۰۰۰ نیز آغشته شده بود، به صورت ردیفی کشت گردید که فاصله بین ردیف‌ها پنج سانتی‌متر، فاصله بین بذرهای دو سانتی‌متر و عمق کاشت بذر هم چهار تا پنج سانتی‌متر بود. لازم به ذکر است که تاریخ کشت در سال ۱۳۹۱ در ۲۳ اسفند (۱۳ مارس) و در سال ۱۳۹۲ در ۲۵ اسفند (۱۶ مارس) بود. لایسیمترهای پلی اتیلنی مورد استفاده در این پژوهش ۱۸ عدد بود که از انتها مسدود و با خاک اطراف

به منظور رشد بهتر گیاه، کوددهی خاک داخل لایسیمترها یک روز قبل از کاشت بذرها و با رعایت تناسب به خاک اضافه گردید: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۲۰ تن در هکتار کود دامی پوسیده و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل که فقط با ۱۰ سانتی‌متر خاک سطحی مخلوط شد، مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با توجه به تعداد مطلوب بذر کشت‌شده در هکتار (۱۵۰ بذر در مترمربع) و محاسبات بر اساس قطر لایسیمتر، برای هر لایسیمتر از جنس

در شکل ۱، نمایی از این لایسیمترهای مورد استفاده نشان داده شده است.

هیچ‌گونه ارتباطی نداشتند. سطح آب زیرزمینی در این لایسیمترها توسط ماریوت سیفون‌هایی که کنار آنها نصب شده بود، در اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی‌متری نگه داشته می‌شدند.



شکل ۱- نمایی از لایسیمتر

Fig. 1. Lysimeter set up

توصیه شده در نشریه فائو ۵۶ استفاده شد (Allen et al., 1998).

لازم به ذکر است که در این تحقیق هیچ‌گونه استفاده‌ای از آبیاری سطحی نشد و صرفاً آب مورد نیاز گیاه از طریق سطح ایستابی کم‌عمق و با استفاده از خاصیت موئینگی و بارندگی تأمین گردید. زمان اعمال تیمار آب زیرزمینی با شروع مرحله گلدهی، در سال اول اجرای آزمایش ۳۱ فروردین (۲۰ آوریل) و در سال دوم، ۴ اردیبهشت (۲۴ آوریل) در نظر گرفته شد. میزان استفاده از آب زیرزمینی با قرائت اعداد اشل ماریوت سیفون‌های متصل به هر لایسیمتر به صورت روزانه رأس یک ساعت مشخص (۸ صبح هر روز) برای هر لایسیمتر یادداشت گردید و به عنوان آب مصرف شده آن تیمار منظور شد.

آنالیز آماری داده‌های اندازه‌گیری شده

به منظور تجزیه واریانس و آزمون‌های مقایسه میانگین از نرم‌افزار MSTATC استفاده گردید. همچنین جهت مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. لازم به ذکر است که این آزمایش به صورت فاکتوریل دو عامله و بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت.

آب مورد نیاز و نحوه اعمال تیمارهای آبیاری

برای به دست آوردن میزان آب مورد نیاز گیاه داده‌های تبخیر از تشت تبخیر به صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی کشاورزی مستقر در فاصله ۱۰۰ متری ایستگاه دریافت می‌گردید. تعیین نیاز آبی شامل سه مرحله، تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0)، تعیین ضریب گیاهی (K_c) و تعیین اثر شرایط محلی و عملیات زراعی بر نیاز آبی گیاه بود. در این تحقیق از تشت تبخیر کلاس A و از معادلات (۱) و (۲) جهت تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی استفاده شد.

$$ET_0 = K_p \times E_{pan}$$

معادله ۱:

در این رابطه K_p ضریب تشت و E_p میزان تبخیر از تشت اندازه‌گیری شده (میلی‌متر) برای هر منطقه که به تبخیر و تعرق گیاه مرجع و به تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه ربط دارد. مقدار K_p به عوامل متعددی از جمله رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و محیط اطراف تشت بستگی دارد. مقادیر تبخیر از تشت تبخیر (E_{pan}) به صورت روزانه دریافت گردید.

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

معادله ۲:

در این رابطه، K_c ضریب گیاهی و ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) و ET_c تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (میلی‌متر) می‌باشد. به منظور تعیین مقدار K_c از جدول

تعیین پارامترها و شاخص‌های اندازه‌گیری شده

پس از برداشت و خشک‌شدن محصول (با قراردادن محصول در آن به مدت ۲۴ ساعت)، اولین پارامتری که اندازه‌گیری شد، عملکرد بیولوژیک یا وزن خشک کل اندام هوایی (بر حسب گرم در گلدان) بود که نهایتاً به واحد گرم در مترمربع تعمیم داده شد. پس از جداسازی غلاف‌ها و سپس دانه‌های مربوط به هر تیمار، عملکرد دانه که همان وزن دانه‌ها می‌باشد (بر حسب گرم در گلدان) اندازه‌گیری شد که نهایتاً به واحد گرم در مترمربع تعمیم داده شد. به‌منظور به‌دست‌آوردن وزن ۱۰۰۰ دانه، ابتدا وزن تک‌دانه مربوط به هر لایسیمتر از تقسیم وزن دانه‌ها به تعداد دانه‌های مربوط به همان لایسیمتر به دست آمد و سپس از حاصل ضرب مقدار حاصل در عدد ۱۰۰۰، وزن ۱۰۰۰ دانه محاسبه گردید. شاخص برداشت هم از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، ضربدر عدد ۱۰۰ محاسبه شد. تعداد دانه در غلاف، از تقسیم تعداد کل دانه‌ها به تعداد غلاف‌های پُر مربوط به هر لایسیمتر به دست آمد و در نهایت کارآیی مصرف آب زیرزمینی بر مبنای عملکرد دانه، از نسبت عملکرد دانه به میزان آب مصرفی محاسبه شد (واحد کیلوگرم بر مترمکعب). رابطه آن به صورت معادله ۳ بیان شده است (Kheirabi et al., 1996; Shih & Rahi, 1985):

معادله ۳:

$$IWUE = \frac{Gy}{IWA}$$

Gy: میزان عملکرد دانه (کیلوگرم)

IWA: میزان آب مصرفی (متر مکعب)

اندازه‌گیری پروتئین موجود در دانه

به منظور اندازه‌گیری پروتئین دانه عدس از روش کجلدال استفاده گردید. در ابتدای کار یک سری مواد شیمیایی جهت آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام عملیات هضم بر روی آن‌ها مورد نیاز بودند که این مواد عبارت بودند از: متیل رد، بروموکروزول گرین، سدیم هیدروکسید، بوریک اسید، سولفوریک اسید، اتانول و آب اکسیژنه. عملیات هضم نمونه‌ها به روش اکسیداسیون مرطوب صورت پذیرفت. مدل دستگاه کجلدال مورد استفاده PRO-NITRO II و ساخت کشور ژاپن می‌باشد (J.P.SELECTA, s.a.).

نتایج و بحث

میزان آب مصرفی و مشارکت آب زیرزمینی

مجموع نتایج کل آب استفاده‌شده برای هر شش تیمار آزمایشی در هر سال به طور جداگانه در جدول ۴ آمده است. کل آب مورد نیاز در طول دوره رشد برای همه تیمارها در سال

زراعی ۹۲-۱۳۹۱ شامل ۸۰/۵ میلی‌متر بارندگی و حدود ۳۶۸/۷ میلی‌متر نیاز تبخیر-تعرق و در سال ۹۳-۱۳۹۲ شامل ۵۲ میلی‌متر بارندگی و ۴۵۵/۶ میلی‌متر نیاز تبخیر-تعرق بود. همان‌گونه که از نتایج مندرج در جدول ۴ مشخص است، اختلاف بین میانگین آب زیرزمینی مصرف‌شده برای اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. در هر دو سال اجرای آزمایش، بیشترین مصرف آب زیرزمینی مربوط به عمق ۶۰ سانتی‌متر و کمترین مقدار مصرف از آب زیرزمینی مربوط به عمق ۱۱۰ سانتی‌متر بود. در سال ۹۲-۱۳۹۱، بیشترین میزان مصرف از آب زیرزمینی برابر با ۱۹۵/۸ میلی‌متر برای رقم کیمیا در عمق ۶۰ سانتی‌متری و کمترین میزان مصرف از آب زیرزمینی به ترتیب ۴۶/۸۰ میلی‌متر برای رقم ILL6037 و ۵۱/۶۸ میلی‌متر برای رقم کیمیا هر دو در عمق ۱۱۰ سانتی‌متری بود. همچنین در سال ۹۳-۱۳۹۲ نیز بیشترین میزان مصرف از آب زیرزمینی به ترتیب مربوط به رقم کیمیا و رقم ILL6037 هر دو در عمق ۶۰ سانتی‌متر با مقادیر ۲۵۴/۵ و ۲۴۹/۲ میلی‌متر و کمترین میزان مصرف از آب زیرزمینی به ترتیب برابر با ۷۶/۶۴ و ۷۹/۲۵ میلی‌متر برای رقم ILL6037 و کیمیا هر دو در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر بود.

مشارکت آب زیرزمینی در این آزمایش نیز به تبعیت از میزان مصرف کل آب زیرزمینی، شرایطی مشابه داشت و بین میانگین‌های میزان مشارکت آب زیرزمینی برای اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به عبارتی به طور متوسط در سال اول بیشترین مشارکت آب زیرزمینی در عمق ۶۰ سانتی‌متر مربوط به رقم کیمیا با ۵۳/۱۱ درصد و کمترین مشارکت آب زیرزمینی به ترتیب مربوط به رقم ILL6037 و کیمیا هر دو در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر و به میزان ۱۲/۶۹ درصد و ۱۴/۰۲ درصد بود. همچنین در سال دوم اجرای آزمایش نیز بیشترین میزان مشارکت آب زیرزمینی در عمق ۶۰ سانتی‌متر و به ترتیب مربوط به رقم کیمیا و ILL6037 با مقادیر ۵۵/۸۶ درصد و ۵۴/۷۰ درصد و کمترین میزان مشارکت آب زیرزمینی نیز به ترتیب ۱۶/۸۲ درصد و ۱۷/۳۹ درصد بود که مربوط به رقم ILL6037 و کیمیا و در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر بود.

بنابراین مطابق نتایج به‌دست‌آمده در یک دید کلی می‌توان اظهار نمود که با افزایش عمق سطح ایستابی، میزان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه کاهش یافته است. دلیل این امر را می‌توان افزایش فاصله بین ریشه گیاه و سطح ایستابی دانست که در نتیجه این موضوع دسترسی ریشه گیاه به آب جهت رفع نیاز آبی کمتر شده و نهایتاً میزان مشارکت آب زیرزمینی هم در تأمین نیاز آبی گیاه کاهش می‌یابد.

بیشتر ریشه گیاه و همچنین گرم شدن هوا و در نتیجه افزایش تبخیر-تعرق، میزان دسترسی گیاه به آب زیرزمینی افزایش یافت و گیاه که از آبیاری سطحی استفاده نمی‌کرد، سعی در جذب بیشتر آب زیرزمینی داشت که همیشه در عمق ثابت در دسترس است. در هر دو سال، رقم کیمیا در عمق ۶۰ سانتی‌متر، بیشترین میزان استفاده از آب زیرزمینی را داشت که مقادیر آن به ترتیب برای سال‌های اول و دوم معادل ۱۷/۳۹ و ۲۰/۳۹ میلی‌متر و برای دوره‌های چهار روزه ۲۶ تا ۲۹ ماه می در سال اول و ۲۳ تا ۲۶ ماه می در سال دوم حاصل شد. در روزهای پایانی این روند با شروع رسیدگی محصول گیاه و زرد شدن آن سیر نزولی پیدا کرد و میزان آب زیرزمینی استفاده شده توسط گیاه نیز کاهش یافت.

این نتایج با تحقیقات (Kahlowan *et al.*, 1998) همخوانی دارد، به طوری که دیده شده بین عمق سطح ایستابی و سهم استفاده گیاه از آب زیرزمینی ارتباط معکوس برقرار است. شکل‌های ۲ و ۳، نیاز آبی گیاه و کل کمک آب زیرزمینی را در دوره‌های چهار روزه، برای دو سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ و ۱۳۹۲-۱۳۹۳ به صورت نمودار پیوسته نمایش داده‌اند. شروع اعمال تیمار آب زیرزمینی در سال اول اجرای آزمایش ۳۱ فروردین (۲۰ آپریل) و در سال دوم، ۴ اردیبهشت (۲۴ آپریل) در نظر گرفته شد. همان‌گونه که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، در روزهای ابتدایی اعمال تیمارهای آب زیرزمینی (۲۱ الی ۲۴ آپریل سال اول و ۲۵ الی ۲۸ آپریل سال دوم) میزان آب زیرزمینی استفاده شده توسط گیاه کمتر بود، ولی با گذشت زمان و رشد و توسعه

جدول ۴- مقایسه میانگین مجموع مصرف و مشارکت آب زیرزمینی در دو سال زراعی

Table 4. Comparison of total consumption and groundwater contribution during two growing seasons

سال Year	عمق سطح ایستابی Water table depth (cm)	رقم عدس Lentil cultivar	کل نیاز تبخیر و تعرق Evapotranspiration (mm)	مجموع بارندگی Total of rainfall (mm)	کل آب زیرزمینی مورد استفاده Total of used groundwater (mm)	مشارکت آب زیرزمینی Groundwater contribution (%)
۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2013	60	Kimia	368.7	80.5	195.8 ^a	53.11 ^a
	60	ILL6037			189.4 ^b	51.37 ^b
	80	Kimia			134.5 ^c	36.49 ^c
	80	ILL6037			133.1 ^c	36.11 ^c
	110	Kimia			51.68 ^d	14.02 ^d
	110	ILL6037			46.80 ^d	12.69 ^d
۱۳۹۲-۱۳۹۳ 2014	60	Kimia	455.6	52	254.5 ^a	55.86 ^a
	60	ILL6037			249.2 ^a	54.70 ^a
	80	Kimia			169.3 ^b	37.16 ^b
	80	ILL6037			165.1 ^b	36.24 ^b
	110	Kimia			79.25 ^c	17.39 ^c
	110	ILL6037			76.64 ^c	16.82 ^c

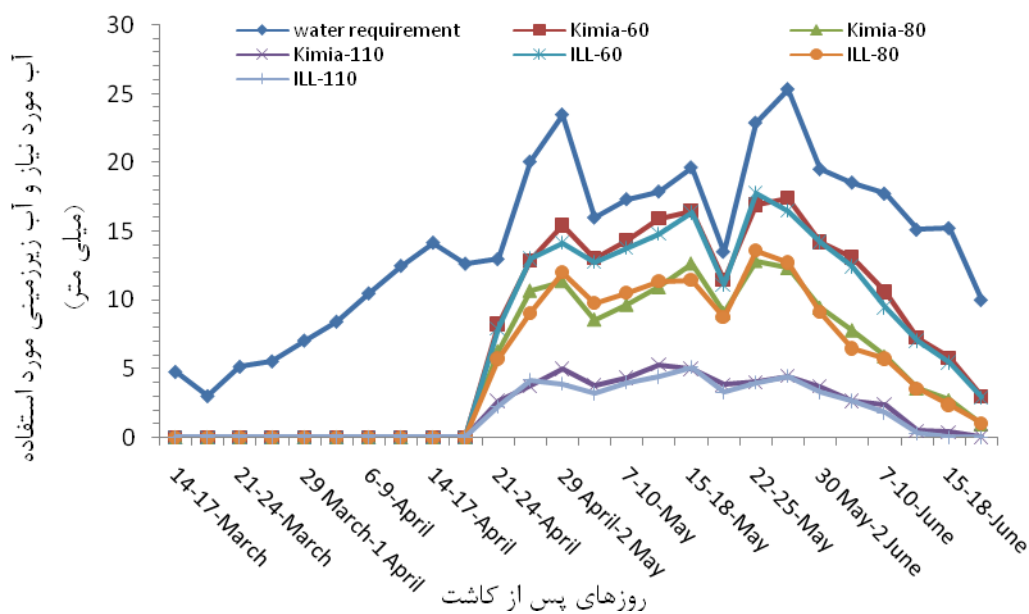
حروف مختلف (بین دو خط افقی) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون دانکن) می‌باشد.

Different letters (between two horizontal lines) is represents a significant difference in the level of 5% (Duncan).

تبعیت از میزان آب زیرزمینی مصرفی، در هر دو سال اجرای آزمایش، برای تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متری بیشتر و برای تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۱۱۰ سانتی‌متری کمتر می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در اکثر روزهای وجود آب زیرزمینی تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر بیش از ۵۰ درصد، تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۸۰ سانتی‌متر بیش از ۳۰ درصد و تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۱۱۰ سانتی‌متر هم بیش از ۱۰ درصد از مقدار نیاز آبی خود را از طریق آب زیرزمینی تأمین نموده‌اند.

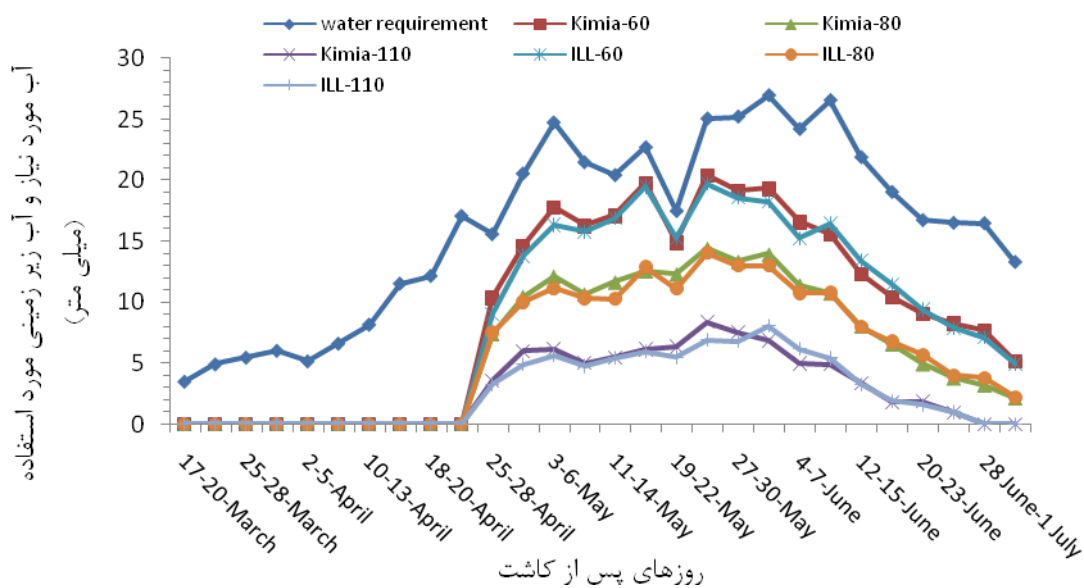
همچنین با توجه به شکل‌های ۲ و ۳، رقم ILL6037 در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر در اکثر روزهای اعمال تیمار کمترین میزان استفاده از آب زیرزمینی را در هر دو سال داشته است. به این دلیل که هرچه عمق سطح ایستابی افزایش یافته، دسترسی ریشه گیاه به آب کمتر شده و در نتیجه آب کمتری هم توسط گیاه در اعماق بیشتر به مصرف رسیده است. این نتایج با تحقیقات دیگر همخوانی دارد (Ghamarnia *et al.*, 2012).

شکل‌های ۴ و ۵ نیز درصد مشارکت آب زیرزمینی را برای تیمارهای مختلف در مدت اعمال تیمار برای دو سال اجرای آزمایش را به تصویر کشیده‌اند. درصد مشارکت آب زیرزمینی به



شکل ۲- نمودار پیوسته نیاز آبی و کل آب زیرزمینی مصرفی در سال ۱۳۹۲

Fig. 2. Continuous graph of water requirement and total groundwater use in different treatments in 2013

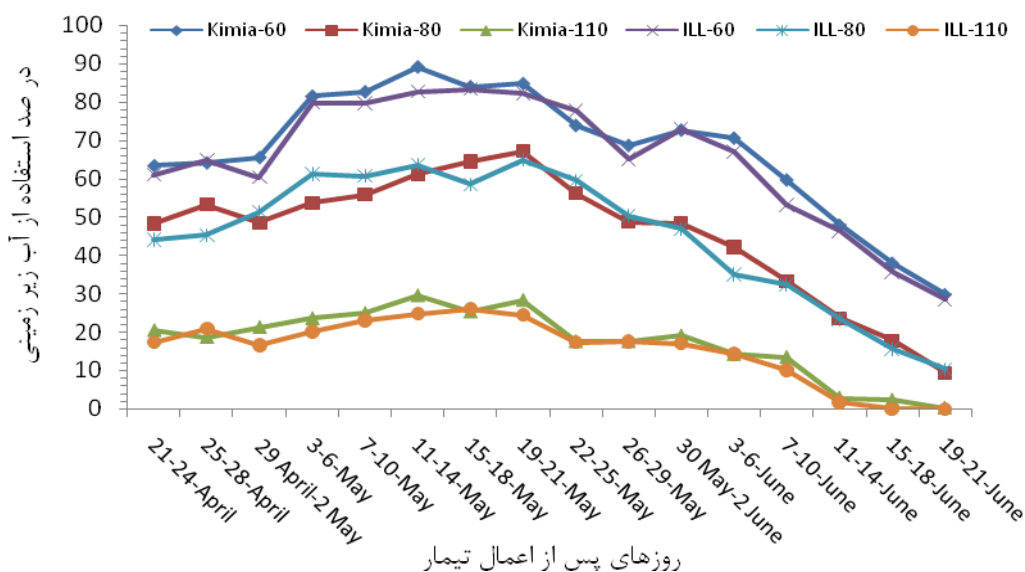


شکل ۳- نمودار پیوسته نیاز آبی و کل آب زیرزمینی مصرفی در سال ۱۳۹۳

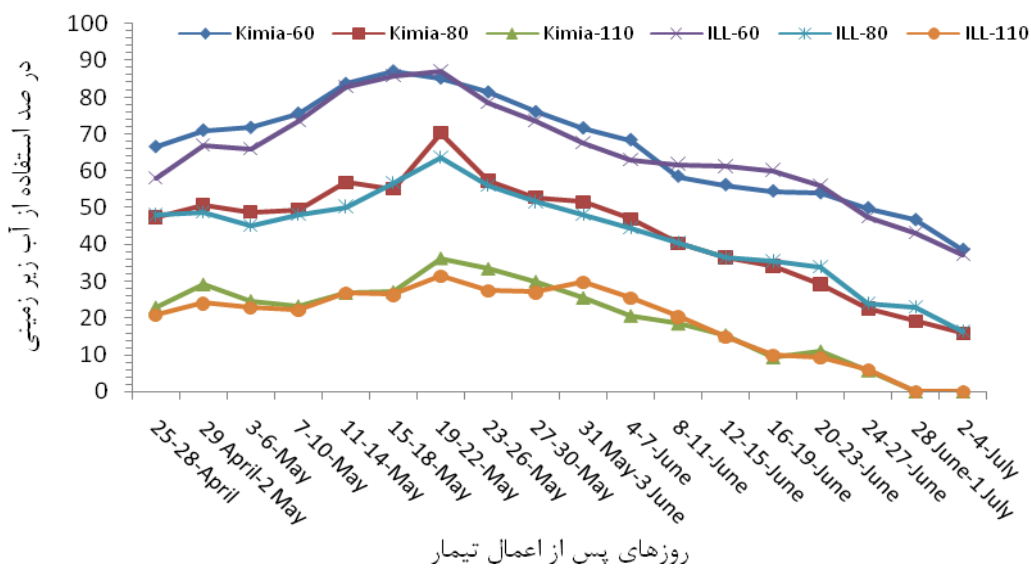
Fig. 3. Continuous graph of water requirement and total groundwater use in different treatments in 2014

نسبت به تیمارهای دارای اعماق ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر نوسان کمتری در استفاده از آب زیرزمینی در مدت وجود آب زیرزمینی داشته‌اند.

در روزهای انتهایی فصل رشد وجود آب زیرزمینی تیمارهای دارای عمق بیشتر سطح ایستایی درصد کمتری از نیاز آبی خود را از آب زیرزمینی تأمین نموده‌اند. همچنین می‌توان گفت تیمارهای با عمق سطح ایستایی ۱۱۰ سانتی‌متر



شکل ۴- نمودار پیوسته درصد مشارکت آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۲
 Fig. 4. Percentage of groundwater contribution to crop water use in 2013



شکل ۵- نمودار پیوسته درصد مشارکت آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۳
 Fig. 5. Percentage of groundwater contribution to crop water use in 2014

کارایی مصرف آب زیرزمینی
 جدول ۵ میزان عملکرد دانه و کارایی مصرف آب
 زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه را در دو سال زراعی اجرای
 آزمایش نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول نتایج مشخص
 است، در سال اول اجرای آزمایش بیشترین مقدار کارایی
 مصرف آب زیرزمینی (بر اساس عملکرد دانه) مربوط به رقم
 ILL6037 در عمق ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد که معادل

کارایی مصرف آب زیرزمینی
 جدول ۵ میزان عملکرد دانه و کارایی مصرف آب
 زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه را در دو سال زراعی اجرای
 آزمایش نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول نتایج مشخص
 است، در سال اول اجرای آزمایش بیشترین مقدار کارایی
 مصرف آب زیرزمینی (بر اساس عملکرد دانه) مربوط به رقم
 ILL6037 در عمق ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد که معادل

ILL6037 نشانگر عدم وجود استرس در شرایط ایجاد شده برای استفاده از آب زیرزمینی می‌باشد. مقایسه میانگین صفات و اجزای عملکرد محصول عدس در دو سال زراعی آزمایش در جدول ۶ نمایش داده شده است.

ماده خشک کل

در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین مقدار ماده خشک کل مربوط به رقم کیمیا در عمق ۶۰ سانتی‌متر بود که مقدار آن به ترتیب برای سال‌های اول و دوم ۴۹۳/۸ و ۶۸۶ گرم در مترمربع به دست آمد. کمترین مقدار ماده خشک کل هم مربوط به رقم کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر بود که مقدار آن به ترتیب برای سال‌های اول و دوم ۱۵۳/۸ و ۲۲۳ گرم در مترمربع به دست آمد. می‌توان دلیل این امر را تغذیه بیشتر گیاه از عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر نسبت به ۱۱۰ سانتی‌متر دانست که باعث توسعه شاخ و برگ و اندام‌های هوایی و در نتیجه افزایش مقدار ماده خشک کل گردید.

۱۱۰ سانتی‌متر با ۵۶۵ (g/mm/m²) و کمترین مقدار کارایی مصرف آب زیرزمینی نیز مربوط به رقم ILL6037 در عمق ۸۰ سانتی‌متر با ۲۰۳ (g/mm/m²) می‌باشد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین مقدار کارایی مصرف آب زیرزمینی مربوط به عمق سطح ایستابی ۱۱۰ سانتی‌متر می‌باشد، یعنی به نسبت تغذیه آب کمتری که گیاه از این عمق در مقایسه با اعماق ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر داشته، اما میزان عملکرد دانه بالایی نیز داشته و به همین دلیل کارایی مصرف آب زیرزمینی در این عمق بالاتر می‌باشد. همچنین باید گفت که در سال اول به طور متوسط کارایی مصرف آب زیرزمینی برای اعماق ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر با ۰/۳۲۱ و ۰/۲۸۹ (g/mm/m²) و در سال دوم به طور متوسط کارایی مصرف آب زیرزمینی برای اعماق ۶۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر با ۰/۳۲۹ و ۰/۴۹۱ (g/mm/m²) بوده است. این موضوع نشانگر آن است که همیشه افزایش مصرف آب زیرزمینی به همان نسبت باعث افزایش در عملکرد نشده است. ضمناً نتایج نزدیک عملکرد تیمارهای ۸۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر رقم

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص کارایی مصرف آب در دو سال زراعی

Table 5. Comparison of water use efficiency means during two growing seasons

سال Year	عمق سطح ایستابی Water table depth (cm)	رقم عدس Lentil cultivar	عملکرد دانه Seed yield (g/m ²)	کارایی مصرف آب زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه Groundwater use efficiency based on seed yield (g/mm/m ²)
۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2013	60	Kimia	75.51 ^a	0.386 ^c
	60	ILL6037	48.30 ^b	0.255 ^c
	80	Kimia	36.48 ^{cd}	0.272 ^c
	80	ILL6037	40.61 ^{bc}	0.305 ^c
	110	Kimia	30.77 ^d	0.595 ^b
	110	ILL6037	45.61 ^b	0.977 ^a
۱۳۹۲-۱۳۹۳ 2014	60	Kimia	107.1 ^a	0.422 ^b
	60	ILL6037	58.96 ^b	0.237 ^{cd}
	80	Kimia	46.42 ^c	0.276 ^c
	80	ILL6037	33.51 ^d	0.203 ^d
	110	Kimia	44.80 ^c	0.565 ^a
	110	ILL6037	31.96 ^d	0.417 ^b

حروف مختلف (بین دو خط افقی) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون دانکن) می‌باشد.

Different letters (between two horizontal lines) is represents a significant difference in the level of 5% (Duncan).

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه در هر دو سال اجرای آزمایش مربوط به رقم کیمیا در عمق ۶۰ سانتی‌متری بود که به ترتیب برای سال‌های اول و دوم ۷۵/۵۱ و ۱۰۷/۱۱ گرم در مترمربع به دست آمد. همچنین کمترین عملکرد دانه در سال اول اجرای آزمایش مربوط به رقم کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر با مقدار ۳۰/۷۷ گرم در مترمربع و در سال دوم هم مربوط به رقم ILL6037 به ترتیب در اعماق ۱۱۰ و ۸۰ سانتی‌متر با مقادیر ۳۱/۹۶ و ۳۳/۵۱ گرم در مترمربع بود.

بیشترین عملکرد دانه در هر دو سال اجرای آزمایش مربوط به رقم کیمیا در عمق ۶۰ سانتی‌متری بود که به ترتیب برای سال‌های اول و دوم ۷۵/۵۱ و ۱۰۷/۱۱ گرم در مترمربع به دست آمد. همچنین کمترین عملکرد دانه در سال اول اجرای آزمایش مربوط به رقم کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر با مقدار ۳۰/۷۷ گرم در مترمربع و در سال دوم هم مربوط به رقم ILL6037 به ترتیب در اعماق ۱۱۰ و ۸۰ سانتی‌متر با مقادیر ۳۱/۹۶ و ۳۳/۵۱ گرم در مترمربع بود.

شاخص برداشت

در سال اول اجرای آزمایش بیشترین شاخص برداشت مربوط به رقم ILL6037 در عمق ۸۰ سانتی‌متر با ۲۵/۵ درصد و کمترین شاخص برداشت نیز مربوط به رقم کیمیا در عمق ۸۰ سانتی‌متر با ۱۱/۶۴ درصد بود. در سال دوم هم بیشترین شاخص برداشت برای رقم کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر، ۲۰/۰۹ درصد و کمترین شاخص برداشت هم برای رقم ILL6037 در عمق ۸۰ سانتی‌متر، ۶/۴۰۳ درصد به دست آمد.

تعداد دانه در غلاف

بیشترین تعداد دانه در غلاف در سال اول مربوط به رقم ILL6037 در عمق ۶۰ سانتی‌متر، ۱/۳۸۸ و در سال دوم مربوط به رقم کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر، ۱/۱۱۷ بود. کمترین تعداد دانه در غلاف در سال اول برای رقم ILL6037 در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر، ۱/۰۱۴ و در سال دوم برای رقم کیمیا در عمق ۸۰ سانتی‌متر، ۱/۰۷۵ به دست آمد.

وزن ۱۰۰۰ دانه

همان‌طور که در بخش‌های قبل ذکر شد، این صفت بیشتر تابع ژنتیک است، اما عوامل محیطی به خصوص شرایط رطوبتی در مرحله پرشدن دانه تأثیر زیادی بر روی این صفت دارد. در سال اول اجرای آزمایش، بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه را رقم ILL6037 در عمق ۶۰ سانتی‌متر با ۳۲/۸۹ گرم دارا بود (جدول ۶) و در سال دوم اجرای آزمایش هم رقم کیمیا در عمق ۶۰ سانتی‌متر با ۳۰/۸۹ گرم بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه را داشت. کمترین وزن ۱۰۰۰ دانه هم در سال اول مربوط به رقم کیمیا در عمق ۸۰ سانتی‌متر با ۲۴/۴۰ گرم و در سال دوم مربوط به رقم ILL6037 در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر با ۲۵/۴۰ گرم بود. نتایج نشانگر آن است که در عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر به دلیل آن‌که که گیاه آب بیشتری را مصرف می‌نماید، وزن ۱۰۰۰ دانه نیز بیشتر بود.

پروتئین

در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین درصد پروتئین را رقم کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر دارا بود که مقادیر آن به ترتیب برای سال‌های اول و دوم ۲۸/۰۱ درصد و ۳۰/۰۱ درصد به دست آمد. کمترین درصد پروتئین در هر دو سال مربوط به رقم ILL6037 در عمق ۶۰ سانتی‌متر بود که به ترتیب برای سال‌های اول و دوم ۲۰/۹۰ درصد و ۲۰/۵۸ درصد به دست آمد. بنابراین درصد پروتئین دانه در عمق بیشتر سطح آب زیرزمینی (۱۱۰ سانتی‌متر) که دسترسی ریشه گیاه به آب کم است و در نتیجه گیاه آب کمتری را مصرف می‌نماید، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد؛ چون در عمق سطح ایستابی ۱۱۰ سانتی‌متر نسبت به اعماق ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر آب کمتری در اختیار گیاه قرار گرفت و در این شرایط طول دوره پرشدن دانه کوتاه‌تر شد. لذا با توجه به این که هنگام پرشدن دانه ابتدا ترکیبات نیتروژن‌دار و سپس کربوهیدرات‌ها به دانه انتقال می‌یابند، بنابراین با کوتاه‌شدن طول دوره پرشدن دانه در شرایط کم‌آبی، فرصت کمتری برای انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه به وجود آمده و نهایتاً نسبت پروتئین به کربوهیدرات‌ها افزایش یافته است.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات و اجزای عملکرد محصول عدس در دو سال زراعی

Table 6. Comparison of lentil qualities and yield components during two growing seasons

سال Year	عمق سطح ایستابی Water table depth (cm)	رقم عدس Lentil cultivar	ماده خشک کل Dry matter (g/m ²)	عملکرد دانه Seed yield (g/m ²)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن ۱۰۰۰ دانه Weight of 1000 seeds (g)	پروتئین دانه Protein (%)
۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2013	60	Kimia	493.8 ^a	75.51 ^a	15.29 ^c	1.071 ^b	29.61 ^{ab}	25.55 ^{ab}
	60	ILL6037	278.6 ^c	48.30 ^b	17.33 ^{bc}	1.388 ^a	32.89 ^a	20.90 ^c
	80	Kimia	313.0 ^b	36.48 ^{cd}	11.64 ^d	1.044 ^b	24.40 ^c	25.81 ^{ab}
	80	ILL6037	159.2 ^e	40.61 ^{bc}	25.50 ^a	1.297 ^a	34.60 ^a	22.38 ^{bc}
	110	Kimia	153.8 ^e	30.77 ^d	20.08 ^b	1.047 ^b	29.96 ^{ab}	28.01 ^a
	110	ILL6037	233.2 ^d	45.61 ^b	19.54 ^b	1.014 ^b	26.23 ^{bc}	26.61 ^{ab}
۱۳۹۲-۱۳۹۳ 2014	60	Kimia	686.0 ^a	107.1 ^a	15.61 ^b	1.112 ^a	30.89 ^a	26.03 ^{bc}
	60	ILL6037	606.7 ^b	58.96 ^b	9.715 ^c	1.114 ^a	30.37 ^a	20.58 ^d
	80	Kimia	290.5 ^c	46.42 ^c	16.05 ^b	1.075 ^a	30.13 ^a	27.68 ^{ab}
	80	ILL6037	523.0 ^c	33.51 ^d	6.403 ^d	1.082 ^a	28.85 ^a	21.61 ^d
	110	Kimia	223.0 ^f	44.80 ^c	20.09 ^a	1.117 ^a	28.80 ^a	30.01 ^a
	110	ILL6037	317.6 ^d	31.96 ^d	10.07 ^c	1.100 ^a	25.40 ^b	23.10 ^{cd}

حروف مختلف (بین دو خط افقی) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون دانکن) می‌باشد.

Different letters (between two horizontal lines) is represents a significant difference in the level of 5% (Duncan).

نتیجه گیری

که در نتیجه این موضوع دسترسی ریشه گیاه به آب با استفاده از خاصیت موئینگی جهت رفع نیاز آبی کمتر شد و نهایتاً میزان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه کاهش یافت. همچنین باید گفت که تیمارهای دارای سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر، ۸۰ سانتی‌متر و ۱۱۰ سانتی‌متر به ترتیب سرعت

از نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با افزایش عمق سطح ایستابی، میزان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه کاهش یافت. دلیل این امر را می‌توان افزایش فاصله بین ریشه گیاه و سطح ایستابی دانست

۹۱/۳۱ و ۳۷/۸۰ گرم بر مترمربع برای رقم کیمیا به ترتیب در اعماق سطح ایستابی ۶۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر به دست آمد. همچنین بیشترین کارایی مصرف آب زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه در سال‌های اول و دوم به ترتیب برای ارقام ILL6037 و کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر و کمترین کارایی مصرف آب مربوط به رقم ILL6037 در اعماق ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر، به ترتیب برای سال‌های اول و دوم بود. بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه متعلق به رقم‌های ILL6037 و کیمیا در عمق ۶۰ سانتی‌متری بود. همچنین حداکثر مقدار ماده خشک کل مربوط به رقم کیمیا در عمق ۶۰ سانتی‌متر بود. بیشترین و کمترین میزان پروتئین هم به ترتیب برای رقم کیمیا در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر و رقم ILL6037 در عمق ۶۰ سانتی‌متری به دست آمد.

بالتری در جذب نیاز آبی خود از طریق آب زیرزمینی داشته و نیاز تبخیر-تعرق خود را از این طریق برطرف نمودند. در این آزمایش رقم ILL6037 در عمق ۱۱۰ سانتی‌متر در اکثر روزهای اعمال تیمار کمترین میزان استفاده از آب زیرزمینی را در هر دو سال داشت. درصد مشارکت آب زیرزمینی هم به تبعیت از میزان آب زیرزمینی مصرفی، در هر دو سال اجرای آزمایش، برای تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متری بیشتر و برای تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۱۱۰ سانتی‌متری کمتر بود. نتایج نشان‌دهنده آن است که تفاوت معنی‌داری در درصد میزان جذب آب زیرزمینی در اعماق یکسان در بین رقم‌های مختلف وجود نداشت. در این تحقیق متوسط بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه با

منابع

1. Agriculture Statistics. 2011. Ministry of Agriculture, Deputy for Planning and Economic, Technology Center of Information & Communication. The First Volume of Crops, 123 pp. (In Persian).
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome 300(9): p. D05109.
3. Ayars, J.E., Shouse, P., and Lesch, S.M. 2009. In situ use of groundwater by alfalfa. *Agricultural Water Management* 96(11): 1579-1586.
4. Bagheri, A., Nezami, A., and Soltani, M. 2000. Cool Season Beans Modified for Tolerance to Stress. Organization of Research, Education and Promoting Agriculture. (In Persian with English Summary).
5. Benz, L. C., Doering, E.J., and Reichman, G.A. 1985. Water-table and irrigation effects on corn and sugarbeet. *Transactions of the ASAE* 28(6): 1951-1956.
6. Ghamarnia, H., Farmani Fard, M., and Sasani, SH. 2012. Effects of shallow water table on water requirement supply, water use efficiency and yield of three cultivars of wheat. *Journal of Water Research in Agriculture* 26(3): 339-353. (In Persian with English Summary).
7. Ghamarnia, H., and Jalily, 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.
8. Ghamarnia, H., and Khodaei, E. 2016. Evidence on shallow groundwater use by edible green vegetables such as *Solanum pseudocapsicum*, *Ocimum basilicum* and *Lepidium sativum* in a semi-arid climate condition. *Agricultural Water Management* 165: 198-210.
9. Goins, T., Lunin, J., and Worley, H.L. 1996. Water table effects on growth of tomatoes, snap beans and sweet corn. *Transactions of the ASAE* 9(4): 530-533.
10. Kahlowan, M.A., Iqbal, M., Skogerboe, G.V., and Rehman, S. 1998. Waterlogging, Salinity and Crop Yield Relationships. IWMI.
11. Kheirabi, J., Tavakoli, A., Entesari, M., and Salamat, A. 1996. Guidelines of Low Irrigation. Publications of the National Committee on Irrigation and Drainage. (In Persian).
12. Prathapar, S.A., and Qureshi, A.S. 1999. Modelling the effects of deficit irrigation on soil salinity, depth to water table and transpiration in semi-arid zones with monsoonal rains. *International Journal of Water Resources Development* 15(1-2): 141-159.
13. Ragab, R.A., Amer, F., and El-Ghamry, W.M. 1988. The conjunctive use of rainfall and shallow water table in meeting water requirements of Faba bean. *Journal of Agronomy & Crop Science* 160(1): 47-53.
14. Shih, S.F., and Rahi, G.S. 1985. Evapotranspiration, yield, and water-table studies of celery. *Transactions of the ASAE* 28(4): 1212-1218.
15. Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1993. The Challenge of Developing Biotic and Abiotic Stress Resistance in Cool-season Food Legumes. In *Breeding for Stress Tolerance in Cool Season Food Legumes*. Wiley-Sayce Publication.
16. 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.

Evaluation of shallow groundwater contribution by two lentil cultivars water use

Ghamarnia^{1*}, H., Kholdi Rezaie², A. & Ghobadi³, M.

1. Professor in Department of Water Resources Engineering, Campus of Agriculture & Natural Resources, Razi University, Kermanshah
2. Irrigation and Drainage MSc., Department of Water Resources Engineering, Campus of Agriculture & Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Azadekholdirezaie@yahoo.com
3. Associate Professor of Agriculture & Plants breeding group, Campus of Agriculture & Natural Resources, Razi university, Kermanshah, ghobadi.m@razi.ac.ir

Received: 9 March 2016

Accepted: 22 April 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.53905

Introduction

Shallow groundwater is a resource which can provide and meet high values of plant's water requirement. Shallow groundwater use by plant depends on different factors as: soil hydraulic conductivity, plant root features and characteristics, salinity tolerance level, a proper drainage system, irrigation system and management. In case of shallow groundwater use by plant, total irrigation number and water requirement will be reduced. Therefore, shallow groundwater, is a potential, efficient and free water resource in agriculture which sometimes defined as subsurface irrigation. The present study was conducted with the aim to examine the effects of shallow water table of 60, 80 and 110 cm depth on the water requirement, water use efficiency and different yield components of two lentil varieties namely that was conducted into two-factor factorial and based on completely randomized design with three replications. This research was carried out at Kermanshah with semi-arid climate by using lysimeters during two growing seasons 2013 and 2014.

Materials & Methods

The research was performed at the Irrigation and Water Resources Engineering Research Lysimetric Station, located at 47°9' E and 34°21' N, with an elevation of 1319 m (asl), as a part of the Campus of Agriculture and Natural Resources of Razi University in Kermanshah, Iran. In this study 18 Polyethylen lysimeters with diameter of 280 mm were used. The bottom of lysimeters were blocked to prevent of any leaching. Groundwater levels in the lysimeters were determined and fixed by Mariott siphon that was installed beside of each lysimeter in different groundwater depths of 60, 80 and 110 cm. The soil texture in the lysimeters was Silty clay. The cultivation in the first and second year of the research was conducted in 13 and 16 March, years 2013 and 2014 respectively. To obtain the amount of water requirement of plants, evaporation data of pan class A was received daily from the meteorology station which was located at distance of one hundred meters from research station. In this research, water requirement was determined by considering three stages as: reference evapotranspiration (ET_0), the crop coefficient (K_C) and finally crop evapotranspiration. Analysis of variance and comparison of means were done for different treatment by MSTATC software

Results & Discussion

According to the results in both years of study, maximum and minimum consumption of groundwater belong to depths of 60 and 110 cm, respectively. The groundwater contribution for depths of 60, 80 and 110 cm was obtained as 53.76%, 36.50%, 15.23%, respectively. The results showed that maximum groundwater use efficiency, based on seed yield, for ILL6037 and Kimia cultivars was obtained in depths of 110, and the minimum groundwater use efficiency, for ILL6037 cultivar was obtained in depths 60 and 80 cm during both years of study, respectively. Also the maximum and minimum seed yield in both years of study was obtained for Kimia cultivar, in water table depths 60 and 110 cm respectively. Moreover, the maximum and minimum

*Corresponding Author: hghamarnia@razi.ac.ir & hghamarnia@yahoo.co.uk

protein values was obtained, for Kimia cultivar in depth of 110 cm and ILL6037 cultivar in depth of 60 cm respectively.

Conclusion

It can be concluded that by increasing the depth of water table the values of groundwater contribution to crop water requirement was reduced. It may reason of increasing the distance between plant roots and water table. As a result of this phenomenon, plant root access to water by the use of capillary rise to meet the water requirement reduced and therefore, the groundwater contribution for providing plant water requirement was reduced. The results of this research showed that legume crops such as Lentil can use groundwater properly.

Keywords: Lysimeter, Protein, Shallow water table, Water use efficiency, Yield