



تحقیقات آب و خاک ایران | دوره ۵۳ | شماره ۲ | اردیبهشت ۱۴۰۱ (ص ۲۷۵-۲۶۳)

DOI: <https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2022.337112.669180>

(مقاله علمی - پژوهشی)

The Effect of Irrigation by Saline Water on Lentil Yield, Compared to Non-Saline Rainfed Cultivation Conditions (in Qazvin)

REZA SAEIDI

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

(Received: Jan. 9, 2022- Revised: Feb. 23, 2022- Accepted: Feb. 27, 2022)

ABSTRACT

This research was conducted on lentil at Imam Khomeini international university in 2021. The treatments were included of rainfed (D) and five salinity levels of irrigation water with EC of 0.5 (S₀), 2 (S₁), 4 (S₂), 6 (S₃) and 8 (S₄) dS.m⁻¹. The experiment was performed in a randomized complete block design with three replications. In treatments of D, S₀, S₁, S₂, S₃ and S₄, some parameters were measured; the biomass yields equal to 2094.66, 3621.9, 3525.6, 2771.6, 1965.62 and 1120.6 kg.h⁻¹, the grain yield equal to 399.25, 957.53, 932.07, 639.25, 279.33 and 46.82 kg.ha⁻¹ and the straw yield equal to 1695.41, 2664.37, 2593.53, 2132.35, 1686.29 and 1073.78 kg.ha⁻¹, respectively. The results showed that the use of water up to S₂ salinity level was recommended for lentil cultivation. But higher salinity levels were reduced the yield relative to rainfed conditions. At the water salinity threshold of 5.5, 5.3 and 5.6 dS.m⁻¹, the amounts of biomass, grain and straw were equal to rainfed conditions. Due to salinity stress, the relative yield (compared to rainfed) of biomass, grain and straw were decreased with a slope of 0.166, 0.325 and 0.129, respectively. As a result, the grain yield was more sensitive than the straw yield in terms of water salinity. The reason was the effect of salinity stress on plants pollination and lack of grain filling. The amount of water use efficiency (for production of lentil dry biomass) was calculated in treatments of D, S₀, S₁, S₂, S₃ and S₄ which were equal to 3.55, 1.32, 1.3, 1.23, 1.11 and 0.97 kg.m⁻³, respectively. In general, the results showed the application feasibility of saline water (in the range of crop tolerance) for irrigation to increase the lentil yield (compared to rainfed conditions). In these conditions, the saline water resources of the region can be exploited.

Keywords: Salinity Stress, Water Requirement, Water use Efficiency, Yield.

اثر آبیاری با آب شور بر روی عملکرد عدس، در مقایسه با شرایط غیر شور کشت دیم (در قزوین)

رضا سعیدی^{۱*}

۱- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ع)، قزوین، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۴ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۲/۸)

چکیده

در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، پژوهشی بر روی گیاه عدس در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ع) انجام شد. تیمارها شامل یک تیمار کشت دیم (D) و پنج تیمار شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی برابر با (S₀) ۰/۵، (S₁) ۲، (S₂) ۴، (S₃) ۶ و (S₄) ۸ دسی‌زیمنس بر متر بودند. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. در تیمارهای D، S₀، S₁، S₂، S₃ و S₄ به ترتیب عملکرد زیست‌توده عدس برابر با ۲۰۹۴/۶۶، ۳۶۲۱/۹، ۳۵۲۵/۶، ۲۷۷۱/۶، ۲۷۶۵/۶۲ و ۱۹۶۵/۶۲ کیلوگرم بر هکتار، عملکرد دانه برابر با ۳۹۹/۲۵، ۹۵۷/۵۳، ۹۳۲/۰۷، ۶۳۹/۲۵، ۲۷۹/۳۳ و ۴۶/۸۲ کیلوگرم بر هکتار و عملکرد کاه برابر با ۱۶۹۵/۴۱، ۲۶۶۴/۳۷، ۲۵۹۳/۵۳، ۲۱۳۲/۳۵، ۱۶۸۶/۲۹ و ۱۰۷۳/۷۸ کیلوگرم بر هکتار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد کاربرد آب تا سطح شوری S₂ برای کشت عدس، قابل توصیه بود و شوری بیش‌تر از آن باعث کاهش محصول نسبت به شرایط دیم شد. به طور دقیق‌تر در حد آستانه شوری آب برابر با ۵/۵، ۵/۳ و ۵/۶ دسی‌زیمنس بر متر، به ترتیب عملکرد زیست‌توده، دانه و کاه عدس برابر با شرایط دیم بود. در اثر اعمال تنش شوری، عملکرد نسبی (نسبت به دیم) زیست‌توده، دانه و کاه به ترتیب با شیب ۰/۱۶۶، ۰/۳۲۵ و ۰/۱۲۹ کاهش یافت. این مسئله نشان داد حساسیت عملکرد دانه به شوری آب، در مقایسه با کاه بیش‌تر بود. علت آن تأثیر تنش شوری بر اختلال در گرده‌افشانی گیاه و عدم دانه بستن غلاف‌ها بود. مقدار بهره‌وری مصرف آب در تولید زیست‌توده خشک عدس در تیمارهای D، S₀، S₁، S₂، S₃ و S₄ به ترتیب برابر با ۳/۵۵، ۱/۳۲، ۱/۳، ۱/۲۳، ۱/۱۱ و ۰/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. دستاورد کلی پژوهش این بود که به‌منظور افزایش عملکرد گیاه عدس (نسبت به شرایط دیم)، امکان کاربرد آب شور (در حد تحمل گیاه) وجود داشت. در این شرایط، زمینه‌ای برای بهره‌برداری از منابع آب‌های لب‌شور منطقه نیز فراهم شد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، تنش شوری، عملکرد، نیاز آبی.

مقدمه

می‌رسد (Sandhu & Singh, 2007). طبق گزارش مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، سطح کشت محصولات زراعی در ایران حدود ۱۲ میلیون هکتار بوده که از این مقدار حدود ۷/۱ درصد تحت کشت حبوبات بوده است. در میان حبوبات، سطح زیر کشت عدس به دو صورت آبی و دیم به ترتیب ۴۰۳۲ و ۱۰۸۳۷۹ هکتار بوده است (Ahmadi et al., 2020). در پژوهشی گزارش شد از مجموع اراضی تحت کشت عدس در ایران، حدود ۱۱۵ هزار تن دانه عدس به دست می‌آید که میانگین عملکرد آن ۵۱۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Nezami et al., 2011). آزمایشی تحت تیمارهای آبیاری شامل آبیاری در کل دوره رشد و یک‌بار آبیاری در هر کدام از مراحل شاخه‌دهی، گل‌دهی، غلاف‌دهی، پرشدن دانه‌ها و بدون آبیاری (دیم)، در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری کامل اتفاق افتاد و انجام

بحران کاهش کمیت و کیفیت منابع آب کشاورزی و لزوم تأمین غذای موردنیاز انسان و دام، موجب بررسی سناریوهای مختلف مدیریتی در برنامه‌ریزی آبیاری مزارع می‌شود. برای رسیدن به اهداف مطلوب در این بخش، ترویج کشت گیاهانی که بیشتر نیاز آبی خود را از نزولات جوی دریافت می‌کنند (کشت دیم)، بسیار با اهمیت می‌باشد. بی‌تردید تأمین کمبود آب موردنیاز گیاهان تحت کشت دیم از طریق آبیاری با آب باکیفیت، موجب افزایش عملکرد محصول خواهد شد. اما ممکن است که استفاده محدود از منابع آب شور (در حد تحمل گیاه) موجود در منطقه نیز، باعث افزایش عملکرد محصول گردد. در این صورت می‌توان از منابع بلااستفاده آب شور در هر منطقه، استفاده بهینه به عمل آورد. در خانواده حبوبات، عدس از گیاهان قدیمی تحت کشت توسط انسان به شمار می‌رود که سابقه آن به ۱۳ هزار سال قبل از میلاد مسیح

از منابع آب جایگزین به‌ویژه آب‌های شور برای تداوم فعالیت‌های کشاورزی لازم می‌باشد. به‌طوری که با مدیریت و کاربرد آب‌های نامتعارف شور در آبیاری، می‌توان از فشار بر روی منابع آب باکیفیت کم کرد و با جایگزین کردن مقداری از آب موردنیاز گیاه با آب شور، فرصتی برای تولید و درآمدزایی در بخش کشاورزی ایجاد نمود (Kiani and Abyar, 2019). در پژوهش دیگر نیز ذکر شد که با اتخاذ روش‌های مدیریتی مناسب در هر منطقه و کاربرد منطقی آب شور به‌عنوان یک منبع آبیاری، ضمن افزایش تولیدات کشاورزی، می‌توان از رقابت موجود برای استفاده از آب غیر شور کم کرد (Piri et al., 2018). در پژوهشی بر روی ذرت در منطقه قزوین گزارش شد که در فرایند آبیاری، اگر از تناوب دوره‌های آب شور و شیرین از ابتدای دوره رشد استفاده شود، امکان مقاوم سازی گیاه به تنش شوری در مراحل حساس رشد وجود دارد. از این رو با در نظر گرفتن دفعاتی از آبیاری با آب شور، در مصرف آب شیرین صرفه‌جویی شده و از آب‌های نامتعارف شور نیز استفاده بهینه می‌شود (Saeidi et al., 2019). در نتیجه می‌توان در مورد برخی از گیاهانی که تحت کشت دیم بوده و با آب با کیفیت باران آبیاری می‌شوند، در زمان توقف بارندگی و کاهش رطوبت خاک، از آب شور برای آبیاری استفاده کرد. در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ گزارش شد که در منطقه قزوین، سطح زیر کشت عدس ۱۱۲۴۰ هکتار بوده که همه آن به کشت دیم اختصاص یافته است (Ahmadi et al., 2020). اما با توجه به قابلیت آبیاری عدس و لزوم تأمین نیاز آبی آن در دوران بحرانی رشد (مانند گل‌دهی و پُرشدن دانه)، آبیاری کامل این گیاه با آب دارای کیفیت‌های مختلف، نتایج حائز اهمیتی در بر خواهد داشت. به‌طوری که علی‌رغم اثر مثبت آب باکیفیت در آبیاری، ممکن است تأمین کمبود آب موردنیاز گیاه با آب لب‌شور (در حد تحمل گیاه)، بهتر از عدم آبیاری و شرایط کشت دیم باشد. تاکنون پژوهش‌چندانی در خصوص امکان استفاده از آب لب‌شور برای آبیاری عدس و ارتباط مقدار شوری با عملکرد محصول (دانه و کاه) و بهره‌وری مصرف آب گزارش نشده است؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر آبیاری با آب شور بر روی عدس، در مقایسه با شرایط کشت دیم (در دشت قزوین) می‌باشد. در این شرایط با تعیین حد تحمل گیاه عدس به شوری آب آبیاری می‌توان از منابع آب شور منطقه برای افزایش عملکرد محصول عدس نسبت به کشت دیم بهره برداری بهینه نموده و توصیه‌های کاربردی برای رونق زراعت این محصول ارائه داد.

یکبار آبیاری در مرحله گل‌دهی عدس (حساس‌ترین مرحله رشد)، عملکرد دانه را به مقدار ۵۲ درصد نسبت به شرایط بدون آبیاری افزایش داد (Hosseini et al., 2011). در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه لرستان، یک آزمایش مزرعه‌ای با چهار تیمار آبیاری شامل ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر-تعرق واقعی گیاه عدس انجام شد. نتایج نشان داد که تیمار ۲۵ و ۷۵ درصد نیاز آبی با مقادیر عملکرد به ترتیب ۱۰۲۲ و ۱۳۸۱ کیلوگرم بر هکتار، کم‌ترین و بیشترین عملکرد دانه را داشتند. همچنین بهره‌وری آب در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی دارای بیشترین مقدار و در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی دارای کم‌ترین مقدار بوده است (Saremi et al., 2016). در پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز، عملکرد عدس تحت تیمارهای آبیاری شامل (I₁) ۷۰، (I₂) ۱۰۰، (I₃) ۱۳۰ و (I₄) ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بررسی شد. نتایج نشان داد کم‌آبی باعث کاهش فتوسنتز، کوتاه شدن دوره رشد، دوره گل‌دهی و پرشدن دانه می‌شود. این فرایندها آفت اجزای عملکرد و دانه عدس در واحد سطح را به دنبال داشت (Asadi-Danalo et al., 2014). علی‌رغم تنش آبی، تنش شوری نیز به دو صورت شوری خاک و شوری آب آبیاری می‌تواند بر کاهش عملکرد محصول نقش مؤثری داشته باشد. در پژوهشی گزارش شد که شور بودن آب آبیاری موجب کاهش پتانسیل آب سهل‌الوصول خاک (RAW¹) و کاهش جذب آب توسط گیاه، افزایش مقاومت روزه‌ای برگ‌ها و کاهش تبخیر-تعرق گیاه می‌شود. موارد مذکور به‌علاوه اثر سمّی یون‌هایی مانند سدیم و کلر موجود در آب شور، باعث کاهش تولید اندام‌های گیاهی و عملکرد محصول می‌شوند (Saeidi et al., 2021). در پژوهش دیگر، تأثیر سطوح شوری شامل ۰، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌مول NaCl بر بازده جوانه‌زنی پنج ژنوتیپ عدس در کشور تونس بررسی شد. نتایج آزمایش نشان داد که افزایش غلظت نمک، تأثیر منفی بر جوانه‌زنی و رشد عدس داشت. به‌طوری که برخی از ژنوتیپ‌ها در شوری ۲۵۰ میلی‌مول نمک اصلاً قادر به جوانه‌زنی نبودند (Ouji et al., 2015). در آزمایشی در محیط گلدان، تأثیر سطوح شوری صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مول NaCl بر روی رشد و عملکرد عدس در کشور پاکستان بررسی شد. در این پژوهش، تنش شوری باعث جلوگیری از افزایش طول ریشه‌ها و ساقه‌ها، محتوای نسبی آب و کلروفیل برگ‌ها، تعداد شاخه‌ها، غلاف‌ها، دانه‌ها، عملکرد بذر و زیست‌توده در بوته شد (Yasir et al., 2021). علی‌رغم اثر منفی تنش شوری بر عملکرد محصول، در پژوهشی گزارش شد که به دلیل وجود چالش‌های جدی در بحث محدودیت و بحران منابع آب در بخش کشاورزی، استفاده

مواد و روش‌ها

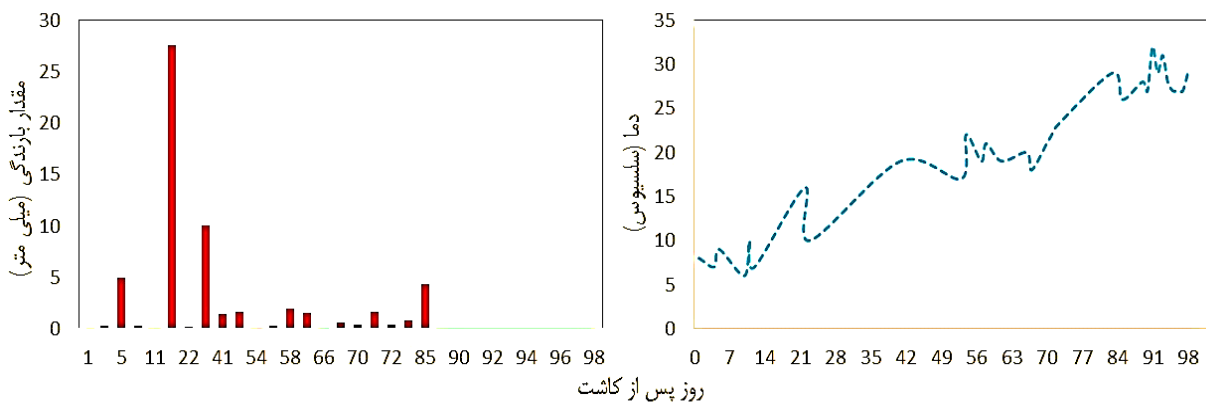
معرفی کلیات طرح

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، در موقعیت جغرافیایی با طول شرقی $50^{\circ}00'07''$ و عرض شمالی $36^{\circ}19'32''$ و در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) شهر قزوین انجام شد. گیاه مورد مطالعه عدس رقم محلی با نام عدس سبز منطقه قزوین بود که در کرت‌های مسطح، بدون شیب و با ابعاد 3×3 متر کاشته شد. محیط کرت‌ها توسط پشته‌هایی تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر محصور شد و کرت‌ها از هر طرف به اندازه ۲ متر از هم فاصله داشت. تاریخ آغاز کشت ۱۳۹۹/۱۲/۱۲ و تراکم کاشت بذور مطابق میزان مصرف کشاورزان منطقه، برابر با ۶۰ کیلوگرم بر

هکتار در نظر گرفته شد (Soltani et al., 2012). بر اساس گزارش فائو-۵۶ حداکثر عمق مؤثر توسعه ریشه عدس ۶۰ سانتی‌متر اعلام شد (Allen et al., 1998). از این رو قبل از اجرای پژوهش، از نقاط مختلف سطح مزرعه و از اعماق ۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر، نمونه خاک تهیه شد. تجزیه شیمیایی و فیزیکی نمونه‌ها، توسط آزمایشگاه خاک‌شناسی تحت نظارت جهاد کشاورزی استان قزوین انجام شد و نتایج آن در جدول (۱) ارائه شد. وضعیت بارندگی و دمای هوای روزانه در طول دوره رشد عدس و برای منطقه اجرای طرح، در شکل (۱) نشان داده شد و آمار هواشناسی ماهانه در جدول (۲) ارائه شد. مجموع مقدار بارندگی در طول فصل رشد (تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۱۲ الی ۱۴۰۰/۰۳/۱۸)، ۵۹ میلی‌متر بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

پارامتر	واحد	عمق خاک (سانتی‌متر)	
		۳۰-۰	۶۰-۳۰
هدایت الکتریکی	$dS.m^{-1}$	۰/۴۳	۰/۴۵
اسیدیته (pH)	-	۷/۱	۷/۲
بافت خاک	-	Sandy Loam	Sandy Loam
رس	%	۱۰	۸
سیلت	%	۳۳	۲۵
شن	%	۵۷	۶۷
نیتروژن کل	%	۰/۰۹	۰/۱۲
فسفر قابل جذب	p.p.m	۷	۱۱
پتاسیم قابل جذب	p.p.m	۲۸۱	۱۷۵
رطوبت جرمی در حد ظرفیت زراعی	%	۲۳	۲۴
رطوبت جرمی در نقطه پژمردگی	%	۱۱	۱۲
چگالی ظاهری	$g.cm^{-3}$	۱/۳۶	۱/۳۴



شکل ۱- مقادیر دما و بارندگی روزانه در روزهای دوره رشد عدس

جدول ۲- آمار هواشناسی ماهانه در طول دوره رشد عدس

ماه	دما ($^{\circ}C$)		بارندگی (mm)	فشار از سطح دریا (hPa)	ساعات آفتابی	بیشینه سرعت باد ($m.s^{-1}$)
	بیشینه	کمینه				
اسفند	۱۶/۶	۲/۲	۴۹/۷	۱۰۱۳/۲	۲۰۷/۴	۱۶
فروردین	۲۵/۷	۸/۲	۴۰/۹	۱۰۱۱/۲	۲۳۷/۱	۱۷
اردیبهشت	۳۰	۱۱/۹	۴۲/۷	۱۰۰۶/۸	۲۶۰/۲	۱۳/۹
خرداد	۳۶/۹	۱۶/۷	۲۵/۶	۱۰۰۲/۱	۲۹۵/۸	۱۲/۹

معرفی تیمارها

بود. در پژوهش‌های گذشته، عناصر مذکور به‌عنوان املاح غالب در آب‌های شور طبیعی ۵۰ نقطه از منطقه قزوین گزارش شد (Mohammadi et al., 2011). در هر نوبت آبیاری، حجم آب لازم (آب چاه با سطح شوری S_0) برای آبیاری هر تیمار در مخازن بزرگ قرار داده شد و برای رسیدن به سطح شوری موردنظر، مقدار نمک موردنیاز به آن اضافه و کاملاً مخلوط شد. سپس با کنترل EC و اطمینان از میزان شوری، آب به کرت انتقال داده شد. باتوجه‌به این‌که زمان کاشت بذور در ایام مرطوب سال بود و سه روز بعد از تاریخ کشت، وقوع بارندگی توسط اداره هواشناسی پیش‌بینی شده بود، از این‌رو پس از کاشت بذور در هیچ‌یک از تیمارها آبیاری انجام نشد و جوانه‌زنی در همه کرت‌ها تحت شرایط کشت دیم انجام شد. به‌این‌ترتیب از اعمال تنش متفاوت تیمارهای آب‌شور بر جوانه‌زنی بذور جلوگیری به عمل آمد. در شکل (۲) تصویری از مراحل رشد اولیه، گل‌دهی و پُرشدن دانه‌های عدس آورده شد.

تیمارهای این پژوهش شامل یک تیمار کشت دیم (D) و پنج سطح شوری آب (S) در آبیاری کامل گیاه بود که با سه تکرار و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در پژوهشی آستانه تحمل عدس به تنش شوری (حاصل از اضافه نمودن نمک به آب)، هدایت الکتریکی برابر با $1/7$ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شد (Katerji et al., 2003). از این‌رو سطوح شوری آب با مقدار هدایت الکتریکی (EC^1) برابر با S_0 ($0/5$)، S_1 (2)، S_2 (4)، S_3 (6) و S_4 (8) دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که تیمار S_0 دارای حد شوری قابل تحمل و بقیه تیمارهای شوری، سطوح غیر قابل تحمل شوری بودند. برای تیمار S_0 از آب باکیفیت چاه که دارای خصوصیات فیزیکوشیمیایی مطابق جدول (۳) بود، استفاده شد. برای تهیه تیمارهای آب‌شور (S_1 تا S_4) از اختلاط نمک صنعتی با آب چاه (تیمار S_0) استفاده شد. نمک صنعتی دارای عناصر سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و پتاسیم با درجه خلوص به ترتیب برابر با 92 ، $3/84$ ، $1/89$ ، $1/73$ و $0/54$ درصد

جدول ۳- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری (آب چاه)

کلر ($meq.L^{-1}$)	کربنات ($meq.L^{-1}$)	بی‌کربنات ($meq.L^{-1}$)	سولفات ($meq.L^{-1}$)	پتاسیم ($meq.L^{-1}$)	کلسیم ($meq.L^{-1}$)	منیزیم ($meq.L^{-1}$)	سدیم ($meq.L^{-1}$)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)
۱/۷۴	۰/۴۱	۱/۱۲	۱/۴۲	۰/۲	۱/۳۵	۰/۸۸	۲/۳۶	۰/۵



شکل ۲- تصویری از مراحل رشد عدس در این پژوهش

زمان انجام آبیاری

سانتی‌متری مرکز هر کرت، به‌صورت روزانه و با دستگاه بازتاب‌سنج دامنه زمانی امواج (TDR^2) مدل TRIME-FM اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است قبل از شروع آزمایش، دستگاه TDR از طریق برآورد مقادیر مختلف رطوبت واقعی خاک مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت و اعداد ثبت شده توسط آن واسنجی شد.

باتوجه‌به شکل (۱) در دوره رشد گیاه عدس بارندگی‌های فصلی انجام شد. اما در برخی از روزهای بین دو بارندگی و به‌خصوص اواخر دوره رشد، رطوبت خاک به کم‌تر از حد سهل‌الوصول می‌رسید. از این‌رو مقدار رطوبت خاک از سطح تا عمق 60

در گزارش فائو-۵۶ اعلام شد که حد آب سهل الوصول خاک برای جذب توسط گیاه عدس، ۵۰ درصد رطوبت موجود بین دو حد ظرفیت مزرعه (FC^1) و نقطه پژمردگی دائم (PWP^2) می‌باشد. در این پژوهش برای اطمینان از این که به گیاه عدس هیچ تنش آبی وارد نمی‌شود، حد آب سهل الوصول خاک به مقدار ۴۰ درصد در نظر گرفته شد؛ بنابراین هر زمان که ۴۰ درصد از رطوبت بین دو حد FC و PWP خاک به اتمام می‌رسید، آبیاری انجام می‌شد. باتوجه به تفاوت مقدار شوری آب آبیاری در تیمارها و تأثیر آن بر عدم جذب یکسان آب در همه کرت‌ها، رطوبت خاک کرت‌ها در یک‌زمان واحد به مقدار مدنظر نمی‌رسید و به همین دلیل زمان انجام آبیاری تیمارها متفاوت بود. لازم به ذکر است درصد رطوبت وزنی خاک در حد FC و PWP با استفاده از دستگاه‌های صفحات فشاری و گرم‌خانه، برآورد و در جدول (۱) ارائه شد. به این صورت که نمونه‌ای اشباع از خاک مزرعه، به ترتیب در فشار مکشی یک سوم و ۱۵ اتمسفر قرار داده شد. سپس از تقسیم وزن آب باقی‌مانده در خاک بر وزن دانه‌های خشک خاک، مقدار رطوبت وزنی در نقاط پتانسیلی مذکور محاسبه شد.

$$V = \frac{(\theta_{FC} - \theta_m)}{100} \times \rho_b \times D \times A \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه (۱)، V : حجم آب آبیاری (m^3)، θ_{FC} : رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه (درصد)، θ_m : رطوبت وزنی خاک بلافاصله قبل از انجام آبیاری (درصد)، ρ_b : چگالی ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$)، D : عمق خاک (m) و A : مساحت کرت (m^2) می‌باشد. لازم به ذکر است پایش رطوبت خاک در عمق D ، به صورت جداگانه در دو عمق ۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری انجام شد و در زمان آبیاری، کمبود رطوبت این دو عمق از خاک برطرف شد.

حجم آب آبیاری

حجم آب آبیاری باتوجه به مقدار اختلاف رطوبت خاک در زمان آبیاری نسبت به حد FC تعیین شد. به این صورت که بر اساس مقدار رطوبت موردنیاز تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک (برای رسیدن به حد FC)، چگالی خاک و مساحت کرت، حجم آب

در گزارش فائو-۵۶ اعلام شد که حد آب سهل الوصول خاک برای جذب توسط گیاه عدس، ۵۰ درصد رطوبت موجود بین دو حد ظرفیت مزرعه (FC^1) و نقطه پژمردگی دائم (PWP^2) می‌باشد. در این پژوهش برای اطمینان از این که به گیاه عدس هیچ تنش آبی وارد نمی‌شود، حد آب سهل الوصول خاک به مقدار ۴۰ درصد در نظر گرفته شد؛ بنابراین هر زمان که ۴۰ درصد از رطوبت بین دو حد FC و PWP خاک به اتمام می‌رسید، آبیاری انجام می‌شد. باتوجه به تفاوت مقدار شوری آب آبیاری در تیمارها و تأثیر آن بر عدم جذب یکسان آب در همه کرت‌ها، رطوبت خاک کرت‌ها در یک‌زمان واحد به مقدار مدنظر نمی‌رسید و به همین دلیل زمان انجام آبیاری تیمارها متفاوت بود. لازم به ذکر است درصد رطوبت وزنی خاک در حد FC و PWP با استفاده از دستگاه‌های صفحات فشاری و گرم‌خانه، برآورد و در جدول (۱) ارائه شد. به این صورت که نمونه‌ای اشباع از خاک مزرعه، به ترتیب در فشار مکشی یک سوم و ۱۵ اتمسفر قرار داده شد. سپس از تقسیم وزن آب باقی‌مانده در خاک بر وزن دانه‌های خشک خاک، مقدار رطوبت وزنی در نقاط پتانسیلی مذکور محاسبه شد.

جدول ۴- زمان و مقدار آب آبیاری در هر تیمار

تیمار S_4		تیمار S_3		تیمار S_2		تیمار S_1		تیمار S_0	
حجم آبیاری ($m^3.ha^{-1}$)	تاریخ	حجم آبیاری ($m^3.ha^{-1}$)	تاریخ	حجم آبیاری ($m^3.ha^{-1}$)	تاریخ	حجم آبیاری ($m^3.ha^{-1}$)	تاریخ	حجم آبیاری ($m^3.ha^{-1}$)	تاریخ
۹۰	۱۳۹۹/۱۲/۲۰	۹۰	۱۳۹۹/۱۲/۲۰	۹۰	۱۳۹۹/۱۲/۲۰	۹۰	۱۳۹۹/۱۲/۲۰	۹۰	۱۳۹۹/۱۲/۲۰
۱۲۶/۲	۱۴۰۰/۱/۱۳	۱۲۶	۱۴۰۰/۱/۹	۱۲۶/۳	۱۴۰۰/۱/۶	۱۴۴/۳	۱۴۰۰/۱/۳	۱۳۵/۳	۱۴۰۰/۱/۲
۱۶۲/۳	۱۴۰۰/۱/۲۲	۱۶۲/۳	۱۴۰۰/۱/۱۸	۱۸۹/۴	۱۴۰۰/۱/۱۵	۱۸۹/۳	۱۴۰۰/۱/۱۱	۱۷۷/۳	۱۴۰۰/۱/۱۲
۲۰۷/۴	۱۴۰۰/۲/۳	۲۴۸	۱۴۰۰/۱/۲۹	۲۴۳/۴	۱۴۰۰/۱/۲۵	۱۹۳	۱۴۰۰/۱/۲۰	۱۸۴	۱۴۰۰/۱/۱۹
۲۵۸/۶	۱۴۰۰/۲/۲۶	۳۱۵/۳	۱۴۰۰/۲/۱۹	۲۸۸/۵	۱۴۰۰/۲/۱۴	۲۷۹/۵	۱۴۰۰/۱/۲۹	۲۷۰	۱۴۰۰/۱/۲۷
۳۱۵/۵	۱۴۰۰/۳/۱۰	۳۶۸/۶	۱۴۰۰/۳/۴	۴۱۴/۷	۱۴۰۰/۳/۱	۳۷۸/۷	۱۴۰۰/۲/۲۴	۳۶۰/۶	۱۴۰۰/۲/۲۰
		۴۵۹/۸	۱۴۰۰/۳/۱۴	۴۹۵/۹	۱۴۰۰/۳/۱۰	۴۶۸/۸	۱۴۰۰/۳/۲	۴۵۰/۸	۱۴۰۰/۳/۳۱
				۴۱۱/۸	۱۴۰۰/۳/۱۶	۵۳۱/۹	۱۴۰۰/۳/۱۲	۵۴۱	۱۴۰۰/۳/۱۱
						۴۳۴/۵	۱۴۰۰/۳/۱۷	۵۴۱	۱۴۰۰/۳/۱۶
۱۱۶۰		۱۷۷۰		۲۲۶۰		۲۷۱۰		۲۷۵۰	جمع

شد و به صورت تصادفی به داخل کرت‌ها انداخته شد. سپس بوته های داخل قاب از کف زمین بریده شد و پس از خشک شدن، وزن کل (زیست توده) و اجزای آن (کاه و دانه) توسط ترازوی دقیق (با

عملکرد محصول و تحلیل آماری عملیات برداشت محصول عدس در تاریخ ۱۴۰۰/۳/۱۸ انجام شد. برای این منظور، یک قاب چوبی با ابعاد داخلی $۰/۵ \times ۰/۵$ متر تهیه

بر هکتار برآورد شد. از سوی دیگر متوسط عملکرد دانه عدس در کل کشور ایران، به دو صورت کشت آبی و دیم به ترتیب ۱۲۹۰ و ۵۲۰ کیلوگرم بر هکتار گزارش شد (Ahmadi et al., 2020). در پژوهشی به منظور ارزیابی شبکه آبیاری دشت قزوین انجام شد. بر اساس نتایج، متوسط عملکرد عدس در وسعت ۹۳ هکتار از اراضی تحت کشت این محصول، مقدار ۰/۵ تن بر هکتار گزارش شد (Zareabyaneh et al., 2020). در پژوهش حاضر مقدار عملکرد دانه عدس در تیمار دیم و S_0 (آبیاری با آب باکیفیت)، به گزارش‌های مذکور نزدیک بوده است. در پژوهشی دیگر با هدف تخصیص بهینه آب بین اراضی آبی و دیم دشت قزوین، گزارش شد که در دهه اول خرداد اگر اراضی دیم تحت کشت عدس به میزان ۷۵ میلی‌متر آبیاری شوند، عملکرد عدس از ۱۰۰۰ به ۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار افزایش می‌یابد (Ramezani-Etedali et al., 2015). پژوهش مذکور به اهمیت آبیاری عدس دیم در زمان‌های حساس رشد و کم‌آبی خاک اشاره می‌کند، که نتایج مشابه آن در پژوهش حاضر مشاهده می‌شود.

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، بیش‌ترین تا کم‌ترین مقدار عملکرد و اجزای عملکرد محصول عدس به ترتیب به تیمارهای S_0 ، S_1 ، S_2 ، دیم، S_3 و S_4 اختصاص می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که در کنار نزولات جوئی، آبیاری عدس با آب تا سطح شوری S_2 ، شرایط بهتری نسبت به کشت دیم این محصول ایجاد کرده است. به بیان دیگر اثر تنش کم‌آبی حاصل از شرایط کشت دیم، بیش‌تر از تنش شوری آب تا سطح تیمار S_2 بوده است. از این‌رو کاربرد آب تا سطح شوری S_2 در آبیاری عدس منطقه قزوین قابل توصیه بوده و شوری بیش‌تر از آن باعث کاهش محصول نسبت به شرایط دیم می‌شود. در پژوهشی مشابه بر روی سایر گیاهان، روش آبیاری به صورت تناوبی با آب غیر شور (۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر) و شور (۵ دسی‌زیمنس بر متر) برای ذرت در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که می‌توان آب‌شور را همراه با آب غیر شور برای زراعت استفاده کرد، بدون آنکه کاهش چندانی در عملکرد محصول ایجاد شود (Molavi et al., 2011). در این بخش از پژوهش دستاورد کاربردی این بود که با هدف حفظ رطوبت خاک و افزایش عملکرد محصول عدس (نسبت به شرایط دیم)، امکان کاربرد آب‌شور (تا حد تحمل گیاه) در تناوب با آب باران وجود داشت. در این شرایط تولید محصول عدس افزایش یافته و زمینه‌ای برای بهره‌برداری از منابع آب‌های لب‌شور منطقه (آب‌های نامتعارف) فراهم می‌شود.

دقت صدم گرم) اندازه‌گیری شد. از سوی دیگر تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به مقدار عملکرد زیست‌توده، دانه و کاه گیاه عدس، توسط نرم‌افزار SPSS و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. برای برآورد بهره‌وری مصرف آب (WP^1)، عملکرد نسبی (نسبت به کشت دیم) و شاخص برداشت (HI^2) محصول در تیمارهای مختلف، به ترتیب از روابط (۲)، (۳) و (۴) استفاده شد.

$$WP = \frac{Y}{V} \quad (\text{رابطه ۲})$$

WP : بهره‌وری مصرف آب (Kg. m^{-3})، Y : عملکرد زیست‌توده خشک عدس (Kg. ha^{-1})، V : حجم آب آبیاری به‌علاوه حجم آب حاصل از بارندگی در دوره رشد گیاه ($\text{m}^3. \text{ha}^{-1}$).

$$Y_R = \frac{Y_{si}}{Y_D} \quad (\text{رابطه ۳})$$

Y_R : عملکرد نسبی محصول نسبت به شرایط دیم (بی‌بعد)، Y_{si} : عملکرد محصول در تیمارهای تحت آبیاری با سطوح شوری (Kg. ha^{-1})، Y_D : عملکرد محصول در تیمار کشت دیم (Kg. ha^{-1}) (رابطه ۴)

$$HI = \frac{Y_g}{Y} \quad (\text{Kahraman et al., 2016})$$

HI : شاخص برداشت محصول، Y_g : عملکرد دانه عدس (Kg. ha^{-1})، Y : عملکرد زیست‌توده خشک عدس (Kg. ha^{-1})

نتایج و بحث

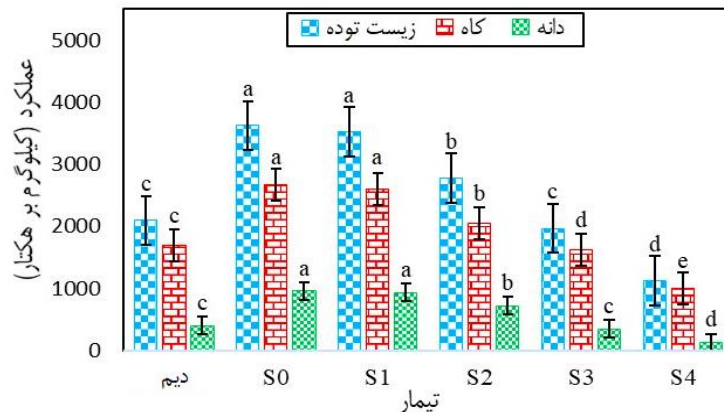
عملکرد و اجزای عملکرد محصول عدس

در پایان دوره رشد عدس، عملکرد زیست‌توده و اجزای آن شامل دانه و کاه، مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس صفات مذکور در جدول (۵) نشان داد که بین تیمارها، تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت. در تیمارهای کشت دیم، S_0 ، S_1 ، S_2 ، S_3 و S_4 عملکرد زیست‌توده به ترتیب برابر با ۲۰۹۴/۶۶، ۳۶۲۱/۹، ۳۵۲۵/۶، ۲۷۷۱/۶، ۱۹۶۵/۶۲ و ۱۱۲۰/۶ کیلوگرم بر هکتار، عملکرد دانه به ترتیب برابر با ۳۹۹/۲۵، ۹۵۷/۵۳، ۹۳۲/۰۷، ۶۳۹/۲۵، ۲۷۹/۳۳ و ۴۶/۸۲ کیلوگرم بر هکتار و عملکرد کاه به ترتیب برابر با ۱۶۹۵/۴۱، ۲۶۶۴/۳۷، ۲۵۹۳/۵۳، ۲۱۳۲/۳۵، ۱۶۸۶/۲۹ و ۱۰۷۳/۷۸ کیلوگرم بر هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۳). در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی اعلام کرد که در استان قزوین مساحت ۱۱۲۴۰ هکتار به کشت دیم عدس اختصاص یافت. در این سال زراعی متوسط عملکرد دانه عدس در منطقه قزوین، ۳۵۱ کیلوگرم

جدول ۵- تجزیه واریانس صفت مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد زیست توده	عملکرد دانه	عملکرد کاه
تکرار	۲	۶/۶×۱۰ ^۳ ns	۵×۱۰ ^۳ ns	۶/۶×۱۰ ^۳ ns
سطح شوری	۵	۲۸۴۱×۱۰ ^۳ **	۳۴۶/۳×۱۰ ^۳ **	۱۲۱۴/۸×۱۰ ^۳ **
خطا	۱۰	۱۰/۶×۱۰ ^۳	۲۰۰۰	۱۶/۶×۱۰ ^۳
ضریب تغییرات (%)		۱۸/۶	۱۲/۸	۱۸/۶

ns و **: به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک درصد



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد عدس در تیمارهای مختلف

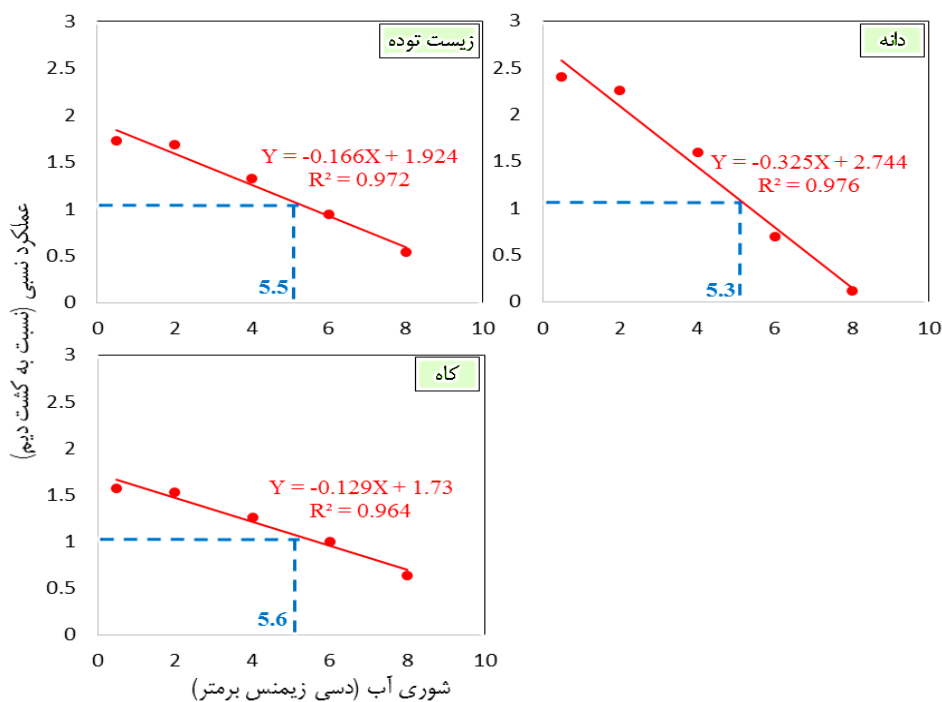
نهایت عدم دانه بستن و کاهش عملکرد دانه باشد. در نتیجه اعمال تنش شوری بیش از حد تحمل گیاه در مراحل حساس رشد، اثرات زیان باری بر تولید دانه حبوبات مانند عدس خواهد داشت. از سوی دیگر با توجه به روابط بین عملکرد نسبی و شوری آب در شکل (۴)، اگر به جای متغیر وابسته (Y) عدد یک قرار داده شود، مقداری برای شوری آب به دست می آید که اثر تنش شوری در کشت آبی و تنش کم آبی در کشت دیم با هم برابر می شود. در این شرایط حد آستانه شوری آب برای عملکرد زیست توده، دانه و کاه عدس به ترتیب ۵/۵، ۵/۳ و ۵/۶ دسی زیمنس بر متر برآورد می شود. یعنی با اعمال آبیاری تا سطح شوری های مذکور، عملکردی برابر با شرایط کشت دیم ایجاد شده و شوری های بیش تر از آن موجب خسران در تولید محصول عدس (حتی نسبت به شرایط دیم) می شود.

در پژوهشی مشابه در تبریز اثر تنش شوری بر روی عدس از طریق آب آبیاری با شوری ۴ دسی زیمنس بر متر بررسی شد. تنش شوری آب باعث شد که عملکرد دانه عدس از ۷۳/۸۴ به ۴۹/۴۴ گرم بر مترمربع و وزن خشک ساقه عدس از ۰/۲۴۴ به ۰/۲۰۷ گرم بر بوته کاهش یابد (Rashidi et al., 2018). نتایج پژوهش مذکور نشان داد که در شرایط اعمال تنش شوری، دانه عدس بیشتر از کاه کاهش عملکرد داشته است و از این رو با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. در پژوهشی دیگر در کشور

در بخش دیگر پژوهش، عملکرد زیست توده، دانه و کاه عدس نسبت به کشت دیم (عملکرد نسبی در رابطه ۳) و برای سطوح مختلف شوری آب بررسی شد (شکل ۴). در تیمارهای S₀، S₁، S₂، S₃ و S₄ به ترتیب عملکرد نسبی زیست توده برابر با ۱/۷۳، ۱/۶۸، ۱/۳۲، ۰/۹۴ و ۰/۵۳، عملکرد نسبی دانه برابر با ۲/۴، ۲/۲۵، ۱/۶، ۰/۷ و ۰/۱۱، عملکرد نسبی کاه برابر با ۱/۵۳، ۱/۲۵، ۱/۲۵، ۰/۹۹ و ۰/۶۳ برآورد شد. همان طور که قبلاً هم ذکر شد تا سطح شوری S₂، عملکرد همه صفات بیش تر از عملکرد کشت دیم و از این رو، عملکرد نسبی بزرگ تر از عدد یک بود. اما این نتایج نشان داد که آبیاری گیاه با آب با کیفیت باعث افزایش بیش از دوبرابری عملکرد دانه نسبت به شرایط دیم شد. در حالی که تأثیر آب با کیفیت بر عملکرد کاه، حدود ۱/۵ برابر نسبت به کشت دیم بود. نکته حائز اهمیت دیگر این بود که شیب کاهش عملکرد نسبی و اجزای آن در شکل (۴) با هم برابر نبود. به طوری که شیب مذکور برای زیست توده، دانه و کاه به ترتیب برابر با ۰/۱۶۶، ۰/۳۲۵ و ۰/۱۲۹ بود. به بیان دیگر به ازای هر یک دسی زیمنس بر متر افزایش شوری آب، عملکرد نسبی زیست توده، دانه و کاه به ترتیب ۱۶/۶، ۳۲/۵ و ۱۲/۹ درصد کاهش یافته است. این نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری، عملکرد دانه نسبت به کاه کاهش بیشتری داشته است. این مسئله ممکن است به دلیل تأثیر تنش شوری بر اختلال در تلقیح گیاه، عقیم ماندن آن و در

دیم (a₄) بود که بر روی شش رقم عدس آزمایش شد و نسبت به شرایط آبیاری کامل (a₁) بررسی شد. نتایج مطالعه بر روی رقم عدس سبز قزوین نشان داد که در تیمارهای a₁, a₂, a₃ و a₄ مقدار عملکرد دانه عدس به ترتیب برابر با ۶۷۱/۶، ۴۶۹/۳، ۴۰۴ و ۲۶۸/۶ کیلوگرم بر هکتار و عملکرد ماده خشک یک بوته به ترتیب برابر با ۹/۴۵، ۸/۷۵، ۸/۴۵ و ۸/۲۸ گرم بر بوته بوده است (Kakayi, 2019). نتایج پژوهش مذکور حاکی از این بود که از تیمار آبیاری کامل تا شرایط دیم، عملکرد دانه عدس حدود ۶۰٪ و عملکرد ماده خشک آن حدود ۱۲/۳٪ کاهش یافته است. یعنی در شرایط تحت تنش، عملکرد دانه عدس بیش از عملکرد کاه کاهش داشته است، که از این جهت با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. به طور کلی دستاورد این قسمت از پژوهش این بود که در مقایسه واکنش اجزای عملکرد عدس نسبت به تنش شوری، حساسیت دانه عدس در برابر شوری بیشتر بود. به این صورت که اگر گیاه عدس با آب با کیفیت آبیاری شود، راندمان افزایش تولید دانه در مقایسه با کاه (نسبت به شرایط دیم) قابل توجه خواهد بود.

پاکستان، گیاه عدس در محیط گلدان کشت شد و عملکرد آن تحت سطوح شوری ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی مول بررسی شد. در سطوح شوری مذکور، تعداد دانه در گیاه به ترتیب ۵۴، ۳۴ و ۲۱ عدد، عملکرد دانه به ترتیب ۱/۳۲، ۰/۸۶ و ۰/۵۳ گرم بر بوته و عملکرد زیست توده به ترتیب ۹/۱۷، ۷/۸۲ و ۴/۲۲ گرم بر بوته اندازه گیری شد. نتایج مذکور نیز حاکی از تأثیر کاهشی تنش شوری بر عملکرد عدس داشته است (Yasir et al., 2021). به طوری که به ازای هر میلی مول افزایش شوری، عملکرد دانه و زیست توده عدس به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۰۵ گرم بر بوته کاهش یافت. در یک آزمایش لایسیمیتری در مؤسسه کشاورزی مدیترانه در جنوب ایتالیا، اثر سه سطح شوری خاک شامل ۰/۷، ۲ و ۳/۱ دسی زیمنس بر متر، بر عملکرد عدس بررسی شد. بر اساس نتایج، عملکرد عدس در سطوح شوری مذکور به ترتیب ۶۸۳۰، ۵۱۷۰ و ۸۲۰ کیلوگرم بر هکتار برآورد شد (Katerji et al., 2003). در مورد تنش های مشابه مانند تنش آبی نیز پژوهشی در دانشگاه پیام نور مرکز اسدآباد همدان بر روی عدس انجام شد. تنش ها شامل اعمال تنش خشکی بعد از گل دهی (a₂)، تنش بعد از نیام دهی (a₃) و شرایط کشت



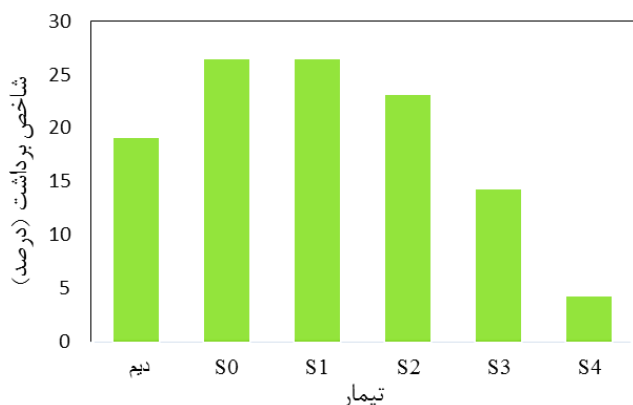
شکل ۴- عملکرد زیست توده و اجزای عدس نسبت به شرایط دیم، در سطوح شوری آب آبیاری

می توان با استفاده از داده های مقدار دانه، داده های مجهول را در محدوده قابل قبولی تخمین زد. از این رو شیب خط در شکل (۵) نشان داد که به ازای افزایش هر یک کیلوگرم دانه عدس، حدود ۱/۶۵ کیلوگرم کاه افزایش می یابد. در پژوهشی مشابه در مصر، اثر تنظیم کننده های رشد برگگی شامل کود آهن و روی، بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد عدس بررسی شد. نتایج نشان داد بین

رابطه بین دانه و کاه عدس

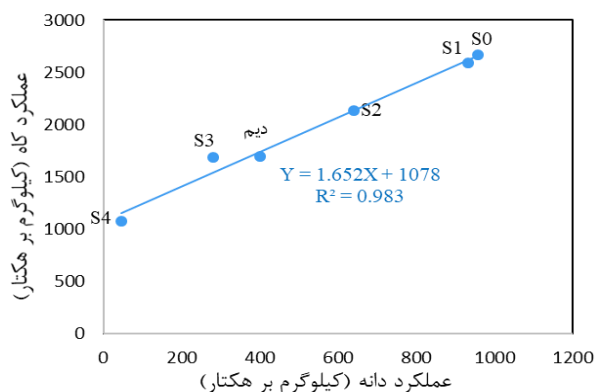
به منظور بررسی ارتباط بین دانه و کاه عدس، مطابق شکل (۵) رابطه خطی با معادله $Y=1.652X+1078$ بین تیمارهای مختلف برازش داده شد. این قبیل روابط می تواند به عنوان یک معیار برای تخمین عملکرد هر یک از اجزاء بر اساس مقدار دیگری، در نظر گرفته شود. به عنوان مثال در صورت فقدان داده های مقدار کاه،

آبی) و ۱۴٪ (توده کردستان - ۶۰ درصد نیاز آبی) بود (Amiri et al., 2021). در آزمایش دیگر در دانشگاه فردوسی مشهد، اثر شش سطح آبیاری شامل آبیاری کامل، تک آبیاری در مراحل رشد شاخه‌دهی، گل‌دهی، غلاف‌دهی، پرشدن دانه‌ها و بدون آبیاری (کشت دیم) بر روی عدس بررسی شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار شاخص برداشت در تیمارهای مذکور به ترتیب برابر با ۳۴/۱، ۲۶/۸، ۳۳/۹، ۳۳/۴، ۳۳/۳ و ۲۶/۲ درصد برآورد شد (Hosseini et al., 2011). نتایج پژوهش مذکور نشان داد که بیشترین و کم‌ترین مقدار شاخص برداشت به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل (بدون تنش آبی) و بدون آبیاری (تحت تنش آبی) بوده است. در تحقیقی نیز اثر محلول‌پاشی کود نانو کلات آهن بر عملکرد عدس، در منطقه کرج (دانشگاه تهران) بررسی شد. تیمارها شامل عدم محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی ۰/۰۰۲ (گرم در لیتر) در مراحل رشد گل‌دهی، غلاف‌دهی و گل‌دهی+غلاف‌دهی و محلول‌پاشی ۰/۰۰۴ (گرم در لیتر) در مراحل رشد گل‌دهی، غلاف‌دهی و گل‌دهی+غلاف‌دهی بود. بر اساس نتایج، میزان شاخص برداشت در تیمارهای مذکور به ترتیب برابر با ۲۷/۲۲، ۲۹/۶۲، ۲۹/۶۳، ۳۱/۸، ۳۰/۷۷، ۳۰/۴۸ و ۳۲/۸ درصد بود (Mehraban, 2017). نتایج پژوهش مذکور نشان داد که محلول‌پاشی کود بر روی عدس، باعث افزایش مقدار شاخص برداشت محصول شده است. از این‌رو دو پژوهش اخیر نشان دادند که تنش‌هایی مانند خشکی و فقر مواد غذایی، باعث کاهش میزان شاخص برداشت محصول عدس شده است که با نتایج پژوهش حاضر (وجود تنش شوری) مطابقت داشته است. نتیجه کلی این بود که با استفاده از آب‌های نامتعارف لب‌شور تا سطح شوری S₂ امکان افزایش شاخص برداشت محصول عدس نسبت به شرایط کشت دیم وجود داشت. از این‌رو در صورت قبول زیان ناشی از تجمع تدریجی املاح در خاک، می‌توان از منابع آب لب‌شور (در سطح شوری مدنظر) برای آبیاری عدس استفاده کرد.



شکل ۶- شاخص برداشت محصول عدس در تیمارهای مختلف

عملکرد کاه (Y) و عملکرد دانه عدس (X) در واحد کیلوگرم بر هکتار رابطه خطی $Y=2.216X+969$ برآزش داده شد. به‌طوری که به‌ازای افزایش هر یک کیلوگرم دانه عدس، حدود ۲/۲۱۶ کیلوگرم کاه افزایش یافت (Hussein et al., 2018). نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش مذکور مشابه با نتایج پژوهش حاضر بود. همچنین در شکل (۵) اگر به‌جای متغیر X (عملکرد دانه) عدد صفر قرار داده شود، مقدار ۱۰۷۸ کیلوگرم بر هکتار (عرض از مبدأ خط) برای عملکرد کاه به دست می‌آید. لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر تنش شوری، تنش غالب و عامل کاهش عملکرد دانه نسبت به کاه بوده است. از این‌رو عرض از مبدأ خط در شکل (۵) نشان می‌دهد که اگر تنش شوری به حدی برسد که هیچ دانه عدس تولید نشود، مقدار کاه تولید شده پایه عدد ۱۰۷۸ کیلوگرم بر هکتار خواهد بود.



شکل ۵- رابطه بین عملکرد کاه و دانه

شاخص برداشت

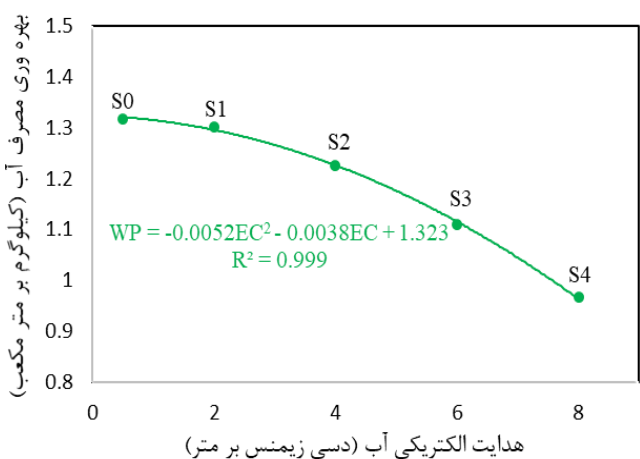
بر اساس رابطه (۴) مقدار شاخص برداشت محصول عدس محاسبه شد و در تیمارهای کشت دیم، S₀، S₁، S₂، S₃ و S₄ به ترتیب برابر با ۱۹، ۲۶/۴، ۲۶/۴، ۲۳، ۱۴/۲ و ۴/۲ درصد برآورد شد (شکل ۶). بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمارهای S₀ و S₁ و کم‌ترین آن در تیمار S₄ مشاهده شد. نتایج نشان داد آبیاری عدس تا سطح شوری S₁ (۲ دسی‌زیمنس بر متر)، تأثیر کاهنده بر مقدار شاخص برداشت عدس نداشت. با مقایسه تیمار کشت دیم و سایر تیمارها مشخص شد که مقدار شاخص برداشت تا سطح شوری S₂ بیشتر از کشت دیم بود و از سطح شوری S₃ به کم‌تر از کشت دیم رسید. در نتیجه در بین تیمارهای آبیاری با آب‌شور، شرایط مطلوب از نظر میزان شاخص برداشت (نسبت به کشت دیم)، آبیاری عدس تا سطح شوری S₂ بود. به طور مشابه در پژوهشی در منطقه سراوان، اثر چهار سطح آبیاری شامل ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی بر روی گیاه عدس (دو توده بلوچستان و کردستان) بررسی شد. نتایج نشان داد بیشترین و کم‌ترین مقدار شاخص برداشت به ترتیب برابر با ۲۴٪ (توده بلوچستان - ۸۰ درصد نیاز

بهره‌وری مصرف آب

شوری آب آبیاری، مقدار بهره‌وری مصرف آب را در کشت آبی عدس در منطقه قزوین تخمین زد. در پژوهش‌های گذشته، از این قبیل روابط برای تخمین مقدار عملکرد محصول ذرت بر اساس مقدار تبخیر-تعرق گیاه در منطقه قزوین، استفاده شد (Saeidi, 2021).



شکل ۷- بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای مختلف



شکل ۸- رابطه بین بهره‌وری مصرف آب و شوری آب آبیاری

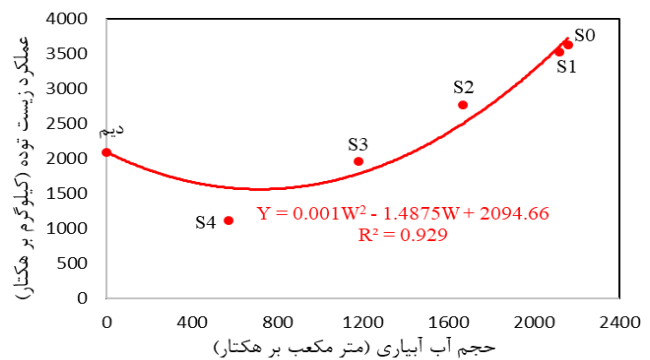
در ادامه پژوهش تابع تولید-آب (WPF^1) برای تیمارهای مختلف، به صورت رابطه $Y=0.001W^2-1.4875W+2094.66$ برآورد شد (شکل ۹). با استفاده از تابع مذکور مقدار تولید محصول عدس (Y) نسبت به حجم آب آبیاری (W) قابل محاسبه می‌باشد. در تابع مذکور اگر به جای متغیر W (حجم آب آبیاری) عدد صفر قرار داده شود، مقدار عملکرد برابر با $2094.66/0.001$ کیلوگرم بر هکتار به دست می‌آید که همان عملکرد محصول عدس در تیمار کشت دیم است. به طور مشابه، پژوهشی بر روی عدس در شمال سودان با شش تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل (W_1)، آبیاری با دور ۱۵ روزه (W_2)، آبیاری در مراحل رشد رویشی (W_3)، گل‌دهی (W_4)، تنظیم غلاف (W_5) و مرحله رسیدن (W_6) انجام شد. در این

مقدار بهره‌وری مصرف آب در تولید زیست‌توده خشک عدس در تیمارهای کشت دیم، S_0 ، S_1 ، S_2 ، S_3 و S_4 به ترتیب برابر با $3/55$ ، $1/32$ ، $1/3$ ، $1/23$ ، $1/11$ و $0/97$ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد (شکل ۷). به دلیل عدم انجام آبیاری در تیمار کشت دیم، این تیمار بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب را داشت. در تیمارهای دیگر با افزایش شوری آب، مقدار جذب و مصرف آب توسط گیاه و به دنبال آن حجم آب آبیاری کاهش یافت. اما نتایج نشان داد که کاهش حجم آب مصرفی در تیمارهای شوری، باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب نشد. زیرا اثر عناصر مضر موجود در آب شور موجب کاهش تولید ماده گیاهی و دانه شد، که نتیجه آن کاهش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب بود. در پژوهشی در دشت قزوین، مقدار بهره‌وری مصرف آب آبیاری در کشت عدس برای مناطق استان قزوین شامل شهرهای قزوین، تاکستان و بوئین‌زهرا به ترتیب $1/43$ ، $1/06$ و $1/1$ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد (Zareabyaneh et al., 2020). نتایج پژوهش حاضر در تیمار آب باکیفیت، به نتایج پژوهش مذکور نزدیک بود. در پژوهشی در جنوب ایتالیا، واکنش گیاه عدس به سه سطح شوری خاک شامل $0/7$ ، 2 و $3/1$ دسی‌زیمنس بر متر بررسی شد. نتایج نشان داد که نسبت عملکرد به حجم آب مصرف شده در کشت عدس (بهره‌وری مصرف آب) در تیمارهای مذکور به ترتیب $2/09$ ، $1/78$ و $0/36$ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد (Katerji et al., 2003). نتایج پژوهش مذکور از نظر اثر کاهشی شوری آب بر بهره‌وری مصرف آب، مشابه نتایج پژوهش حاضر بود. همچنین در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی سراوان، پژوهشی تحت سطوح آبیاری شامل 120 ، 100 ، 80 و 60 درصد نیاز آبی گیاه عدس انجام شد. بر اساس نتایج، در تیمار 80 درصد آبیاری، عملکرد گیاه نسبت به تیمار شاهد (100 درصد آبیاری) 10 درصد کاهش یافت، اما بیشترین بهره‌وری مصرف آب در بین تیمارها به مقدار $2/9$ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (Amiri et al., 2021). مقدار شوری آب آبیاری در پژوهش کنونی باعث شد که در تیمارهای S_1 ، S_2 ، S_3 و S_4 ، بهره‌وری مصرف آب نسبت به تیمار S_0 (آب باکیفیت) به ترتیب مقدار $1/2$ ، 7 ، $15/7$ و $26/6$ درصد کاهش داشته باشد. به طوری که به ازای هر یک دسی‌زیمنس بر متر افزایش شوری آب، به طور متوسط مقدار $0/47$ کیلوگرم بر مترمکعب از مقدار بهره‌وری مصرف آب کم شد. از این رو رابطه‌ای با معادله $WP=-0.0052EC^2-0.0038EC+1.323$ بین مقدار بهره‌وری مصرف آب (WP) و هدایت الکتریکی آب (EC) برآزش داده شد (شکل ۸). از طریق رابطه مذکور می‌توان بر اساس مقدار

تنش شوری آب تا سطح تیمار S_2 بود. از سوی دیگر آبیاری گیاه عدس با آب باکیفیت، باعث افزایش $2/5$ برابری عملکرد دانه نسبت به شرایط دیم شد. در حالی که تأثیر آب باکیفیت بر عملکرد کاه، حدود $1/5$ برابر بیش تر از کشت دیم بود. همچنین شیب کاهش عملکرد و اجزای آن در اثر افزایش شوری آب آبیاری، با هم برابر نبود. به طوری که به ازای هر یک دسی‌زیمنس بر متر افزایش شوری آب، عملکرد نسبی زیست‌توده، دانه و کاه به ترتیب $16/6$ ، $32/5$ و $12/9$ درصد کاهش یافت. به دلیل تأثیر تنش شوری بر اختلال در تلقیح گیاه عدس و عقیم ماندن آن، در سطوح بالای تنش شوری، عملکرد دانه نسبت به کاه کاهش بیشتری داشت. در نتیجه اگر گیاه عدس با آب باکیفیت آبیاری شود، راندمان تولید دانه در مقایسه با کاه (نسبت به شرایط دیم) بیش تر خواهد بود. در این باره رابطه خطی با معادله $Y=1.652X+1078$ بین عملکرد دانه (X) و عملکرد کاه (Y) برقرار شد. همچنین بررسی مقدار شاخص برداشت در تیمارهای مختلف نیز نشان داد که با استفاده از آب‌های نامتعارف لب‌شور تا سطح شوری S_2 ، امکان افزایش شاخص برداشت محصول عدس نسبت به شرایط کشت دیم وجود داشت. در بررسی بهره‌وری مصرف آب نتایج نشان داد که به دلیل عدم انجام آبیاری در تیمار کشت دیم، این تیمار بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب را داشت. اما افزایش شوری آب باعث شد که مقدار بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای S_1 ، S_2 ، S_3 و S_4 نسبت به تیمار S_0 (آب باکیفیت) به ترتیب مقدار $1/2$ ، 7 ، $15/7$ و $26/6$ درصد کاهش داشته باشد. همچنین برای تخمین مقدار بهره‌وری مصرف آب از طریق هدایت الکتریکی آب رابطه $WP=-0.0052EC^2-0.0038EC+1.323$ و برای تخمین مقدار عملکرد عدس بر اساس حجم آب آبیاری رابطه $Y=0.001W^2-1.4875W+2094.66$ ارائه شد. نتیجه کلی این که در صورت وجود منابع آب‌شور (مانند چاه‌های عمیق کشاورزی) در منطقه قزوین، کاربرد آب تا سطح شوری S_2 نسبت به شرایط دیم سودمند بوده و بیش تر از شوری مذکور توصیه نمی‌شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

پژوهش رابطه بین عملکرد دانه عدس (کیلوگرم بر هکتار) و تبخیر-تعرق آن (مترمکعب بر هکتار) به صورت $Y=1.773ET-4447.7$ نشان داده شد (Alla-Jabow and Mahgoub, 2017). در پژوهشی بر روی عدس در ترکیه، اثر شش تیمار آبیاری تکمیلی شامل بدون آبیاری (I_0) و آبیاری بر اساس I_{25} (25%)، I_{50} (50%)، I_{75} (75%)، I_{100} (100%) و I_{125} (125%) آب سهل‌الوصول خاک انجام شد. نتایج نشان داد بین عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم بر هکتار) و مقدار آب مصرفی گیاه در طول فصل رشد (میلی‌متر) رابطه $Y=-0.1123IW^2+43.805IW+1645.2$ برقرار شد (Kahraman et al., 2016). در مجموع دستاورد این بخش از پژوهش این بود که شوری آب آبیاری اثر کاهشی بر بهره‌وری مصرف آب عدس داشت. همچنین از طریق روابط ارائه شده در شکل‌های (۸) و (۹)، امکان تخمین مقدار بهره‌وری مصرف آب بر اساس شوری آب و تخمین عملکرد زیست‌توده بر اساس حجم آب آبیاری (در شرایط تنش شوری) فراهم شد.



شکل ۹- تابع تولید-آب برای تیمارهای مختلف

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر آبیاری با سطوح مختلف شوری و در تناوب با آب باران، بر روی گیاه عدس منطقه قزوین بررسی شد. نتایج نشان داد بیش‌ترین تا کم‌ترین مقدار عملکرد و اجزای عملکرد محصول عدس به ترتیب به تیمارهای S_0 ، S_1 ، S_2 ، دیم، S_3 و S_4 اختصاص یافت. به طوری که در کنار نزولات جوی، آبیاری عدس با آب تا سطح شوری S_2 ، شرایط بهتری نسبت به کشت دیم این محصول ایجاد کرد و تنش کم‌آبی حاصل از کشت دیم، بیش تر از

REFERENCES

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdshah, H. and Kazemian, A. (2020). Agriculture information in 2019. Ministry of agriculture, Iran. Pp. 1-89. (In Farsi)
- Alla-Jabow, M.K. and Mahgoub, Z.B. (2017). Crop Water Productivity and Crop Coefficients of Lentil (*Lens Culinaris* M.) Under Different Irrigation Regimes. *Journal of agricultural science*. 25(1), 1-19.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation Drainage Paper No.56*. Pp. 1-326.
- Amiri, S.R., Salimi, K. and Ziaei, S.M. (2021). The effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of lentil (*Lens culinaris* Medik.).

- Journal of environmental stresses in crop sciences*. 14(1), 75-83. (In Farsi)
- Asadi-Danalo, A., Ghasemi-Golezani, K., Shafag-Kalvanagh, J. and Bakhshi, J. (2014). Effects of seed quality and water deficit on performance of lentil. *Journal of agricultural science and sustainable production*. 24(1), 83-94. (In Farsi)
- Hosseini, F.S., Nezami, A., Paesa, M. and Hajmohammadnia-Ghalibaf, K. (2011). Effects of supplementary irrigation on yield and yield components of lentil (*lens culinaris medik.*) cultivars in Mashhad climate. *Journal of water and soil*. 25(3), 625-633. (In Farsi)
- Hussein, R. A., Rashad, R. T., El-Kamar, F. A. and Mohamed, M. S. (2018). The effect of some growth regulators foliar sprayed with the fertilization by Fe and Zn on the yield and quality of lentil grown in sandy soil. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 3(2), 1-10.
- Kahraman, A., Khan, M.K., Pandey, A. and Dogan, E. (2016). Effect of supplemental irrigation on lentil yield and growth in semi-arid environment. *Journal of Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*. 44(1), 237-244.
- Katerji, N., Hoorn, J.W., Hamdy, A. and Mastrorlli, M. (2003). Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Journal of agricultural water management*. 62, 37-66.
- Kakayi, M. (2019). Effect of different levels of irrigation on yield and yield components and its relationship with protein electrophoresis pattern of lentil genotypes. *Journal of environmental stresses in crop sciences*. 11(4), 817-833. (In Farsi)
- Kiani, A.R. and Abyar, N. (2019). Use of saline water for sustainable production of wheat. *Journal of water management in agriculture*. 6(2), 11-20. (In Farsi)
- Mehraban, A. (2017). Effect of foliar application of iron on yield, yield component, and grain protein of lentil crop. *Journal of plant environmental physiology*. 12(45), 27-37. (In Farsi)
- Mohammadi, M., Mohammadighaleny, M. and Ebrahimi, K. (2011). Time and local variations of groundwater quality in Qazvin plain. *Iranian journal of water research*. 5(8), 41-52. (In Farsi)
- Molavi, H., Mohammadi, M. and Liaghat, A. (2011). Effect of saline water management during growth period on yield and yield components of maize and soil salinity profile. *Journal of irrigation science and engineering*. 35(3), 11-18. (In Farsi)
- Nezami, A., Bagheri, A., Porsa, H., Zafranieh, M. and Khamadi, N. (2011). Evaluation of cold tolerant lentil genotypes (*lens culinaris medik.*) in fall planting under supplementary irrigation. *Journal of pulses research*. 1(2), 49-58. (In Farsi)
- Ouji, A., Elbok, S., Mouelhi, M., Younes, M. and Kharrat, M. (2015). Effect of salinity stress on germination of five Tunisian lentil (*lens culinaris L.*) genotypes. *Journal of European scientific*. 11(21), 63-75.
- Piri, H., Ansari, H. and Faridhosseini, A.R. (2018). Investigation of the irrigation management with saline water on sorghum yield and growth indices. *Journal of irrigation sciences and engineering*. 40(4), 31-46. (In Farsi)
- Ramezani-Etedali, H., Ahmadaali, K., Liaghat, A., Parsinejad, M., Tavakkoli, A.R. and Ababaei, B. (2015). Optimum water allocation between irrigated and rainfed lands in different climatic conditions. *Journal of biological forum*. 7(1), 1556-1567.
- Rashidi, V., Chalabyani, S., Sharifi, M. and Babazadeh, A. (2018). Comparison of lentil landrace genotypes for grain yield and its component under drought stress and the effects of drought and salinity stresses on genotypes at their vegetative stages. *Journal of Crop Ecophysiology*. 12(1), 89-106. (In Farsi)
- Saeidi, R., Soltani, M., Liaghat, A.M. and Sotoodehnia, A. (2019). The effect of salinity on maize yield in various growth stages. *Journal of soil and water research*. 50(8), 1975-1983. (In Farsi)
- Saeidi, R. (2021). Investigation the intra-seasonal sensitivity of maize evapotranspiration to water stress, at different irrigation levels. *Journal of water and soil*. 35(3), 335-348. (In Farsi)
- Saeidi, R., Ramezani-Etedali, H., Sotoodehnia, A., Kaviani, A. and Nazari, B. (2021). Salinity and fertility stresses modifies K_s and readily available water coefficients in maize (Case study: Qazvin region). *Journal of irrigation science*. 39, 299-313.
- Sandhu, J.S. and Singh, S. (2007). History and origin. In: Yadav S.S. (eds.), *Lentil: An ancient crop for modern times*. *Journal of springer verilog germany*. Pp, 1-9.
- Saremi, M., Farhadi, B., Maleki, A. and Farasati, M. (2016). Effects of deficit irrigation on yield, yield components and water use efficiency of lentil in Khorramabad. *Journal of plant production research*. 22(3), 337-342. (In Farsi)
- Soltani, M., Liaghat, A.M. and Sotoodehnia, A. (2012). Conjunctive effect of planting date and time of supplementary irrigation on water productivity of lentil in rainfed conditions. *Journal of soil and water research*. 43(3), 243-248. (In Farsi)
- Yasir, T., Khan, A., Skalicky, M., Wasaya, A., Rehmani, M., Sarwar, N., Mubben, K., Aziz, M., Hassan, M., Hassan, F., Iqbal, M., Brestic, M., Islam, M., Danish, S. and Sabagh, A. (2021). Exogenous sodium nitroprusside mitigates salt stress in lentil (*lens culinaris medik.*) by affecting the growth, yield, and biochemical properties. *Journal of molecules*. 26(9), 1-12.
- Zareabyaneh, H., Heydari, A. and Daneshkar-Arasteh, P. (2020). Evaluation of water management performance in irrigation network of Qazvin plain. *Journal of irrigation and water engineering*. 10(2), 76-88. (In Farsi)