نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۳۰-۱۲۱

Water Management in Agriculture
Vol. 7, No. 1, Spring and Summer 2020, 121-130

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر آبیاری با پساب صنعتی توأم با تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد جو

یحیی چوپان[۱*]، عباس خاشعی سیوکی[۲] و علی شهیدی[۳]

چکیده

به‌منظور بررسی اثر آبیاری با پساب کارخانه قند بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در محصول جو (Hordeum vulgare)، یک آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان تربت‌حیدریه در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل، آب چاه (۱۰۰٪ آب معمولی) (I_1)، پساب کارخانه قند (I_2)، ترکیب آب چاه و پساب (پساب ۱۲/۵٪ و ۸۷/۵٪ آب معمولی) (I_3) در دو سطح آبیاری کامل (S_1) و اعمال ۷۵ درصد تنش آبی (S_2) بودند و تیمار آب معمولی (I_1S_1)، به‌عنوان شاهد انتخاب شد. نتایج نشان داد تغییرات تیمار تنش آبی (S_2)، در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن کاه و کلش و تعداد خوشه تأثیر معنی‌داری داشت. وزن هزار دانه در تیمارهای I_3S_1 و I_2S_1 به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار را با وزن ۹/۴ و ۷/۶ گرم را داشت. تیمار I_2S_1 در عملکرد کاه و کلش با وزن ۲۵۴۵ کیلوگرم در هکتار و تعداد خوشه برابر با ۸۲/۲، بیش‌ترین مقدار را در بین سایر تیمارها نشان داد. هم‌چنین تغییرات نوع آب آبیاری در سطح ۱ درصد بر عملکرد کیفی محصول جو همچون ارتفاع گیاه، پروتئین دانه و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت. به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از پساب کارخانه قند برخلاف تنش آبی، ضمن افزایش عملکرد دانه جو، تأثیر منفی بر عملکرد زیستی و کیفی گیاه نداشته بلکه باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها و مصرف کودهای شیمیایی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب نامتعارف، عملکرد دانه، تنش آبی، عملکرد کیفی

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و استفاده بیش‌ازحد از منابع آب شیرین در بخش کشاورزی که سبب کاهش منابع آبی شده است، استفاده از منابع آبی نامتعارف بسیار حائز اهمیت بوده و بایستی موردتوجه قرار گیرد. بحران کمبود آب و محدودیت منابع آب شیرین در کشور از چالش‌هایی است که توجه ذی‌نفعان را به استفاده از منابع آبی نامتعارف، به خود معطوف نموده است. درصورتی‌که بتوان کاربرد پساب را با روش‌های مناسب آبیاری در هم آمیخت، هم‌زمان می‌توان در راستای برطرف نمودن مشکلات بهداشتی، آلودگی و بحران آب گامی مهم برداشت (Khosh-goftarmanesh and Siadat, 2002). باوجود این‌که در حالت عادی، پساب با ورود به آب، موجب ایجاد آلودگی می‌شود اما دارای مقادیر زیادی عناصر غذایی بوده و به‌صورت کود محلول جهت کشت می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد (Kafi et al., 2010).

در راستای استفاده از پساب‌ها به‌خصوص در بخش کشاورزی، محققان بیان نموده‌اند که آبیاری با پساب صنعتی تصفیه نشده باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاهان مختلفی همچون جو، پنبه و... شده است (Choopan et al., 2016). در همین راستا نتایج تحقیقی روی بررسی تأثیر آبیاری با پساب صنعتی و تنش آبی بر عملکرد و اجزاء کمی و کیفی عملکرد گیاه جو رقم یوسف در شهرستان تربت‌حیدریه نشان داد که

[۱] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ایران (*نویسنده مسئول: Yahyachoopan68@gmail.com)
[۲] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
[۳] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۳۰
DOR: 20.1001.1.24764531.1399.7.1.11.8

تغییرات تنش بر عملکرد و اجزاء کمی و کیفی عملکرد گیاه جو تأثیر معنی‌داری داشته است (Choopan et al., 2016). به‌منظور بررسی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های جو دیم در تنش خشکی و آبیاری تکمیلی و تعیین ارتباط این خصوصیات با عملکرد دانه، دوازده ژنوتیپ پیشرفته جو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقاتی مراغه مطالعه شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که در شرایط تنش خشکی بین ژنو تیپ‌ها ازنظر صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال ۱ درصد و ازنظر صفات طول سنبله و شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (Dolatpanah et al., 2013). بررسی اثر تنش کم‌آبیاری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک رشد ارقام جو نشان داد که در سال اول اعمال تیمار تنش خفیف، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه اکثر ارقام نداشت. با افزایش شدت تنش این اثر معنی‌دار بود. در سال دوم اعمال تیمار ۷۵ درصد، اثر معنی‌داری بر کاهش عملکرد دانه و اجزا عملکرد جو نداشت. این اثر برای تیمار آبیاری ۵۰ درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین با افزایش شدت تنش میانگین محتوای نسبی آب کاهش یافت (Hasanpour, et al., 2008).

در تحقیق دیگری نتیجه گرفته شد که با اعمال تنش آبی تمام اجزای عملکرد دانه و نیز عملکرد دانه جو به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد .(Sammak et al., 2014) محققین گزارش کردند که در شرایط تنش رطوبتی، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه جو نسبت به شرایط بدون تنش کاهش چشمگیری پیدا کردند (Gonzalez et al., 1999).

نتایج بررسی روی تأثیر آبیاری با پساب صنعتی و تنش خشکی بر عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، طول ریشه و پروتئین دانه جو نشان داد تغییرات تنش بر ارتفاع گیاه، عملکرد دانه و طول ریشه و هم‌چنین تغییرات نوع آب آبیاری بر ارتفاع گیاه، پروتئین دانه عملکرد دانه و طول ریشه تأثیر معنی‌داری داشته است. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار درصد پروتئین دانه به ترتیب در تیمار I_1S_1 آب معمولی) به میزان ۱۲/۳۷ درصد و تیمار I_2S_2 پساب کارخانه قند و تنش آبی) با مقدار ۱۳/۴۷ درصد و بیش‌ترین ارتفاع گیاه (۸۲/۹ سانتی‌متر) در شاهد مشاهده شد (Tadayon, 2006). اختلاط پساب صنعتی با آب آبیاری موجب افزایش غلظت عناصر کروم، کادمیوم، سرب و نیکل در آب شده و pH آب آبیاری تحت اثر پساب کاهش می‌یابد. هم‌چنین تجمع عناصر کروم، کادمیوم، نیکل و سرب در اندام¬های کلزا تحت اثر پساب افزایش می‌یابد (Sayadmanesh et al., 2015).

نتایج بررسی اثر مقادیر مختلف پساب شهری بر عملکرد پنبه به شیوه آبیاری قطره‌ای و باهدف مقایسه سه سطح نیاز آبی (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد) و دو کیفیت آب آبیاری (آب چاه و پساب حاصل از فاضلاب شهری تصفیه‌شده) نشان داد که به دلیل بالا بودن غلظت کاتیون‌هایی نظیر Na و K در پساب، شوری خاک افزایش و کارایی مصرف آب افزایش ۱۸ درصدی یافته است (Khosh-goftarmanesh and Siadat, 2002). در بررسی دیگری نشان داده شد که در صورت اعمال مدیریت در مصرف پساب و افزایش راندمان بهره‌برداری، علاوه بر امکان گسترش سطح زیر کشت، شیوع آلودگی‌های خاص پساب نیز وجود خواهد داشت (Feizi et al., 2008). آزمایش‌های انجام‌شده با استفاده از آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری بر عملکرد یونجه در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد نشان داد عملکرد علوفه تر در تیمارهای آبیاری با پساب نسبت به تیمارهایی که از آب معمولی استفاده کرده‌اند، بیش‌تر بود (Millero et al., 2008). تحقیقی که به‌منظور بررسی اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های گندم نان، به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد انجام گرفت، نتیجه گرفته شد که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک، بیوماس، دانه و کارایی مصرف آب، در تیمار ۱۰۰ درصد استفاده از پساب شهری، حاصل می‌گردد (Senobar et al., 2010). آبیاری با پساب در هند باعث افزایش عناصر غذایی ماکرو (ازت، پتاسیم و کربن آلی) خاک و عملکرد بیش‌تر محصول نسبت به کرت‌های آبیاری با آب معمولی شد (Feizi et al., 2008). نهال‌های آبیاری شده با پساب در مقایسه با آب معمولی از رشد طولی و قطری بیش‌تری برخوردار بوده و

غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، فسفر، نیتروژن و آهن در خاک و گیاه افزایش می‌یابد (Javani et al., 2016).

با توجه به کاربردهای وسیع محصول جو در تهیه مواد خوراکی و وابسته بودن جامعه از لحاظ غذایی به آن، محصول موردنظر دارای نقش بارز و اهمیت فراوانی است. در پژوهش حاضر، به دلیل قرار گرفتن منطقه تربت‌حیدریه در مسیر عبور پساب کارخانه قند و استفاده کشاورزان از این منبع آب نامتعارف جهت کشاورزی، انتخاب گردید. هم‌چنین معیار کشت جو در تحقیق حاضر، انجام این کشت در منطقه به وسعت زیاد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری با پساب کارخانه قند (پساب صنعتی تصفیه نشده) و تنش آبی بر عملکرد کمی محصول جو با اعمال شرایط سطوح مختلف آبیاری، پژوهشی در طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در اراضی کشاورزی تربت‌حیدریه در زمینی با خاک شنی لومی با اسیدیته ۷/۵، درصد مواد آلی ۰/۶ درصد، شوری ۴/۴ دسی زیمنس بر متر و درصد آهک ۱۸/۲۵ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و چهار تکرار (R) انجام شد. تیمارهای مورداستفاده در تحقیق شامل، آب چاه (I1)، پساب کارخانه قند (I2)، ترکیب آب چاه و پساب (پساب ۱۲/۵٪ و ۸۷/۵٪ آب معمولی) (I_3) در دو سطح آبیاری کامل (S1) و اعمال ۷۵ درصد تنش آبی (S2) و با در نظر گرفتن تیمار I1S1 به‌عنوان شاهد انجام شد. قابل‌ذکر است که زمین مورداستفاده در سال‌های قبل به‌صورت آیش بوده و پس از مراحل آماده‌سازی زمین (شخم عمقی و شخم سطحی) و بر اساس آزمایش خاک، مطابق پیشنهادهای آزمایشگاه آب‌وخاک و بررسی خاک مزرعه، مقدار ۳۰ تن کود حیوانی از نوع گاوی و ۱۸۰ کیلوگرم کود اوره در سه مرحله اضافه گردید. هم‌چنین ۲۵۰ کیلوگرم کود فسفر و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم به‌صورت یکجا و در ابتدای کشت اعمال شد. کاشت محصول در تاریخ ۱۰ آبان ماه سال ۱۳۹۲ به‌صورت دستی و با روش آبیاری کرتی انجام گرفت.

آنالیز شیمیایی آب، پساب کارخانه قند، ترکیب آب و پساب و برخی خصوصیات شیمیایی خاک (قبل و بعد آزمایش) در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی آب، پساب و ترکیب آب و پساب

پساب کارخانه قند	ترکیب آب و پساب	آب آبیاری	واحد	نوع آزمایش
۵/۸	۵	۲/۵	دسی زیمنس بر متر	هدایت الکتریکی
۸/۲	۷/۷	۶/۸	-	اسیدیته
۸/۵	۵/۷	۳/۰۴	-	نسبت جذب سدیم
۱۲۰	۱۳/۴	۴	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	جمع کلسیم و منیزیم
۵۸	۱۰	۱/۲	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	کلسیم
۶۲	۳/۴	۲/۸	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	منیزیم
۶۵/۲	۲۵/۷۴	۱۸/۴	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	سدیم
۱۸۵/۲	۳۹/۱۴	۲۲/۴	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	مجموع کاتیون
۸/۵	۳/۴	۳/۴	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	بی‌کربنات
۵۷	۳۰/۵	۱۰/۵	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	کلر
۱۲۰/۴	۷/۸۳	۱۰/۸	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	سولفات
۱۸۷/۴	۴۱/۷۳	۲۴/۷	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	مجموع آنیون

مقدار بذر توصیه‌شده توسط سازمان جهاد کشاورزی برای یک هکتار کشت جو، ۲۵۰ کیلوگرم می‌باشد که برای کرت‌های این تحقیق که اندازه ۴ مترمربعی (۲ × ۲ متر) داشتند، مقدار ۱۰۰ گرم بذر استفاده شد. فاصله کرت‌ها یک متر و فاصله بلوک‌ها دو متر از یکدیگر در نظر گرفته شدند. با استفاده از مدل کراپ وات میزان تبخیر و تعرق، بارش مؤثر و نیاز آبی محاسبه شد. برای محاسبه نیاز آبی گیاه در این مدل، داده‌های دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، میانگین ساعات آفتابی، باد برحسب متر بر ثانیه، برای محاسبه تبخیر و تعرق به روش پنمن مانتیث (فائو، ۱۹۹۲)، داده‌های بارش برای محاسبه بارش مؤثر بر اساس روش USDA، اطلاعات جغرافیایی منطقه موردمطالعه، نوع گیاه و ضرایب تعیین‌شده توسط فائو برای آن‌ها در دوره‌های مختلف رشد، مشخص نمودن نوع و خصوصیات خاک موردنیاز است. درنهایت با ضرب تبخیر و تعرق گیاه در ضریب گیاهی تعیین‌شده از سوی فائو و تفاضل آن با بارش مؤثر، می‌توان نیاز آبیاری را محاسبه نمود.

هم‌چنین مقدار نیاز آبی برای تیمارهای تحت تنش، بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی محاسبه و به‌وسیله کنتور حجمی به کرت‌ها تحویل داده شد. برداشت محصول پس از رسیدن کامل بوته‌ها، در تاریخ ۱۵ خردادماه ۱۳۹۳ صورت گرفت. به دلیل حذف اثر حاشیه-ای از یک مترمربعی مرکز هر کرت، بوته‌ها از سطح خاک برداشت شد و صفات وزن هزار دانه، تعداد خوشه، قطر خوشه، عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش اندازه‌گیری شدند. سپس داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از روش آماری آزمون توکی و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 تحلیل شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش آبی و نوع منبع آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد جو در جدول ۲ ارائه‌شده است. نتایج جدول ۲ نشان داد که تنش آبی بر صفات وزن هزار دانه، عملکرد کاه و کلش و تعداد خوشه در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌دار آماری داشت، ولی برای قطر خوشه تأثیر معنی‌دار آماری نداشت. نوع آب آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح ۱ درصد و بر تعداد خوشه، قطر خوشه و عملکرد کاه و کلش تأثیر معنی‌دار آماری نداشت. مطابق نتایج جدول ۳، نتایج میانگین مربعات نشان می‌دهد تغییرات تنش در سطح ۱ درصد بر ارتفاع گیاه و عملکرد کل تأثیر معنی‌داری آماری داشت. هم‌چنین تغییرات نوع آب آبیاری در سطح ۱ درصد بر ارتفاع گیاه، پروتئین دانه و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری آماری داشت.

عملکرد دانه

بر طبق نتایج، تیمارهای بدون تنش آبی (I_3S_1،I_2S_1 ،I_1S_1) در مقایسه با تیمارهای با تنش آبی (I_1S_2 I_3S_2,I_2S_2)، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشتند؛ بنابراین به دلیل وجود مقدار نسبتاً زیاد نسبت جذب سدیم، کلسیم و منیزیم در پساب بر عملکرد دانه در تیمارهای بدون تنش که میزان آب وارده به کرت برابر نیاز آبی گیاه بوده تأثیری نداشته است. کاهش عملکرد دانه براثر دو عامل شوری پساب و تنش آبی می‌باشد که تیمار شاهد I_1S_1 دارای بیش‌ترین عملکرد دانه (با ۴۰۳۴ کیلوگرم در هکتار) و تیمار I_2S_2 کم‌ترین عملکرد دانه (با ۱۵۶۴ کیلوگرم در هکتار) را داشتند (شکل ۱).

نتایج جدول ۲ نشان داد که تنش آبی بر صفات وزن هزار دانه، عملکرد کاه و کلش و تعداد خوشه در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌دار آماری داشت، ولی برای قطر خوشه تأثیر معنی‌دار آماری نداشت. نوع آب آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح ۱ درصد و بر تعداد خوشه، قطر خوشه و عملکرد کاه و کلش تأثیر معنی‌دار آماری نداشت. مطابق نتایج جدول ۳، نتایج میانگین مربعات نشان می‌دهد تغییرات تنش در سطح ۱ درصد بر ارتفاع گیاه و عملکرد کل تأثیر معنی‌داری آماری داشت. هم‌چنین تغییرات نوع آب آبیاری در سطح ۱ درصد بر ارتفاع گیاه، پروتئین دانه و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری آماری داشت.

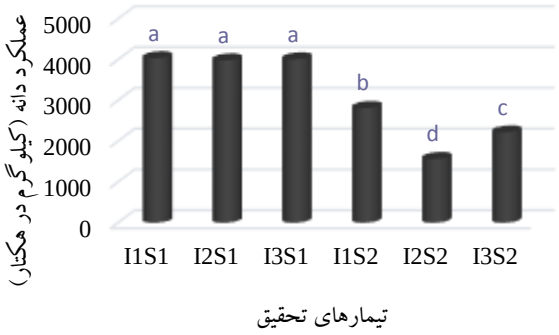
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش آبی و نوع منبع آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد جو

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن هزار دانه	عملکرد کاه و	تعداد خوشه	قطر خوشه
تکرار	۳	۰/۰۰۵ ns	۳۱۹۵۳/۰ *	۳۹/۰ ns	۰/۱۲ ns
تنش آبی	۱	۱/۰۷ **	۱۷۳۱۷۳۳/۳ **	۵۱۳۳/۳۸ **	۰/۶۳ ns
نوع آب آبیاری	۲	۱/۷ **	۲۷۱۰۳/۹۱ ns	۵۵/۱ *	۰/۶۵ ns
تنش آبی* نوع آب	۲	۲/۷ **	۱۳۲۲۲۶/۶ **	۷۴۲/۶ **	۱/۵۵ *
خطا	۱۵	۰/۰۸	۷۷۳۱/۷۳	۱۴/۷	۰/۳۲
ضریب تغییرات (CV)		۳/۴	۱۰/۵	۶/۷	۶/۵

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه پارامتری است که وابسته به مساحت نبوده، بلکه معرف معیار وزن هزار دانه از محصول موردنظر می‌باشد. در تحقیق حاضر نتایج نشان داد که وزن هزار دانه در تیمار I_2S_1 با توجه به شوری بالای پساب خالص، کاهش ۲۳ درصد نسبت به تیمار I_3S_1 (با بیش‌ترین مقدار برابر با ۹/۴ گرم)، دارد. هم‌چنین تیمار شاهد با تیمار I_3S_1 در یک گروه قرارگرفته و تفاوت معنی‌دار نشان ندادند. تنش آبی در تیمارهای دارای تنش (I_3S_2,I_2S_2 و I_1S_2)، باعث کاهش وزن هزار دانه شد ولی این کاهش نسبت به حالت بدون تنش آبی معنی‌دار نبود که با نتایج محققان هم‌خوانی دارد (Choopan et al., 2016, Ali Dinar et al., 1999, Feizi and Moghadam, 2008). وزن هزار دانه در تیمارهای تحقیق در شرایط بدون تنش آبی در شکل ۲ نشان داده شده است. محققان گزارش کردند تنش خشکی در جو، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله بارور در گیاه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد زیستی و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Choopan et al., 2016). در بررسی دیگری مشخص شد که تنش خشکی با کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، عملکرد دانه را در جو کاهش داد. هم‌چنین کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در تیمار تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه را می‌توان به پدید آمدن دانه‌های چروکیده با وزن کم‌تر که در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش‌شده نسبت داد (Choopan et al., 2016, Tadayon, 2006).



شکل ۱- عملکرد دانه در تیمارهای تحقیق (تیمارهای آب چاه، ترکیب آب چاه و پساب و ۷۵ درصد تنش آبی، ترکیب آب چاه و پساب)

شکل ۲- وزن هزار دانه در تیمارهای تحقیق (با و بدون تنش آبی) (تیمارهای آب چاه، ترکیب آب چاه و پساب و ۷۵ درصد تنش آبی، ترکیب آب چاه و پساب)

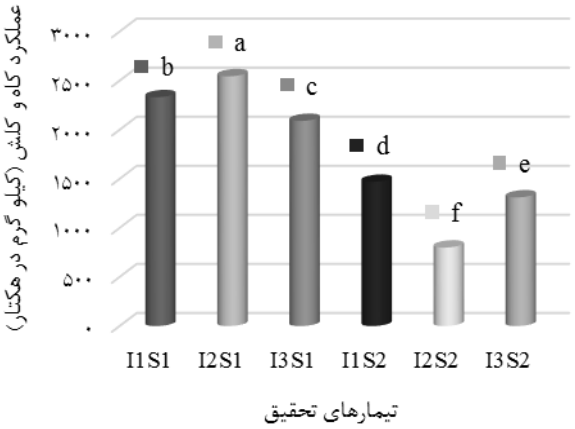
جدول ۳- میانگین مربعات صفات موردبررسی گیاه جو

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد کل	ارتفاع گیاه	پروتئین دانه
تکرار	۳	۱۷۶۶۸/۸۴ ns	۱۳/۸۱ns	۰/۰۶۵۶ns
تنش آبی	۱	۴۴۲۲۷۳۳/۳**	۲۸۸/۰۸**	۰/۹۵۶**
نوع آب آبیاری	۲	۱۹۰۵۶۱/۳**	۱۶۲/۲۹**	۱/۲**
تنش آبی* نوع آب	۲	۱۶۰۰۲۷/۱**	۱۱۷/۷۲**	۰/۲۵ ns
خطا	۱۵	۶۴۰۱/۲۸	۱۱/۷۸	۰/۱۱۹۶
ضریب تغییرات (CV)		۵/۴۳	۴/۹۰	۲/۶۶

عملکرد کاه و کلش

نتایج نشان داد تیمارهای با اعمال تنش (I_3S_2,I_2S_2 و I_1S_2)، با کاهش شدید عملکرد کاه و کلش نسبت به تیمارهای بدون تنش آبی مشاهده شدند. تیمار I_2S_2 با مقدار ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را داشت. تیمار I_3S_1 نسبت به شاهد ۱۱/۵۷ درصد کاهش عملکرد داشته است. در بین تیمارهای با اعمال تنش آبی

(I_1S_2 ،I_3S_2،I_2S_2)، تیمار I_2S_2 و I_3S_2 با کاهش ۸۳ درصد و ۱۲ درصد نسبت به شاهد مشاهده شدند. بر اساس نتایج، کاهش یکسانی در تیمارهای آب چاه و ترکیب آب و پساب همراه با اعمال تنش آبی برای صفت عملکرد کاه و کلش مشاهده شد که در شکل ۳ (عملکرد کاه و کلش در تیمارهای تحقیق) به‌خوبی دیده می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج محققان نیز هم‌خوانی دارد (Choopan et al., 2016, Tadayon, 2006).

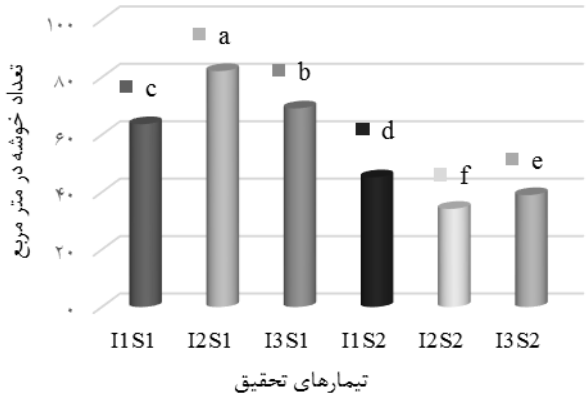


شکل ۳- عملکرد کاه و کلش در تیمارهای تحقیق (تیمارهای آب چاه، ترکیب آب چاه و پساب و ۷۵٪ تنش آبی، ترکیب آب چاه و پساب)

کاهش رشد گیاه را می‌توان به دلیل اثرات منفی پتانسیل اسمزی بالای محلول آب‌وخاک عنوان کرد، که باعث کاهش جذب آب و عناصر غذایی می‌شود. هم‌چنین کاهش مقدار پتاسیم با افزایش تنش شوری و سمیت یون سدیم با اختلال در نسبت سدیم به پتاسیم محتوی بافت می‌تواند یکی از دلایل کاهش رشد باشد (Ali Danir et al., 1999, Hayssam et al., 2013). در تحقیقی که بر روی گیاه جو انجام شد نشان داده شد، که استفاده از آب‌شور نسبت به آب غیر شور عملکرد جو را به‌اندازه ۱۱ درصد کاهش داده است (Hossein-Panahi et al., 2011). دلیل اصلی افزایش عملکرد جو در تحقیق حاضر، شوری مثبت (شوری از نوع عناصر کلسیم و منیزیم) بوده که برای گیاه مفید می‌باشد.

تعداد خوشه

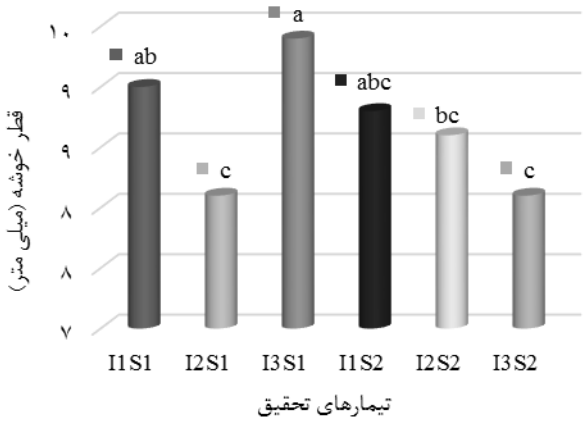
نتایج نشان داد که کلیه تیمارهای این تحقیق در مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌دار داشته و در گروه‌های آماری مختلف از a تا f قرار گرفتند. بیش‌ترین تعداد خوشه در تیمار I_2S_1، ۸۲/۲۵ خوشه در هر مترمربع و کم‌ترین مربوط به تیمار I_2S_2 با تعداد ۳۴/۲۵ خوشه در مترمربع بود. در بین تیمارهای با تنش آبی تیمار I_1S_2 بیش‌ترین مقدار با تعداد ۵۴/۲۵ و کاهش ۱۵ درصدی نسبت به شاهد را داشت. هم‌چنین تیمارهای I_2S_1 و I_3S_1 نسبت به تیمار شاهد به ترتیب دارای افزایش ۲۹ و ۸/۶ درصدی بر اساس نتایج بودند. همان‌گونه که گفته شد، در پژوهش حاضر، دلیل اصلی افزایش عملکرد جو، شوری مثبت (شوری از نوع عناصر کلسیم و منیزیم) بوده که برای گیاه مفید می‌باشد. در بین تیمارهای با اعمال تنش آبی کم‌ترین مقدار به تیمار پساب تعلق داشت (شکل ۴). در بحث شوری پساب، نتایج این تحقیق با نتایج محققان هم‌خوانی نداشته و این به دلیل وجود عناصر کلسیم و منیزیم در پساب و یا مربوط به شرایط متفاوت تحقیق حاضر می‌باشد، ولی در مورد تنش آبی با نتایج سایر محققان هم‌خوانی داشت (Choopan et al., 2016, Tadayon, 2006). در شکل ۴ تعداد خوشه در مترمربع براثر متقابل تیمارهای آزمایشی ارائه‌شده است.



شکل ٤- تعداد خوشه در تیمارهای تحقیق (تیمارهای آب چاه، ترکیب آب چاه و پساب و ۷۵ درصد تنش آبی، ترکیب آب چاه و پساب)

قطر خوشه

نتایج نشان دادند که تنش آبی باعث کاهش قطر خوشه در تیمارهای I_3S_2 و I_1S_2 و افزایش قطر خوشه در تیمار I_2S_2 شده است. قطر خوشه در تیمار I_2S_1 کم‌ترین قطر با مقدار ۸/۱ میلی‌متر و تیمار I_3S_1 بیش‌ترین قطر خوشه با مقدار ۹/۴ میلی‌متر را دارا می‌باشند (شکل ۵). کاهش قطر خوشه در تیمار I_2S_1 می‌تواند به دلیل شوری بالای پساب خالص باشد که در مقایسه با دو تیمار دیگر در شرایط آبیاری کامل از قطر خوشه بالاتری برخوردار شدند. تیمار شاهد با تیمار I_3S_1 در یک گروه قرارگرفته و فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد شدند. هم‌چنین تیمارهای تحت تنش آبی همگی در یک گروه آماری قرارگرفته و فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند. نتایج نشان دادند تیمار شاهد نسبت به تیمارهای I_2S_1 و I_3S_1، افزایش ۱۱ درصد و کاهش ۴/۳ درصد داشت (شکل ۵).



شکل ۵- قطر خوشه در تیمارهای تحقیق (تیمارهای آب چاه، ترکیب آب چاه و پساب و ۷۵ درصد تنش آبی، ترکیب آب چاه و پساب)

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر به بررسی اثر آبیاری با پساب کارخانه قند بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد محصول جو در شرایط تنش آبی در اراضی منطقه تربت‌حیدریه پرداخته شد. تیمار دارای پساب خالص و بدون تنش آبی I_2S_1، وزن هزار دانه و قطر خوشه کم‌تری را در برداشت، ولی عملکرد کاه و کلش و تعداد خوشه بیش‌تری را نشان داد. می‌توان اظهار کرد دلیل اصلی افزایش عملکرد جو، شوری مثبت (شوری از نوع عناصر کلسیم و منیزیم) بوده که برای گیاه مفید می‌باشد. در خصوص تیمارهای تحت تنش آبی (تیمار I_2S_2) که تأثیر تنش آبی و پساب خالص را دارا بود، کاهش چشم-گیری در صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش و تعداد خوشه مشاهده شد. بررسی انجام داده‌شده نشان داد که پساب صنعتی برخلاف تنش آبی، نه‌تنها تأثیر مخرب بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد جو ندارد بلکه استفاده از آن به‌عنوان کود محلول، برای استفاده در کشاورزی توصیه می‌گردد. در حالت کلی با توجه به مسائل و مشکلات موجود در میزان آب آبیاری و عدم دسترسی مناسب در مناطق خشک و گرم کشور ازجمله منطقه تربت‌حیدریه، می‌توان اظهار کرد که استفاده از پساب به‌عنوان یک گزینه جایگزین مناسب جهت آبیاری با آب چاه مطرح بوده تا ضمن توجیه اقتصادی، در مسائل زیست‌محیطی نیز آثار مثبتی بر جای گذارد.

مراجع

باقری، ع.، و حیدری شریف‌آباد، ه. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد و محتوای یون در جو. مجله علوم کشاورزی نوین، ۳ (۷): ۱-۱۵.

بدیع، ا. کار اندیش، ف.، و طباطبایی، س. م. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری با فاضلاب خام و تصفیه‌شده شهری بر عملکرد گندم و خصوصیات میکروبی خاک و پوشش گیاهی. مجله آب‌وخاک، ۲۶ (۲): ۲۱۵-۲۲۸.

تدین، م.. ۱۳۸۵. تأثیر فاضلاب خام کارخانه قند بر قطعات هوایی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم. مجله آب‌وخاک اصفهان، ۴۵: ۴۸۹-۴۹۸.

جوادی، ح. ر.، لیاقت، ع. ا، و حسن اقلی، ر. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کیفی فاضلاب تصفیه‌شده با عبور از ستون خاک برای آبیاری محصولات کشاورزی. مجله تحقیقات آب در کشاورزی، ۳۰ (۳): ۴۱۷-۴۲۹.

چوپان، ی. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب خام کارخانه قند و تنش آب بر عملکرد و اجزای عملکرد جو. کارشناسی ارشد پایان‌نامه، دانشگاه بیرجند، ۹۶ صفحه.

چوپان، ی.، خاشعی سیوکی، ع.، و شهیدی، ع. ۱۳۹۵. اثر آبیاری استفاده مجدد آب کارخانه قند و تنش آبی بر کمیت و عملکرد کیفیت جو (رقم یوسف). مجله آب‌وخاک اصفهان، ۲۱ ۴,۹۹-۱۰۹.

چوپان، ی.، خاشعی سیوکی، ع.، و شهیدی، ع.۱۳۹۶. بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده شهری تربت‌حیدریه بر عملکرد مورفولوژیکی پنبه ورامین. مجله تحقیقات آب در کشاورزی، ۳۲ (۱): ۶۷-۷۷.

حسن‌پور، ج.، کافی، م. میر هادی، س. م. ج. ۱۳۸۷. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی جو. علوم کشاورزی ایران. ۱(۳۹): ۱۶۵-۱۷۷.

حسین‌پناهی، ف.، کافی، م.، پارسا، م.، نصیری محلاتی، م.، و بناییان.م. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد انواع گندم حساس به مقاومت در برابر تنش رطوبت با استفاده از مدل پنمن-فائو-مونتیت. تنش¬های محیطی در علوم زراعی، ۴(۱):۶۳-۴۷.

خوش‌گفتار منش، ا.، و سیادت. ح. ۱۳۸۱ تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. مرکز آموزش و آموزش کشاورزی. کرج، ایران، ۸۷ صفحه.

ذونعمت‌کرمانی، م.، اسدی، ر.، و دهقانی سنجانی، ح. ۱۳۹۴. تأثیر مقادیر مختلف فاضلاب شهری بر آبیاری قطره‌ای. مجله تحقیقات آب در کشاورزی، ۱: ۶۳-۷۵.

صیاد منش، ی.م.، قاجار سپانلو، م.، و بهمن‌یار، ا. ۱۳۹۴. بررسی میزان برخی عناصر سنگین در خاک و گیاه شلغم در مزارع آبیاری با فاضلاب شهری صنعتی آمل. مجله تحقیقات آب در کشاورزی، ۲۹(۲):۱۵۵-۱۴۱.

صنوبر، ع.، طباطبایی، ا.، و دهقانی. ف. ۱۳۸۹. تأثیر فاصله آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های گندم نان در منطقه یزد. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۳(۲):۱۰۴-۹۵.

علی نژاد، ع.، و مالکی، ا. ۱۳۹۲. ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد ذرت در آبیاری با فاضلاب شهری در هوای خشک و سرد. اولین کنفرانس ملی چالش‌های آب درزمینه آب و کشاورزی. دانشگاه اسلامی خوراسقان.

کافی، م.، حق نیا، غ.ح.، زمانی، ر.، و رستمی، م. ۱۳۸۹. بررسی میزان جذب تنش شوری و تغذیه مواد معدنی بر عملکرد و اجزای ناخوشایند. مجله کشاورزی، ۹۱: ۱۰۵-۱۱۰.

فیضی. ح.، و رضوانی‌مقدم، پ. ۱۳۸۷. استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شهری برای تولید گندم، سخت و تریتیکاله. سومین کنگره بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید پذیر در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی خوراسقان. ۲۴-۲۶ آوریل.

لیلی، م.، سماعی، م. ر.، و دهستانی، س. ۱۳۸۹. مدیریت فاضلاب شهری. انتشارات اندیشه رفیع، ۲۹۳ صفحه، تهران.

یزدانی، ع.، صفری، م و رنجبر، ح. ۱۳۹۶. تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده شهری بر عملکرد و تجمع فلزات سنگین در ژنوتیپ‌های بذر. علوم زراعی ایران، ۴: ۲۸۴-۲۹۶.

Ali Dinar, H. M., Ebert, G. Ludders P. 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava (Psidium guajava L.) under salinity and different nitrogen supply. Gartenbauwissenschaft, 64: 54-59.

Ali, M. R., Uddin, M. S. Bagum S. A. 2007. Identification of salt tolerant barley genotypes for coastal region of Bangladesh. Botany, 36 (2): 151-155.

Al-Sanafy, M. Akba R. K. 2012. Effects of Irrigation with Treated Wastewater on the Physical and Chemical Properties of Soil in Kuwait. International Journal of Science and Technology, 4: 139-151.

Dolatpanah, T., Roostaei, M., Ahakpaz, F. and Mohebalipour, N. 2013. Effect of Drought Stress on Grain Yield and Yield Components of winter and Facultative Barley Genotypes in Maragheh Region. Breed seedlings and seeds. 29(2): 257-275.

Gonzalez, A., Martin, I., and Ayerbe, L. 1999. Barley yield in water- stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. Field Crops Res. 62: 23-34.

Hayssam, M. A., Siddiqui, M., Khamis, M. H., Hassan, F. A., Salem, M. Z. M. Ei- mahrouk S. M. 2013. Performance of forest tree Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss. Under sewage effluent irrigation. Ecological Engineering, 61: 117-126.

Millero F J, Feistel R, Wrightand D J and McDougall T J. 2008. The composition of Standard Seawater and the definition of the Reference-Composition Salinity Scale. Deep Sea Research, 55(1): 50-72.

Sammak, S., Kazemeini, S. A. and Tavakol, E. 2014. Evaluation of yield and yield components of barley cultivars in response to drought stress. 13th Iranian Conference on Agriculture and Plant Breeding and 3rd Iranian Conference on Seed Science and Technology. Iranian Association of Agricultural Sciences and Plant Breeding, Karaj, Iran.

Singh, P. K., Deshbhratar, P. B. Ramteke D. S. 2012. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties yield and environment. Agricultural water management, 103: 100- 104

.Tesfamriam, E.H., Annandale, J. G. and Steyn, J.M. 2010. Water stress effects on winter canola growth and yield. Agronomy Journal. 102. 658–666.

Todorovic, M., Albrizio, R., Zivotic, L., Abi, S., Stockle, C. and Steduto, P. 2009. Asswssment of AQUACROP, cropsyst, and wofost models in the simulation of sunflower growth under different water regimes. Agronomy Journal. 101. 509-521.

Vigit, M. F., Nielsen, D. C., Haivorson, A., and Beard, B., 1993. Dry land canola production: variety selection, nitrogen response and water use in the central great plains. ARS Central Great Plains Research Station. USDA. Akron. Colorado. USA.

Water Management in Agriculture
Vol. 7, No. 1, Spring and Summer 2020, 121-130

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۳۰-۱۲۱

Investigating the Effect of Irrigation with Industrial Wastewater Combined with Water Deficit Stress on Yield and Yield Components of Barley

Y. Choopan[*1], A. Khashei[2] and A. Shahidi[3]

Abstract

To investigate the effect of irrigation with sugar factory wastewater on seed yield and yield components of barley (Hordeum vulgare), a factorial field experiment was performed in a randomized complete block design with three replications in Torbat-Heydarieh in 2013-2014. The experimental treatments included well water (100% water) (I1), sugar factory wastewater (I2), the combination of well water and wastewater (12.5% wastewater and 87.5% water) (I3) at two levels of full irrigation (S1) and applying 100% water stress (S2) and water treatment (I1S1) were selected as control. Results of the studied traits showed that the variation of water stress (S2) at 1% level was significant on seed yield, 1000 seed weight, straw weight, and straw number. The straw weight and straw number in I2S1 treatment with 2545 kg/ha and the number of panicles equal to 82.2 showed the highest amount among other treatments. As well as changes of irrigation water in the level of%1 on the quality of the barely product, such as plant height, grain protein yield, and grain yield had a significant effect. In general, the results of this study showed that the use of sugar factory wastewater, in contracts to water stress, dosen't have a negative effect on grain yield and quality of barely, but also saves costs and consume s chemical fertilizers.

Keywords: Grain Yield, Qualitative Yield, Unconventional Water, Water Stress.

[1] PhD Student in Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran (*.Corresponding Author Email: Yahyachoopan68@gmail.com)
[2] Assistant professor Department of Water Engineering University of Birjand, Birjand,Iran
[3] Assistant Professor Department of Water Engineering University of Birjand, Birjand,Iran
Received: 2 October 2020
Accepted: 21 October 2020