تأثیر پساب شهری، کمپوست بستر قارچ، کود گوسفندی و کود شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و رشد چغندر قند

الهه احمدپور دهکردی و محمود رضا تدین*
گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۳/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۱/۱۹)

چکیده:
به‌منظور بررسی تأثیر پساب شهری، کمپوست بستر قارچ، کود گوسفندی و کود شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و رشد چغندر قند، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد به اجرا درآمد. عامل اصلی شامل سه مرحله آبیاری با پساب شهری در مرحله ۲ تا ٤ برگی چغندر قند، آبیاری با پساب شهری در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی چغندر قند و آبیاری با آب معمولی (شاهد) و عامل فرعی آزمایش شامل چهار تیمار کود گوسفندی، کمپوست بستر قارچ، کود شیمیایی و بدون کود (شاهد) بود. نتایج نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ در ۹۰ روز پس از کاشت از تیمار کود گوسفندی به‌دست آمد. همچنین سرعت رشد محصول، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه و وزن زیتوده در تیمار کود گوسفندی در مقایسه با سایر تیمارهای کودی بیشتر بود. از طرفی استفاده از پساب شهری سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص چغندر قند در مقایسه با آب معمولی گردید. همچنین بیشترین شاخص برداشت و راندمان استحصال شکر از تیمار آبیاری با آب معمولی به‌دست آمد.

کلمات کلیدی: پساب شهری، چغندر قند، شاخص سطح برگ، کودآلی.

مقدمه:

امروزه استفاده از پساب فاضلاب شهری به‌عنوان یکی از منابع غیر متعارف آب، برای توسعه کشاورزی در نواحی خشک و نیمه خشک مورد توجه قرار گرفته است. کاربرد فاضلاب‌های شهری و صنعتی در آبیاری گیاهان زراعی به‌دلیل منبعی سرشار از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، از دیر باز در بسیاری از نقاط دنیا رواج داشته است (ترابیان و هاشمی، ۱۳۷۸).

در اغلب کشورهایی که با کمبود آب مواجه هستند پساب فاضلاب ضمن دارا بودن برخی عناصر مورد نیاز گیاه، ارزان ترین و قابل دسترس‌ترین منبع تأمین آب جهت آبیاری زمین های کشاورزی محسوب می‌گردد. پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب علاوه بر این‌که یک منبع آب پایدار به حساب می‌آید، بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاهان را تأمین نموده و از این طریق مصرف کودهای شیمیایی را در تولید محصولات کشاورزی کاهش می‌دهد (Coppola *et al.*, 2004). با توجه به بحران کمبود منابع آب و لزوم بهره‌برداری از منابع آب غیر متعارف، بهره‌گیری مطلوب و بهینه از پساب فاضلاب شهری یکی از مباحث مهم تحقیقاتی است. هر چند که این واقعیت را نیز نباید از نظر دور داشت که استفاده از پساب جهت آبیاری می‌تواند به‌عنوان برهم‌زننده اکوسیستم نیز عمل کند (Haruvy, 1998).

کاهش حاصلخیزی خاک در بسیاری از کشورهای در حال

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mrtadayon@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]

توسعه و استفاده مداوم گیاهان از منابع غذایی خاک، بدون جایگزینی مناسب و کافی، باعث کاهش عناصر غذایی و توان تولیدی خاک‌ها شده است. امروزه از کودهای شیمیایی به‌عنوان ابزاری برای دست‌یابی به حداکثر تولید گیاهان زراعی در واحد سطح استفاده می‌شود. این در حالی است که علاوه بر افزایش تولید، کیفیت و سلامت محصولات کشاورزی نیز باید مد نظر قرار گیرد (Balogh *et al.*, 2006). کود دامی یکی از منابع کود آلی است که استفاده از آن در سیستم‌های مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. کاربرد کمپوست بستر قارچ علاوه بر افزایش ماده آلی، به دلیل داشتن برخی عناصر باعث افزودن مقادیری نیتروژن، فسفر و برخی عناصر کم مصرف به خاک شده که این امر منجر به بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (Onal and Topcuoglu, 2012).

مطالعات مختلف نشان داده است که پسماندهای آلی موجود در برخی پساب‌ها، کمپوست‌ها و کودهای دامی به‌طور طبیعی حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای از عناصر پر مصرف و کم مصرف هستند که می‌توانند بر رشد گیاهان زراعی مهم و پرتوقع مانند چغندر قند مؤثر باشند. مطالعات اندکی در خصوص اثر پساب بر گیاه چغندر قند وجود دارد لیکن، پژوهش‌هایی مرتبط با پساب در مورد سایر گیاهان زراعی انجام شده است.

در مورد تأثیر کودهای آلی و معدنی بر فراهمی عناصر غذایی در خاک‌های آبیاری شده با پساب، تحت کشت چغندر قند مشاهده شده است که سطح برگ و زیتوده اندام هوایی و ریشه گیاهان چغندر قند رشد یافته در تیمار تلفیقی (کود شیمیایی نیتروژن + کود دامی) در مقایسه با تیمار کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم افزایش داشته است (Singh *et al.*, 2010). درگزارش دیگری Minhas و Samra (۲۰۰٤) بیان نمودند که در تیمار آبیاری با پساب بدون مصرف کود، عملکرد دانه گندم از ۱/۳ تن در هکتار به ٤/٤۹ تن در هکتار رسیده است. Mojid و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی برهمکنش اثر آبیاری با پساب شهری و کودهای معدنی در بنگلادش بیان نمودند که بیشترین عملکرد از تیمار آبیاری با ۷۵ درصد پساب تحت تیمار کود شیمیایی به‌دست آمد. همچنین بالاترین میزان شاخص سطح برگ از تیمار آبیاری با پساب خام تحت شرایط استفاده از کود شیمیایی به‌دست آمد. در بررسی استفاده از پساب شهری شهرکرد به‌منظور کشت ذرت علوفه‌ای و پایش اثرات استفاده از پساب بر عملکرد گیاه مشاهده شد که تیمار ۲۵ درصد آب چاه + ۷۵ درصد پساب با ۱۹۹۰٤/۷ کیلوگرم در هکتار ماده خشک و تیمار ۱۰۰ درصد آب چاه بدون مصرف کود با ۱۵۹۹۵/۸ کیلوگرم در هکتار ماده خشک به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را به خود اختصاص دادند (عالی نژاد، ۱۳۹۰). در مطالعه انجام شده توسط Singh و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده شد که از بین گیاهان آبیاری شده با پساب فاضلاب، بیشترین عملکرد به گیاه نخود و پس از آن به گندم و شبدر برسیم اختصاص داشت. Clapp و همکاران (۱۹۸۷) اثر پساب فاضلاب‌های شهری را در چند ایالت آمریکا بر عملکرد تعدادی از گیاهان علوفه‌ای مطالعه نموده و به این نتیجه رسیدند که تأثیر پساب در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی نیترات آمونیوم، از نقطه نظر تأمین نیاز گیاه کاملاً قابل مقایسه بوده است. در بررسی اثرات کمپوست بستر قارچ در سطوح صفر، ۱۵، ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار بر عملکرد و مقدار عناصر کم مصرف فلفل، تحت شرایط گلخانه‌ای مشاهده شد که کاربرد کمپوست بستر قارچ تأثیر مهمی بر رشد و عملکرد گیاه فلفل داشت (Onal and Topcuoglu, 2012).

چغندر قند یک گیاه صنعتی و دومین گیاه زراعی قندی بعد از نیشکر است. سالانه حدود ۳۰ درصد شکر تولیدی در جهان، از کشت چغندر قند به‌دست می‌آید. آبیاری نقش مهمی در افزایش عملکرد و کیفیت چغندر قند ایفا می‌کند. نیاز آبی این گیاه در شرایط آب و هوایی ایران متغیر و در طول دوره رشد ۱۵۰ روزه، بین ۸۵۰ تا ۲۱۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (ابراهیمی پاک، ۱۳۸۹). هم‌اکنون این گیاه در ۲۰ استان کشور در سطحی حدود ۱۸٦ هزار هکتار کشت می‌شود (بی نام، ۱۳۸۹).

لذا با توجه به اهمیت استفاده از پساب تصفیه شده و نیز با عنایت به وجود منبع پساب تصفیه شده شهری در شهرستان شهرکرد و کشت متداول چغندر قند و وجود کارخانه قند در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]

این شهرستان، استفاده از پساب در تولید این گیاه امری ضروری است. بنابراین، بررسی تأثیر پساب شهری، کمپوست، کود گوسفندی و کود شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و رشد چغندر قند از اهداف پژوهش حاضر می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر پساب شهری، کمپوست بستر قارچ، کود گوسفندی و کود شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و رشد چغندر قند در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ درجه شرقی و با ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. قبل از کاشت، نمونه مرکبی از خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه گردید و جهت تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک به آزمایشگاه ارسال گردید (جدول ۱). همچنین در آزمایشگاه خصوصیات کمپوست بستر قارچ و کود گوسفندی تعیین شد (جدول ۲).

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی در سه سطح و عامل فرعی در چهار سطح انجام شد. عامل اصلی شامل سه مرحله آبیاری با پساب شهری در مرحله ۲ تا ٤ برگی چغندر قند، آبیاری با پساب شهری در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی چغندر قند و آبیاری با آب معمولی (شاهد) بود. گیاهان فقط در مرحله ۲ تا ٤ برگی و ۸ تا ۱۲ برگی با پساب و بقیه مراحل رشد با آب معمولی آبیاری شدند. آبیاری بر پایه تخلیه رطوبتی خاک در منطقه ریشه و از روش وزنی (تفاوت بین رطوبت خاک منطقه ریشه در ظرفیت زراعی و رطوبت زمان آبیاری) صورت گرفت. مقدار آب آبیاری در هر نوبت آبیاری با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$dn=(\frac{\theta_{FC}-\theta_i}{100}) \times \rho b \times D$$

که در آن θFC درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی، θi درصد وزنی رطوبت موجود در خاک قبل از آبیاری، ρb چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر) و dn عمق خالص آبیاری (سانتی‌متر) است. حجم آب مورد نیاز هر کرت با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

مساحت کرت × عمق خالص آبیاری = حجم آب

عامل فرعی شامل; کود گوسفندی، کمپوست بستر قارچ، کود شیمیایی براساس توصیه آزمون خاک و نیاز چغندر قند شامل نیتروژن از منبع اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات روی (۱۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات مس (۱۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات آهن (۳۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات منگنز (۱۵ کیلوگرم در هکتار)، بر (۲۰ کیلوگرم در هکتار) و بدون کود (شاهد) بود. در تیمارهایی که کود گوسفندی و کمپوست به‌کار برده شد، میزان نیتروژن قابل دسترس کود گوسفندی، معادل ۵۰ درصد نیتروژن کل آن و میزان نیتروژن قابل دسترس کمپوست، معادل ۳۰ درصد نیتروژن کل آن در نظر گرفته شد (Van Kessel and Reeves, 2002). به عبارت دیگر، به‌ازای ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره مورد نیاز چغندر قند (با توجه به آزمون خاک)، ۲۳ تن در هکتار کود گوسفندی و ۲۹ تن در هکتار کمپوست بستر قارچ استفاده شد. یک سوم کود نیتروژن در تیمار مورد نظر همزمان با کاشت و دو سوم دیگر به صورت سرک در دو نوبت در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی به کار برده شد. به منظور تعیین کیفیت آب مورد استفاده، قبل از آبیاری، نمونه‌برداری از پساب شهری و آب چاه صورت گرفت (جدول ۳). بذر چغندر قند مونوژرم رقم کاستیل با دست در کرت‌هایی به ابعاد ٤×۳ متر، با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، در شش ردیف و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در عمق ۲ سانتی‌متری خاک در یک طرف پشته در تاریخ ششم خرداد ماه کاشته شد به طوری‌که تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار حاصل گردید. پساب شهری از محل تصفیه خانه فاضلاب شهرکرد تأمین گردید.

اولین نمونه‌برداری از بوته‌های چغندر قند ۳۰ روز پس از سبز شدن آغاز و نمونه‌برداری‌های بعدی هر یک به فاصله ۳۰ روز یکبار صورت گرفت. به‌طوری‌که در مجموع ۵ مرحله نمونه‌برداری از گیاهان انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]

جدول ١- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

بافت خاک	pH	EC (دسی زیمنس بر متر)	OC (درصد)	کربنات کلسیم معادل	نیتروژن (درصد)	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	آهن
						(میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
سیلتی شنی	٧/٧٩	٠/٥٤٧	٠/٧٢٣	٢٧/٥	٠/٠٩٦	١٧/٤	٣٦٥	٠/٦٣	٨/٥٧	٤/٦١

جدول٢- برخی ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

ویژگی	واحد	کود گوسفندی	کمپوست بستر قارچ
کربن آلی	٪	٢٧/١	٢٥/٥
نیتروژن	٪	٠/٩٨٣	١/٢٨
فسفر	٪	٠/٤١٢	٠/٥١٣
پتاسیم	٪	٠/٥٢٥	٠/٦٣٩
آهن	mg/kg	١٢٧	٣٥٢
روی	mg/kg	٣٠/١٤	٩٩/٢٣

جدول ٣- شاخص‌های کیفیت آب چاه و پساب شهری تصفیه خانه شهرکرد و مقایسه آن‌ها با استانداردهای توصیه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران (سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ١٣٧٨)

معیار اندازه‌گیری شده	واحد	آب چاه	پساب	مرز استاندارد آلوده کننده‌ها در پساب برای مصارف کشاورزی
pH	-	٧/٥٢	٧/٣٦	٦ – ٨/٥
هدایت الکتریکی	dS/m	٠/٣٠٥	٠/٩١٢	-
سدیم	mg/l	٥/٧٥	٧٤/٥٢	-
نیتروژن کل	mg/l	٨/٥	٢١	-
فسفر کل	mg/l	٠/٠٧	١٨/٥	-
پتاسیم	mg/l	٦/٢٢	٣٦/٧٧	-
آهن	mg/l	٠/٠١١	٠/٢١٦	٣
روی	mg/l	٠/٠١	٠/١٠١	٢
ماده آلی	٪	٠/٠٩	٢/٩٦	-

خشک اندام هوایی بوته‌های برداشت شده در دمای ٧٥ درجه سانتی گراد به مدت ٤٨ ساعت درون آون قرار گرفته، سپس توزین شدند. سنجش سطح برگ با استفاده از عکس‌برداری از برگ‌ها و نرم افزارImage Processing JPG انجام شد. با اندازه گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی، مقادیر شاخص‌های فیزیولوژیک و رشدی، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت جذب خالص (NAR) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

$$LAI = \frac{LA}{P}$$

LA: سطح برگ و P: سطح زمین (امام و نیک نژاد، ١٣٩٠).

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - t_1} \times \frac{1}{p}$$

w_1: وزن خشک اندام هوایی در زمان t_1، w_2: وزن خشک اندام هوائی در زمان t_2 و P: سطح زمین می‌باشد (امام و نیک نژاد، ١٣٩٠).

$$NAR = CGR/LAI$$

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]

همچنین راندمان استحصال شکر (Yield) از رابطه زیر محاسبه گردید:

Yield=(عیار قند/ درصد شکر قابل استحصال) × ١٠٠

داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS و MSTAT- C آنالیز و مقایسه میانگین عوامل آزمایشی با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد ارزیابی شدند و نمودارها و جداول مربوطه با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث:

شاخص سطح برگ چغندر قند: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به تیمارهای کودی در طول فصل رشد برای تمام تیمارهای کودی معنی‌دار و روند مشابهی داشت (شکل ١- a). روند تغییرات شاخص سطح برگ بوته‌های چغندر قند حاکی از آن است که در بین تیمارهای کودی تا ٣٠ روز پس از سبز شدن اختلاف زیادی وجود نداشت و شاخص سطح برگ در همه تیمارها به مقدار کمی افزایش یافت. از ٤٥ روز پس از سبز شدن و با افزایش دمای محیط، شاخص سطح برگ در همه تیمارهای کودی با سرعت بیشتری افزایش یافت و شاخص سطح برگ در ٩٠ روز پس از سبز شدن در همه تیمارها به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن با نزدیک شدن به آخر فصل و ریزش برگ های مسن، شاخص سطح برگ کاهش یافت.

بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار کود گوسفندی بود و نسبت به تیمار شاهد نیز در سایر تیمارهای کودی شاخص سطح برگ بیشتر بود که نشان‌دهنده تأثیر وجود عناصر غذایی مانند فسفر، پتاسیم و به‌ویژه نیتروژن، بر شاخص سطح برگ در این تیمارها بوده و همچنین نشان‌دهنده دسترسی گیاه به عناصر غذایی در تیمار کود گوسفندی در تمام طول دوره رشد بوده است. همان‌طور که در شکل ١- a مشاهده می شود حداکثر شاخص سطح برگ مربوط به تیمار کود گوسفندی معادل ٤/٨٤ و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار شاهد معادل یک بود.

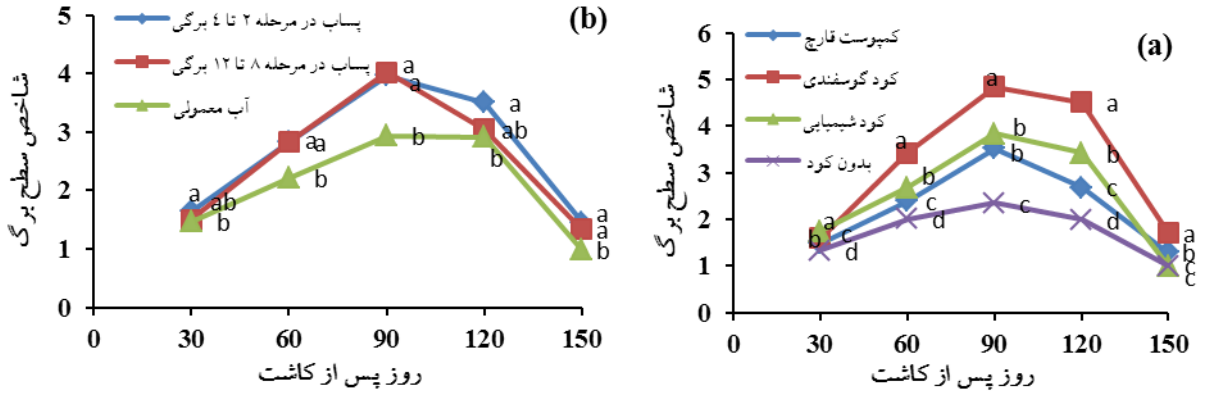
شاخص سطح برگ اثر بارزی بر بازده ماده خشک در مقایسه با میزان جذب خالص دارد (کوچکی و بنایان اول، ١٣٧٣). روند تغییرات شاخص سطح برگ، در تیمار آبیاری با پساب در مرحله ٢ تا ٤ برگی، با تیمار آبیاری با پساب در مرحله ٨ تا ١٢ برگی تفاوت چندانی نداشت. ولی با این وجود، در اواخر فصل رشد، در تیمار آبیاری با پساب در مرحله ٢ تا ٤ برگی، شاخص سطح برگ به میزان اندکی بیشتر از تیمار آبیاری با پساب در مرحله ٨ تا ١٢ بود. این موضوع نشان می‌دهد که وجود و فراهمی عناصر غذایی موجود در تیمارهای پساب به‌ویژه از اوایل فصل رشد تا انتهای فصل رشد، تأثیر مثبتی بر رشد گیاه به‌ویژه توسعه مساحت برگ‌ها و در نهایت افزایش شاخص سطح برگ چغندر قند داشته است و گیاه چغندر قند در تمام مراحل رشد از شاخص سطح برگ مطلوب برخوردار بوده است. Mojid و همکاران (٢٠١٢) بیان نمودند که بالاترین میزان شاخص سطح برگ (٣/٦٣) در ٦٥ روز پس از کاشت از تیمار آبیاری با پساب خام تحت شرایط استفاده از کود شیمیایی به‌دست آمد.

سرعت رشد محصول: سرعت رشد محصول در تمام تیمارهای آزمایشی از مراحل اولیه نمونه‌برداری به‌طور خطی افزایش یافت و ٦٠ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود معادل ١٠/٠١ گرم بر متر مربع در روز رسیده است (شکل ٢- a). پس از آن به‌دلیل مسن شدن برگ‌ها و نیز توسعه ساختار برگ و افزایش شاخص سطح برگ و احتمالاً در سایه قرار گرفتن تعدادی از برگ‌ها، از سرعت رشد محصول کاسته شده و این روند نزولی تا پایان دوره رشد ادامه داشته است. سرعت رشد محصول در مراحل اولیه، به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و عدم جذب تابش کامل نور خورشید کم بوده است. گزارش شده است با نمو گیاهان زراعی افزایش سریعی در سرعت رشد محصول پدید می‌آید، زیرا سطح برگ‌ها توسعه یافته و نور کمتری از لابه‌لای جامعه گیاهی به سطح خاک برخورد می‌کند (کوچکی و بنایان اول، ١٣٧٣).

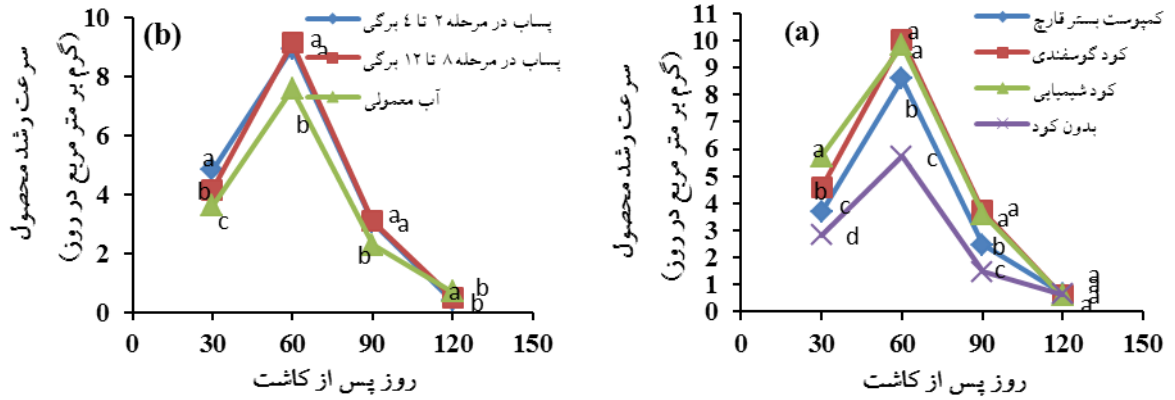
تیمار کود شیمیایی در مقایسه با تیمار کود گوسفندی در اوایل فصل موجب بهبود رشد اولیه گیاه و افزایش رشد برگی شد (شکل ١) که ناشی از وجود و فراهمی زیاد عناصر غذایی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]



شکل ١-" تأثیر تیمارهای کودی (a) و تیمارهای آبیاری (b) بر شاخص سطح برگ چغندر قند"



شکل ٢- "تأثیر تیمارهای کودی (a) و تیمارهای آبیاری (b) بر سرعت رشد محصول چغندر قند"

در اوایل فصل رشد در تیمار کود شیمیایی و افزایش سطح برگ چغندر قند در این تیمار، سبب بالا رفتن سرعت رشد محصول متناسب با تولید برگ گردید. با توجه به شکل 2- a می‌توان دریافت که سرعت رشد محصول قبل از آنکه سطح برگ به حداکثر مقدار خود برسد (شکل ١- a)، به بالاترین مقدار خود رسیده است که این امر نشانگر آن است که سطح برگ مطلوب برای چغندر قند و حفظ آن در طول فصل رشد، کمتر از مقداری است که تیمارهای کودی ایجاد نموده‌اند و علت عمده کاهش سرعت رشد محصول، افزایش سطح برگ و سایه اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر و در نهایت کم شدن سرعت فتوسنتز می‌باشد.

در تیمار کود گوسفندی، مواد غذایی مورد نیاز گیاه بایستی در اثر معدنی شدن کود فراهم گردد که به نظر می‌رسد به علت سرعت کم معدنی شدن در مراحل اولیه رشد، دسترسی به عناصر غذایی برای بوته‌های چغندر قند محدود بوده و با گذشت زمان، این محدودیت کاهش یافته و سرعت رشد محصول آن در مراحل بعدی رشد بر سایر تیمارها پیشی گرفته است.

در مراحل ابتدایی رشد، سرعت رشد محصول در تیمار آبیاری با پساب در مرحله ٢ تا ٤ برگی نسبت به سایر تیمار-های آبیاری بیشتر بود (شکل 2- b). در ادامه فصل رشد، روند تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای آبیاری با پساب در مقایسه با آب معمولی اختلاف قابل توجهی پیدا کرد. تیمار آبیاری با آب معمولی در طول فصل رشد، کمترین سرعت رشد محصول را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (شکل ٢- b).

سرعت جذب خالص: با توجه به شکل ٣ مشاهده می‌شود که در تیمارهای کودی در مراحل اولیه رشدی سرعت جذب خالص در همه تیمارها نسبت به سایر مراحل رشدی بیشتر بوده است. این موضوع به آن علت است که جذب نور در اوایل فصل رشد در سایه انداز گیاهی حداکثر بوده و از طرفی هنوز برگ‌ها بر روی یکدیگر سایه اندازی نکرده‌اند. در بین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]

تیمارها، کود شیمیایی به لحاظ تأمین عناصر غذایی از ابتدای مراحل رشدی، موجب افزایش بیشتر سطح برگ در اوایل فصل رشد و توسعه سریع سایه انداز گردیده و امکان سرعت جذب خالص بیشتر را فراهم ساخته است. به همین علت در اوایل فصل رشد، در تیمارهایی که بوته‌های چغندر قند مقادیر بالایی از نیتروژن دریافت کرده‌اند دارای سرعت جذب خالص بیشتری بوده‌اند (شکل ۳- a). در اوایل فصل رشد با مصرف کود شیمیایی، رشد اولیه گیاه بهبود یافته و در نتیجه سرعت جذب خالص در تیمار کود شیمیایی بیشتر از کود گوسفندی و کمپوست بستر قارچ بود. در چغندر قند در اوایل دوره رشد، سرعت جذب خالص نسبت به مراحل بعدی رشد بیشتر است (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰). پس از این مرحله، به‌دلیل توسعه سطح برگ و افزایش شاخص سطح برگ (شکل ۱-a) برگ‌های بیشتری تولید شده و سطح برگ تک بوته‌ها افزایش یافته‌است که موجب سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر شده که با ادامه فصل رشد، سرعت جذب خالص کاهش یافته است.

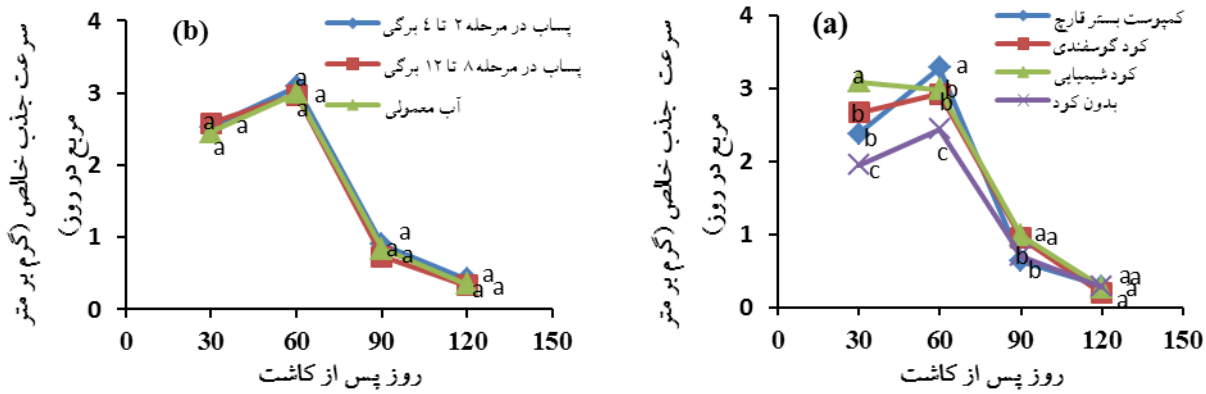
روند تغییرات سرعت جذب خالص در پاسخ به تیمارهای مختلف آبیاری در طول فصل رشد در شکل 3- b نشان داده شده است. تغییرات سرعت جذب خالص در همه تیمارهای آبیاری روند مشابهی داشت. همچنین اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری در طی فصل رشد مشاهده نشد. با گذشت زمان و در اواخر فصل رشد نیز سرعت جذب خالص روند کاهشی نشان داد. روند کاهش سرعت جذب خالص با روند توسعه شاخص سطح برگ در همین تیمارها (شکل ۱-b) هماهنگ می‌باشد که نشان‌دهنده رابطه معکوس افزایش شاخص سطح برگ با کاهش سرعت جذب خالص در طی فصل رشد گیاه می‌باشد. سرعت جذب خالص، تخمینی از کارایی فتوسنتز در برگ‌ها در یک گیاه و یا در یک جامعه گیاهی می‌باشد. تولید ماده خشک نسبت به سطوح فتوسنتز کننده در طول زمان از روند کاهشی برخوردار است و این بدان خاطر است که با بزرگ شدن برگ‌ها و افزایش تعداد آن‌ها قسمتی از سطح برگ‌ها در سایه یکدیگر قرار گرفته و بنابراین، برگ‌های پیرتر به همان میزانی که برگ‌های بالایی جامعه گیاهی فتوسنتز می‌کنند، کارایی نخواهند داشت.

نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه: همان‌طور که در شکل ۴- a مشاهده می‌شود، تیمارهای کودی بر نسبت ماده خشک اندام هوایی به ماده خشک ریشه (عملکرد ریشه) اثر گذاشته‌اند. تیمار کود گوسفندی، به‌دلیل افزایش رشد اندام هوایی، بیشترین ماده خشک و تیمار شاهد (بدون کود) کمترین ماده خشک اندام هوایی را تولید نمود. البته اختلاف ناشی از افزایش وزن خشک در اثر مصرف کود-های آلی و شیمیایی در اوایل فصل رشد، کمتر به چشم می-خورد و بیشترین اختلاف با سپری شدن فصل رشد و بیشتر در اواسط فصل رشد مشاهده می‌شود. تا هنگامی که شرایط تغذیه‌ای و محیطی برای گیاه مناسب باشد مواد فتوسنتزی به جای ذخیره شدن به صورت ساکارز در ریشه چغندر قند، صرف رشد رویشی می‌گردد. آزاد شدن نیتروژن از منابع کود-های آلی تا اواخر فصل رشد و در نتیجه امکان جذب نیتروژن توسط گیاه از منابع باقی مانده موجود در خاک، در کل دوره رشدی گیاه چغندر قند موجب افزایش نسبت مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد اندام هوایی در مقایسه با ماده خشک ریشه می‌گردد (Maidl and Fischbeck, 1989). افزایش نسبت ماده خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه، در تیمارهای کودی به‌ویژه کود گوسفندی با روند توسعه و افزایش شاخص سطح برگ در همین تیمارها منطبق می‌باشد (شکل ۱- a). به عبارتی، افزایش ماده خشک اندام هوایی چغندر قند که عمدتاً شامل برگ‌ها می‌باشد همراه با توسعه برگ‌ها یا افزایش شاخص سطح برگ بوده است.

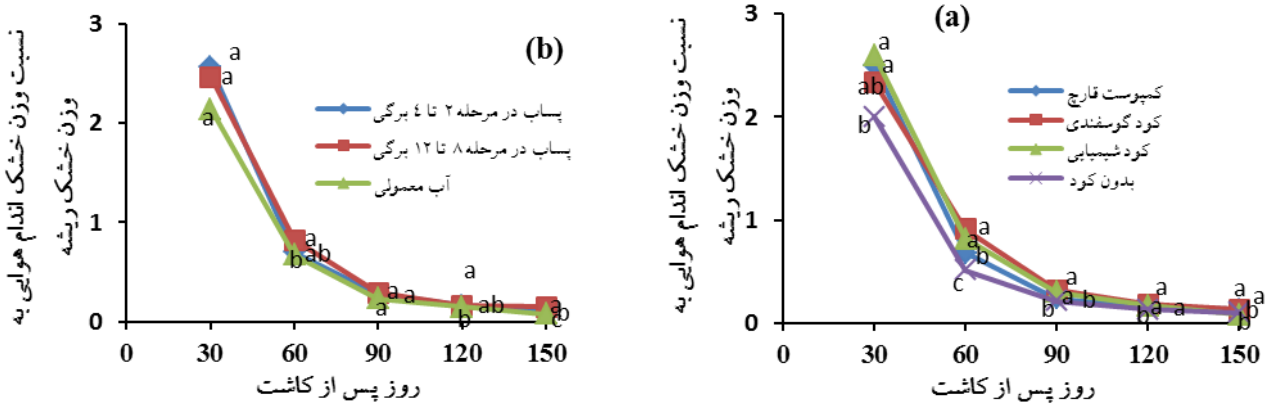
آبیاری با پساب در هر مرحله رشدی چغندر قند، سبب کاهش ماده خشک ریشه شده است. با توجه به شکل ۴- b آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی بیشترین نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه را به خود اختصاص داده‌است. در واقع، وجود نیتروژن نسبتاً زیاد و در دسترس، در طی دوره رشد موجب تداوم رشد رویشی و توسعه سایه‌انداز تا اواخر فصل رشد چغندر قند گردیده و مواد فتوسنتزی تولید شده به جای اختصاص به ریشه ذخیره‌ای، در جهت تولید اندام

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]



شکل ۳- "تأثیر تیمارهای کودی (a) و تیمارهای آبیاری (b) بر سرعت جذب خالص چغندر قند"



شکل ۴- "تأثیر a) تیمارهای کودی و b) تیمارهای آبیاری بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه چغندر قند"

هوایی مورد مصرف قرار گرفته‌اند. همچنین، کمترین نسبت ماده خشک اندام هوایی به ریشه را تیمار آب معمولی تولید نمود که نشان‌دهنده آن است که گیاه به دلیل دسترسی کمتر به مواد غذایی در آب معمولی، نسبت تسهیم مواد را تغییر داده و ماده خشک بیشتری را در اواخر فصل رشد به ریشه‌ها اختصاص داده است.

وزن زیتوده در زمان برداشت: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد وزن زیتوده چغندر قند در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کودی و آبیاری قرار گرفت (جدول ٤). در بین کرت‌های دریافت کننده کود، بیشترین وزن زیتوده چغندر قند مربوط به تیمار کود گوسفندی بود که اختلاف آن با تیمار شاهد (بدون کود) معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشتر بودن وزن زیتوده در این تیمار با بیشتر بودن شاخص سطح برگ (شکل ۱- a) و سرعت رشد محصول (شکل 2- a) مطابقت داشت. همچنین از نظر وزن زیتوده، بین تیمار کود شیمیایی و کمپوست بستر قارچ، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیش‌ترین وزن زیتوده از تیمار آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی به دست آمد که این میزان برابر با ۲٦/۰٦ تن در هکتار بود (جدول ۵). همچنین بین تیمار آبیاری با پساب در مرحله ۲ تا ٤ برگی و آب معمولی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. Shende (۱۹۸۸) گزارش کرد که استفاده مجدد از فاضلاب در هر یک از مراحل تصفیه، در مقایسه با آب شیرین (همراه با مقادیر استاندارد کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به منظور آبیاری مزارع سیب زمینی و پنبه وزن زیتوده بیشتری را نشان داد.

شاخص برداشت: براساس نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت چغندر قند تحت تأثیر تیمارهای کودی، آبیاری و اثر متقابل کوددهی و آبیاری قرار گرفت (جدول ٤). در این آزمایش، شاخص برداشت چغندر قند در بین تیمارهای کودی، دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین شاخص

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس تأثیر پساب شهری و کودهای آلی و معدنی بر صفات چغندر قند

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن زیتوده در زمان برداشت	شاخص برداشت	راندمان استحصال شکر
بلوک	٢	٣/٣٣*	١٣/٠٧*	٠/٨٧*
آبیاری با پساب	٢	٢٩/١٠**	٥٨/٨٣**	٢/٨٦**
خطا (a)	٤	٢/٨٨	٥/٨٢	٠/٦٣
کود	٣	٣٢/٦٥**	١٨/٧٦**	٥/١١**
کود × آبیاری با پساب	٦	١/٤٩ns	٧/٣*	٠/٦٨*
خطا (b)	١٨	٠/٩٦	٢/٧٥	٠/٢٣
ضریب تغییرات		٤/٠٢	١/٩٨	١/٧٢

* معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد و ns غیر معنی‌دار.

جدول ٥- نتایج مقایسه میانگین صفات چغندر قند

	عوامل آزمایشی	وزن زیتوده در زمان برداشت (تن در هکتار)	شاخص برداشت	راندمان استحصال شکر (درصد)
آبیاری	آبیاری با پساب در مرحله ٢ تا ٤ برگی	٢٤/٢٥ab	٨٤/٢٦a	٨٦/٦٩ab
	آبیاری با پساب در مرحله ٨ تا ١٢ برگی	٢٦/٠٦a	٨١/٩١b	٨٦/٣٢b
	آب معمولی	٢٢/٩٦b	٨٥/٢a	٨٧/٢٩a
تیمارهای کودی	کمپوست قارچ	٢٥/٤٢ab	٨٤/٥١ab	٨٦/٧٤b
	کود گوسفندی	٢٥/٩٧a	٨١/٨٨c	٨٥/٧٧c
	کود شیمیایی	٢٤/٦b	٨٣/٨٧b	٨٦/٩٨b
	بدون کود	٢١/٩٦c	٨٥a	٨٧/٥٨a

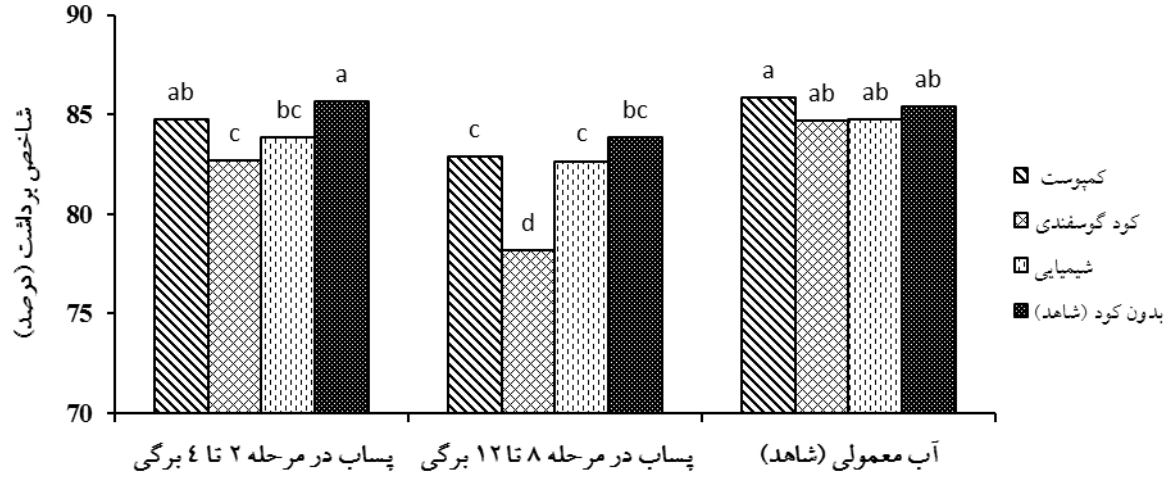
حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشد

برداشت به میزان ٨٥ درصد در تیمار شاهد (بدون کود) به دست آمد که اختلاف آن با تیمار کود گوسفندی معنی‌دار بود (جدول ٥). همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمار کمپوست بستر قارچ و کود شیمیایی مشاهده نشد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیش‌ترین شاخص برداشت از تیمار آبیاری با آب معمولی به دست آمد که این میزان برابر با ٨٥/٢ درصد بود (جدول ٥). شاخص برداشت چغندر قند در تیمارهای آبیاری با پساب در مرحله ٢ تا ٤ برگی و تیمار آبیاری با پساب در مرحله ٨ تا ١٢ برگی نسبت به تیمار آب معمولی کاهش نشان داد که می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر تیمار آبیاری با پساب در مرحله ٨ تا ١٢ برگی در افزایش عملکرد اندام هوایی چغندر قند بیشتر از تأثیر آن در افزایش عملکرد ریشه نسبت به سایر تیمارها بوده که با نتایج به‌دست آمده در خصوص نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه مطابقت دارد (شکل 4- b).

برهمکنش تیمار آبیاری با آب معمولی و کمپوست بستر قارچ بیشترین و برهمکنش تیمار آبیاری با پساب در مرحله ٨ تا ١٢ برگی و کود گوسفندی دارای کمترین شاخص برداشت بودند (شکل ٥).

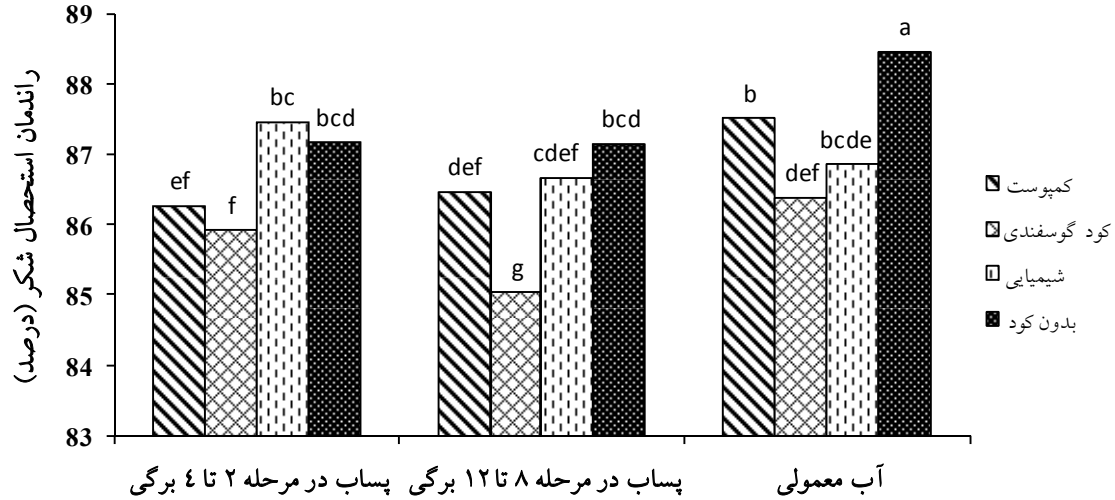
در بررسی اثرات کاربرد پساب تصفیه شده و کود شیمیایی بر عملکرد کلم بروکلی مشاهده شد که عملکرد بیولوژیک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]



شکل ٥- برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی بر شاخص برداشت چغندر قند.

حروف مشابه در ستون‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشند.



شکل ٦- برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی بر راندمان استحصال شکر چغندر قند.

حروف مشابه در ستون‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشند.

تیمار آبیاری با آب چاه و فاضلاب در مقایسه با آبیاری با آب چاه بیشتر بود (رجبی و قائمی، ۱۳۹۱). مصطفی‌زاده فرد و همکاران (۱۳۸٤) دریافتند که شاخص برداشت ذرت و آفتابگردان تحت تأثیر تیمار نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری با پساب قرار نگرفت.

راندمان استحصال شکر: براساس نتایج تجزیه واریانس، راندمان استحصال شکر تحت تأثیر تیمارهای کودی، آبیاری و اثر متقابل کوددهی و آبیاری قرار گرفت (جدول ۸). در این پژوهش، برهمکنش تیمار آبیاری با آب معمولی و بدون کود (شاهد) بیشترین و برهمکنش تیمار آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی و کود گوسفندی دارای کمترین راندمان استحصال شکر بودند (شکل ٦). در بین تیمارهای آبیاری، بیشترین راندمان استحصال شکر به تیمار آبیاری با آب معمولی اختصاص داشت. همچنین بین تیمار آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی و مرحله ۲ تا ٤ برگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۹). این موضوع نشان می‌دهد که در تیمارهایی که کود نیتروژن کمتری وجود داشته است چغندر قند، نیتروژن مضره کمتری در ریشه تجمع داده و نسبت ساکارز به نیتروژن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]

مضره بیشتر شده و در نتیجه راندمان استحصال شکر افزایش داشته است.

راندمان استحصال شکر به مقدار نمک‌های سدیم، پتاسیم و اسیدهای آمینه موجود در ریشه بستگی دارد. برای بالا بردن این راندمان، ریشه‌ها باید حاوی مقدار زیادی قند و دارای مقادیر کمی نمک‌های سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره (نسبت به درصد ساکارز) باشند. اختلاف بین مقدار این نمک‌ها و نیتروژن موجود در کود گوسفندی موجب تفاوت راندمان استحصال شکر در تیمارهای مختلف کودی گشته و سبب شده است تا اختلاف معنی‌داری در راندمان استحصال شکر در تیمارهای موجود به‌وجود آید. در آزمایشی، به‌منظور بررسی پیامدهای استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده خانگی در آبیاری چغندر قند مشاهده شد که عیار قند، درصد شکر قابل استحصال و راندمان استحصال شکر به ترتیب از تیمار آب چاه به تیمار مخلوط و سپس تیمار پساب روند کاهشی داشت (گازران، ۱۳۷٦).

نتیجه‌گیری:

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که اگرچه کاربرد تیمار پساب شهری در مرحله هشت تا دوازده برگی و دو تا چهار برگی موجب افزایش صفات رشدی در چغندر قند گردید، لیکن اثر تیمارهای پساب بر صفات شاخص برداشت و راندمان استحصال شکر معنی‌دار بوده و موجب کاهش این صفات گردیده است. لذا از آنجا که کاشت چغندر قند به منظور تولید قند صورت می‌گیرد، آبیاری با با آب معمولی موجب ارتقاء صفات کیفی می‌گردد.

منابع:

ابراهیمی پاک، ن. ع. (۱۳۸۹) گزارش نهایی تعیین تبخیر – تعرق پتانسیل گیاه چغندر قند با استفاده از لایسیمتر در شهرکرد: گزارش نهایی به شماره ۸۹/۹۰۹ مورخ ۱۳۸۹/۸/۹ مرکز اسناد علمی کشاورزی، ۱۰۵ صفحه، مؤسسه خاک و آب.

امام، ی. و نیک نژاد، م. ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. دانشگاه شیراز. ۵۷۰ صفحه.

آمارنامه کشاورزی. محصولات زراعی و باغی. (۱۳۸۹) وزارت جهاد کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

ترابیان، ع. و هاشمی، ف. (۱۳۷۸) آبیاری فضای سبز با پساب تصفیه شده تصفیه خانه‌های تهران. آب و فاضلاب. ۲۹: ۳۶-۳۱.

رجبی سرخنی، م. و قائمی، ع. ا. (۱۳۹۱) بررسی اثرات کاربرد پساب تصفیه شده و کودهای شیمیایی بر عملکرد کلم بروکلی. مدیریت آب و آبیاری، ۲: ۲٤-۱۳.

سازمان حفاظت محیط زیست ایران. (۱۳۷۸) ضوابط و استانداردهای زیست محیطی. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست ایران، تهران.

عالی نژاد، ا. (۱۳۹۰) تعیین توابع آب – عملکرد ذرت علوفه‌ای در آبیاری با پساب شهری و تأثیر آن بر برخی خصوصیات خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهرکرد. شهرکرد. ایران.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. (۱۳۷۳) فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

گازران، ع. (۱۳۷٦) پیامدهای استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده خانگی در آبیاری چغندر قند. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد. ایران.

مصطفی‌زاده فرد، ب.، میرمحمدی میبدی، ع. م. و یاریان کوپایی، م. (۱۳۸٤) مقایسه خصوصیات آفتابگردان، ذرت و چغندر قند تحت سیستم‌های مختلف آبیاری با پساب. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳٦: ۱۲۲۲-۱۲۱۵.

Balogh, A., Pepo, P. and Hornok, M. (2006) Interactions of crop year, fertilization and variety in winter wheat management. Cereal Research Communication 34: 389-392.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]

wastewater and inorganic fertilizers on wheat cultivation in Bangladesh. Field Crops Research. 134: 200-207.

Onal, M. and Topcuoglu, K. B. 2012. The effect of spent mushroom compost on the dry matter and mineral content of pepper (*Piper nigrum*) grown in greenhouse. Available online at: konal@akdeniz.edu.tr. Accessed 18 April 2012.

Shende, G.B. (1988) Agronomical aspects of wastewater irrigation. Biswas and Arar, London.

Singh, A., Agrawal, M. and Marshall F. M. (2010) The role of organic vs. inorganic fertilizers in reducing phytoavailability of heavy metals in a wastewater-irrigated area. Ecological Engineering 36:1733–1740.

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

Van Kessel, J. S. and Reeves, J. B. (2002) Nitrogen mineralization potential of dairy manures and its relationship to composition. Biological Fertilizer Soils 36: 118-123.

Clapp, C. E., Palazzo, A. J., Larson, W. E., Martenand, G. C. and Lindem, D. R. (1987) Uptake of nutrients by plants irrigated with municipal wastewater effluent. In: state of knowledge in land treatment of waste water (ed. Hanover, N. H.) pp: 395- 404. Army Crops of Engineers.

Coppola, A., Santini, A., Botti, P., Vacca, S., Comegna, V. and Severino, G. (2004) Methodological approach for evaluating the response of soil hydrological behavior to irrigation with treated municipal wastewater. Journal of Hydrology 292: 114-134.

Haruvy, N. (1998) wastewater reuse-regional and economic considerations. Resources, Conservation and Recycling 23: 57-66.

Maidl, F.X., and Fischbeck, G. (1989) Effect of long term application of farmyard manure on growth and quality of sugar beet. Crop Science 162: 248-255.

Minhas, P. S. and Samra, J.S. (2004) Wastewater Use in Pere-urban Agriculture: Impacts and Opportunities. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India, p. 75.

Mojid, M. A., Biswas, S. K., and Wyseure, G. C. L. (2012) Interaction effects of irrigation by municipal

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.11.1]