

تأثیر پساب شهری و منابع مختلف کودی بر غلظت برخی عناصر و رشد شاخساره چغندر قند

الهه احمدپور دهکردی، محمودرضا تدین* و علی تدین^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۷)

چکیده

به منظور بررسی اثر پساب شهری و منابع مختلف کودی بر غلظت عناصر پرمصرف و کم مصرف و رشد شاخساره چغندر قند، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام گرفت. تیمارها شامل سه مرحله آبیاری با پساب شهری در مرحله ۲ تا ۴ برگ چغندر قند، آبیاری با پساب شهری در مرحله ۸ تا ۱۲ برگ چغندر قند، آبیاری با آب معمولی (شاهد) به عنوان عامل اصلی و چهار تیمار کودی شامل کود گوسفندی، کمپوست بستر قارچ، کود شیمیایی و بدون کود (شاهد) به عنوان عامل فرعی آزمایش بود. نتایج نشان داد استفاده از پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگ به طور معنی داری سبب افزایش تعداد برگ و وزن خشک شاخساره چغندر قند در مقایسه با آب معمولی شد. همچنین آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگ اثر معنی داری بر غلظت عناصر P، N و K در شاخساره چغندر قند داشت. اما تأثیر پساب بر غلظت عناصر آهن و روی معنی دار نبود. در بین تیمارهای کودی نیز بالاترین وزن خشک شاخساره و تعداد برگ به تیمار کود گوسفندی و همچنین بیشترین غلظت عناصر آهن و روی به تیمار کمپوست قارچ اختصاص داشت.

کلمات کلیدی: پساب شهری، چغندر قند، کمپوست بستر قارچ، عناصر پرمصرف و کم مصرف.

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mrtadayon@yahoo.com

مقدمه

در سال‌های اخیر به دلیل تغییرات اقلیمی، کشاورزی فشرده و پیشرفت سریع فعالیت‌های صنعتی و رشد جمعیت، منابع آبی روز به روز در سرتاسر جهان رو به کاهش هستند لذا، راهکارهایی در زمینه چرخش و استفاده مجدد از فاضلاب، به جای تخلیه آنها به محیط زیست امری ضروری و مهم می‌باشد (۲۴). استفاده از فاضلاب در آبیاری گیاهان زراعی را می‌توان به زمان‌های خیلی دور و یونان باستان نسبت داد (۱۷). با اعمال مدیریت مناسب و استفاده صحیح از پساب‌ها، می‌توان ضمن تأمین بخشی از نیازهای غذایی گیاهان زراعی، سبب بهبود حاصلخیزی خاک شده و فرصتی برای پیوستن ایمن‌تر پساب‌های شهری به چرخه آب فراهم می‌گردد (۲۴). استفاده از مواد آلی، یکی از مهم‌ترین راه‌های تأمین و افزایش ماده آلی خاک و بازچرخش طبیعی این ترکیبات است. کاربرد کودهای آلی در خاک‌های شنی، به نگهداری آب و مواد غذایی کمک می‌کند. همچنین استفاده از مواد آلی، باعث افزودن مقادیری مناسب از نیتروژن و فسفر و همچنین عناصر کم مصرف نظیر آهن و روی به خاک شده که این امر، منجر به بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (۲۵). در ایران، مقدار ماده آلی خاک در بیش از ۶۰ درصد از اراضی کشاورزی، کمتر از یک درصد است. یکی از کودهای آلی، کمپوست باقی‌مانده حاصل از تولید قارچ می‌باشد. پسمان‌های تولید شده در صنعت تولید قارچ خوراکی، که شامل بستر کشت قارچ می‌باشد دارای ویژگی‌ها و پتانسیل لازم به عنوان یک ماده آلی اصلاح کننده برای کاربرد در زمین‌های کشاورزی می‌باشد (۲۲). این پسمان‌ها به عنوان کمپوست بستر قارچ شناخته شده و معمولاً پس از مراحل تولید قارچ، دور ریخته می‌شود. کمپوست تولید شده در صنعت قارچ خوراکی، مخلوطی از مواد آلی پایدار می‌باشد و از اجزای مختلفی مانند کاه و کلش، کود مرغی، کود اسبی، علوفه یونجه و سنگ گچ ساخته شده است (۱۳). مطالعات مختلف نشان داده است که پسمان‌های آلیف مانند برخی پساب‌ها، کمپوست و کودهای دامی به طور طبیعی حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای از

عناصر کم مصرف و پرمصرف هستند. نتایج سینگ و آگراوال (۲۰) در زمینه تأثیر آبیاری با پساب، بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تجمع فلزات سنگین در چغندر قند نشان دادند که در بلند مدت، آبیاری با پساب، سبب تجمع فلزات در خاک شده و جذب آنها توسط گیاه افزایش پیدا می‌کند. آنها از میان الگوهای متفاوت آبیاری، آبیاری متناوب با آب چاه و پساب را پیشنهاد کردند. در مطالعات صورت گرفته توسط سایر پژوهشگران از جمله آیرز و وستکات (۹) مشخص گردید پساب تا حدی می‌تواند عناصر مورد نیاز را در اختیار گیاهان قرار دهد، اما استفاده توأم از منابع کود دامی و شیمیایی، در این شرایط می‌تواند بر عملکرد گیاهان بیفزاید. کودهای شیمیایی در این بین، سریع‌تر و به میزان مؤثرتری عناصر را در اختیار گیاهان قرار می‌دهند، اما کودهای دامی نیز محتوی اکثر عناصر غذایی لازم برای رشد گیاهان هستند. توسلی و همکاران (۲)، در بررسی اثر فاضلاب تصفیه شده همراه با مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت عناصر و عملکرد ذرت دریافتند که استفاده از پساب به طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد علوفه تازه و عملکرد دانه نسبت به آب معمولی شد. همچنین تیمار پساب، تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر P, N و K در علوفه گیاه ذرت داشت. تدین (۱) در مطالعه خود بر تأثیر پساب کارخانه قند، بر درصد عناصر اندام هوایی و اجزای عملکرد دو رقم گندم مشاهده نمود که استفاده از پساب کارخانه قند می‌تواند منجر به کاهش درصد عناصر غذایی موجود در دانه و عملکرد گندم شود. با توجه به بروز خشکسالی‌های اخیر و محدودیت ناشی از تأمین آب جهت تولید گیاهان زراعی به‌ویژه چغندر قند و از طرفی، به دلیل وجود پساب‌ها در اکثر مناطق شهری و افزایش تولید پسمان‌های آلی که می‌توان از آنها به منظور مصرف کمتر کودهای شیمیایی و تأمین غلظت عناصر کم مصرف و پرمصرف مورد نیاز گیاهان استفاده نمود، هدف این پژوهش، ارزیابی تأثیر پساب شهری و منابع مختلف کودی، بر غلظت برخی عناصر و رشد شاخساره چغندر قند صورت بوده است.

جدول ۱. شاخص‌های کیفیت آب چاه و پساب شهری تصفیه خانه شهرکرد و مقایسه آنها با استانداردهای توصیه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۴)

معيار اندازه‌گیری شده	واحد	آب چاه	پساب	مرز استاندارد آلوده کننده‌ها در پساب برای مصارف کشاورزی
هدایت الکتریکی	m/dS	۰/۳۰۵	۰/۹۱۲	-
نیتروژن کل	۱/mg	۸/۵۲	۲۱	-
فسفر کل	۱/mg	۰/۰۷۱	۱۸/۵	-
پتاسیم	۱/mg	۶/۲۲	۳۶/۷	-
آهن	۱/mg	۰/۰۱۱	۰/۲۱۶	۳
روی	۱/mg	۰/۰۱۲	۰/۱۰۱	۲
ماده آلی	%	۰/۰۹۴	۲/۹۶	-

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور تأثیر پساب شهری و منابع مختلف کودی بر رشد و غلظت برخی عناصر در اندام هوایی 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 اجرا گردید. قبل از کاشت، نمونه مرکبی از خاک مزرعه تهیه و جهت تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متر به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج تجزیه خاک مزرعه مورد مطالعه، نشان داد که بافت خاک از نوع سیلتی شنی بوده علاوه بر این، میزان pH خاک ۷/۷۹، EC برابر ۰/۵۴۷ دسی‌زیمنس بر متر و کربنات کلسیم معادل ۲۷/۵ بود. میزان نیتروژن خاک ۰/۰۹۶ درصد و میزان فسفر و پتاسیم به ترتیب برابر ۱۷/۴ و ۳۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. همچنین میزان عناصر کم مصرف روی، منگنز و آهن به ترتیب برابر ۰/۶۳۱، ۸/۵۷ و ۴/۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. در آزمایشگاه نیز خصوصیات کمپوست بستر قارچ و کود گوسفندی مصرفی آزمایش و تعیین شد. نتایج تجزیه کودهای آلی مورد استفاده در این پژوهش، نشان داد که میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم کود گوسفندی به ترتیب برابر ۰/۹۸۳، ۰/۴۱۲ و ۰/۵۲۵ درصد بوده، همچنین میزان آهن و روی در این کود،

به ترتیب برابر ۱۲۷ و ۳۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کمپوست بستر قارچ نیز به ترتیب برابر ۱/۲۸، ۰/۵۱۳ و ۰/۶۳۹ درصد بوده، علاوه بر این، میزان آهن در این کود ۳۵۲ و مقدار روی برابر ۹۹/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه عامل اصلی و چهار عامل فرعی در سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی، رژیم آبیاری چغندر قند در سه مرحله شامل: ۱- آبیاری با پساب شهری در مرحله ۲ تا ۴ برگگی چغندر قند ۲- آبیاری با پساب شهری در مرحله ۸ تا ۱۲ برگگی چغندر قند ۳- آبیاری با آب معمولی (شاهد) و عامل فرعی آزمایش شامل: مصرف کود گوسفندی، مصرف کمپوست بستر قارچ، مصرف 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. به منظور تعیین کیفیت آب مورد استفاده، قبل از آبیاری نمونه برداری از پساب شهری و آب چاه صورت گرفت (جدول ۱). بذر چغندر قند مونوژرم، رقم کاستیل در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر، با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، در

گیاه چغندر قند، تحت تأثیر تیمارهای کودی، آبیاری و اثر متقابل کوددهی و آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن به ترتیب در تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت آبیاری با پساب، در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی و تیمار بدون کود، تحت آبیاری با آب معمولی مشاهده شد (شکل ۱). کمپوست بستر قارچ منبعی خوب جهت آزادسازی کند نیتروژن برای گیاهان زراعی است که قادر است این عنصر را به مرور طی تجزیه و فرآیند معدنی شدن، در طول دوره رشد در اختیار گیاه قرار داده و سبب افزایش قابلیت جذب عنصر توسط گیاه شود. مدینا و همکاران (۱۶) نشان دادند که افزایش درصد کمپوست بستر قارچ، غلظت نیتروژن و پتاسیم را در دانه‌های فلفل افزایش داد که نشان دهنده غلظت زیاد این عناصر در پسماند کمپوست بستر قارچ است. تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با پساب، در مراحل ۲ تا ۴ برگی و ۸ تا ۱۲ برگی فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بودند ولی با همین تیمار، تحت آبیاری با آب معمولی اختلاف معنی‌داری نشان دادند. علاوه بر این، غلظت نیتروژن، در تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با آب معمولی، با تیمار کود شیمیایی، تحت آبیاری در مراحل مختلف با پساب، اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

از طرفی، غلظت نیتروژن، در تیمار بدون کود، تحت آبیاری با پساب (در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی)؛ با همین تیمار (بدون کود)، تحت آبیاری با پساب (در مرحله ۲ تا ۴ برگی) و آبیاری با آب معمولی، اختلاف معنی‌داری نشان داد اما با تیمار کود شیمیایی تحت آبیاری با آب معمولی، فاقد اختلاف معنی‌داری بود (شکل ۱). بالا بودن غلظت نیتروژن در اندام هوایی گیاه چغندر قند، تحت آبیاری با پساب را می‌توان به وجود مقادیر مناسبی از این عنصر، در پساب شهری نسبت داد (جدول ۱). توسلی و همکاران (۲) با بررسی اثر پساب شهری، همراه با مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی، بر غلظت عناصر در ذرت گزارش کردند که، تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، تحت آبیاری

شش ردیف و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۶ سانتی‌متر در عمق ۲ سانتی‌متری خاک در یک طرف پشته در تاریخ ششم خرداد ماه به صورت دستی کاشته شد. عملیات تنک بوته، جهت دستیابی به تراکم مطلوب در مرحله ۲ تا ۴ برگی انجام گرفت، به طوری که تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شد. پساب شهری، از محل تصفیه خانه فاضلاب شهرکرد تأمین گردید. بدین منظور، جهت انتقال پساب از تانکر ۵۰۰۰ لیتری استفاده شد. در تعیین تیمارهایی که در آنها کود گوسفندی و کمپوست به کار برده شد، میزان نیتروژن قابل دسترس کود گوسفندی، ۵۰ درصد نیتروژن کل آن و میزان نیتروژن قابل دسترس کمپوست، ۳۰ درصد نیتروژن کل آن در نظر گرفته شد (۲۳). به عبارت دیگر به ازای ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (با توجه به آزمون خاک)، ۲۳ تن در هکتار کود گوسفندی و ۲۹ تن در هکتار کمپوست بستر قارچ مصرف گردید. به منظور تعیین ماده خشک اندام هوایی چغندر قند، در هنگام برداشت با حذف دو ردیف کناری و رها کردن یک متر حاشیه از دو طرف کرت، از ۴ ردیف وسط هر کرت نمونه برداری صورت گرفت. سپس نمونه‌ها به آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شد و در نهایت وزن خشک اندام هوایی چغندر قند در واحد سطح محاسبه گردید. سپس نمونه‌های خشک شده به آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی منتقل و درصد عناصر غذایی در اندام هوایی تعیین گردید.

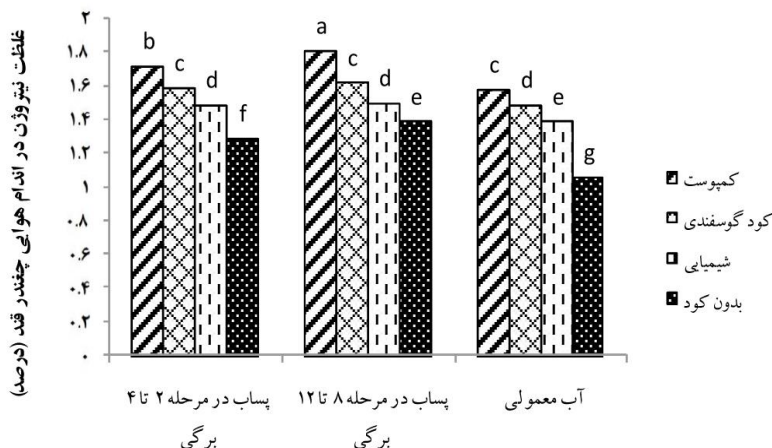
داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزارهای آماری SAS و MSTAT- C آنالیز و مقایسه میانگین عوامل آزمایشی با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمالیک درصد ارزیابی شدند و نمودارها و جداول مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردیدند.

نتایج و بحث

عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در شاخساره چغندر قند

غلظت نیتروژن

براساس نتایج تجزیه واریانس، غلظت نیتروژن در شاخساره



شکل ۱. برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی، بر غلظت نیتروژن اندام هوایی چغندر قند. ستون‌های با حروف مشابه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

بیشترین غلظت فسفر، مربوط به تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگگی بود و پس از آن، به ترتیب تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگگی و تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۲ تا ۴ برگگی، بیشترین غلظت فسفر را نشان دادند.

همچنین کمترین غلظت فسفر، به تیمار بدون کود، تحت آبیاری با آب معمولی اختصاص داشت (شکل ۲). بیشتر بودن غلظت فسفر، در تیمارهای آبیاری با پساب، در مقایسه با آب معمولی، نشان‌دهنده اهمیت پساب در تأمین عنصر فسفر، در خاک برای گیاه زراعی می‌باشد.

تیمار بدون کود، تحت آبیاری با پساب (در مرحله ۲ تا ۴ برگگی) با همین تیمار، تحت آبیاری با پساب (در مرحله ۸ تا ۱۲ برگگی) فاقد اختلاف معنی‌داری بود اما، با تیمار بدون کود، تحت آبیاری با آب معمولی، اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ۲). در آبیاری با آب معمولی، بین تیمارهای کمپوست، کود گوسفندی و کود شیمیایی، با یکدیگر و با تیمارهای کود گوسفندی، کود شیمیایی و بدون کود، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۲ تا ۴ برگگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲).

با پساب، سبب افزایش غلظت نیتروژن در علوفه ذرت شد. در چغندر قند، اندام هوایی نسبت به ریشه برداشت شده، دارای نیتروژن بیشتری می‌باشد. بیشترین مقدار نیتروژن در برگ، برابر ۳ درصد و کمترین مقدار آن در ریشه، برابر ۰/۶ درصد و مقدار آن در دمبرگ، برابر ۱/۲ درصد گزارش شده است (۸). غلظت کمتر نیتروژن در تیمار کود گوسفندی، به علت کم بودن سرعت معدنی شدن و آزاد شدن نیتروژن از کود، به دلیل نسبت C/N بالای آن می‌باشد (۲۳). نیتروژن در کود شیمیایی، به صورت معدنی است و در شرایط محیطی مناسب در معرض فرآیند نترات سازی قرار می‌گیرد و احتمالاً به صورت نترات به عمق پایین تر خاک انتقال می‌یابد. در صورتی که این واکنش در تیمارهای کود آلی آهسته‌تر صورت می‌گیرد (۱۰). نیتروژن اثرات بارزی بر ظاهر گیاه دارد که مهم‌ترین آنها، بهبود رنگ برگ‌ها و توسعه سریع سایه انداز است (۲۱).

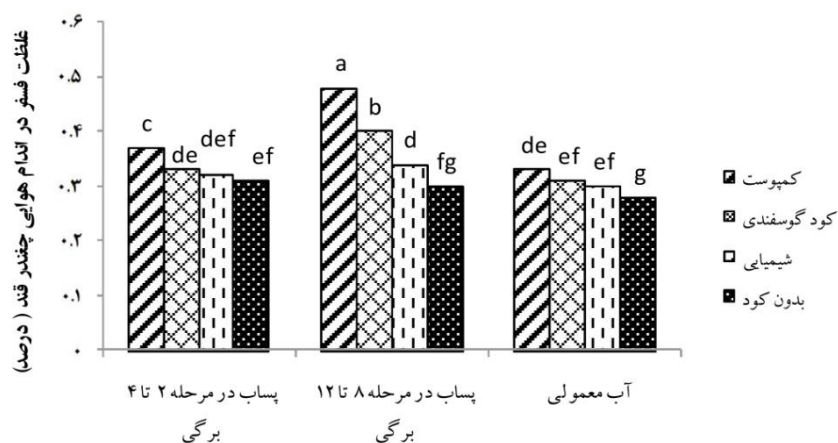
غلظت فسفر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد غلظت فسفر، در اندام هوایی چغندر قند، در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کودی، آبیاری و اثر متقابل کوددهی و آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر پساب شهری و منابع مختلف کودی بر رشد و غلظت تعدادی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در شاخساره چغندر قند

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	تعداد برگ
بلوک	۲	۰/۰۰۷*	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۲۶/۳ ^{ns}	۰/۵۳۳ ^{ns}	۲۵/۵**
آبیاری با پساب	۲	۰/۱۲۴**	۰/۰۱۶**	۱/۲۹**	۴۹/۹ ^{ns}	۱/۸۲ ^{ns}	۱۰۷**
خطا (a)	۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۴	۴۴/۱	۱/۲۸	۱/۶۱
کود	۳	۰/۳۳۳**	۰/۰۱۴**	۲/۲۱**	۱۴۸۲**	۱۷۹**	۱۸۱**
کود × آبیاری با پساب	۶	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۳**	۰/۰۳۴*	۳۴/۸ ^{ns}	۱/۷۹ ^{ns}	۱۴/۳**
خطا (b)	۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۱۱۰	۲۸/۴	۱/۰۳	۳/۳۲
ضریب تغییرات		۲/۷۹	۴/۸۵	۵/۲۳	۴/۲۵	۳/۳۵	۱۰/۵

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ns: غیرمعنی‌دار

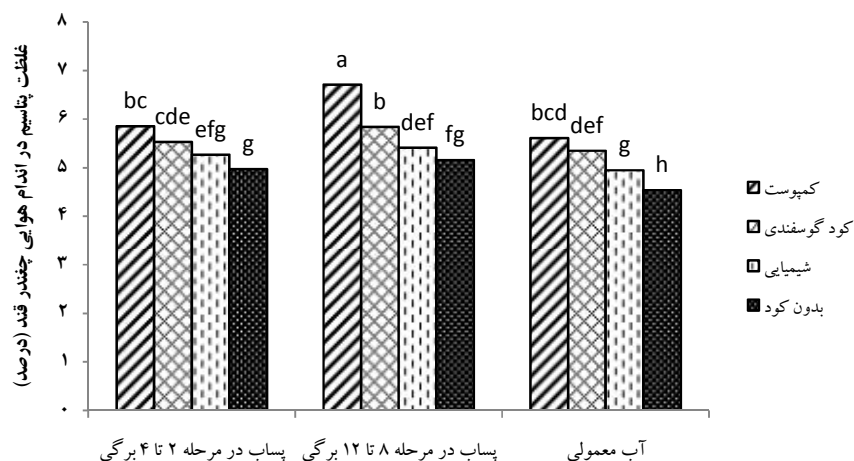


شکل ۲. برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی بر غلظت فسفر در اندام هوایی چغندر قند

ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

کردند (۲۱). معمولاً اگر فسفر قابل جذب خاک، از محدوده ۱۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک بیشتر باشد کمبود فسفر در چغندر قند مشاهده نمی‌شود. همان‌طور که در آزمون خاک مشخص گردید، کافی بودن موجودی فسفر خاک، برای رشد

نتایج نشان داد که عدم استفاده از کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند سبب کاهش غلظت فسفر، در اندام هوایی چغندر قند گردد. برخی محققین، میزان بهینه فسفر موجود در اندام هوایی و ریشه چغندر قند را به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۱۵ درصد گزارش



شکل ۳. برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی چغندر قند
ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

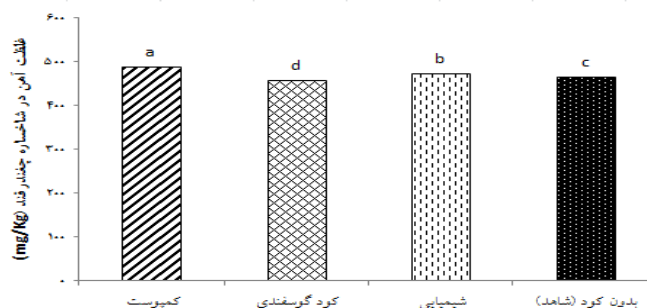
اختلاف معنی‌داری نشان داد. علاوه بر این، تیمار کود شیمیایی، تحت آبیاری با آب معمولی و آبیاری با پساب، در مرحله ۲ تا ۴ برگی، با یکدیگر و با تیمار بدون کود، تحت آبیاری با پساب، در مراحل ۲ تا ۴ برگی و ۸ تا ۱۲ برگی فاقد اختلاف معنی‌داری بود (شکل ۳).

در این پژوهش، اندام هوایی چغندر قند آبیاری شده با آب چاه (تیمار شاهد) هر چند دارای مقادیر کمتری پتاسیم نسبت به سایر تیمارهای آبیاری با پساب بود ولی این میزان، بیشتر از حداقل مقدار پتاسیمی است که نیاز گیاه ذکر کرده‌اند و دلیل آن را می‌توان، غنی بودن خاک مورد آزمایش، از لحاظ پتاسیم دانست. متوسط غلظت پتاسیم، در ماده خشک اندام هوایی چغندر قند، در هنگام برداشت، حدود ۳ درصد است، اگرچه، این میزان در اندام هوایی، بین ۳/۵-۲ در نوسان می‌باشد (۱۱). همچنین، باتوجه به این‌که پتاسیم موجود در خاک مزرعه مورد آزمایش، در حد مطلوبی بود، لذا با مصرف کودهایی با منشأ آلی، مقدار بیشتری پتاسیم نسبت به نیاز گیاه به خاک اضافه شده است و استفاده از مقادیر بالای این منبع کودی، منجر به افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم، نسبت به شاهد گردید (شکل ۳). رجیبی سرخنی و قائمی (۳) در بررسی اثر تیمارهای آب چاه،

گیاه چغندر قند می‌تواند دلیل غلظت بالای این عنصر در اندام هوایی تیمار شاهد باشد. عرفانی و همکاران (۶) بیان نمودند که بیشترین غلظت فسفر اندام هوایی گیاه مورد نظر، در تیمار کود گاوی، تحت آبیاری با آب چاه مشاهده شد.

غلظت پتاسیم

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) غلظت پتاسیم، در اندام هوایی گیاه چغندر قند، تحت تأثیر تیمارهای کودی، آبیاری و اثر متقابل کوددهی و آبیاری قرار گرفت. در رابطه با میزان غلظت پتاسیم، در اندام هوایی چغندر قند، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، بیشترین غلظت پتاسیم، در تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی مشاهده شد و پس از آن، تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با پساب، در همین مرحله، بیشترین غلظت پتاسیم را نشان داد که با تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت آبیاری با پساب، در مرحله ۲ تا ۴ برگی و تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت آبیاری با آب معمولی، اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). این درحالی است که تیمار بدون کود، تحت آبیاری با آب معمولی، کمترین غلظت پتاسیم را داشت که با همین تیمار، تحت آبیاری با پساب در مراحل ۲ تا ۴ برگی و ۸ تا ۱۲ برگی،



شکل ۴. تأثیر تیمارهای کودی بر غلظت آهن در اندام هوایی چغندر قند

غلظت آهن اندام هوایی چغندر قند، نسبت به شاهد کاهش معنی داری داشت (شکل ۴). مواد آلی تازه، از قدرت کمپلکس کنندگی بالایی برای عناصر کم مصرف و از جمله آهن برخوردارند و در نتیجه ممکن است با گیاه برای جذب آهن رقابت کنند (۷). حد معمول غلظت آهن، در گونه های مختلف گیاهان، از ۵۰ تا ۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه و حد بحرانی این عنصر، برای تعداد زیادی از گیاهان ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم می باشد (۱۲). مظلومی و همکاران (۱۵) در مطالعه ای تأثیر میزان محلول پاشی آهن نانو، در مراحل مختلف رشد بر نسبت اختصاص مواد فتوسنتزی به قسمت های مختلف گیاه چغندر قند به این نتیجه رسیدند که، بالاترین نسبت وزنی برگ به بیوماس کل، از محلول پاشی ۳ در هزار آهن نانو در ۴۰ درصد پوشش سطح زمین و بیشترین نسبت بخش هوایی به بیوماس کلف از تیمار محلول پاشی ۲ در هزار آهن نانو، در مرحله ۶۰ درصد پوشش سبز به دست آمد.

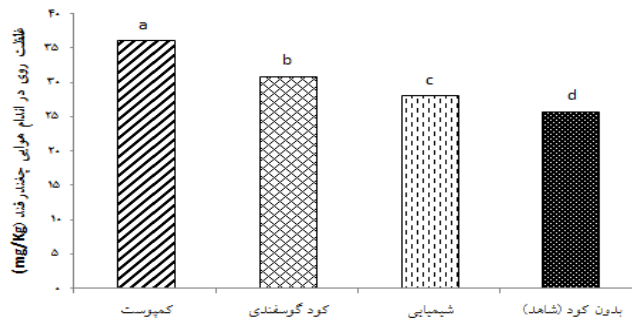
غلظت روی

براساس نتایج تجزیه واریانس، غلظت روی در اندام هوایی گیاه چغندر قند، تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت، اما تیمارهای پساب و کود × پساب معنی دار نشدند (جدول ۲). بیشترین غلظت روی، در اندام هوایی گیاه چغندر قند، در بین تیمارهای کودی، به تیمار کمپوست قارچ اختصاص داشت (شکل ۵). عنصر روی، در اندام هوایی گیاه چغندر قند،

آب چاه به همراه کود شیمیایی، پساب تصفیه شده شهری، پساب تصفیه شده به همراه کود شیمیایی و آب چاه به همراه پساب و کود شیمیایی، بر عملکرد کمی و کیفی گیاه مورد آزمایش، مشاهده نمودند که تیمارهای پساب تصفیه شده، سبب افزایش معنی دار میزان عناصر پتاسیم، کلسیم و فسفر اندام هوایی در مقایسه با تیمار آب چاه شد.

غلظت آهن

براساس نتایج تجزیه واریانس، غلظت آهن، در اندام هوایی گیاه چغندر قند، در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت، اما اثر تیمارهای پساب و اثر متقابل تیمارهای کود و پساب بر غلظت آهن در اندام هوایی معنی دار نشدند (جدول ۲). غلظت آهن در اندام هوایی چغندر قند، در تیمار کمپوست بستر قارچ و کود شیمیایی، افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشت (شکل ۴). بیشترین غلظت آهن در اندام هوایی چغندر قند، مربوط به تیمار کمپوست بستر قارچ بود. افزایش غلظت آهن گیاه در تیمار کمپوست را می توان به غلظت بالای آهن (۳۵۲ میلی گرم در کیلوگرم) در این کود ارتباط داد. سینگ و همکاران (۲۰) در آزمایشی، به منظور نقش کودهای آلی و غیر آلی، در خاک هایی که در طولانی مدت با پساب آبیاری شده بودند گزارش دادند که، غلظت آهن در بافت گیاهی چغندر قند، در خاک های تحت تیمار کود شیمیایی و دامی، به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داشت. در تیمار کود گوسفندی،



شکل ۵. تأثیر تیمارهای کودی بر غلظت روی در اندام هوایی چغندر قند

در مقایسه با سایر گیاهان زراعی (برحسب ماده خشک) نسبتاً بالاست. جذب بالای کاتیون‌ها به وسیله چغندر قند، جذب آنیون‌های معدنی را به مقدار زیادی به همراه دارد که موجب تجمع مقدار زیادی اسیدهای آلی به خصوص اکسالات می‌شود (۱۱).

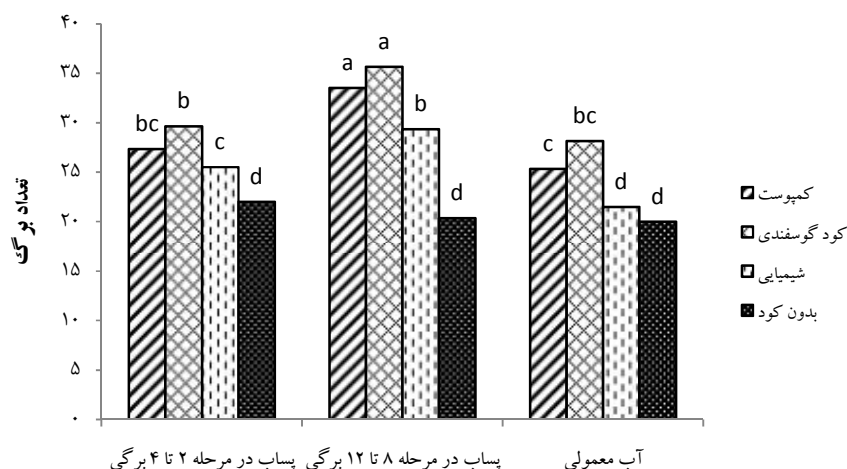
تعداد برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تعداد برگ در چغندر قند، تحت تأثیر تیمارهای کودی، آبیاری و اثر متقابل کوددهی و آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). در رابطه با تعداد برگ چغندر قند، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، بیشترین تعداد برگ، در تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی مشاهده شد که با تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت همین تیمار (آبیاری در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۶). این در حالی است که، تیمار بدون کود، تحت آبیاری با آب معمولی، کمترین تعداد برگ را داشت که با همین تیمار، تحت آبیاری با پساب در مراحل ۲ تا ۴ برگی و ۸ تا ۱۲ برگی اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

علاوه بر این، تیمار کود شیمیایی، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی با همین تیمار، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۲ تا ۴ برگی و آبیاری با آب معمولی، دارای اختلاف معنی‌داری بود (شکل ۶). تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۲ تا ۴ برگی فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت همین تیمار آبیاری و تیمار کود

از مقدار ۲۵/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار شاهد، به مقدار ۳۶/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار کمپوست قارچ رسید (شکل ۵). علت این امر را می‌توان به مقادیر بیشتر عنصر روی، در کمپوست قارچ نسبت داد. اونال و توپوگلو (۱۸) در بررسی اثرات کمپوست بستر قارچ (در سطوح صفر، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) بر عملکرد و مقدار عناصر کم مصرف فلفل، تحت شرایط گلخانه‌ای مشاهده نمودند که کاربرد SMC تأثیر مهمی بر عملکرد و میزان عناصر Fe, K, P, N در گیاه فلفل داشت. همچنین افزایش عملکرد تا سطح ۳۰ تن در هکتار مشاهده شد اما مقادیر بالاتر، رشد گیاه را به دلیل میزان نمک بالا کاهش داد. حد معمول غلظت روی، در گونه‌های مختلف گیاهان، از ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه و حد سمیت آن، در مقادیر بیش از ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاهان می‌باشد (۱۴). در مطالعه حاضر، میزان غلظت روی، در تیمار کود شیمیایی در مقایسه با شاهد، در اندام هوایی چغندر قند معنی‌دار بود. با توجه به مصرف کود سولفات روی در این آزمایش، می‌توان دریافت که مقادیر زیادی از کودهای سولفات، به دلیل آهکی بودن خاک‌ها رسوب و از دسترس گیاهان خارج می‌شود (۲۶). این در حالی است که کودهای آلی به خصوص کمپوست قارچ، حاوی عناصر غذایی کم مصرف، نظیر روی، آهن و مس هستند که قادرند این عناصر را به مرور در اختیار گیاه قرار دهند (۲۶).

جذب مواد غذایی به خصوص کاتیون‌ها به وسیله چغندر قند



شکل ۶. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کودی بر تعداد برگ چغندر قند

ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

(شکل ۷). تیمار کمپوست بستر قارچ، تحت آبیاری با پساب (در مرحله ۸ تا ۱۲ برگ)؛ با تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با پساب (در مرحله ۲ تا ۴ برگ) فاقد اختلاف معنی‌داری بودند.

علاوه بر این، تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با آب معمولی، با تیمار کود شیمیایی، تحت آبیاری با پساب، در مراحل ۲ تا ۴ برگ و ۸ تا ۱۲ برگ اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۷). همچنین تیمار کود شیمیایی، تحت آبیاری با پساب، در مراحل ۲ تا ۴ برگ و ۸ تا ۱۲ برگ با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌داری با همین تیمار (کود شیمیایی)؛ تحت آبیاری با آب معمولی اختلاف معنی‌داری داشتند. در بین تیمارهای کودی، تحت آبیاری با آب معمولی، بیشترین وزن خشک شاخساره، به تیمار کود گوسفندی اختصاص داشت که فاقد اختلاف معنی‌داری با تیمار کمپوست بستر قارچ بود (شکل ۷).

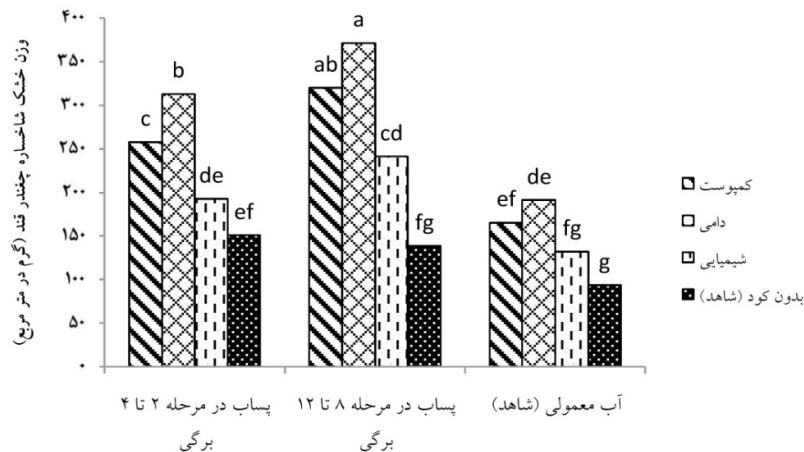
اگر افزایش غلظت عنصر در گیاه، در اثر کاربرد کودهای آلی، متناسب با افزایش عملکرد گیاه باشد، جذب عنصر توسط گیاه نیز افزایش می‌یابد. لیکن، اگر با افزایش عملکرد گیاه، در اثر کاربرد کودهای آلی، غلظت عنصر در گیاه کاهش یابد (عامل

گوسفندی تحت آبیاری با آب معمولی بود (شکل ۶).

می‌توان، بیشتر بودن تعداد برگ در چغندر قند را به وجود مقادیر مناسبی از عناصر نیتروژن و فسفر و آهن در این کود نسبت داد. تعداد کل برگ‌هایی که در طول فصل رشد تولید می‌شود، تحت تأثیر مقدار نیتروژن قابل دسترس موجود قرار می‌گیرد. اگر نیتروژن، تا اواخر فصل رشد حفظ شود، سرعت ظهور برگ‌ها در حد بالایی ادامه می‌یابد. وقتی که نیتروژن به اندازه کافی تأمین باشد، آغازهای برگ به سرعت ظاهر می‌شوند (۱۹). چغندر قند به طور متوسط، دارای ۵۰ تا ۷۰ برگ است که هر کدام دارای طول عمری در حدود ۲۵ تا ۷۰ روز می‌باشند (۲۱).

وزن شاخساره چغندر قند

براساس نتایج تجزیه واریانس، وزن شاخساره چغندر قند، تحت تأثیر تیمارهای کودی، آبیاری و اثر متقابل کوددهی و آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، بیشترین و کمترین وزن خشک شاخساره، به ترتیب در تیمار کود گوسفندی، تحت آبیاری با پساب در مرحله ۸ تا ۱۲ برگ و تیمار بدون کود، تحت آبیاری با آب معمولی مشاهده شد



شکل ۷. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کودی بر وزن خشک شاخساره چغندر قند

ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

چغندر قند داشت. علاوه بر آن، مشخص شد که هر چند پساب شهری، حاوی مقادیر مناسبی از عناصر غذایی است اما به‌منظور حصول حداکثر وزن خشک، استفاده از کودهای آلی و شیمیایی مؤثرتر است. بیشترین غلظت عناصر پر مصرف، از آبیاری با پساب در مرحله هشت تا دوازده برگگی چغندر قند حاصل شد. همچنین، بیشترین غلظت این عناصر، در بین تیمارهای کودی به کمپوست بستر قارچ اختصاص داشت. در این آزمایش، مشخص شد که آبیاری با پساب، تأثیر معنی‌داری بر افزایش غلظت عناصر کم مصرف در اندام هوایی چغندر قند نداشت. دلایل آن را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد: ۱- وجود مقادیر نسبتاً کم این عناصر در پساب مورد آزمایش (جدول ۱)، ۲- کوتاه بودن زمان، برای تجمع مقدار کافی از عناصر موجود فاضلاب در خاک، ۳- برهمکنش بین عوامل گیاهی و ویژگی‌های خاک و ۴- احتمال عدم وجود منابعی از عناصر میکرو در پساب شهری که بتوانند وارد پساب شوند. براساس نتایج آزمایش، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی بیشترین تأثیر را در تولید ماده خشک چغندر قند داشته‌اند.

رقت) جذب عنصر توسط گیاه بسته به این‌که، شدت کاهش غلظت، بیشتر باشد یا شدت افزایش عملکرد، تغییر می‌کند (۸). در تیمارهای کودهای آلی، به‌دلیل این‌که مقدار بیشتری نیتروژن را تا اواخر فصل رشد برای گیاه تأمین کردند، وزن خشک شاخساره، نسبت به سایر تیمارها برای مدت بیشتری حفظ گردید. همچنین، با توجه به مقادیر بیشتر عناصر آهن و روی در کود گوسفندی، وزن خشک اندام هوایی در این تیمار، بیشتر بود. عناصر کم مصرف، از طریق افزایش سنتز پروتئین و کربوهیدرات و در نتیجه توسعه سطح برگ منجر به افزایش زیست توده اندام هوایی می‌شوند. 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٪ آب چاه + ۷۵٪ پساب، با ۱۹۹۰۴ کیلوگرم در هکتار ماده خشک و تیمار ۱۰۰٪ آب چاه، بدون مصرف کود، با ۱۵۹۹۵ کیلوگرم در هکتار ماده خشک، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را به خود اختصاص دادند (۵).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، نشان داد آبیاری با پساب شهری، تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک اندام هوایی و تعداد برگ

منابع مورد استفاده

۱. تدین، م. ر. ۱۳۸۶. تاثیر پساب کارخانه قند بر درصد عناصر اندام هوایی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۵: ۴۸۹-۴۹۸.
۲. توسلی، ا.، ا. قنبری، م. حیدری، ی. پای گذار و ی. اسماعیلیان. ۱۳۸۹. اثر فاضلاب تصفیه شده همراه با مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت عناصر و عملکرد ذرت. مجله آب و فاضلاب ۳: ۳۷-۴۴.
۳. رجیبی سرخنی، م. و ع. ا. قائمی. ۱۳۹۱. بررسی اثرات کاربرد پساب تصفیه شده و کودهای شیمیایی بر عملکرد کلم بروکلی. مدیریت آب و آبیاری ۲: ۲۴-۱۳.
۴. سازمان حفاظت محیط زیست ایران. ۱۳۷۸. ضوابط و استانداردهای زیست محیطی. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست ایران، تهران.
۵. عالی نژاد، ا. ۱۳۹۰. تعیین توابع آب-عملکرد ذرت علوفه‌ای در آبیاری با پساب شهری و تاثیر آن بر برخی خصوصیات خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۶. عرفانی، ع.، غ. حق‌نیا. و ا. علیزاده. ۱۳۸۱. تاثیر آبیاری با فاضلاب بر عملکرد و کیفیت کاهو و برخی ویژگی‌های خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶: ۹۰-۷۱.
7. Adriano, D. C. 2001. Trace Elements in the Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Heavy Metals. Springer-Verlag. 1-867 New York.
8. Arun, K. S. 2002. A Handbook of Organic Farming. Agrobios. 1-627. India.
9. Ayers, R. S. and D. E. W. Westcot. 1985. Water Quality for Agriculture. Plant Soli 39: 205-207.
10. Betnal, M. P., A. F. Navarro., M. A. Sanchez-Monedero, A. Roig and J. Cegarra. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. Soil Biol. Biochem. 30: 305-313.
11. Cook, D. A and R. K. Scott. 1993. The sugar beet crop. Chapman & Hall. 1-19. London.
12. Eghbal, B., D. Ginting and J. E. Gilley. 2004. Residual effect of manure and compost application on corn production and soil properties. Agron. J. 69: 442-447.
13. Frutos, I., A. Garate and E. Eymar. 2010. Applicability of spent mushroom compost (SMC) as organic amendment for remediation of polluted soils. Acta Hort. 852: 261-268.
14. Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 2000. Trace Elements in Soil and Plants. CRC Press. 1-75. Boca Raton, London, New York Washington, D. C.
15. Mazlomi Mamyandi, M., A. Pirzad and M. R. Pirzad. 2012. Effect of Nano-iron spraying at varying growth stage of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) on the size of different plant parts. IJACS. 4: 740-745.
16. Medina, C., M. D. Paredes., M. A. Perez-Murcia and R. M. Bustamante. 2009. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticulture plants. Bioresource. Technol. 100: 4227-4232.
17. Metcalf, A. C. and J. R. Eddy. 2003. Wastewater engineering: treatment and reuse. MC Graw -Hill. 1-25. New York.
18. Onal, M. and K. B. Topcuoglu. The Effect of Spent Mushroom Compost on the Dry Matter and Mineral Content of Pepper (*Piper nigrum*) Grown in Greenhouse. konal@akdeniz.edu.tr. Accessed 18 April 2012.
19. Sims, A. L. and Smith. L. J. 2001. Early growth response of sugar beet to fertilizer phosphorus in phosphorus deficient soils of the red river valley. J. Sugar Beet Res. 38: 1-16.
20. Singh, A. and M. Agrawal. 2012. Effects of waste water irrigation on physical and biochemical characteristics of soil and metal partitioning in *Beta vulgaris* L. Agric. Res. 1(4):379-391.
21. Smith, G. A and S. S. Martin. 1977. Effect of plant density and nitrogen fertility on purity components of sugar beet. Crop Sci. 17: 469-472.
22. Uzun, I. 2004. Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. J. Fruit Orn. Plant Res. 12: 157-165.
23. Van Kessel, J. S. and J. B. Reeves. 2002. Nitrogen mineralization potential of dairy manures and its relationship to composition. Biol. Fertil. Soils 36: 118-123.
24. Weinberg, Z. G., G. Ashbell., Y. Chen., M. Gamburg and S. Sela. 2004. The effect of sewage irrigation on safety and hygiene of forage crops and silage. Anim. Feed Sci. Technol. 344: 271-280.

25. Whalen, J. K., Chi Chang and B. M. Olsen. 2001. Nitrogen and phosphorous mineralization potentials of soil receiving repeated annual cattle manure applications. *Biol. Fertil. Soils* 34: 334-341.
26. Zheljzkov, V. D. and P. R. Warman. 2004. Phytoavailability and fractionation of copper, manganese, and zinc in soil following application of two composts to four crops. *Environ. Pollut.* 131:187-195.