تأثیر مصرف پساب تصفیه شده شهری بر بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی، *Meloidogyne javanica* در گوجه‌فرنگی

اکرم عبداللهی ارجنکی[1] و علی‌اکبر فدایی تهرانی[2*]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲*-**نویسنده مسوول**: استادیار بیماری شناسی گیاهی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(ma_fadaei@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۴

چکیده

در سال‌های اخیر مصرف پساب تصفیه شده شهری و صنعتی به عنوان آب آبیاری در کشاورزی رواج یافته است. از طرف دیگر نماتدهای انگل گیاهی خصوصاً گونه‌های مختلف نماتد ریشه‌گرهی خسارت زیادی را به اغلب محصولات کشاورزی وارد می‌سازند و تلاش های زیادی برای کنترل آنها صورت می‌گیرد. به منظور بررسی تاثیر مصرف پساب بر جمعیت و خسارت نماتد ریشه‌گرهی روی گوجه‌فرنگی، از غلظت‌های مختلف پساب (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ پساب در آب معمولی) برای آبیاری گوجه‌فرنگی‌های مایه‌زنی‌شده با نماتد، در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار در شرایط گلخانه استفاده شد. ارزیابی نتایج سه ماه بعد از مایه‌زنی با نماتد و با استفاده از شاخص‌های رشدی و میزان عناصر غذایی در گیاه میزبان، و پارامترهای رشد و نموی نماتد صورت گرفت. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های حاصل، نشان دهنده تاثیر مثبت پساب در افزایش میزان شاخص‌های رشدی و مقدار عناصر غذایی موجود در گیاه بود، بدین ترتیب که میانگین طول ساقه حدود ٦٢ درصد (از ۳۲ سانتی‌متر به ۵۰ سانتی‌متر) و وزن تازه آن ۳۰ درصد (از ۲۸ گرم به ٤٠ گرم) در پساب کامل نسبت به شاهد افزایش یافت. عناصری همچون ازت، فسفر، کلسیم و منیزیم نیز با افزایش غلظت پساب در آب آبیاری افزایش یافتند. با این‌حال مقادیر مختلف پساب در آب آبیاری اثر کمی روی شاخص‌های رشد و نموی نماتد داشتند.

کلید واژه‌ها: پساب تصفیه شده شهری، گوجه‌فرنگی، نماتد ریشه‌گرهی

مقدمه

افزایش روزافزون مصارف مختلف گوجه‌فرنگی و کشف اثرات مفید مصرف آن در سلامت انسان موجب گسترش کشت و کار این محصول شده است. به نحوی که این محصول با سطح زیرکشتی معادل چهار میلیون هکتار و تولید سالانه‌ی ۱۲۵ میلیون تن در جهان یکی از محصولات مهم کشاورزی محسوب می‌شود (ریچارد و امیلیو[1]، ۲۰۰۵). کشت گوجه‌فرنگی در بسیاری از نقاط کشور به عنوان یک محصول زراعی مهم و پر بازده، بسیار متداول است (طالب‌زاده، ۱۳۸۳). گوجه‌فرنگی و فرآورده‌های آن به دلیل میزان بالای ویتامین‌های گروه آ، ب، ث، کاروتن و لیکوپن، و مقدار پایین چربی، کلسترول آزاد، و کالری، از غذاهای سالم در سبد غذایی انسان‌ها محسوب می‌شوند (علم و همکاران[2]، ۲۰۰۶). عملیات زراعی نامناسب و خسارات ناشی از حمله آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، از جمله عوامل مهم مؤثر در کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی در مناطق مختلف می‌باشند. نماتدها، بویژه گونه‌های مختلف نماتد ریشه‌گرهی

1- Richard & Emilio

2- Alam *et al.*

(*Meloidogyne* spp.) که با طیف وسیع میزبانی از عوامل محدود کننده‌ی رشد و تولید محصولات کشاورزی بالاخص سبزی و صیفی به شمار می‌روند هر-ساله خسارت جبران ناپذیری را به گوجه‌فرنگی در جهان وارد می‌سازند. در مدیریت نماتدهای ریشه‌گرهی از روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی استفاده می‌شود ولی نتایج حاصل از استفاده آنها در شرایط مختلف نشان دهنده عدم قاطعیت و تأثیر کامل آنها در مبارزه با این گروه از نماتد بوده است (ترودگیل و بلاک[1]، ۲۰۰۱). در بین روش‌های پیشنهادی برای کنترل این دسته از نماتدها، گزارشات معدودی از تأثیر مثبت مصرف موادآلی در کاهش نماتدهای ریشه‌گرهی مشاهده می‌شود (لینفورد و همکاران[2]، ۱۹۳۸). کاربرد پساب شهری به عنوان یک منبع آب آبیاری در اغلب مناطق جهان در سال‌های اخیر رایج گردیده است. منبع مذکور، علاوه بر آب، به تأمین مواد غذایی مورد نیاز جهت تولید علوفه در چراگاه‌ها، تولید میوه و برخی محصولات خوراکی مانند سبزیجات، کمک کرده است (وان‌دگراف و همکاران[3]، ۲۰۰۲). علیرغم تأثیرات احتمالی پساب بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک، استفاده از پساب برای آبیاری در نواحی خشک و نیمه‌خشک به‌علت فقدان منابع آب شیرین کافی، رایج شده است (جمالی و همکاران، ۲۰۰۸). استفاده از پساب به عنوان آب آبیاری می‌تواند روی شاخص‌های بیولوژیکی خاک نیز اثرگذار باشد. نماتدها از جمله موجودات خاک‌زی هستند که فعالیت و رشد و نمو آنها می‌تواند تحت تأثیر پساب واقع شود. بعضی از مطالعات بیانگر ممانعت پساب از تفریخ نماتدهای ریشه‌گرهی (*Meloidogyne* spp.) در محصولات مختلف بوده است (ال-هازمی و همکاران[4]، ۱۹۹۱).

1- Trudgill & Block
2- Linford
3- Van de Graaff *et al.*
4- Al-Hazmi *et al.*

مواد و روش‌ها

تکثیر و تعیین گونه نماتد

به منظور تهیه اینوکلوم نماتد تعدادی نمونه خاک و ریشه از مزارع آلوده گوجه‌فرنگی جمع‌آوری و به آزمایشگاه نماتدشناسی منتقل شد. جهت تکثیر و تهیه جمعیت خالص نماتد، با استفاده از میکروسکوپ تشریح تک توده تخم‌هایی از ریشه جدا، و هر یک در مجاورت ریشه یک بوته گوجه‌فرنگی حساس رقم روتگر (یک هفته بعد از نشا) قرار داده شد. گیاهان مذکور در شرایط گلخانه (دمای ۲۵-۲۸ درجه سانتیگراد و ۱۴ ساعت روشنایی) با آبیاری مناسب نگهداری شدند. جهت تعیین گونه نماتد، بعد از گذشت دو ماه ریشه‌های آلوده از خاک خارج و پس از شستشو با آب، در زیر میکروسکوپ تشریح تعدادی از ماده‌های بالغ از بافت خارج و پس از تثبیت و آبگیری، از آنها اسلایدهای دائمی تهیه گردید. سپس خصوصیات ریخت‌سنجی و ریخت‌شناسی آنها بررسی و اندازه‌گیری شد. جهت بررسی الگوی شبکه کوتیکولی انتهای بدن نماتد ماده پس از آماده‌سازی آنها در اسید لاکتیک ۴۵٪ از قسمت انتهایی آنها برش عرضی تهیه گردید. برای تأیید شناسایی مورفولوژیکی، از خصوصیات مولکولی نماتدها نیز استفاده شد. به این منظور DNA از مراحل مختلف رشدی نماتد به روش سیلوا و همکاران (سیلوا و همکاران[5]، ۲۰۰۰) استخراج گردید. برای انجام واکنش زنجیره‌ای پلیمراز، از دو جفت آغازگر اختصاصی OPARjav / OPAFjav و Mjavr / Mjavf، استفاده شد. جهت تأمین جمعیت خالص نماتد مورد نیاز، تکثیر روی بوته‌های گوجه‌فرنگی ۲۰ روزه رقم روتگر انجام شد که پس از ۹۰ روز جمعیت کافی برای استفاده در آزمایشات به دست آمد.

تهیه پساب

پساب مورد استفاده جهت آبیاری در تیمارهای آزمایش از تصفیه‌خانه فاضلاب شهرکرد تهیه و در

5- Silva *et al.*

ظروف پلاستیکی درب‌دار به گلخانه دانشگاه شهرکرد منتقل شدند.

بررسی اثر نسبت‌های مختلف پساب بر ممانعت از تفریخ تخم نماتد ریشه‌گرهی در شرایط آزمایشگاهی

به منظور بررسی تاثیر مصرف پساب بر ممانعت از تفریخ تخم نماتد ریشه‌گرهی، غلظت‌های مختلف پساب (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ پساب در آب معمولی) و مدت زمان حضور تخم در پساب (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که برای هر تکرار پنج میلی‌لیتر مخلوط پساب (آب معمولی حاوی درصد پساب مورد نظر هر تیمار) به ظروف پتری سترون منتقل و ۲۰۰ تخم نماتد به آنها اضافه گردید و در شرایط دمایی ۱±۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. با استفاده از ظرف مخصوص شمارش تعداد لاروهای زنده و تخم‌های موجود در هر دوره زمانی (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از شروع آزمایش) شمارش، و درصد ممانعت از تفریخ در هر تکرار محاسبه شد. نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل و میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح ۵٪ مقایسه گردید.

بررسی اثر پساب بر نماتد در شرایط گلخانه

آزمایش تأثیر پساب بر نماتد ریشه‌گرهی در گوجه‌فرنگی به صورت طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و شش تکرار انجام شد. آبیاری گوجه‌فرنگی پس از استقرار نشاها با آب معمولی بدون پساب، آب حاوی ۲۵٪ پساب، آب حاوی ۵۰٪ پساب، آب حاوی ۷۵٪ پساب و پساب خالص تیمارهای آزمایش را تشکیل دادند. گلدان‌های سه کیلوگرمی هر واحد آزمایشی (حاوی مقادیر حجمی مساوی خاک زراعی، کود حیوانی و ماسه) پس از استقرار گیاهان، با ۷۰۰۰ تخم و لارو نماتد ریشه‌گرهی تلقیح گردیدند. گیاهان آزمایشی به مدت سه ماه در شرایط گلخانه نگهداری شدند. ارزیابی نتایج آزمایش با استفاده از خصوصیات رشدی گیاه (متوسط ارتفاع اندام‌های هوایی، طول ریشه، وزن‌تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه)، عناصر غذایی در گیاه (N, P, K, Mg, Ca) و شاخص‌های رشد و نموی نماتد (متوسط تعداد گال، تعداد لارو سن دوم، تعداد توده تخم در ریشه گیاه و تعداد تخم در هر توده تخم) اندازه‌گیری شد. تعیین میزان نیتروژن کل گیاه به روش کلدال (برمنر و مولوانی[1]، ۱۹۸۲)، فسفر با رنگ‌سنجی به روش اولسن (اولسن و سومر،[2]۱۹۸۲) پتاسیم به روش شعله‌سنجی و مقدار کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با ورسین ۰/۰۱ نرمال بعد از عصاره‌گیری با محلول استات آمونیوم (هلمک و اسپارکس[3]، ۱۹۹۶) انجام شد. در پایان تجزیه واریانس داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

تشخیص گونه

انحنای نسبتاً کم کمان پشتی و مشاهده شیارهای مشخص جانبی در الگوی شبکه کوتیکولی انتهای بدن نماتد ماده و طول استایلت ماده (متوسط ۱۶ میکرون) با شرح اصلی گونه *M. javanica* تطابق نشان داد. بلندی دو میکرونی ناحیه سر و هم‌تراز بودن آن با بدن، طول بدن ۵۳۵ (۴۱۰ – ۵۶۰) میکرومتری، استایلت ۱۱ (۱۰ – ۱۲) میکرومتری با گره‌های مشخص و دم ۵۲ میکرومتری با بخش روشن انتهایی ۱۳ میکرومتری از جمله خصوصیات ریخت‌سنجی و ریخت‌شناسی لاروهای سن دوم نماتد مورد بررسی بودند که با شرح گونه مذکور مطابقت نشان دادند. انجام واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز با استفاده از جفت آغازگرهای OPARjav / OPAFjav و Mjavf /Mjavr و الکتروفورز محصول آنها به ترتیب قطعات ۶۷۰ جفت بازی (زیلسترا

1- Bremner & Mulvaney
2- Olsen & Sommer
3- Helmke & Sparks

و همکاران[1]، ۲۰۰۰) و ۱۶۰۰ جفت بازی (دونگ و همکاران[2]، ۲۰۰۱) را تکثیر کردند (شکل ۱) که مؤید تعلق نماتد مورد بررسی به گونه*M. javanica* می‌باشد.

تاثیر پساب روی ممانعت از تفریخ تخم

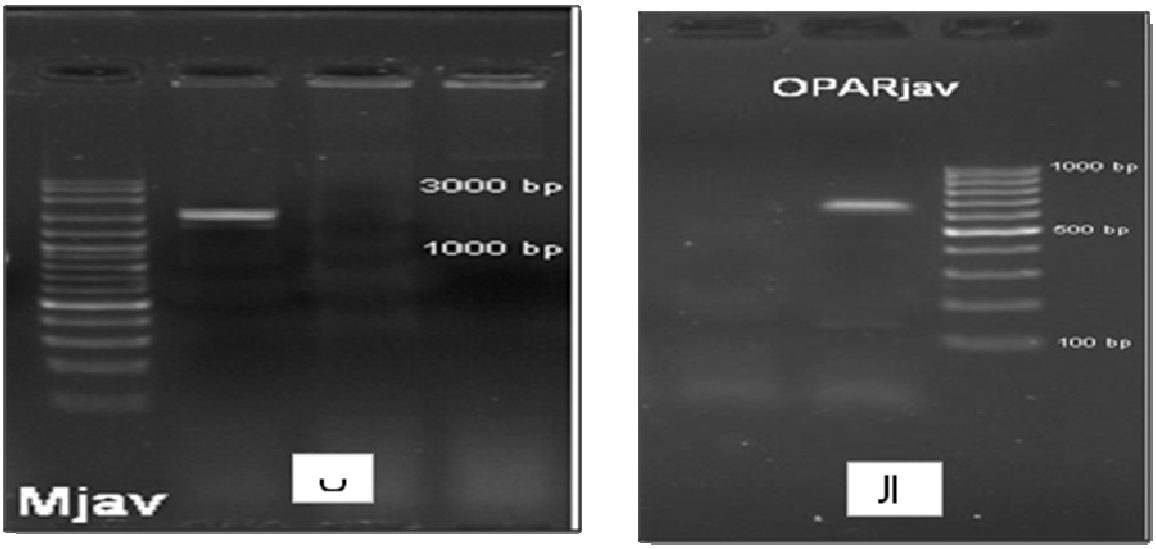
نتایج کلی حاصل از بررسی تاثیر پساب بر تخم نماتد نشان دهنده تأثیر مثبت پساب در افزایش ممانعت از تفریخ تخم نماتد ریشه‌گرهی بود (جدول ۱). با این حال میزان این تأثیر در تیمارهای مختلف متفاوت ظاهر گردید. به عبارت دیگر با افزایش غلظت پساب ممانعت از تفریخ تخم نیز روند افزایشی نشان داد به نحوی که کمترین ممانعت از تفریخ تخم بعد از ۲۴ ساعت در آب مقطر (۱۶٪) و بیشترین آن (۳۳٪) در پساب خالص مشاهده گردید (جدول ۲). چنین تغییراتی در تیمارهای زمانی مختلف نیز دیده شد. به این معنی که هر چند در تیمار آب مقطر گذشت زمان تأثیر زیادی بر ممانعت از تفریخ تخم نداشت ولی در هر یک از غلظت‌های پساب میزان ممانعت از تفریخ تخم در زمان‌های مختلف متفاوت بود. برای مثال در غلظت ۲۵٪ پساب، میزان ممانعت از تفریخ ۲۱/۳٪ در ۲۴ ساعت به ۲۵/۷٪ بعد از ۷۲ ساعت رسید. میزان تغییرات مذکور در پساب خالص بسیار بیشتر بود و از ۳۳٪ در ۲۴ ساعت به حدود ۴۶/۵٪ در ۷۲ ساعت رسید. نتایج حاصل از بررسی مشابه روی لاروها (غلظت‌ها و زمان‌های مختلف مواجهه) مؤید تأثیر بسیار اندک پساب روی این مرحله رشدی نماتد بود به همین دلیل از ذکر نتایج و تجزیه و تحلیل آنها خوداری گردید.

تأثیر پساب بر بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی و خسارت به گوجه‌فرنگی

خسارت

شاخص‌های رشدی: نتایج حاصل از مقایسه میزان رشد اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان آبیاری شده با غلظت‌های مختلف پساب در آب آبیاری (جدول ۳) نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود. بیشترین رشد اندام‌های هوایی در گیاهان آبیاری شده با پساب خالص و کمترین رشد در گیاهان آبیاری شده با آب خالص مشاهده شد (جدول ۴). افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاهان آبیاری شده با نسبت‌های مختلف پساب می‌تواند ناشی از مقادیر به مراتب بالاتر عناصر غذایی (فسفر، پتاسیم و نیتروژن) در پساب نسبت به آب معمولی باشد. در مورد میزان رشد ریشه با آنکه افزایش غلظت پساب در آب آبیاری از صفر (آب معمولی) به ۲۵ درصد موجب اختلاف معنی‌دار در رشد ریشه گردید ولی با افزایش غلظت پساب (تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) افزایش معنی‌داری در طول ریشه حاصل نگردید. این نتایج با یافته‌های شبانیان بروجنی و همکاران (۱۳۸۱) حاصل از مطالعه تاثیر پساب و لجن فاضلاب بر ویژگی‌های مرفولوژیکی قرنفل، و رضوانی مقدم و میرزایی (۱۳۸۸) از بررسی تاثیر نسبت‌های مختلف آب چاه و فاضلاب تصفیه شده بر عملکرد ذرت، سورگوم و ارزن علوفه‌ای مطابقت داشت. یون و کوان[3] (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که آبیاری با فاضلاب باعث افزایش قدرت پنجه‌زنی، طول ساقه، طول و تعداد سنبله در برنج می‌گردد. هر چند در این مطالعه آبیاری با نسبت‌های مختلف پساب در مقایسه با آب معمولی (غلظت صفر پساب) اثر معنی‌داری بر وزن‌تر و خشک اندام هوایی گیاه گوجه‌فرنگی تلقیح شده با نماتد ریشه‌گرهی نشان داد، ولی بین غلظت‌های مختلف پساب اختلاف (بویژه در مورد وزن‌تر) معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر پساب تا حد معینی باعث افزایش بیوماس تازه اندام هوایی گیاهان آلوده گردید ولی افزایش بیشتر غلظت پساب احتمالاً از طریق شوری خاک و ایجاد مشکل برای جذب آب توسط گیاه موجب اختلال در رشد سلول و کاهش تورژشانس آن شده است. زیرا به موازات افزایش غلظت پساب وزن تازه کاهش یافت. چنین روندی در مورد وزن

1- Zijlstra *et al.*
2- Dong *et al.*
3- Yoon & Kwun



شکل ۱- تکثیر قطعاتی از ژنوم نماتد با آغازگرهای اختصاصی در واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز
الف- قطعه ٦٧٠ جفت بازی با جفت آغازگر OPAFjav / OPARjav
ب- قطعه ١٦٠٠ جفت بازی با جفت آغازگر Mjavf / Mjavr

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص ممانعت از تفریخ تخم نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در زمان‌ها و غلظت‌های مختلف پساب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
غلظت	۴	۲۳۳/۳۶*
زمان	۲	۶۶/۹۷*
خطا	۸	۷/۰۷
% CV	۹/۴۳	

*: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد ممانعت از تفریخ تخم نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در زمان‌ها و غلظت‌های مختلف پساب

	زمان تماس (حضور تخم نماتد در پساب)		
درصدپساب	۲۴	۴۸	۷۲
٪۰	۱۶/۲^{g}	۱۶/۱^{g}	۱۶/۵^{g}
٪۲۵	۲۱/۳^{f}	۲۳^{f}	۲۵/۷^{e}
٪۵۰	۲۵/۸^{e}	۲۸^{d}	۳۳^{c}
٪۷۵	۲۷/۳^{de}	۳۳/۱^{c}	۳۸/۶^{b}
٪۱۰۰	۳۳^{c}	۳۸/۳^{b}	۴۶/۳^{a}

اعداد متن جدول میانگین درصد ممانعت از تفریخ تخم نماتد هستند.

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

خشک نیز مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های جنگمائو و همکاران[1] (۲۰۱۰) در مورد اثر نسبت‌های مختلف پساب روی بیوماس آفتابگردان و کنگرفرنگی مطابقت داشت. بررسی رنگ‌زن (۱۳۸۵) روی سورگوم و شبدر تحت آبیاری با پساب شهری نیز مؤید بی‌تأثیر بودن استفاده از پساب روی بیوماس تولیدی گیاهان بوده است. ولی تحقیقات صفاری (۱۳۸۰) روی استفاده از پساب برای آبیاری (به مدت سه سال) نشان دهنده افزایش وزن‌تر و خشک گیاه روناس بوده است. نتایج تجزیه واریانس وزن‌تر ریشه در آبیاری با نسبت‌های مختلف نیز نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود ولی این اختلاف در تعداد معدودی از تیمارها مشاهده شد. به عبارت دیگر هر چند بالا رفتن نسبت پساب از صفر به ۲۵٪ موجب افزایش معنی‌دار در وزن خشک ریشه شد ولی نسبت‌های بالاتر (۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪) افزایش معنی‌داری در وزن خشک ریشه ایجاد نکرد. علت این امر احتمالاً محدودیت جبران خسارت ناشی از نماتد، توسط عناصر غذایی موجود در پساب می‌باشد.

عناصر غذایی: میزان نیتروژن کل و فسفر در اندام هوایی گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* با افزایش میزان پساب افزایش نشان داد (جدول ۵) به گونه‌ای که بیشترین میزان نیتروژن و فسفر در تیمار ۱۰۰٪ و کمترین میزان آن در تیمار ۰٪ (شاهد) مشاهده گردید، (شکل۲ و۳). تغییرات مذکور با تغییرات شاخص‌های رشد و نموی گیاه هماهنگ بودند. به عبارت دیگر تمام عناصر اندازه‌گیری شده به جز پتاسیم (شکل ۴) با افزایش نسبت پساب در آب آبیاری افزایش نشان دادند. دلیل کاهش میزان پتاسیم به موازات افزایش نسبت پساب، احتمالاً رقابت این عنصر با کلسیم و منیزیم (شکل ۵) در جذب توسط گیاه بوده است. نکته مهم دیگر این که میزان پتاسیم موجود در پساب فاضلاب‌ها در مقایسه با عناصر دیگر ناچیز بوده و بسیار کمتر از حد نیاز گیاه می‌باشد. علاوه بر این افزایش عناصری مانند ازت و فسفر باعث رشد بیشترگیاه شده و کاهش پتاسیم را مشهودتر می‌سازند (شکل ۶). عناصر غذایی مذکور علاوه بر بهبود وضعیت رشد و نموی گیاه، احتمالا تا حدی سبب کاهش برخی از شاخص‌های رشد و نموی نماتد مولد غده نیز می‌گردند. به احتمال ایجاد چنین اثری، در تعدادی از مطالعات انجام شده اشاره شده است. برای مثال رودریگوز و همکاران[2] (۱۹۸۷) نشان دادند که استفاده از کود ازته و کود فسفر، موجب کاهش تعداد تخم نماتد *M. javanica* می‌شود.

بیماری‌زایی

شاخص‌های رشد و نموی نماتد: نتایج حاصل از این بررسی نشان دهنده تأثیر اندک استفاده از پساب در کاهش شاخص‌های رشد و نموی نماتد بود (جدول ۶). به بیان دیگر هر چند نسبت‌های مختلف پساب باعث تغییراتی در بیماری‌زایی نماتد گردید ولی این اثر چندان قابل توجه نبود. برای مثال در مورد تعداد گال تنها بین تیمار حداقل میزان پساب (شاهد) و تیمار حداکثر پساب (۱۰۰٪) تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۷). نتایج حاصل از بررسی کلی اثر پساب روی شاخص‌های رشد و نموی نماتد بیانگر آن است که وجود مقادیر مختلف پساب در آب آبیاری به دلیل تأمین نیازهای عناصر غذایی گیاه باعث بالا رفتن نسبی مقاومت گیاه در برابر حمله نماتد می‌گردد. این موضوع با کاهش تشکیل گال در این بررسی قابل مشاهده بود. نتایج این بررسی بیشترین اثر پساب را روی بلوغ نماتد نشان داد که به‌صورت معنی‌دار شدن تعداد تخم در توده تخم ظاهر شده است (شکل ۶). به عبارت دیگر هر چند احتمالاً پساب روی ورود نماتد به گیاه اثر چندانی ندارد ولی روی مراحل بعدی رشد و نموی نماتد مؤثرتر می‌باشد.

1- Gengmao *et al.*

2- Rodriguez-Kabana *et al.*

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی تلقیح شده با نماتد ریشه‌گرهی و آبیاری شده با درصدهای مختلف پساب

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	اندام‌های هوایی			ریشه		
		طول	وزن تر	وزن خشک	طول	وزن تر	وزن خشک
تیمار	۴	۲۶۶/۸۸**	۳۳۳/۱۲**	۱۷/۴۳**	۱۲۰/۹۱**	۷۸/۵۳$^{n.s}$	۰/۹۴$^{n.s}$
خطا	۲۵	۷/۰۷	۵۲/۴۰	۳/۷۱	۲۴/۵۵	۷۰/۵۵	۱/۵۴
% CV		۶/۷۳	۱۸/۱۲	۱۹/۷۶	۱۲/۴۵	۲۸/۰۶	۱۴/۴۵

* : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪

n.s : عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی تلقیح شده با نماتد ریشه‌گرهی (*M. javanica*) در تیمارهای مختلف پساب

درصد پساب	طول ساقه (سانتی متر)	وزن‌تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن‌تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
٪۰	^{d}۳۲/۶	^{b}۲۷/۹	^{c}۷/۲	^{c}۳۳/۸	^{a}۳۲/۷	^{a}۹/۲
٪۲۵	^{c}۳۶/۲	^{a}۴۳/۳	^{a}۱۱/۲	^{a}۴۵/۳	^{a}۳۴/۸	^{a}۸/۵
٪۵۰	^{c}۳۷/۴	^{a}۴۸/۱	^{a}۱۱/۳	^{ab}۴۲/۴	^{a}۲۸/۲	^{a}۸/۵
٪۷۵	^{b}۴۰/۸	^{a}۳۹/۸	^{bc}۸/۹	^{bc}۳۷	^{a}۲۶/۹	^{a}۸/۱
٪۱۰۰	^{a}۵۰/۱	^{a}۴۰/۳	^{ab}۹/۹	^{ab}۴۰/۱	^{a}۲۷/۸	^{a}۸/۴

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۵- میانگین میزان عناصر غذایی گیاه در تیمارهای مختلف پساب

درصد پساب	N%	P%	K%	Ca%	Mg%
٪۰	۱/۷	۰/۴۳	۳/۰	۳/۲	۱/۳
٪۲۵	۱/۸	۰/۵۲	۲/۸	۳/۸	۱/۵
٪۵۰	۱/۹	۰/۵۴	۲/۵	۴/۲	۱/۷
٪۷۵	۱/۹	۰/۵۴	۲/۳	۴/۳	۱/۹
٪۱۰۰	۲/۰	۰/۵۷	۲/۳	۴/۴	۱/۹

جدول ٦- تجزیه واریانس شاخص‌های رشد و نموی نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در تیمارهای مختلف پساب

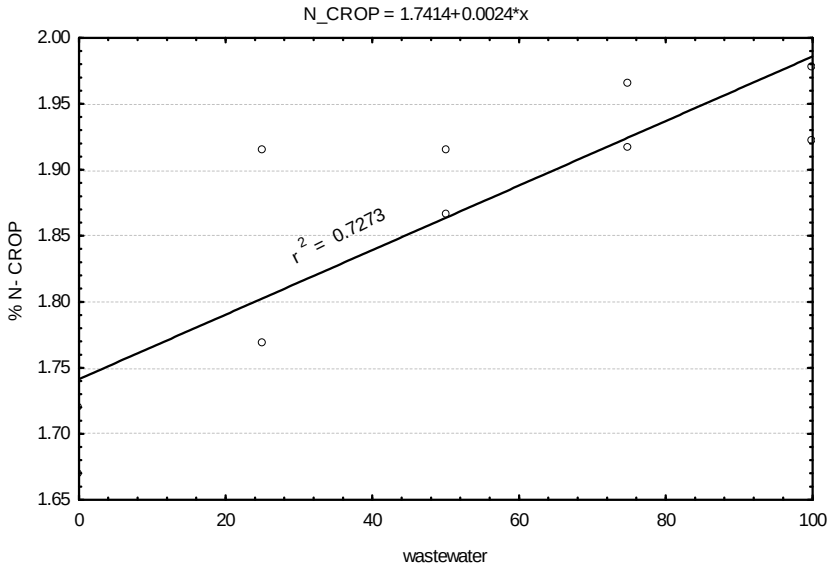
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		گال	توده تخم	تخم داخل توده تخم	لارو	فاکتور تولیدمثل
تیمار	۴	۱۲۶/۲۸^{ns}	۱۳۹/۹۵*	۲۹۲۱*	۳۳۳/۴۱*	۳۱۷/۰۷^{ns}
خطا	۲۵	۸۸/۷۳	۴۵/۲۴	۵۹۵/۶۰	۱۲۰/۰۴	۱۶۴/۰۸
% CV		۲۱/۸۳	۱۹/۷۶	۱۱/۷۲	۳۳/۸۸	۴۱/۸۰

* : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ n.s : عدم اختلاف معنی‌دار

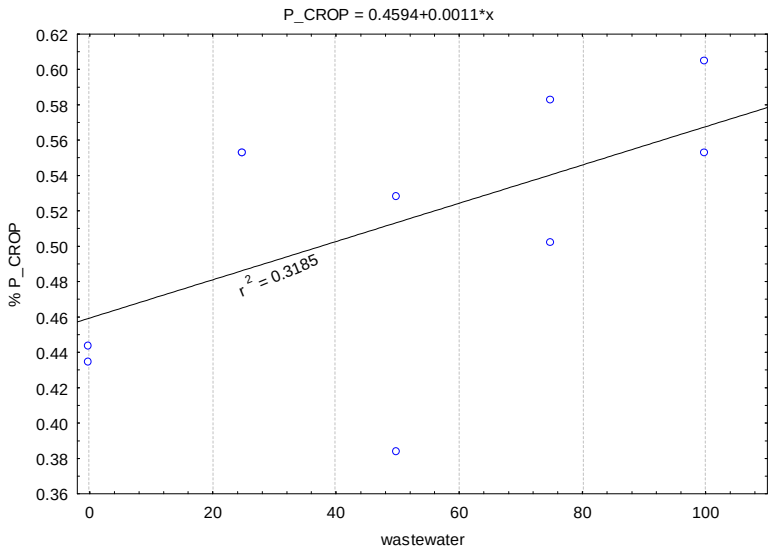
جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و نموی نماتد ریشه‌گرهی (*M. javanica*) روی گوجه‌فرنگی‌های آبیاری شده با نسبت‌های مختلف پساب

درصد پساب	تعداد گال در گرم ریشه	تعدادتوده تخم در گرم ریشه	تعداد تخم درتوده تخم	تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک	فاکتورتولیدمثل
٪۰	۴۳/۳^{ab}	۳۵/۵^{b}	۲۴۰/۸^{a}	۴۳/۶^{a}	۴۲^{a}
٪۲۵	۴۴/۳^{ab}	۲۸/۸^{b}	۲۱۹/۸^{ab}	۲۴^{b}	۳۱/۴^{ab}
٪۵۰	۳۹/۸^{ab}	۳۶^{ab}	۲۰۰/۱^{bc}	۳۴/۳^{ab}	۲۸^{ab}
٪۷۵	۵۰^{a}	۴۰/۳^{a}	۱۹۳/۱^{bc}	۲۷^{b}	۲۹/۵^{ab}
٪۱۰۰	۳۸/۱^{b}	۲۹/۵^{b}	۱۸۶/۸^{c}	۳۲/۱^{ab}	۲۲/۱^{b}

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

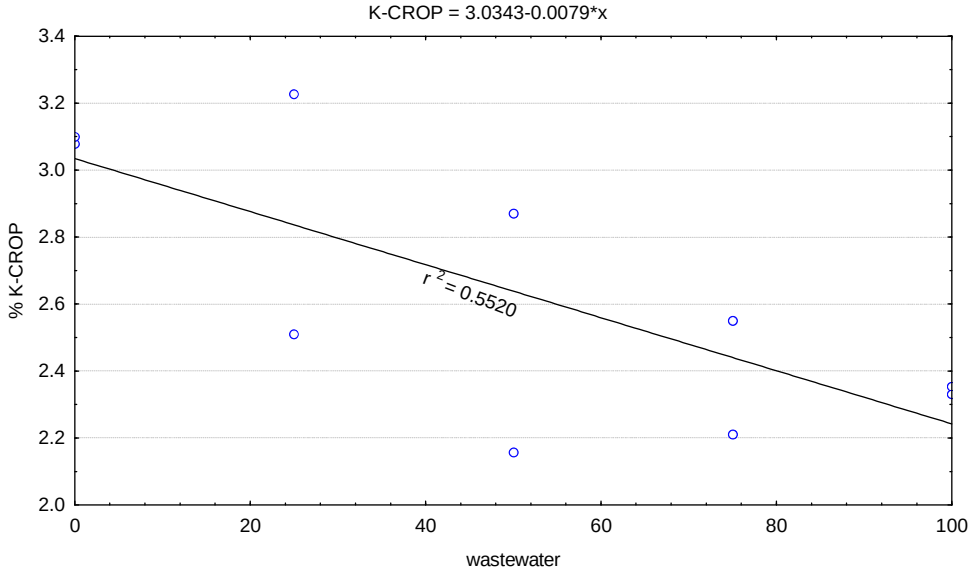


شکل۲- تاثیر مقادیر مختلف پساب بر غلظت نیتروژن کل گیاه

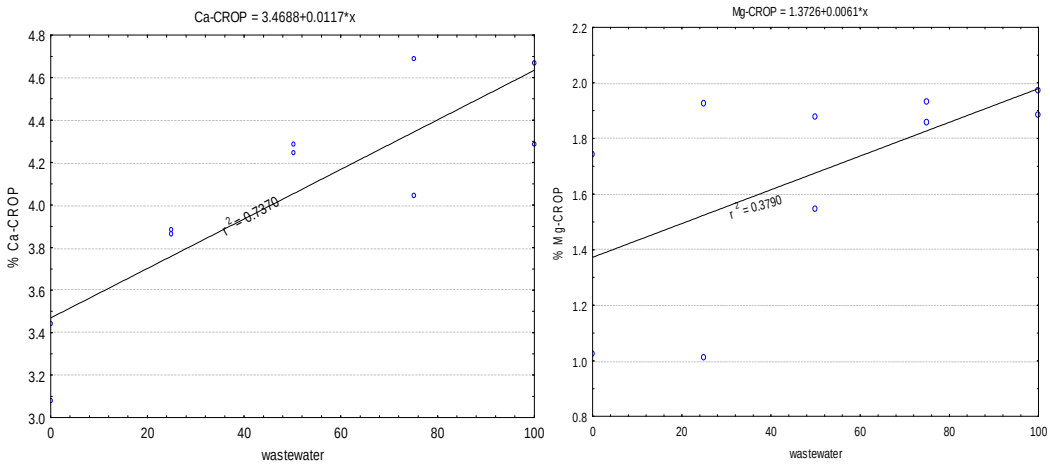


شکل۳ –تاثیر مقادیر مختلف پساب بر غلظت فسفر گیاه

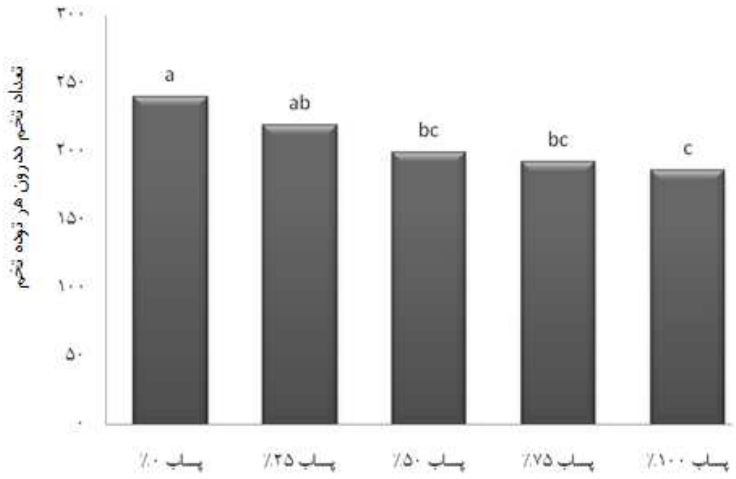
گیاه پزشکی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۶ شماره ۴، زمستان ۹۲



شکل ٤-تاثیر مقادیر مختلف پساب بر غلظت پتاسیم گیاه



شکل ٥- تاثیر مقادیر مختلف پساب بر غلظت منیزیم و کلسیم گیاه



شکل ٦- میانگین تعداد تخم در توده تخم در ریشه‌های آلوده به نماتد ریشه‌گرهی گوجه‌فرنگی آبیاری شده با نسبت‌های مختلف پساب

منابع

۱. شبانیان بروجنی، ح. ۱۳۸۱. بررسی اثر پساب و لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل بر رشد و غلظت عناصر کم مصرف چند نمونه گیاهان فضای سبز و گندم. پایان نامه کارشناسی‌ارشد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. طالب‌زاده، ز. ۱۳۸۳. بررسی اثرات شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. صفاری، م. ۱۳۸۰. استفاده از پساب شهری در آبیاری روناس. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، صص ۱۴۳-۱۵۴.

۴. رضوانی‌مقدم، پ. و میرزایی نجم‌آبادی، م. ۱۳۸۸. تاثیر نسبت‌های مختلف آب چاه و فاضلاب تصفیه شده بر خصوصیات مرفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، سورگوم و ارزن علوفه‌ای. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۷ (۱): ۶۳-۷۶.

۵. رنگ‌زن، ن.، پاینده، خ.، و لندی، ا. ۱۳۸۵. بررسی کیفیت پساب بر انباشت عناصر سنگین در گیاه سورگوم وشبدر،مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، کرج، صص ۱۶۱-۱۶۲.

6. Alam, M., Rahman, M., Mamun, M., and Islam, K. 2006. Enzyme activities in relation to sugar accumulation in tomato. Proceedings of Pakistan Academy of Science, 43: 241-248.

7. Al-Hazmi, A.S., Al-Yahya, F.A., and El-Saedy, M.A. 1991. Effect of sewage water deposits retained at different depths of soil columns on population development of *Tylenchulus semipenetrans*. Journal of King Saud University- Science, 3:(1): 87-94 .

8. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-total. In: Page, A.L.and Miller, R.H. (eds) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agron. Monoger. No. 9, ASA and SSSA. Madison WI. USA., pp: 595-624.

9. Dong, K., Dean R.A., Fortnum B.A., and Lewis, S.A. 2001. Development of PCR primer to identify species of root knot nematode: *Meloidogyne arenaria, M. hapla, M. incognita* and *M. javanica*. Nematropica, 31: 273-282.

10. Gengmao, Z., Mehta, S.K., and Liu, Z. 2010. Use of saline aquaculture wastewater to irrigate salt-tolerant Jerusalem artichoke and sunflower in semiarid coastal zone of China. Agricultural Waste Management, 97: 1987-1993.

11. Helmke, P.A., and Sparks, D.L. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. P551-574, In: Sparks, D.L. (ed.), Method of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods. No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI. USA

12. Jamali, M.K., Kazi, G., Arain, M.B., Afridi, I., Jalbani, N., Kandhro, A., Shah, Q., and Baig, A. 2008. Heavy metal accumulation in different varieties of wheat

(*Triticum aestivum* L.) grown in soil amended with domestic sewage sludge. Journal of Hazardous Materials, 164: 1386- 1391.

13. Linford, M.B., Yap, F., and Oliveira, J.M. 1938. Reduction of soil population of root-knot nematodes during decomposition of organic matter. Soil Science, 45: 127-140.

14. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. In: Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. (eds), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. (2nd ed.). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp: 403-430.

15. Rodriguez–Kabana, R., Morgan-Jones, G., and Chet, I. 1987. Biological control of nematodes: soil amendments and microbial antagonists. Plant and Soil, 100: 237-247.

16. Richard, A., and Emilio, C. 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CABI, 841 p.

17. Silva, A.T., Penna, J.C.V., Goulart, L.R., Santos, M.A., and Arantes, N.E. 2000. Genetic variability among and within races of *Heterodera glycines* Ichinohe assessed by RAPD markers. Genetics and Molecular Biology, 23: 323-329.

18. Trudgill, D.L., and Block, V.C. 2001. Apomictic, polyphagous root-knot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. Annual Review of Phytopathology, 39: 53-77.

19. Van de Graaff, R.H., Suter, M., Lawes, S.J. 2002. Long term effect of municipal sewage on soils and pasture. Environmental Science and Health, Part A, 4: 745-757.

20. Zilstra, C., Donkers-Venne, D.T.H.M., and Fargette, M. 2000. Identification of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using sequence characterized amplified region (SCAR) based PCR assays. Nematology, 2: 847-853

21. Yoon, C.G., and Kwun, S.K. 2001. Feasibility study of reclaimed wastewater irrigation to paddy rice culture in Korea. In: Ragab, R., Pearce, G., Changkim, J., Nairizi, S., and Hamdy, A. (eds.), pp: 127-136. ICID International Workshop on Wastewater Reuse and Management. Seoul, South Korea.