نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۲۰-۱۰

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar-Apr 2010, p. 10-20

# تأثیر لجن فاضلاب مجتمع پتروشیمی تبریز بر رشد گیاه گوجه فرنگی

رحیم کسرایی[۱] - سیامک ساعدی [۲*]

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۲۹
تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۱

## چکیده

به منظور بررسی اثر لجن بیولوژیک بر رشد گیاه گوجه فرنگی یک سری آزمایش‌های گلدانی و هر گلدان محتوی ۱۷ کیلوگرم خاک با کشت نشای گوجه فرنگی با استفاده از پنج سطح مختلف لجن خشک (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) و دو شاهد (T1 بدون لجن و T2 با لجن و کود کامل) با ۸ تکرار در قالب طرح پایه کاملا تصادفی انجام پذیرفت. نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک اندام‌های هوائی گیاه نشان داد که وزن آنها در مقایسه با شاهد ۲ در تیمارهای ۵ و ۱۰ تن لجن در هکتار در سطح احتمال ۱٪ افزایش یافته و از این سطوح به بعد افزودن لجن با کاهش شدید عملکرد و مسمومیت گیاه همراه بوده است. این کاهش در مقایسه با شاهد ۲ در سطح ۳۰ تن لجن در هکتار برای وزن تر در حدود ۲۰٪ و برای وزن خشک ۴۴٪ برآورد شده است. مقایسه میانگین درصد آب موجود در بوته های گوجه فرنگی در تیمارهای مورد استفاده نشان داد که مقدار آن تا سطح ۲۰ تن لجن در هکتار نسبت به شاهد ۲ تفاوت معنی دار وجود نداشته ولی بین تیمارهای ۳۰ و ۴۰ تن لجن در هکتار به طور معنی داری کاهش یافت ($p<0/05$). نتایج تجزیه واریانس وزن تر، خشک، تعداد میوه و درصد آب موجود در میوه گوجه فرنگی نشان داد که در سطح تیمارهای ۵ تا ۱۰ تن لجن در هکتار افزایش و کاهش آن نسبت به شاهد ۲ معنی دار شده، لیکن از این سطوح به بعد کاهش شدید در مورد هر سه صفت ذکر شده وجود داشت. تأخیر در رشد و نمو و شدت مسمومیت به بصورت نکروزهای شدید در اطراف برگهای جوان و بالغ گیاهان در تیمارهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن لجن در هکتار در همان یک ماهه اول رشد گیاه بخوبی نمایان گردید ولی با ادامه رشد گیاهان این مسمومیت تا حدودی ترمیم شد. وجود غلظت زیاد آهن قابل جذب گیاهی در سطوح بالای کاربرد لجن در خاک در جوار افزایش غلظت املاح محلول محتوی کاتیون و آنیونهای مختلف به ویژه کلر و احتمالا سایر عوارض ناشی از مصرف لجن از عوامل مسمومیت گیاه به حساب می‌آیند.

**واژه های کلیدی:** پتروشیمی، گوجه فرنگی، لجن فاضلاب

## مقدمه

گرچه کاربرد لجن فاضلابهای شهری و صنعتی بعنوان کود در خاکهای کشاورزی هم از لحاظ اقتصادی و زیست محیطی و هم از نظر بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاکها در بسیاری از کشورها مورد توجه می‌باشد (۲۰ و ۱۹)، لیکن گزارش های زیادی وجود دارد که این مواد ممکن است محتوی مقادیری از آلودگی‌های سمی از قبیل ترکیبات آلی سمی، فلزات سنگین، نمک و ارگانیسم‌های بیماریزا و غیره باشند که با تجمع این آلاینده ها در خاک از طریق کاربرد مداوم فاضلابهای شهری و صنعتی سایر پارامترهای زیست محیطی مانند آبهای زیر زمینی و سطحی، گیاهان، احشام و سرانجام انسان را در معرض خطر قرار دهد (۳، ۸ و ۱۸). با وجود این گزارش‌هایی نیز در مورد بهبود بخشی از خواص خاکهای کشاورزی در نتیجه کاربرد فاضلابهای شهری و صنعتی وجود دارد. فرریرا و همکاران (۱۳) آزمایشهائی با نسبتهای مختلف از لجن با کشت مخلوطی از گیاهان لگومینوز و گراس انجام دادند، پس از چهار دوره کشت کرتهای تیمار شده با لجن فاضلاب در مقایسه با کرتهائی که فقط کود شیمیائی دریافت کرده بودند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بهتری نشان دادند. مقدار فسفر کل، فسفر قابل جذب گیاهی، ظرفیت نگهداری آب در خاک، کربن آلی و CEC خاک در تیمارهای لجن فاضلاب در مقایسه با تیمارهای کود شیمیایی افزایش نشان دادند.

با توجه به مطالب فوق اصولا لازم است مصرف لجن در خاکهای کشاورزی بعنوان کود با اطلاع قبلی از محتویات این لجن و با احتیاط کامل انجام شود. امروزه با روشهای شیمیائی گرمائی، تصفیه

۱و۲- به ترتیب دانشیار و استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
(* - نویسنده مسئول: Email:S_Saedi@iaut.ac.ir)

بیولوژیکی، کمپوستی کردن لجن و سایر روشها خطرات بهداشتی آن را تا حدود زیادی کاهش می‌دهند (۱۴، ۱۱، ۸ و ۶). البته انجام این روشها معمولا با صرف هزینه نسبتا زیادی همراه می‌باشند. روش علمی مناسب دیگری برای تشخیص مضرات این قبیل کودها در رابطه با خاک و گیاه کاربرد لجن بعنوان کود در محیط کشت گیاهان و ارزیابی عملکرد کیفی و کمی گیاهان کاشته شده در این خاکها می‌باشد. لجن فاضلاب طی فرآیندهای جداسازی جامد- مایع یا ترسیب شیمیایی به دست می‌آید به طور کلی در مجتمع پتروشیمی تبریز از هر میلیون گالن فاضلاب حدود یک تن لجن خشک معادل با ۱۲۰۰۰ گالن لجن مایع به دست می‌آید، بنابراین بحث این مقاله در مورد اثر لجن فاضلاب مجتمع پتروشیمی تبریز به عنوان کود بر رشد گیاه گوجه فرنگی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### تهیه و آماده سازی لجن بیولوژیک و خاک

نمونه برداری از لجن تازه در مدت حدود ۶ ماه و هر دو ماه یکبار پس از سانتریفوژ جهت امکان مصرف کودی آن در محل کارخانه انجام گردیده است. پس از هوا خشک شدن، لجن توسط آسیاب برقی پودر گردیده و تا زمان مصرف در ظروف پلاستیکی سربسته نگهداری شده است. برای تعیین مقدار درصد مواد آلی و معدنی موجود در لجن خشک مقدار ۲۰ گرم از آنرا به مدت ۱۲ ساعت در آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرارداده و پس از تعیین وزن خشک مطلق این مقدار لجن در کوره الکتریکی جهت خاکستر شدن به مدت ۱۲ ساعت در ۵۰۰ درجه سانتیگراد خاکستر گردیده و از روی تفاضل مقدار خاکستر باقیمانده از مقدار ماده خشک مطلق لجن مقدار درصد مواد آلی و معدنی در لجن محاسبه شد (۱۶و ۱۴).

تعیین EC در عصاره اشباع لجن تازه و پودر لجن خشک و تعیین pH در لجن تازه و پودر لجن خشک در حالت اشباع به ترتیب به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی و pH متر انجام پذیرفت. تعیین بعضی از کاتیونها و آنیونهای محلول در پودر لجن خشک با استفاده از دستگاه طیف سنج شعله ای و جذب اتمی اندازه گیری شدند. اندازه گیری آهن، منگنز، روی و مس قابل تبادل پس از عصاره گیری مقدار معینی از پودر لجن خشک با EDTA ۰/۱ مولار به نسبت ۱:۵ با استفاده از دستگاه جذب اتمی و ازت موجود در لجن به روش کجلدال تعیین شدند (۱۴). تعیین عناصر معدنی موجود در لجن و تعیین میزان درجه رادیو اکتیویته آن از طریق اکسایش خشک پس از خاکستر شدن مقدار یک گرم از پودر لجن در۵۰۰ درجه سانتیگراد و حل کردن آن در ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال و صاف کردن و به حجم رسانیدن آن به ۵۰ میلی لیتر، در فاز مایع توسط دستگاه جذب اتمی و ICP[1] انجام گرفته است (۱۲).

نمونه خاک مورد آزمایش از باغی در شهرستان اسکو از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری تهیه گردیده و پس از هوا خشک کردن و عبور دادن از الک ۲ میلی متری تجزیه های شیمیایی و فیزیکی در آن اعمال گردیدند. اندازه گیری pH در گل اشباع و EC در عصاره گل اشباع (۱۴)، تجزیه مکانیکی به روش هیدرومتری(۱۴)، درصد ماده آلی به روش والکلی بلک، درصد مواد خنثی شونده به روش خنثی کردن توسط اسید کلریدریک (۱۴)، ازت به روش کجلدال و رطوبت ظرفیت مزرعه ای (FC) جهت تنظیم رطوبت خاک گلدان‌های مورد آزمایش قرار گرفتند.

### آزمایش گلخانه ای با گیاه گوجه فرنگی

این آزمایش در گلخانه دانشگاه تبریز با گیاه گوجه فرنگی در گلدان‌هائی با ظرفیت ۱۷ کیلوگرم خاک انجام گرفت. به خاک خشک هر گلدان پودر لجن بیولوژیک هوا خشک مطابق تیمارهای ذیل اضافه گردیده و خوب مخلوط شد. ته هر گلدان با قشری از سنگریزه و شن جهت تهویه خاک پر گردید. پس از آبیاری اولیه همراه با اضافه نمودن نوبت اول محلول غذائی و نشاء یک نهال گوجه فرنگی در هر گلدان از رقم تریومف[2] که قبلا در گلدان‌های کوچک پلاستیکی محتوی ماسه نرم کشت گردیده بودند، کلیه گلدان‌های تیمارهای مختلف در گلخانه شیشه ای با نور طبیعی مطابق طرح آزمایشی که ذکر خواهد شد قرار داده شدند. در تمام طول دوران رشد گیاهان دمای گلخانه بطور اتوماتیک در محدوده ۳۰-۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت خاک گلدان‌ها از طریق توزین خاک گلدان‌های شاهد در محدوده FC معادل ۰/۷۵ با آب معمولی کنترل گردید. اضافه نمودن نوبت دوم و سوم محلولهای غذائی به هر گلدان همراه با آب آبیاری به فاصله یک ماه در هر نوبت انجام شد.

برداشت روزانه میوه گوجه فرنگی ابتدا از گلدان‌های شاهد ۱ و ۲ و سپس در مراحل بعدی از گلدان‌های تیمارهای دیگر انجام گردید و سرانجام پس از حدود ۵ ماه از تاریخ کشت (شکل ۲، ۳ و ۴) اندام‌های هوائی بوته های گوجه فرنگی در هر گلدان بطور جداگانه از محل طوقه قطع گردید و برای تعیین وزن تر و خشک و تجزیه برگ به آزمایشگاه ارسال گردید. ضمنا از خاک کلیه تیمارها نمونه هایی به طور جداگانه تهیه و جهت انجام بعضی از آزمایشات بر روی آنها به آزمایشگاه تحویل داده شد. (جدول ۴).

در طول آزمایش یادداشت برداریهای لازم از وضعیت رشد گیاهان تیمارهای مختلف و عکس برداری از آنها و همچنین سمپاشی گیاهان به منظور کنترل آفات انجام گرفت. یاداشت برداری از وزن تر میوه در

1- Inductively Coupled Plasma
2- Triumph

طـول آزمـایش انجـام و در نهایـت پـس از حـدود ۵ مـاه وزن کلیـه اندام‌های هوائی تیمارهای مختلف ثبـت گردیـد. وزن خشـک میـوه و اندام‌های هوائی از طریق قرار دادن آنهـا در آون بـا دمـای ۷۰ درجـه سانتیگراد توزین و ثبت شد.

**تیمارهای مورد استفاده**

T0 (شاهد ۱) بدون کود شیمیائی و بدون لجن
T1 (شاهد ۲) مصرف کود کامل براساس نیاز گیاه بدون لجن
T2 مصرف کود کامل و ۵ تن در هکتار
T3 مصرف کود کامل و ۱۰ تن در هکتار
T4 مصرف کود کامل و ۲۰ تن در هکتار
T5 مصرف کود کامل و ۳۰ تن در هکتار
T6 مصرف کود کامل و ۴۰ تن در هکتار

مقدار پودر لجن خشک در مقیاس تن در هکتار در مقدار خاک هر گلدان با توجه به وزن مخصوص ظاهری

خاک مورد استفاده در محدوده ۱/۵ گرم بـر سـانتیمتر مکعـب در عمق ۲۰ سانتیمتری از خاک مزرعه بر مبنای ۳ میلیون کیلوگرم خاک در هر هکتار محاسبه شده است.

کود شیمیایی مورد اسـتفاده کـود کامـل اگرولیـف[1] محتـوی N-$P_2O_5$-$K_2O$ بـا درصـدهای ۲۰-۲۰-۲۰ بـه صـورت محلـول در آب همراه با عناصر آهن، مس، روی، منگنز و بور بوده است که در مراحل مختلف رشد گیاه همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه گردید.

فرمول کودی بکار گرفته شده برای گیاه گوجه فرنگی بـا در نظـر گرفتن خواص خاک مـورد اسـتفاده ۱۴۰ کیلـوگرم N، ۱۲۰ کیلـوگرم $P_2O_5$ و ۱۶۰ کیلوگرم $K_2O$ در هر هکتار در نظر گرفته شـده اسـت که با توجه به شرایط حد مطلوب تغذیه گیاهان در شرایط گلخانـه ای در مقایسه با شرایط مزرعه ای حدود ۱۵-۱۰ درصد به مقـادیر NPK پیشنهادی اضافه گردید (۵ و ۱).

آزمایش با تیمارهای ذکر شـده در ۸ تکـرار در قالـب طـرح پایـه کاملا تصادفی انجام شد. مقایسه هـای گروهـی در سـطح احتمـال ۵ درصد و مقایسه های انفرادی با استفاده از آزمون دانکن توسـط نـرم افزار MSTATC و رسم نمودارها با نرم افزار Excel صورت گرفت.

## نتایج

### نتایج تجزیه لجن بیولوژیک

آزمایش‌هـای مربـوط بـه لجـن بیولوژیـک (جـدول۱) نشـان داد برخلاف EC مقـدار pH در لجـن تـازه و پـودر خشـک اختلافـی بـا یکدیگر ندارند.

همانطور که در جدول۱ ملاحظه می‌شود لجـن بیولوژیـک مـورد آزمایش حاوی حدود ۷۰-۶۰ درصد ماده آلـی و ۳/۵ درصـد نیتـروژن می‌باشد که از مزایای بسیار مطلوب این لجن است و می‌توانـد نقـش مهمی در اصلاح خاک از نظر خواص فیزیکی، شـیمیایی و بیولوژیـک ایفا نماید. ظرفیـت نگهـداری آب نیـز توسـط لجـن در حـد ظرفیـت مزرعه‌ای با توجه به وجود مقدار قابل ملاحظه مواد آلـی در آن دور از انتظار نمی باشد. وجود غلظت بالایی از یونهای کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر که احتمالا عامل شوری خاک و موجب افـزایش غلظـت امـلاح محلول گردیده در جدول ۱ ملاحظه می‌شـود. وجـود عناصـر منگنـز، روی، مس و به خصوص مقدار قابل ملاحظه آهن در پودر لجن نیز از موارد قابل توجه می‌باشد. در این رابطه مشـکلاتی از نظـر وارد شـدن این عناصر در خاکهای کشاورزی توسط لجن وجود دارد که تا حدودی در بخش بحث به آن اشاره خواهد شد. آزمایشهای انجام شده بر روی لجن بیولوژیک در ارتباط با آلـودگی مـواد رادیواکتیـو از نظـر عناصـر سزیم، رادیم، تالیوم، اورانیوم و اندازه گیری شـاخص هـای فعالیـت و LOD[2] نشان می‌دهند که از این نظر مشکل خاصـی در لجـن وجـود ندارد بر این اساس فعالیت سزیم، پتاسـیم و رادیـم کمتـر از LOD و تالیم و اورانیوم به ترتیب ۹/۴ و ۱۳/۴۷ و همچنین مقدار LOD برای عناصـر فـوق بـه ترتیـب برابـر ۴/۲۷، ۷۸/۱۷، ۷۱/۵۱، ۸/۸۷ و ۷/۸ می‌باشند (۱۰).

### نتایج تجزیه خاک و گیاه

نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آغاز و خاتمه آزمایش گلدانی و همچنین نتایج تجزیه برگـی گیـاه گوجـه فرنگـی در مـورد برخـی از عناصر غذائی در جداول ۲، ۳ و ۴ ملاحظه می‌گردد.

### نتایج آزمایش های گلدانی با گیاه گوجه فرنگی

**بررسی وضعیت ظاهری گیاه گوجه فرنگی در طول دوران رشد**

ظهور علائم مسمومیت بصورت نکروز اطراف برگهای بالغ و پیـر در همان هفته هـای دوم و سـوم بعـد از کشـت گیـاه گوجـه فرنگـی ملاحظه گردید. این مسمومیت همراه با کمبود نمو گیاه در تیمارهـای مورد استفاده به ترتیب زیر مشاهده شد:

۴۰>۳۰>۲۰>۱۰>۵>شاهد ۲

تأخیر در رشد و نمو و شـدت مسـمومیت در تیمارهـای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن لجن در هکتار پس از مدت حدود یک ماه بعد از کشت گیاه به خوبی نمایان گردید (شکل ۱).

### نتایج عملکرد اندمهای هوایی

نتایج تجزیه واریانس وزن تر، خشک و درصد آب موجود در بوتـه

1- Limit Of Detection

3- Agro leaf

های گوجه فرنگی (جدول ۵) نشان می‌دهد که تأثیر لجن بیولوژیکی بر روی وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در سطح احتمال ۰/۰۱ و روی درصد آب موجود در آن در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی دار شده است.

**(جدول ۱)- نتایج تجزیه لجن بیولوژیک در پودر لجن خشک**

| pH لجن تازه | EC(dS/m) لجن تازه | pH پودر لجن | EC(dS/m) پودر لجن | OM درصد | درصد مواد معدنی | N درصد | FC درصدوزنی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۶/۸ | ۱۱<br>۱/۱۳ | ۶/۷ | ۶/۸ | ۶۰-۷۰ | ۳۰-۴۰ | ۳/۵ | ۱۳۲ |
| Ca (ppm) | Mg (ppm) | Na (ppm) | K (ppm) | Cl (ppm) | $SO4^{2-}$ (ppm) | | |
| ۱۶۶۰ | ۹۷۰ | ۵۹۳ | ۱۲۳ | ۱۵۹۷ | ۴۰۰ | | |
| Fe (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Cu (ppm) | P (ppm) | | | — |
| ۲۳۰۰ | ۱۴۰ | ۲۶۰ | ۸ | ۱۲۵/۵ | | | |

**(جدول۲)- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در آغاز آزمایشات گلدانی**

| آزمایش | pH | EC(dS/m) | TNV(%) | OM(%) | فسفر قابل جذب(mg/kg) | SP(%) | N(%) | C/N | Cu | Fe | Mn | Zn | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۷/۶ | ۲/۶۵ | ۷/۶ | ۱/۲ | ۱۰ | ۳۹/۸ | ۰/۲۰ | ۳/۴ | ۱/۳ | ۳/۳ | ۷/۴ | ۱/۴ | ۱/۵ |
| آزمایش | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | FC | | | | |
| | قابل جذب (mg/kg) | قابل جذب (mg/kg) | قابل جذب (mg/kg) | قابل جذب (mg/kg) | قابل جذب (mg/kg) | قابل جذب (meq/100g) | قابل جذب (mg/kg) | قابل جذب (mg/kg) | (درصد وزنی) | | | | |
| | ۲۲۵/۶ | ۳۲۶/۸ | ۴۳۲۰ | ۸۲۶ | ۹/۸ | ۸/۴ | ۲۱۶ | ۶۸/۸ | ۲۴/۳ | | | | |
| آزمایش | رس (درصد) | سیلت (درصد) | شن (درصد) | | | | | | | | | | |
| | ۱۹/۲ | ۳۰ | ۵۰/۸ | | | | | | | | | | |

**(جدول۳)- نتایج تجزیه خاک در مورد تغییرات برخی از خواص شیمیایی خاک در خاتمه آزمایش**

| نوع و مشخصات آزمایش | خاتمه آزمایش | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد ۱ | شاهد۲ | ۵ | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ |
| | | | ۵/۵ | (تن لجن در هکتار) | | | |
| کربنات کلسیم(٪) | ۶ | ۵/۸ | ۵/۵ | ۵ | ۵/۳ | ۵/۲ | ۴/۸ |
| ماده آلی(٪) | ۱/۲۱۵ | ۱/۴۸۱ | ۱/۵۱۳ | ۱/۷۱۱ | ۲ | ۲/۲۲ | ۲/۵۱۶ |
| ازت کل(٪) | – | ۰/۲۵۷۱ | – | – | – | – | – |
| C/N | ۳/۴ | ۲/۶۶ | – | – | – | – | – |
| فسفر قابل جذب(mg/kg) | ۶ | ۵ | – | – | – | – | – |
| مس قابل جذب(mg/kg) | ۱/۱ | ۱/۲ | – | – | – | – | – |
| آهن قابل جذب(mg/kg) | ۱ | ۲/۷ | – | – | – | – | – |
| منگنز قابل جذب(mg/kg) | ۵ | ۴ | – | – | – | – | – |
| روی قابل جذب(mg/kg) | ۱/۱ | ۰/۷ | – | – | – | – | – |
| بور قابل جذب(mg/kg) | ۱/۲۴ | ۱/۴۹ | – | – | – | – | – |
| گل اشباعpH | ۷/۵ | ۷/۸ | ۷/۹ | ۸ | ۷/۹ | ۸ | ۸/۱ |
| EC گل اشباع(dS/m) | ۲/۲۴ | ۲/۵۶ | ۳/۹۱ | ۴/۱ | ۳/۹۱ | ۵/۹ | ۶/۳۱ |

**(جدول٤)- نتایج تجزیه برخی از عناصر غذایی میکرو در پودر برگ گیاه گوجه فرنگی (mg/kg)**

| آزمایش | مقدار (mg/kg) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fe | Mn | Zn | Cu | $P_2O_5$ |
| تیمار شاهد۲ | ۱۰۱ | ۷۱ | ۴۳/۵ | ۲۲/۵ | ۱۰/۹۶ |
| تیمار ۴۰ تن لجن در هکتار | ۱۱۶۷/۵ | ۹۲/۵ | ۴۴/۵ | ۲۶/۵ | ۱۱/۸۴ |

**(جدول۵)- تجزیه واریانس اثر تیمار لجن روی وزن تر، وزن خشک و در صد آب موجود در بوته های گوجه فرنگی**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات وزن تر | وزن خشک | درصد آب |
|---|---|---|---|---|
| تیمار لجن | ۶ | ۰/۳۲۹** | ۰/۴۱۷** | ۰/۰۱** |
| خطا | ۴۶ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۵۶ | ۰/۰۰۴ |
| ضریب تغییرات(٪) | | ۹/۳۳ | ۱۲/۰۹ | ۷/۵۷ |

*: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

**(جدول٦)- مقایسه های گروهی وزن تر، وزن خشک و درصد آب موجود در بوته های گوجه فرنگی**

| صفات | مقایسه | اول | مقایسه | دوم | مقایسه | سوم |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد۱ | تیمارهای دارای لجن | شاهد۲ | تیمارهای دارای لجن | شاهد۱ | شاهد۲ |
| وزن تر گیاه (گرم) | ۲۲۰/۵b | ۵۷۹/۳۶a | ۵۶۶/۳۱b | ۵۷۹/۳۶a | ۲۲۰/۵b | ۵۶۶/۳a |
| وزن خشک گیاه (گرم) | ۵۰/۴۳۸b | ۱۱۵/۳۱a | ۱۲۷/۸۱a | ۱۱۵/۳۱b | ۵۰/۴۳b | ۱۲۷/۸۱a |
| درصد آب موجود در گیاه | ۷۷/۳a | ۸۰/۷۸a | ۷۳/۲a | ۸۰/۷۸a | ۷۷/۳a | ۷۳/۲a |

**(شکل ۱)- اثر لجن بر روی گیاه گوجه فرنگی در ابتدای نمو**

مقایسه میانگین وزن تر و خشک گیاه گوجه فرنگی در تیمارهای مورد استفاده (اشکال ۶ و ۵) نیز نشان می‌دهد که نسبت به شاهد ۲ از لحاظ وزن تر در سطح ۳۰ تن لجن در هکتار تفاوت معنی داری مشاهده نمی شود و بیشترین عملکرد وزن تر و خشک در سطح ۱۰ تن لجن در هر هکتار بدست آمده است. عملکرد وزن تر و خشک در سطح کاربرد ۴۰ تن لجن در هر هکتار در مقایسه با شاهد ۲ کاهش یافته است ($p<0/05$) و در مقایسه با شاهد ۱ از لحاظ وزن تر افزایش و از نظر وزن خشک کاهش داشته است. مقایسه میانگین آب موجود در بوته های گوجه فرنگی در تیمارهای مورد استفاده (شکل ۷) نشان می‌دهد که تا سطح ۲۰ تن لجن در هر هکتار نسبت به شاهد ۱ و ۲

تفاوت معنی داری وجود ندارد ولی بین تیمارهای ۳۰ و ۴۰ تن لجن در هر هکتار در مقایسه با هر دو شاهد تفاوت معنی دار شده است (p<۰/۰۵). مقایسه های گروهی تیمارها (جدول ۶) نشان می‌دهد که از نظر درصد آب موجود در گیاه بین کلیه تیمارها تفاوت معنی دار وجود ندارد ولی از نظر وزن تر و خشک تفاوت معنی دار بین تیمارهای لجن و شاهد ۱ و ۲ ملاحظه می‌شود (p<۰/۰۵)، (اشکال ۲، ۳ و ۴).

**(شکل ۲)- اثر لجن بر روی گیاه گوجه فرنگی در مراحل بعدی**

**(شکل ۳)- اثر لجن بر روی گیاه گوجه فرنگی در مراحل پیشرفته**

**(جدول۷)- تجزیه واریانس اثر تیمار لجن روی تعداد میوه، وزن تر، وزن خشک و در صد آب موجود در میوه گوجه فرنگی**

| | | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | تعداد میوه | وزن تر | وزن خشک | درصد آب |
| تیمار لجن | ۶ | ۶/۰۸۴** | ۰/۸۲۶** | ۰/۸۳۲** | ۰/۹۷۵** |
| خطا | ۴۲ | ۰/۴۲۳ | ۰/۱۱۶ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۰۱ |
| ضریب تغییرات(٪) | | ۲۴/۵۶ | ۱۳/۷۱ | ۱۸/۸۴ | ۳/۴۵ |

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

**(شکل ٤)- اثر لجن بر روی گیاه گوجه فرنگی در مراحل پیشرفته**

**(جدول۸)- مقایسه های گروهی وزن تر، وزن خشک و درصد آب موجود در میوه گوجه فرنگی و تعداد میوه بوته های گوجه فرنگی**

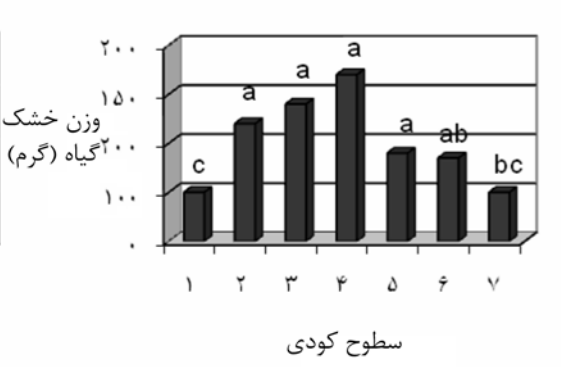
| | مقایسه | اول | مقایسه | دوم | مقایسه | سوم |
|---|---|---|---|---|---|---|
| صفات | شاهد۱ | تیمارهای دارای لجن | شاهد۲ | تیمارهای دارای لجن | شاهد۱ | شاهد۲ |
| تعداد میوه در هر گیاه | ۳/۳۷۵a | ۷/۲۳۶a | ۱۴/۷۵۰a | ۷/۲۳۶b | ۳/۳۷۵b | ۱۴/۷۵a |
| وزن تر گیاه (گرم) | ۲۳۸/۴۳b | ۳۹۳/۲a | ۸۱۵b | ۳۹۲/۲b | ۲۳۸/۴۳b | ۸۱۵a |
| وزن خشک گیاه (گرم) | ۱۷/۵۹۸a | ۳۲/۸۲a | ۶۶/۱۷۹a | ۳۲/۸۲b | ۱۷/۵۹۸b | ۶۶/۱۷۹a |

روند تغییرات وزن تر و خشک بوته های گوجه فرنگی نشان می‌دهد (اشکال ۶ و ۵) که عملکرد در سطح تیمارهای ۵ تا ۱۰ تن لجن در هکتار افزایش یافته و از این سطوح به بعد افزودن لجن با کاهش شدید عملکرد همراه بوده است. این کاهش عملکرد در مقایسه با شاهد ۲ در سطح ۴۰ تن لجن در هکتار برای وزن تر در حدود ۳۲٪ و برای وزن خشک آن در محدوده ۵۴٪ می‌باشد. همین کاهش عملکرد در سطح ۳۰ تن لجن در هکتار برای وزن تر در حدود ۲۰٪ و برای وزن خشک در محدوده ۴۴٪ است.

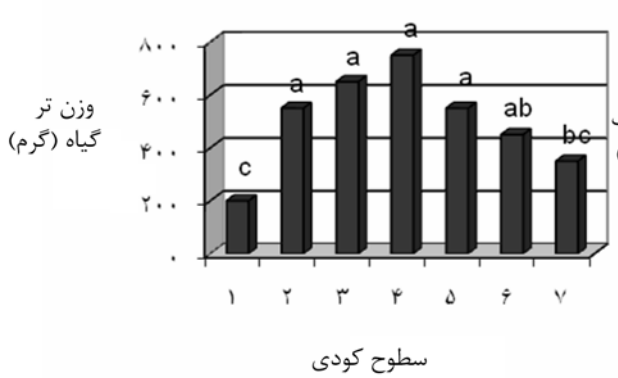
## نتایج عملکرد میوه گوجه فرنگی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان می‌دهد که سطوح مختلف لجن بر روی تعداد، وزن تر و خشک و درصد آب موجود در میوه گوجه فرنگی اثر معنی داری داشته است ($p<0/05$). مقایسه گروهی این صفات نیز نشان می‌دهد که بین شاهد ۲ و تیمارهای دارای لجن در کلیه صفتها اختلاف معنی دار شده است ($p<0/05$)، (جدول ۸). مقایسه میانگین تیمارها از نظر وزن تر، خشک و تعداد میوه گوجه فرنگی (اشکال۱۰ و ۹، ۸) نشان می‌دهد که بیشترین تعداد میوه و عملکرد وزن تر و خشک آن مربوط به تیمار شاهد ۲ بوده و تیمارهای ۵ و ۱۰ تن لجن در هر هکتار در رتبه های بعدی قرار دارند. بین این سه تیمار اختلاف معنی دار وجود ندارد ولی بین سه تیمار ذکر شده یا سایر تیمارها و شاهد ۱ اختلاف معنی دار می‌باشد ($p<0/05$).

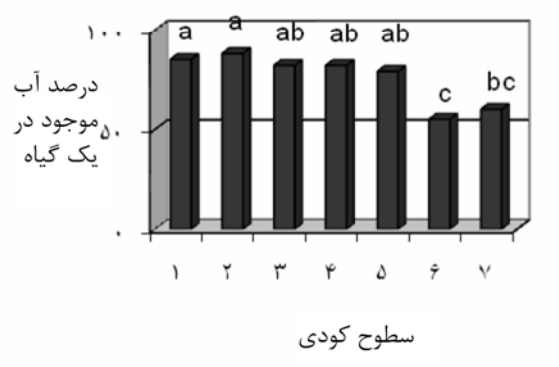
روند تغییرات وزن تر و خشک و تعداد میوه گوجه فرنگی نشان می‌دهد که بر خلاف وزن تر و خشک اندام‌های هوایی با افزودن لجن مسیر نزولی را بشدت طی نموده و حداقل کاهش محصول با مصرف ۵ تن لجن در هکتار و حداکثر آن مربوط به مصرف ۴۰ تن لجن در هکتار می‌باشد. مقادیر کاهش در مقایسه با شاهد ۲ برای وزن تر، وزن خشک و تعداد میوه با مصرف ۱۰ تن لجن در هکتار به ترتیب ۲۶٪، ۲۸٪ و ۳۲٪ و با مصرف ۴۰ تن لجن در هکتار ۸۸٪، ۹۲٪ و ۹۲٪ است.



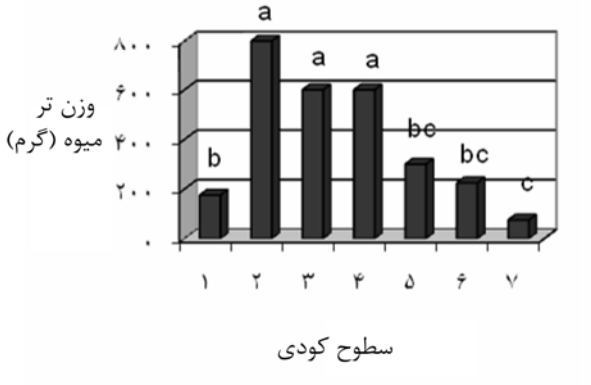

**(شکل ۵)- مقایسه میانگین وزن خشک بوته گوجه فرنگی**



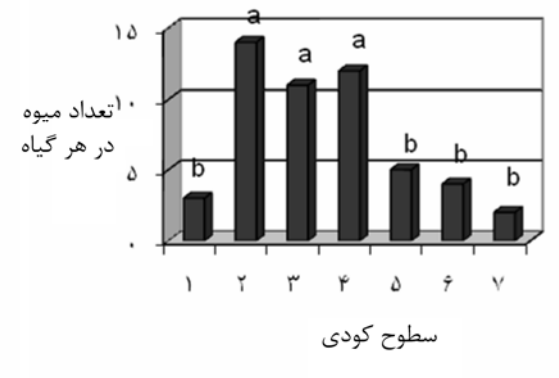

**(شکل٦)- مقایسه میانگین وزن تر بوته گوجه فرنگی**



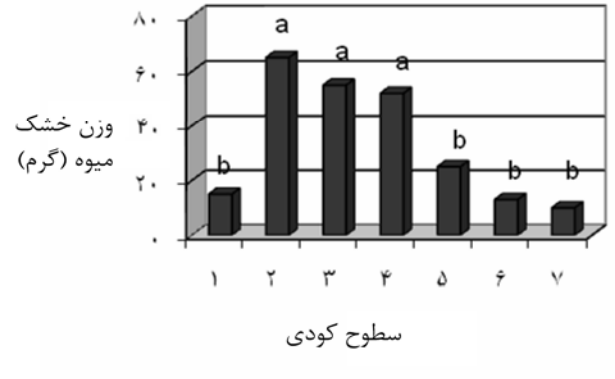

**(شکل۷)- مقایسه میانگین درصد آب در بوته گوجه فرنگی**




**(شکل۸)- مقایسه میانگین وزن تر میوه گوجه فرنگی**




**(شکل ۹)- مقایسه میانگین تعداد میوه گوجه فرنگی**




**(شکل۱۰) مقایسه میانگین وزن خشک میوه گوجه فرنگی**

## بحث و نتیجه گیری

بررسی اثر لجن بیولوژیک روی رشد گیاه گوجه فرنگی نشان داد که این گیاه قادر است حدود ۵ الی ۱۰ تن از این لجن را در خاک در طی یک دوره رشد تحمل نموده و عملکرد مثبتی از نظر تولید میوه و بیوماس اندام‌های هوائی ایجاد نماید. زای (۲۱) کود آلی کمپلکس لجن OCFS[1] فاضلاب شهری را در زراعت برنج مورد بررسی قرار داد. نتایج این آزمایش نشان داد که محصول برنج ۱۹–۱۸٪ افزایش عملکرد داشته و اثرات لجن بکار رفته در خاک از اثرات کود شیمیائی بهتر بوده است. به طور کلی بررسی منابع لجن بر روی خاکهای کشاورزی و اثرات آن بر روی گیاهان نشان می‌دهند که صرف نظر از خسارات جانبی لجن شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاکهائی که لجن دریافت کرده بودند در مقایسه با خاکهایی که فقط کود شیمیایی به آنها اضافه شده بود بهتر بوده است، البته این موضوع بستگی به نوع لجن دارد. افزایش کربن آلی، فسفر کل و قابل جذب گیاهی، CEC، FC و فعالیت بیولوژیکی در خاکهای تیمار شده با لجن به نفع افزایش حاصلخیزی خاک و عملکرد مخلوطی از گیاهان لگومینوز و گراس گزارش شده است (۱۳ و ۱۲، ۱۱، ۷، ۲). گزارش‌های این محققین با نتایج حاصل از مصرف لجن بیولوژیکی هم در ارتباط با اثر مثبت لجن در عملکرد محصول گوجه فرنگی در سطح ذکر شده (جداول۵ الی ۸) و در رابطه با بهبود برخی از خواص شیمیائی خاک (جدول ۳) مانند افزایش درصد ازت، مواد آلی، فسفر و عناصر غذایی مس، روی، منگنز، آهن و بور قابل جذب همسوئی دارد.

نتایج حاصل از جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که افزایش غلظت کل املاح محلول (EC) و تا حدودی pH در خاک گلدان‌های آزمایشی با افزایش لجن بیولوژیک در ابتدا و خاتمه آزمایش گلدانی با تغییرات عمده ای همراه بوده است بطوریکه این مسئله شوری خاک و خسارات ناشی از آنرا در خیلی از گیاهان زراعی حساس به نمک مطرح می‌سازد. تا سا تار و هاک تانیر (۲۰) نیز افزایش شوری خاک با افزودن لجن به آن را تأیید نموده اند.

ارقام جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که در خاک گلدان‌های محتوی ۴۰ تن لجن در هکتار پس از یک دوره رشد گیاه در آن به جز در مورد آهن و تا حدودی روی که در حد نسبتاً بالایی قرار دارند در مورد سایر عناصر غذایی دیگر در حد متوسط می‌باشند. علت این مطلب را می‌توان روند تثبیت و غیر متحرک شدن این عناصر در خاکهای قلیایی و آهکی مثل خاکهای اغلب مناطق آذربایجان توجیه نمود. کما اینکه سینگ و آگراوال (۱۹) اعلام نمودند که مؤثرترین روش برای کاهش جذب عناصر سنگین موجود در لجن توسط گیاهان بالا بردن pH خاک در محدوده ۷ می‌باشد در چنین شرایطی اغلب این عناصر و عناصر دیگر موجود در لجن (جدول ۱) به صورت ترکیبات نامحلول در می‌آیند و از دسترس گیاهان خارج می‌شوند (۱۷و ۴، ۱). بنابراین مسمومیت مشاهده شده در گیاهان مورد مطالعه را در سطوح کاربرد بالای لجن در خاک نمی توان منحصراً مربوط به وجود این عناصر توسط لجن در خاک دانست زیرا اولاً معلوم نیست که در طول یک دوره رشد گیاه کل عناصر موجود در لجن بتوانند آزاد گردیده و در اختیار گیاه زیر کشت قرار گیرند. ثانیاً قابلیت جذب این عناصر برای گیاهان به شرایط خاک، pH، آهک (۱۲و۷، ۱) و مقدار رس خاک (۱۵) بستگی دارد که با توجه به شرایط خاک مورد آزمایش احتمال پویایی این عناصر بسیار کم است. با وجود این در مورد آهن با توجه به وجود ۲۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم آهن قابل جذب در پودر لجن خشک (جدول ۱) و وجود ۱۱۶۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن در برگ گیاه گوجه فرنگی (جدول ۴) در تیمار ۴۰ تن لجن در هکتار چنین استنباط می‌گردد که از بین عناصر اضافه شده بخاک توسط لجن بیولوژیک وجود غلظت زیادی از آهن قابل جذب گیاهی در سطوح کاربرد بالای لجن در خاک در جوار افزایش غلظت املاح محلول محتوی کاتیونها و آنیونهای موجود در لجن به ویژه کلر (جدول ۱و۳) و احتمالا سایر عوارض ناشی از مصرف لجن بیولوژیک در خاک (۲۰و۱۲ ،۳) عامل اصلی مسمومیت گیاهان مورد آزمایش در سطوح کاربرد زیاد لجن در خاک بوده است.

تاساتار و هاک تانیر (۲۰) نیز با مصرف لجن دو کارخانه چنین نتیجه گرفتند که هر دو لجن سبب افزایش حاصلخیزی خاک گردیده به شرط آنکه فلزات و عناصر کمیاب موجود در آن بخوبی کنترل و شناخته شده باشد. چاندر و بروکس (۹) نیز اشاره نموده اند که عناصر فلزی سنگین و سمی موجود در لجن ممکن است در دراز مدت بر روی اکولوژی خاک و نهایتاً محیط زیست اثر منفی بگذارد که البته مصرف مداوم لجن بیولوژیک مورد آزمایش در خاکهای کشاورزی از این امر مستثنی نمی باشد.

## پیشنهادات

۱– با توجه به اینکه احتمالاً واکنش گیاهان در مقابل لجن بیولوژیک متفاوت می‌باشد لذا انجام این آزمایش های برای گیاهان زراعی دیگر ضروری به نظر می‌رسد. برای گیاه گوجه فرنگی بستگی به شرایط خاک مصرف حدود ۱۰–۵ تن لجن در هکتار در هر ۳–۲ سال به شرط کنترل اثرات مضر جانبی آن در خاک توصیه می‌شود.

۲– با توجه به نتایج حاصل از اثر لجن بیولوژیک بر روی خاک و گیاه عوارض ناشی از مصرف لجن تازه در خاک می‌تواند از طریق تبدیل آن به کمپوست در شرایط هوازی یا بی هوازی تا حدود زیادی برطرف گردد. حداقل پیشنهاد می‌شود چندین ماه قبل از کشت لجن در خاک وارد شده و خوب مخلوط گردد.

1- Organic Complex Fertilizer of Sludge

۳- با افزایش لجن بیولوژیک به خاک فعالیت میکروبی، درصد کربن آلی، ازت و فسفر قابل جذب به نفع حاصلخیزی خاک افزایش می‌یابد، اثرات مضر آن مانند افزایش EC و تجمع عناصر سنگین و سایر عوارض دیگر لجن در خاک می‌تواند با توجه به مقدار مصرف آن در رابطه با نوع خاک و گیاه و شرایط اقلیمی کنترل گردند.

۴- گیاه مورد آزمایش در مراحل اولیه رشد نسبت به افزایش سطوح لجن در خاک حساس بوده ولی به مرور زمان که لجن در خاک باقی می‌ماند. این حساسیت کاهش پیدا می‌کند و ترمیم رشد گیاه تا حدودی در مراحل پیشرفته رشد انجام می‌گیرد و بهمین دلیل توصیه می‌گردد که لجن چندین ماه قبل از کشت در خاک وارد شود.

## منابع


۱- کسرایی ر. ۱۳۷۲. چکیده ای درباره علم تغذیه گیاهی، انتشارات دانشگاه تبریز.

۲- کسرایی ر.، ساعدی س. و علی اصغرزاده ن. ۱۳۸۷. بررسی اثرات بیوشیمیایی کاربرد لجن بیولوژیک کارخانه پتروشیمی تبریز روی یک نمونه از خاکهای منطقه اهر. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی گرگان. جلد ۱۵، شماره ۲، ص۶۷.

3- Alvarenga P., Palma P., Goncalves A.P., Fernandes R.M., Cunha-Queda A.C., Duarte E. and Vallini G. 2007. Evaluation of chemical and ecotoxicological characteristics of biodegradable organic residues for application to agricultural land. Environment International, Vol. 33:505-513.

4- Benton J. and Jones J. 1998. Plant nutrition manual. No. 8401513.

5- Bergmann W. 1992. Color atlas: nutritional of plants, Stutgart, Germany.

6- Bradford G.R.A.L., Page L.J., and Olmosted W. 1975. Trace element concentration of sewage treatment plant effluents and sludges and their interaction with soils and uptake by plants. J. Environ, Qual. 4(1): 123-127.

7- Bremner I., and Campbell J.K. 1978. Effect of copper and zinc status on susceptibility to cadmium intoxication. Environmental Health perspectives, 25: 125-128.

8- Carl A., Trine E., Jane H. and Henrik L. 2002. Degradation of organic contaminants in sewage sludge during windrow composting, No, 3036, Drammen, Norway.

9- Chander K. and Brooks P.C. 1991. Effects of heavy metals from past applications of sewage sludge on microbial organic matter accumulation in a sandy and silty loam U.K soil. Soil. Bid. Biochem. 23: 927-931.

10- Environ B. 1988. Elements of toxicology and chemical risk assessment. Environment Corporation, Washington, DC.

11- Epstein E., Taylor J.M., and Chaney R.L. 1976. Effect of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some chemical properties. J. Environ. Qual., 5:423-426.

12- FAO. 1992. Status of cadmium, lead, copper and selenium in soil and plant. Soil Bulletin(63), Rome, Italy. In: http: www.fao.org/dorep/to551e/te08.

13- Ferreira E.M., and Castro I.V. 2001. Residual effects of sewage sludge application on soil fertility. In: Proceedings of 3rd international conference on land degradation and meeting of the IUSS subcomission soil and water conservation, held at Riodojaneiro.

14- Gupta P.K. 2004. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios, India.

15- Haynes R.J. and Swift R.S. 1983. An evaluation of the use of DTPA and EDTA as extract ants for micronutrients in moderately acid soils. J. Plant and Soil, 74:111-122.

16- Jones J., Wolf J.B., and Mills H.A. 1991. Plant analysis: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Inc. Athens, Georgia.

17- Krogstad T., Sogn T. A., Asdal A. and Saebo A. 2005. Influence of chemically and biologically stabilized sewage sludge on plant available phosphorous in soil. Ecological Engineering. Vol. 25(1):51-60.

18- Petersen S.O., Henriksen K., Mortensen G.K., Korgh P.H., Brandt K.K., Sorensen J., Madsen T., Petersen J. and Gron C. 2003. Recycling of sewage sludge and household compost to arable land: fate and effects of organic contaminants, and impact on soil fertility. Vol. 72(2):139-152.

19- Singh R.P. and Agrawal M. 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. Waste Management, Vol. 28(2):347-358.

20- Tasatar B., and Haktanir K. 1999. Effect of industrial sewage sludge applied to soil. ISD Ana Sayfasi, Soil Science Department, University of Ankara.

21- Xie Q. 2001. Research on the effect of sludge fertilizer on farmland and the safety of heavy metals in a Karst area. Biol. Fertil. Soils, 37:254-259.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar-Apr 2010, p. 10-20

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۲۰-۱۰

# Effects of Tabriz petrochemical sewage sludge on tomato growth

**R. Kassray**[1] **- S. Saedi**[2*]

## Abstract

To study the effects of sewage sludge on tomato seedling growth, a series of pot experiments, each pot containing 17 kg soil, were conducted in a randomized complete design with eight replications. Treatments used were: 5 levels of sewage sludge (5, 10, 20, 30 and 40 tons/ha) and two control treatments (T1, without sewage sludge and T2, sewage sludge + complete fertilizers). Analysis of variance for above ground fresh and dry weights showed that they were significantly higher than T2 (sludge + complete fertilizer) when 5 and 10 tons per hectare of sewage sludge were applied to the pot at %1 level of probability. Application of sewage sludge higher than 10 tons per hectare, due to its toxic effect, decreased fresh and dry weight of above ground plant parts drastically. For example, applying 30 tones sewage sludge decreased dry weight by 20 percent and fresh weight by 44 percent as compared with that of T2. Mean comparisons revealed that water content of tomato plants did not differ significantly in comparison with that of T2 when 10-20 tons of sewage were applied, but its difference was significant at 5 percent level of probability when 30 and 40 tons of sewage sludge were applied. Analysis of variance for dry, fresh and water content of fruit also showed that their differences with T2 were non-significant when 5 and 10 tons/ha sewage sludge were applied to the pots. However, applying sewage sludge beyond 10 tons per hectare reduced all these three attributes significantly. Applying 20, 30 and 40 t/ha of sewage sludge delayed growth and development and caused apparent necrosis in the leaf margins of young and mature plant within the first month, while the toxic effect of sludge on necrosis decreased at later growth stages. Higher availability of iron (Fe) at higher sludge application rates along with soluble cation and anion concentrations in soil solution, especially chlorine and probably other side effects caused by sludge application are the factors that may have toxic effects on plants.

**Keywords:** Petrochemical, Tomato, Sewage sludge

1,2- Associate Prof., and Assistant Professor, respectively, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Respectively, Islamic Azad University-Tabriz Branch
(*- Corresponding author Email: S_Saedi@iaut.ac.ir)