اثر مصرف تلفیقی لجن فاضلاب و فسفر بر بهبود برخی ویژگی‌های رشد گیاه آفتابگردان (*annuus Helianthus*) در شرایط کمبود آب

سولماز کاظم‌علیلو [۱]، نصرت‌اله نجفی [۲] و عادل ریحانی‌تبار [۲]
۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز و ۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز

چکیده
این پژوهش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ فاکتور و ۳ تکرار و با هدف بررسی اثر زمان آبیاری در دو سطح (آبیاری پس از ۶۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A)، فسفر در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع مونوکلسیم فسفات، $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$) و کمپوست لجن فاضلاب در چهار سطح (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) بر برخی ویژگی‌های رشد گیاه آفتابگردان روغنی (*Helianthus annuus* L.) رقم فرخ در شرایط مزرعه‌ای و در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خوی انجام شد. در پایان دوره رشد گیاه، کارایی مصرف آب، مقدار نسبی آب برگ و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر زمان آبیاری و کمپوست لجن فاضلاب بر کارایی مصرف آب و عملکرد دانه و اثر کمپوست و فسفر بر کارایی مصرف آب، مقدار نسبی آب برگ و عملکرد دانه معنی‌دار بودند. مصرف تلفیقی ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب بر هکتار در شرایط کمبود آب توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، فسفر، کمبود آب، کمپوست لجن فاضلاب

مقدمه
خشکی مهم‌ترین عامل محیطی محدود کننده رشد و نمو گیاهان در سراسر دنیا بوده و بر اکثر مراحل رشد، ساختار اندام و فعالیت آنها اثرهای مخرب و زیان‌آوری وارد می‌سازد (Safarnejad, ۲۰۰۴.). گیاهان هنگام تنش خشکی با سازوکارهای ویژه‌ای شرایط خشکی را تحمّل می‌کنند، با این‌حال کاهش رشد در آنها دیده می‌شود. یکی از دلایل کاهش رشد، کاهش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر است و گیاهانی که دارای مقادیر کافی فسفر باشند، تحمّل بیشتری در برابر تنش کم آبی نشان می‌دهند. رطوبت کم در هر یك از مراحل رشد سبب کاهش جذب آب و عناصر غذایی، کاهش انتقال عناصر در داخل گیاه و نهایتاً کاهش عملکرد دانه یا محصول نهایی می‌شود. تحمّل به آفات و بیماری‌ها نیز در گیاهان تنش‌دیده کاهش می‌یابد. عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی به مقدار آب قابل‌استفاده و کارآیی مصرف آب (WUE[۱۸۶]) بستگی دارد. گیاهی که قادر است آب بیشتری جذب کند و یا دارای کارآیی استفاده از آب بالاتری باشد، از مقاومت به خشکی بیشتری برخوردار است (Subramanian and Charest, ۱۹۹۷). تأثیر مثبت فسفر بر افزایش رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی به‌علت افزایش کارایی مصرف آب، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز، پایداری بالای دیواره سلولی و تأثیر آن بر روابط آبی گیاه است (Yuncai and Schmidhalter, ۲۰۰۵).
علی‌رغم سازگاری‌های ذاتی گیاهان به تنش خشکی، اثرهای آن را می‌توان با استفاده از مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و فراهمی کافی و متعادل عناصر غذایی کاهش داد. بررسی‌ها نشان می‌دهد بهبود حاصلخیزی خاک و تغذیه معدنی گیاهان نقش مهمی در افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی دارد (مارشنر، ۱۹۹۵). در سال ۱۹۹۸ سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (فائو، ۱۹۹۸) طرح توسعه نظام‌های تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی را برای کشورهای در حال توسعه پیشنهاد کرد. براساس تحقیقات انجام شده، تلفیق کودهای شیمیایی با کودهای آلی و زیستی نتایج مطلوبی در افزایش بازده تولید فرآورده‌های کشاورزی داشته که خود می‌تواند راهی به‌سوی کشاورزی پایدار باشد. امروزه استفاده از لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی در سراسر جهان در حال افزایش است. در ایران نیز کشاورزان به‌دلیل ارزان بودن این کود، تمایل زیادی به استفاده از آن دارند. خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌علت عدم پوشش گیاهی کافی و بازگشت مقدار اندک بقایای گیاهی به خاک دارای ماده آلی کم می‌باشند. این خاک‌ها عموماً آهکی و دارای pH قلیایی بوده در نتیجه بسیاری از گیاهان در این خاک‌ها همواره با مشکل تغذیه عناصر مواجه هستند. کاربرد کودهای آلی نظیر لجن فاضلاب به‌صورت علمی می‌تواند سهم مهمی در تأمین نیازهای غذایی گیاهان داشته باشد (حسین‌پور و متقیان، ۱۳۹۲).
با توجه به اهمیت زراعت آفتابگردان به‌عنوان یکی از نباتات صنعتی مطرح جهان، در صورت توسعه آن در کشور سبب گسترش اشتغال فعال و مولد در صنایع روغن‌کشی، روغن نباتی و بهره‌برداری از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در بخش کشاورزی و جلوگیری از واردات بی‌رویه روغن و کنجاله خواهد شد. این گیاه به‌دلیل بالا بودن کیفیت روغن خوراکی آن و به‌خاطر نداشتن مقادیر زیاد کلسترول، کوتاه بودن دوره رشد و امکان کشت به‌عنوان محصول دوم بعد از برداشت گندم و جو، در میان دانه‌های روغنی از نظر سطح زیر کشت و تولید، مقام نخست را در کشور به خود اختصاص داده است (مستشفی و همکاران، ۱۳۹۰). از دیدگاه تغذیه

۱۸۶[۱]-Water use efficiency

گیاهان، روغن آفتابگردان به‌دلیل داشتن مقادیر فراوانی از اسیدهای چرب اشباع نشده نظیر اسیدهای چرب لینولئیک و اولئیک مورد توجه می‌باشد. دانه آفتابگردان بسته به ارقام مختلف دارای ۲۶ تا ۵۰ درصد روغن می‌باشد (کریم‌زاده و همکاران، ۲۰۰۳).
با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی کشور و لزوم مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی برای تحقق کشاورزی پایدار، هدف از این پژوهش، بررسی اثر مصرف تلفیقی فسفر و کمپوست لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های رشد گیاه آفتابگردان در شرایط آبیاری مطلوب و محدود بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان خوی در سال زراعی ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ فاکتور و ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی، زمان آبیاری در دو سطح (پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A به‌ترتیب برای آبیاری مطلوب و تنش خشکی)، فاکتور دوم، سوپرفسفات تریپل ($Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$) در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فاکتور سوم، کمپوست لجن فاضلاب در چهار سطح (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) بود. سایر عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک، کود نیتروژن به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره ($CO(NH_2)_2$) و به‌صورت سرک در سه نوبت (قبل از کاشت، مرحله ۸ برگی و مرحله R_1[۱۸۷])، پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) و روی از منبع سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$) به‌صورت خاکی مصرف شد. قبل از کاشت بذر آفتابگردان (رقم فرخ)، نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر مزرعه مورد مطالعه تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). کمپوست لجن فاضلاب مورد استفاده در این پژوهش از تصفیه خانه فاضلاب شهر خوی تهیه و قبل از کشت گیاه به خاک افزوده شد و سپس به‌خوبی با خاک مخلوط گردید. زمین متشکل از ۷۲ کرت و کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۲×۳ متر بودند که فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت بذر ۵ سانتی‌متر بود. در طول دوره رشد آبیاری کرت‌ها با استفاده از کنتور و به طور یکسان برای تمام کرت‌ها انجام شد. بعد از پایان دوره رشد، کارایی مصرف آب (عملکرد دانه به حجم آب مصرفی در طول دوره رشد)، میزان نسبی آب برگ و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان نسبی آب برگ نمونه‌برداری قبل از انجام آبیاری از تمام کرت‌ها در مرحله گل‌دهی و از چهارمین برگ توسعه یافته صورت گرفت، نمونه‌ها در پاکت قرار داده شد و پس از انتقال به آزمایشگاه وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق دیجیتالی تعیین شد. این نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شدند. سپس وزن نمونه‌های برگی در حالت تورژسانس تعیین شد، نهایتاً نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند و وزن خشک آن‌ها تعیین شد. سپس با استفاده از فرمول زیر میزان آب نسبی برگ بر حسب درصد محاسبه شد:

$$RWC = FW - DW/TW - DW \times 100 \quad (۱)$$

در رابطه‌ی فوق FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت اشباع است.
در پایان، تجزیه آماری داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام و نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel رسم شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

بافت خاک	N کل	OM	pH	EC	Cu	Zn	Mn	Fe	K	P
	(%)		-	(dS m^{-1})	قابل استفاده (mg kg^{-1})					
رسی	۰۵/۰	۶/۰	۹/۷	۸/۰	۵۲/۲	۴۶/۰	۲/۶	۴/۹	۲۲۰	۱/۱

نتایج و بحث

کارایی مصرف آب: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی زمان آبیاری و کمپوست و اثرهای متقابل زمان آبیاری ×کمپوست لجن فاضلاب در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کمپوست لجن فاضلاب×فسفر در سطح احتمال پنج درصد بر کارایی مصرف آب معنی‌دار بود ولی اثر متقابل کمپوست لجن فاضلاب×زمان آبیاری×فسفر غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار کارایی مصرف آب مربوط به تیمار مصرف تلفیقی ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب بر هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار بود (شکل ۱) که علت آن را می‌توان به بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک و فراهمی تدریجی عناصر غذایی در تیمارهای تلفیقی نسبت داد. هر عاملی که عملکرد را افزایش دهد سبب افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد زیرا کارایی، نسبت عملکرد بر میزان آب مصرفی می‌باشد. در نتایج فوق مصرف کمپوست و فسفر سبب افزایش کارایی مصرف آب شد چون با افزایش عملکرد، می‌تواند کارایی مصرف آب را افزایش دهد. گزارش شده است که کاربرد کود فسفر در شرایط تنش خشکی سبب افزایش راندمان مصرف آب، جذب فسفر و در نتیجه افزایش مقاومت به خشکی در گیاه جو شد. مطالعات مختلف در نواحی خشک و نیمه‌خشک نیز نشان داد که افزودن کود فسفر ماده‌خشک بخش هوایی را در شرایط تنش آب افزایش می‌دهد (جونز و همکاران ۲۰۰۳). فسفر با افزایش رشد ریشه حجم بیشتری از خاک را در اختیار ریشه قرار می‌دهد و در نتیجه منبع وسیعتری از رطوبت خاک در دسترس ریشه خواهد بود (Jones et al., ۲۰۰۳). خورشید و همکاران (۱۳۸۷)، تأثیر لجن فاضلاب بر جذب فسفر و فسفر قابل

[۱۸۷] جوانهٔ انتهایی طبق مینیاتوری به صورت خوشه‌ای از برگ‌ها را تشکیل می‌دهد. در نمای از بالا براکته‌ها ساختمان منشعب ستاره‌ای را بوجود می‌آورد.

استفاده در خاک‌های آهکی را مطالعه و به این نتیجه رسیدند که به‌دلیل افزایش فسفر قابل استفاده بر اثر کاربرد لجن فاضلاب نیاز خاك‌ها به کودهای فسفردار کاهش یافت.

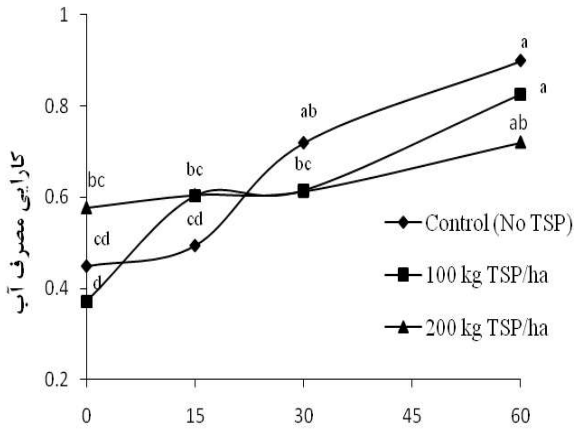
مقدار نسبی آب برگ: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل کمپوست×فسفر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند ولی اثر متقابل کمپوست لجن فاضلاب× زمان آبیاری×فسفر غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار نسبی آب برگ مربوط به تیمارهای تلفیقی (۶۰ تن کمپوست بر هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار) بود (شکل ۲). محققان گزارش کردند که با افزایش تنش آبی، RWC برگ‌های گندم کاهش پیدا می‌کند که علت آن کاهش مقدار نسبی آب، کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط کمبود آب می‌باشد (Schonfeld et al., ۱۹۸۸). طبق پژوهش‌های انجام یافته، ثابت شده است که لجن فاضلاب به‌علّت داشتن مقدار زیاد ماده آلی می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی خاک از قبیل پایداری خاکدانه‌ها، هدایت هیدرولیکی، تهویه و رطوبت خاک تأثیر مطلوب داشته باشد (Glauser et al., ۱۹۹۸). همچنین گزارش شده است که مصرف مواد آلی، فسفر قابلاستفاده گیاهان را افزایش می‌دهد و به‌طور غیرمستقیم از رسوب فسفات در pHهای بالا که غیرقابل جذب برای گیاه است، جلوگیری می‌کند .(Bauer and Black, ۱۹۹۲)

عملکرد دانه: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی زمان آبیاری، فسفر و کمپوست و اثرهای متقابل زمان آبیاری ×کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست لجن فاضلاب×فسفر در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود ولی اثر متقابل کمپوست لجن فاضلاب×زمان آبیاری×فسفر غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). در اینجا هم مصرف ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب و مصرف تلفیقی ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به‌عنوان بهترین تیمار معرفی می‌شوند (شکل ۳). در مطالعه‌ای با بررسی اثر سطوح مختلف کودهای آلی (مرغی و دامی) و شیمیایی و اثر مصرف تلفیقی آنها بر رشد گیاه آفتابگردان گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی (۵۰ درصد شیمیایی + کود مرغی) به‌دست آمد و در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، عملکرد دانه بیشتری نسبت به ۱۰۰ درصد کودهای آلی (دامی و مرغی) تولید شد (Munir et al., ۲۰۰۷). نجفی و مردمی (۱۳۹۲) گزارش کردند که مصرف کودهای آلی (کمپوست لجن فاضلاب و کود گاوی) با افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود وضعیت رشد و تغذیه گیاه، اثر صدمه غرقاب را در گیاه آفتابگردان کاهش داد. همچنین آنان گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به خاک غلظت آهن، روی، مس و کادمیم قابل جذب خاک را بیشتر از کود گاوی افزایش داد و مصرف کود گاوی غلظت سدیم، پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک را بیشتر از لجن فاضلاب افزایش داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، مصرف تلفیقی ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب بر هکتار برای دستیابی به عملکرد مطلوب و پایدار توصیه می‌شود.

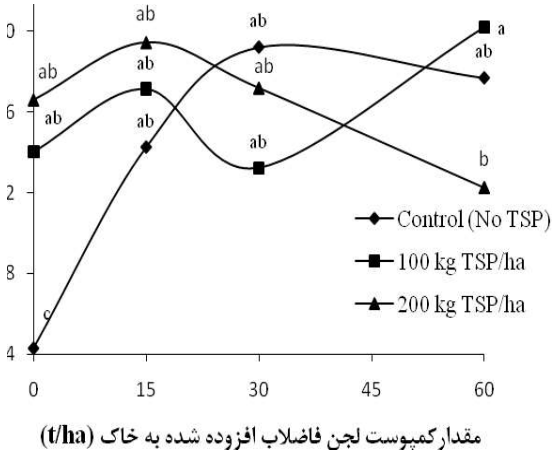
جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر کارایی مصرف آب، مقدار نسبی آب برگ و عملکرد دانه گیاه آفتابگردان.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کارایی مصرف آب	مقدار نسبی آب برگ	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰۰۷/۰ ns	۱۷/۱۷ ns	۵۹/۷۶ ns
زمان ابیاری	۳	۹۸/۱۸*	۴۷/۱۱۷*	۵۴/۲۹۳*
کمپوست لجن فاضلاب	۱	۳۹/۰*	۱۰/۱ ns	۲۵/۲۱۳۶**
زمان آبیاری ×کمپوست لجن فاضلاب	۳	۴۷/۰**	۴۸/۵۰ ns	۷۲/۴۰۸*
فسفر	۲	۰۰۸/۰ ns	۹۶/۴۵ ns	۰۹/۷۳۹**
کمپوست لجن فاضلاب ×فسفر	۶	۰۵/۰*	۶۶/۱۳۳**	۰۸/۲۹۲*
زمان آبیاری ×فسفر	۱	۰۱۲/۰ ns	۶۲/۲۷ ns	۴۷/۲۴ ns
کمپوست لجن فاضلاب× زمان آبیاری×فسفر	۳	۰۴/۰ ns	۷۳/۸۰ ns	۴۲/۴۷ ns
خطا		۰۲۲/۰	۶۲/۲۷	۷۸/۱۰۷
ضریب تغییرات (%)		۹۲/۲۳	۴۸/۹	۲۵/۱۷

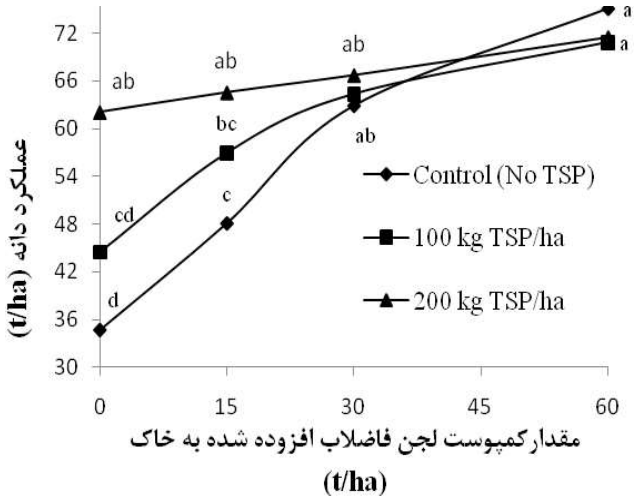
ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%



شکل ۱- اثر متقابل کمپوست و سوپرفسفات تریپل بر کارایی مصرف آب



شکل ۲- اثر متقابل کمپوست و سوپرفسفات تریپل بر مقدار نسبی آب برگ



شکل ۳- اثر متقابل کمپوست و سوپرفسفات تریپل بر عملکرد دانه

منابع

خورشید، م.، حسین پور، ع.و اوستان، ش. ۱۳۸۷. تأثیر لجن فاضلاب بر جذب فسفر و فسفر قابل استفاده در برخی از خاک‌های آهکی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۶: ۷۹۱-۸۰۱.

مستشفی حبیب آبادی، ف.، شایان‌نژاد، م.، دهقانی، م. و طباطبایی، س.ح. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر چهار نوع رژیم تلفیقی آبیاری با آب شور بر روی شاخص‌های کمی و کیفی آفتابگردان. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۴، صفحه‌های ۶۹۸ تا ۷۰۷.

نجفی، ن. و مردمی، س.، ۱۳۹۲. اثر کشت آفتابگردان، کود دامی و لجن فاضلاب بر فراهمی عناصر، pH و EC یک خاک قلیایی. مجله تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۱، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ۲۳.

Bauer A. and Black A.L. ۱۹۹۲. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. Soil Science Society of America Journal, ۵۶:۲۴۸-۲۵۴.

FAO, ۱۹۹۸. Guide to efficient plant nutrient management, Rome : Land and Water Development Division, Food and Agricultural Organization of the United Nations.

Glauser R. Doner H.E. and Poul E.A. ۱۹۸۸. Soil aggregate stability as a function of particle size in sludge treated soils. Soil Science, ۱۴۶:۳۷-۴۳.

Jones C.A., Jacobsen J.S. and Wraith J.M. ۲۰۰۳. The effects of P fertilization on drought tolerance of malt barley. In Western Nutrient Management Conference, ۵:۸۸-۹۳.

Marschner H., ۱۹۹۵. Mineral nutrition of higher plants. ۲th Edition. Academic Press, San Diego, ۸۸۹ pp.

Munir M.A., Malik M.A. and Saleem M.F. ۲۰۰۷. Impact of integration of crop manuring and nitrogen application on growth, yield and quality of spring planted sunflower (*Helianthus annuus L.*). Pakestan Journal of Botany, ۳۹:۴۴۱-۴۴۹.

Safarnejad A. ۲۰۰۴. Characterization of Somaclones of *Medicago sativa* L. for drought tolerance. Journal of Agricultural Science and Technology, ۶:۱۲۱-۱۲۷.

Schonfeld M.A., Johnson R.C., Carver B. and Morhinweg D.W. ۱۹۸۸. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Science, ۲۸:۵۲۶-۵۳۱.

Subramanian K.S. and Charest C. ۱۹۹۷. Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (Zea mays L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. Mycorrhiza, ۷:۲۵-۳۲.

Yuncai H. and Schmidhalter U. ۲۰۰۵. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition. Soil Science, ۱۶۸:۵۴۱-۵۴۹.

Abstract:

This investigation was conducted as a split factorial based on randomized complete blocks design with three factors and three replications to evaluate the effects of irrigation time at two levels (irrigation after ۶۰ and ۱۵۰ mm evaporation from class-A pan), phosphorus at three levels (۰, ۱۰۰ and ۲۰۰ kg per hectare as monocalcium phosphate, Ca $(H_۲PO_۴)_۲.H_۲O$) and compost at four levels (۰, ۱۵, ۳۰ and ۶۰ tons per hectare) on some growth characteristics of the oil sunflower at field conditions in Agricultural Research Station of Khoy. At the end of plant growth, water use efficiency (WUE), leaf relative water content (RWC) and grain yield were measured. The results showed that the effects of irrigation time and sewage sludge compost on WUE and grain yield and the effects of compost and P fertilizer on WUE, leaf RWC and grain yield were significant. Integrated application of ۱۰۰ kg P per hectare and ۶۰ tons per hectare of sewage sludge compost could be recommended under water deficit