مجله ترویجی شورورزی
دوره دوم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۳

تأثیر لجن فاضلاب شهری بر برخی ویژگی‌های رشدی کینوا در دو کشت متوالی

حدیث حاتمی[1*]، حسین پرویزی[1]، محمدجواد بابائی‌زارچ[1]، امیر پرنیان[1] و حسین بیرامی[1]

[1] استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

*. نویسنده مسئول: حدیث حاتمی، پست الکترونیک: h.hatami@areeo.ac.ir *

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۷

چکیده

منابع آلی از جمله لجن فاضلاب شهری می‌توانند بر ویژگی‌های رشدی گیاهان اثرات مثبتی داشته باشند. این تحقیق گلدانی با هدف بررسی اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب شهری (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی/وزنی) بر برخی ویژگی‌های رشدی گیاه کینوا در شرایط غیرشور (۲ دسی‌زیمنس بر متر) و شور (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در دو کشت متوالی انجام شد. در شرایط شور، سطح ۰/۵ درصد لجن فاضلاب شهری در هر دو کشت به منظور افزایش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه قابل توصیه است چراکه این ویژگی‌ها را به‌ترتیب ۲/٤ و ۲/۵ برابر در کشت اول و ۱/۵ و ۱/۱ برابر در کشت دوم در مقایسه با تیمار عدم کاربرد لجن افزایش داد و در مقابل تفاوت قابل توجهی با سطح ۱ درصد لجن نشان نداد. در شرایط غیرشور در کشت اول تفاوت قابل ملاحظه‌ای میان سطوح ۰/۵ و ۱ درصد لجن فاضلاب شهری در بهبود وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه مشاهده نشد اما در کشت دوم، سطح ۱ درصد به ترتیب موجب افزایش ۲/۲ و ۲/۵ برابری این ویژگی‌ها در مقایسه با تیمار عدم کاربرد لجن شد. علاوه‌براین، نتایج نشان داد که در هر دو کشت، افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار مقادیر ویژگی‌های مورد بررسی در هر یک از تیمارهای آزمایشی شد. وزن هزاردانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی و طی دو کشت، تغییر قابل توجهی نداشت. به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که لجن فاضلاب شهری به دلیل غنی بودن از عناصر غذایی می‌تواند به عنوان یک کود آلی در بهبود رشد و عملکرد گیاه کینوا استفاده شود. اما با توجه به کاهش عملکرد تولیدی در کشت دوم، احتمالا در کشت‌های بعدی باید اقدام به افزودن مجدد لجن فاضلاب شهری و یا کودهای شیمیایی شود که این امر نیازمند بررسی بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: شوری، عملکرد، کود آلی.

بیان مسئله

در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل مقادیر کم منابع آب شیرین، کمبود بارندگی و تبخیر و تعرق بالا؛ مسئله شوری آب و خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. در چنین شرایطی کاشت گیاهان متحمل به شوری به منظور حفظ سطح تولید پایدار یکی از راه‌کارهای تولید در شرایط شور در نظر گرفته می‌شود (۸). گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) از جمله گزینه‌های مناسب جهت کشت در شرایط شور معرفی شده است (۲). صرفنظر از این ویژگی، غنی بودن از نظر پروتئین، مواد معدنی (آهن، مس، فسفر، روی و منیزیم)، فیبر، انواع ویتامین‌ها و همچنین فاقد گلوتن بودن (۷) از دیگر ویژگی‌های متمایزکننده این گیاه در منابع گزارش شده است. اهمیت ارزش غذایی کینوا به حدی است که سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) سال ۲۰۱۳ را به عنوان سال کینوا معرفی کرد (۵). یکی از عواملی که می‌تواند بر حاصلخیزی خاک و در نتیجه کمیت و کیفیت محصول تولیدی در شرایط شور اثرگذار باشد، محتوای ماده آلی خاک است تا جایی که افزایش کربن آلی خاک در خاک‌های شور به عنوان کلید افزایش عملکرد محصولات زراعی عنوان شده است (۳). به‌طورکلی، افزودن منابع آلی به خاک می‌تواند به دلیل افزایش محتوای آلی خاک، بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه تأثیر بسزایی در میزان عملکرد داشته باشد (۱، ٤). لجن فاضلاب شهری یکی از منابع آلی است که علاوه بر ویژگی‌های مذکور به دلیل ارزان قیمت بودن می‌تواند در تولید گیاهان متحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر کاربرد لجن فاضلاب شهری بر برخی ویژگی‌های رشدی گیاه کینوا در دو کشت متوالی و تحت شرایط غیر شور و شور بود.

معرفی دستاورد

به منظور بررسی اثر ۳ سطح لجن فاضلاب شهری (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی/وزنی) و ۲ سطح شوری آب آبیاری (۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بر برخی ویژگی‌های رشدی گیاه کینوا (وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه) یک مطالعه گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. شوری‌ها مورد نظر از اختلاط آب شهری با آب بسیار شور انتقال یافته از خارج محل آزمایش تهیه گردید. لجن فاضلاب شهری به صورت خشک از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری در شهر یزد تهیه گردید. برخی از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده لجن فاضلاب شهری در جدول ۱ نشان داده شده است. ابتدا سطوح مورد نظر از لجن فاضلاب شهری با ۱۰ کیلوگرم خاک خشک مخلوط و به داخل گلدان‌های پلاستیکی منتقل شد و تعدادی بذر کینوا (رقم تیتیکاکا[1]) در عمق ۲ سانتی‌متری هر یک از گلدان‌ها کاشته شد. پس از رسیدن به مرحله چهار برگی، تعداد گیاهان به ٤ بوته در هر گلدان تنک گردید. در طول دوره رشد، آبیاری با شوری‌های مورد نظر (۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) انجام شد. در گلدان‌های مربوط به تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به منظور کنترل شوری خاک به مقادیر کمتر از ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر که متناظر با کاهش ۵۰ درصدی عملکرد (۹) می‌باشد، کسر آبشویی ۱۵ درصد جهت کنترل شوری خاک تا ۱/۵ برابر شوری آب آبیاری در نظر گرفته شد. سه ماه پس از کاشت، گیاهان برداشت شدند و صفات وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی اثر تیمارها بر کاشت بعدی، بدون خارج کردن خاک گلدان‌ها و یا افزودن لجن فاضلاب شهری مطابق مراحل گفته شده در بالا، کشت دوم انجام شد و ۳ ماه بعد، این گیاهان نیز برداشت و صفات ذکر شده اندازه‌گیری شدند. در شکل ۱ نمایی از گلدان‌های تحقیق نشان داده شده است.

[1] Titicaca

شکل ۱- مراحل مختلف کاشت و رشد گیاه کینوا

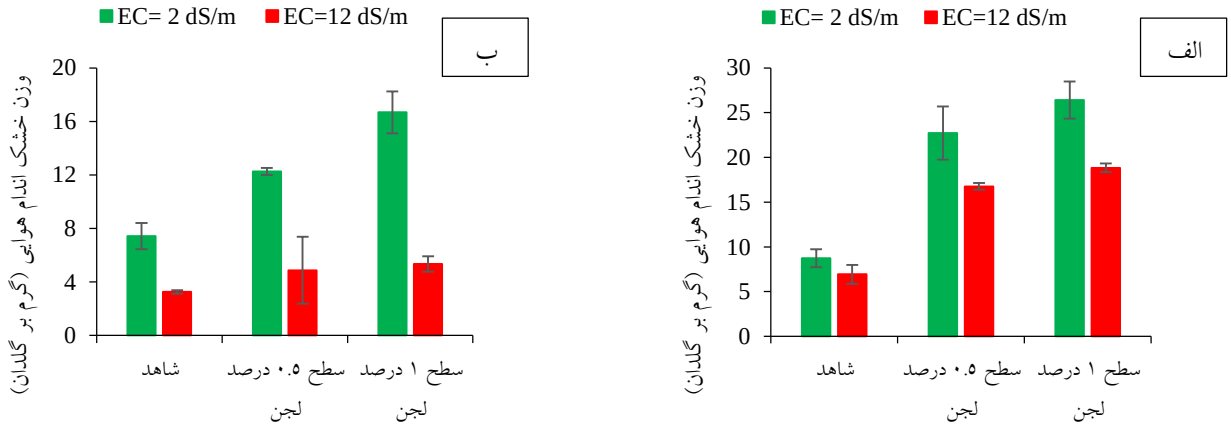
جدول ۱- مقادیر برخی از ویژگی‌های شیمیایی لجن فاضلاب شهری به کار رفته

pH (1:10)	EC (1:10)	خاکستر	ماده آلی	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر کل	پتاسیم کل	کادمیم کل	سرب کل
	$dS\ m^{-1}$			(%)			(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
٦/٤	٤/١	٢٦	٦٨/٨	٣٩/٩	٦	٢/٤	٠/٦	nd*	٣٨/٦

* شناسایی نشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که در اولین کشت با افزایش سطح لجن فاضلاب شهری، وزن خشک اندام هوایی در گیاه کینوا در هر دو تیمار شوری افزایش یافت (شکل ۲-الف). با این حال، میزان اثرگذاری این منبع آلی بر افزایش وزن خشک اندام هوایی در شوری ۲ دسی‌زیمنس برمتر به مراتب بیشتر از شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر بود. در هر دو شوری سطوح ۰/۵ و ۱ درصد وزنی/وزنی لجن فاضلاب شهری سبب افزایش وزن خشک در مقایسه با شاهد شدند، اما تفاوت معنی‌داری میان این دو سطح در هر کدام از شوری‌ها مشاهده نشد. بنابراین، سطح ۰/۵ درصد وزنی/وزنی لجن فاضلاب شهری، با افزایش ۲/٦ و ۲/٤ برابری وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با شاهد به ترتیب در شوری‌های ۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر، سطح مناسبی برای افزایش وزن خشک اندام هوایی بود. در نتایج کشت دوم توجه به چند نکته حائز اهمیت است؛ نخست آن‌که میزان وزن خشک

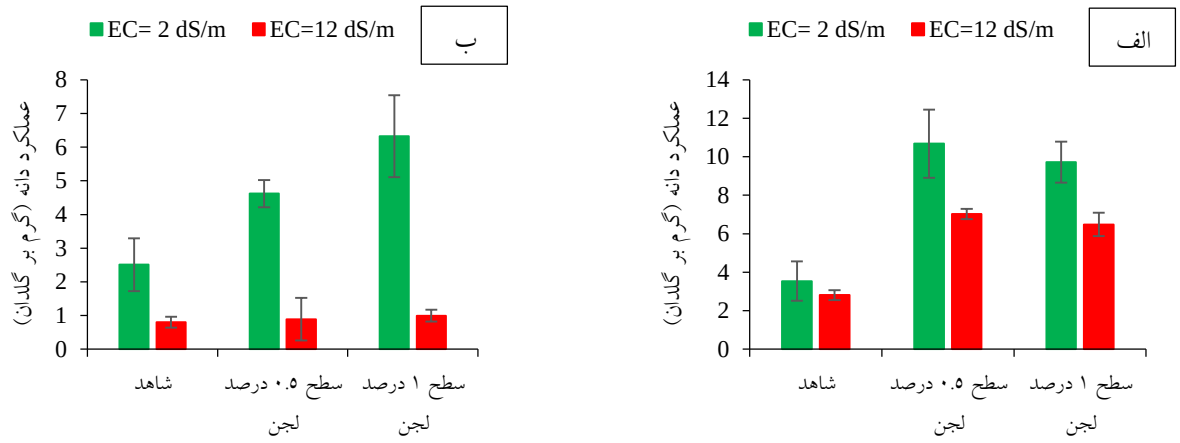
تولیدی در تمام تیمارهای آزمایشی کمتر از تیمارهای هم‌ارز در کشت اول بود که این امر به طورکلی حاکی از کاهش اثرگذاری لجن فاضلاب شهری در دومین کاشت است (شکل ۲–ب). نکته بعدی آن‌که در کاشت دوم، در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر افزودن ۱ درصد لجن فاضلاب شهری در افزایش وزن خشک موثرتر از ۰/۵ درصد بود، اما در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر در دومین کاشت نیز تفاوتی میان سطوح ۰/۵ و ۱ درصد لجن مشاهده نشد.



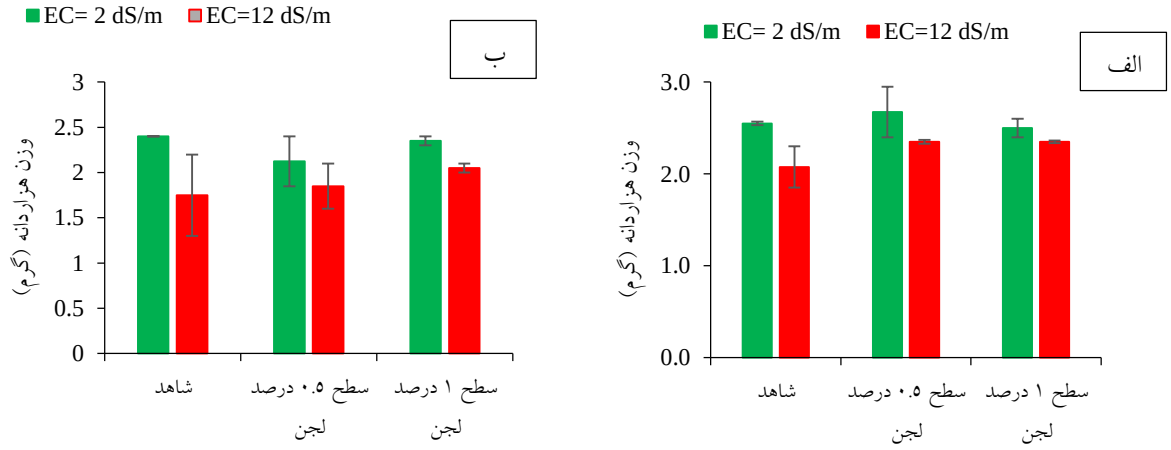
شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب شهری و شوری آب آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی کینوا در کشت اول (الف) و دوم (ب)

روند اثرگذاری لجن فاضلاب شهری بر افزایش عملکرد دانه در کشت اول در هر دو شوری مشابه با وزن خشک اندام هوایی بود (شکل ۳–الف). بدین‌معنا که اگرچه افزایش شوری، میزان عملکرد دانه را کاهش داد اما افزودن لجن فاضلاب شهری سبب کاهش اثرات منفی شوری بر عملکرد دانه شد. گزارش شده است که آزادسازی عناصر غذایی از کود آلی در مرحله پرشدن دانه می‌تواند سبب افزایش عملکرد در شرایط شور گردد (٦). با توجه به این‌که سطح ۱ درصد لجن در هیچکدام از شوری‌ها نتوانست سبب افزایش معنی‌داری عملکرد دانه در مقایسه با سطح ۰/۵ درصد شود لذا، سطح ۰/۵ درصد لجن فاضلاب شهری با افزایش ۳ و ۲/۵ برابری عملکرد دانه در مقایسه با شاهد به ترتیب در شوری‌های ۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، به عنوان یک سطح مناسب برای افزایش این ویژگی قابل پیشنهاد است. در کاشت دوم میزان عملکرد دانه در تمام تیمارها در مقایسه با کاشت اول، کوچک‌تر بود اما با این وجود، افزودن لجن فاضلاب شهری سبب افزایش عملکرد دانه به خصوص در شوری ۲ دسی‌زیمنس برمتر شد (شکل ۳–ب). علاوه براین، در کشت دوم و در شرایط شور، کاربرد لجن فاضلاب شهری نتوانست تأثیر مثبتی در بهبود عملکرد دانه داشته باشد (شکل ۳–ب).

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد کاربرد لجن فاضلاب شهری در هر دو کشت، تأثیر قابل توجهی بر افزایش وزن هزاردانه در مقایسه با تیمار عدم کاربرد آن نداشت (شکل ٤–الف و ب). هم‌چنین، برخلاف وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه که در کشت دوم مقادیر آن‌ها کوچک‌تر از کشت اول بود؛ وزن هزار دانه در هر دو کشت تقریباً مقدار ثابتی را نشان داد. با این وجود، افزایش شوری سبب کاهش وزن هزاردانه در هر دو کشت کینوا شد (شکل ٤–الف و ب).



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب شهری و شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه کینوا در کشت اول (الف) و دوم (ب)



شکل ٤- تأثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب شهری و شوری آب آبیاری بر وزن هزار دانه کینوا در کشت اول (الف) و دوم (ب)

کاربرد لجن فاضلاب شهری علاوه بر ویژگی‌های رشدی احتمالا در برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک اثرگذار بوده است. شوری خاک یکی از پارامترهایی است که احتمال تغییر آن با کاربرد لجن فاضلاب شهری ممکن است، به همین دلیل پس از برداشت دوم گیاه شوری خاک در عصاره گل اشباع اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر، مقادیر شوری خاک در تیمارهای شاهد، ۰/۵ و ۱ درصد لجن فاضلاب شهری به‌ترتیب ٥/٤، ٥/٣ و ٦/١ دسی‌زیمنس بر متر و در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مقادیر شوری خاک در تیمارها به‌ترتیب ٢٩/٦، ٢٨/٥ و ٢٩/٧ دسی‌زیمنس بر متر بود. بنابراین، افزودن سطوح ۰/۵ و ۱ درصد لجن فاضلاب شهری در هر کدام از شوری‌های مورد مطالعه تغییر قابل ملاحظه‌ای در شوری خاک در مقایسه با تیمار شاهد ایجاد نکرده است و در این راستا، کاهش عملکرد در کشت دوم نمی‌تواند به دلیل افزایش شوری خاک باشد.

توصیه ترویجی

با توجه به نتایج گلدانی این تحقیق سطح ۰/۵ درصد وزنی/وزنی لجن فاضلاب شهری، سطح مناسبی برای کاربرد آن در تولید کینوا بود و قادر به افزایش عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی گیاه کینوا تا بیش از ۲ برابر بود. اگرچه بررسی عناصر سنگین در لجن فاضلاب

شهری به کار رفته در این تحقیق نشان از عدم حضور یا مقادیر پایین‌تر از حد مجاز این عناصر بود، با این وجود به دلیل احتمال تغییر ترکیبات لجن فاضلاب شهری در طی تصفیه، انجام مطالعات تکمیلی و مزرعه‌ای در مورد اطمینان از کاربرد این ترکیب ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس نتایج این آزمایش میزان اثرگذاری لجن فاضلاب شهری در افزایش عملکرد تولیدی در کشت اول بیش‌تر از کشت دوم بود. بنابراین در صورت کاربرد این منبع آلی، بهترین نتایج در کشت اول این گیاه به دست خواهند آمد. لذا ضروری است به منظور حفظ عملکرد بهینه در کشت‌های بعدی، یا مجدداً لجن فاضلاب شهری قبل از کاشت به خاک افزوده شود و یا مطابق توصیه‌های ارائه شده در منابع به افزودن کود شیمیایی مبادرت ورزیده شود، هرچند پیشنهاد افزودن مجدد لجن فاضلاب شهری برای کشت دوم، نیازمند مطالعه و بررسی بیشتر است و فعلا در حد یک پیشنهاد قابل مطرح شدن است.

فهرست منابع

۱. رسولی صدقیانی، م.ح. و ابراهیم، س. (۱۳۹۰). تاثیر کاربرد لجن فاضلاب و کودهای دامی در معدنی شدن نیتروژن و خصوصیات ریزوسفری گیاهان ذرت و آفتابگردان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۲): ۳۳۷– ۳۲۷.

۲. صالحی، م. و دهقانی، ف. (۱۳۹۷). راهنمای کاشت، داشت و برداشت کینوا در شرایط شور. نشر آموزش (موسسه آموزش و تحقیقات کشاورزی).

۳. مشیری، ف.، کشاورز، پ. و زاهدی فرد، ن. (۱٤۰۰). ماده آلی خاک و جایگاه آن در کشاورزی ایران: بررسی وضع موجود، تحلیل مسائل و محدودیت‌ها، ارائه راه‌کارها. نشریه فنی ٦۰۸، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

٤. معینی، م.، حجازی مهریزی، م. و جعفری، ا. (۱۳۹٤). ارزیابی وضعیت فسفر در یک خاک شور تیمار شده با لجن فاضلاب و سوپرفسفات تریپل با استفاده از روش جزءبندی شیمیایی. مجله مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی). ۳۸(۲): ۱٤٤– ۱۲٥.

5. Geren, H. (2015). Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. Turkish Journal of Field Crops, 20(1), 59-64.

6. Iqbal, A., He, L., Khan, A., Wei, S., Akhtar, K., Ali, I., & Jiang, L. (2019). Organic manure coupled with inorganic fertilizer: An approach for the sustainable production of rice by improving soil properties and Nitrogen use efficiency. Journal of Agronomy, 9(10), 651-671.

7. Maleki, P., Saadat, S., Bahrami, H. A., Rezaei, H., & Esmaeelnejad, L. (2019). Accumulation of ions in shoot and seed of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under salinity stress. Communications in soil science and plant analysis, 50(6), 782-793.

8. Razzaghi, F., Ahmadi, S. H., Jensen, C. R., Jacobsen, S. E., & Andersen, M. N. (2011). The salt tolerance of quinoa measured under field conditions. 21st International Congress on Irrigation and Drainage, 15-23 October, Tehran, Iran.

9. Razzaghi, F., Jacobsen, S. E., Jensen, C. R., & Andersen, M. N. (2014). Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought–mechanisms of tolerance. *Functional plant biology*, 42(2), 136-148.