

تاثیر تنش‌های سه‌گانه خشکی، شوری و کمبود نیتروژن بر میزان جذب آب در گیاه گوجه‌فرنگی
The Effect of Triple tensions Drought, Salinity and Nitrogen Deficiency on Water Absorption in Tomato Plants

حسین اردلانی^۱، حسین بابازاده^۱، حسین ابراهیمی^۲.

۱- گروه علوم آب و مهندسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه علوم آب و مهندسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: h.ardalani1619@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۱

چکیده

مدیریت بهینه آب آبیاری و کاربرد بهینه مواد غذایی در شرایط شوری و خشکی از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور ارزیابی برخی توابع کاهش جذب آب گیاه گوجه‌فرنگی به تنش همزمان خشکی، شوری و سطوح مختلف نیتروژن، آزمایشی با چهار سطح مختلف آب آبیاری شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی، شش سطح شوری شامل ۱، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر و سه سطح نیتروژن شامل صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی با سه تکرار روی گیاه گوجه‌فرنگی انجام شد. نتایج نشان در شرایط توأمان شوری و نیتروژن، مدل تعدیل یافته MB و در شرایط تنش همزمان آبی و نیتروژن مدل‌های اشتقاقی MB-H، MB-F، MB-D و MB-VG دارای دقت مناسب‌تری داشته و مدل MB-F در مقایسه با سایر مدل‌ها بهترین برازش را نسبت به داده‌های اندازه‌گیری داشت. در شرایط تنش همزمان آبی، شوری و نیتروژن مدل ضرب‌پذیر MB-MB-F از بین مدل‌های پیشنهادی دارای بهترین برازش بود.

واژگان کلیدی: تنش نیتروژن، گوجه‌فرنگی، مدل‌های جذب، مدیریت آبیاری.

شوری، حداقل ۲۰ درصد اراضی قابل کشت و بیش از ۴۰ درصد زمین‌های تحت آبیاری جهان را به درجات مختلف متاثر ساخته است (Demiral *et al.*, 2005). از طرف دیگر، رشد بالای جمعیت، توسعه شهری و صنعتی شدن و در نتیجه افزایش رشد تقاضا برای منابع آب شیرین، بخش کشاورزی را با محدودیت استفاده از منابع آب با کیفیت بالا روبرو کرده است (Chartzoulakis and Klapaki, 2005). به‌منظور غلبه بر کمبود آب، استفاده از آب‌های با کیفیت پایین‌تر مانند آب‌های لب شور، فاضلاب‌ها و آب‌های زهکش شده در بسیاری از کشورها اهمیت پیدا کرده است (Bustan *et al.*, 2005). اگرچه آبیاری سبب افزایش محصولات کشاورزی در سراسر جهان می‌شود، اما در صورت عدم مدیریت صحیح سبب افزایش مقدار نمک در زمین‌های کشاورزی نیز می‌گردد. تخمین زده شده است سالانه ۲۵/۰ تا ۵/۵ هکتار زمین کشاورزی به علت افزایش نمک از چرخه تولید خارج می‌شود (Skaggs *et al.*, 2006). وقتی رطوبت خاک خیلی کم می‌شود، غلظت نمک در ناحیه بین ریشه و خاک به‌طور شگرفی افزایش می‌یابد. وقتی این دو تنش همزمان اتفاق می‌افتد اثر تنش شوری روی گیاه تشدید می‌شود (Brown *et al.*, 2006) نیازهای گیاه به کود در مراحل مختلف رشد متفاوت است. عدم تامین عناصر غذایی کافی، عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد، اما مصرف بیش از اندازه نیز باعث هدرروی منابع می‌شود. کمبود آب و کمبود نیتروژن منجر به کاهش تولید محصول در نتیجه کاهش بهره‌وری استفاده از منابع می‌شود. به عبارت دیگر جذب نیتروژن از خاک تحت تأثیر آب قرار می‌گیرد (Ercoli *et al.*, 2008). محققان طی آزمایشی تأثیر چهار سطح نیتروژن را بر رشد گوجه فرنگی بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزایش سطح نیتروژن از صفر به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد میوه گردید (Rahman *et al.* & Erdal *et al.*, 2006). پژوهشگران گزارش نمودند که افزایش سطوح نیتروژن از صفر به ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و روی برگ کلم بروکلی گردید، در حالی که غلظت فسفر، بور و منگنز تحت تأثیر سطوح نیتروژن نبود. کوددهی نیتروژن در تمام خاک‌ها ضروری است ولی اهمیت آن در خاک‌های شور بیشتر است (Yoldas *et al.*, 2008). ماسا و همکاران (Massa *et al.*, 2009) اثر محیط شور ریشه را بر جذب نیترات و پتاسیم گیاه را مورد ارزیابی دادند. یافته‌های آنان نشان داد که جذب نیترات توسط گیاه به گونه‌ای منفی تحت تأثیر غلظت NaCl قرار می‌گیرد. آزمایش مزرعه‌ای طی دو سال زراعی متوالی بر روی ذرت تحت شرایط تنش توأمان آب، نیتروژن و شوری، انجام شد. نتایج نشان داد که در بین مدل‌های جذب آب، مدل (Homaei *et al.*, 2002^b) برآورد قابل قبول‌تری از تابع کاهش جذب آب داشت (Jun-feng *et al.*, 2010). اثرات شوری و NO₃ را بر رشد، مورفولوژی ریشه و جذب نیتروژن یک گیاه نمک دوست (*suaeda physophora*) مورد بررسی قرار دادند اضافه کردن ۱۰ میلی مول بر لیتر NO₃ به طور معنی داری رشد ساقه و ریشه را بهبود داد و تأثیر NO₃ به جز در غلظت زیاد NaCl در وزن خشک ریشه چشمگیر نبود. در پژوهشی سیدکیو و همکاران (Siddiquea *et al.*, 2010) گزارش کردند تحت شرایط تنش شوری، کاربرد نیتروژن باعث بهبود معنی‌داری در دو نوع ژنوتیپ در رابطه با صفات رشد مانند وزن خشک، پارامترهای فیزیکی و بیوشیمیایی و ویژگی‌های عملکرد می‌شود. ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری، ماکزیمم عملکرد در رشد و خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی را در ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن نسبت به ژنوتیپ حساس به شوری نشان دادند. راموس و همکاران (Ramos *et al.*, 2010) تأثیر استفاده ترکیبی آب شور و کود نیتروژنی را بر روی گیاه سورگوم طی آزمایشی مورد بررسی قرار دادند و بازده نزولی زیست توده خشک و عملکرد قند بر اثر تغییرات افزایشنده نیتروژن را گزارش کردند. همچنین، استفاده از آب آبیاری شور باعث کاهش عملکرد گیاه گردید. از دیگر یافته‌های این پژوهش آن بود که افزایش جزء آبشویی باعث کاهش تنش شوری، افزایش تعرق، جذب نیتروژن و عملکرد زیست توده می‌گردد. مطالعات شنکر و همکاران (Shenker *et al.*, 2003) نشان داد که اثر شوری و تنش کودی جمع‌پذیر است، مشروط بر اینکه هیچ یک از تنش‌ها به صورت بحرانی نباشد. هنگامی که عملکرد بر اثر فقر غذایی و یا شوری به‌طور مشابهی کاهش یافته باشد، کاهش شوری و یا مصرف کود، افزایش عملکرد را در بر خواهد داشت. اما چنانچه اثر یکی از این

شوری، حداقل ۲۰ درصد اراضی قابل کشت و بیش از ۴۰ درصد زمین‌های تحت آبیاری جهان را به درجات مختلف متاثر ساخته است (Demiral *et al.*, 2005). از طرف دیگر، رشد بالای جمعیت، توسعه شهری و صنعتی شدن و در نتیجه افزایش رشد تقاضا برای منابع آب شیرین، بخش کشاورزی را با محدودیت استفاده از منابع آب با کیفیت بالا روبرو کرده است (Chartzoulakis and Klapaki, 2005). به‌منظور غلبه بر کمبود آب، استفاده از آب‌های با کیفیت پایین‌تر مانند آب‌های لب شور، فاضلاب‌ها و آب‌های زهکش شده در بسیاری از کشورها اهمیت پیدا کرده است (Bustan *et al.*, 2005). اگرچه آبیاری سبب افزایش محصولات کشاورزی در سراسر جهان می‌شود، اما در صورت عدم مدیریت صحیح سبب افزایش مقدار نمک در زمین‌های کشاورزی نیز می‌گردد. تخمین زده شده است سالانه ۲۵/۰ تا ۵/۵ هکتار زمین کشاورزی به علت افزایش نمک از چرخه تولید خارج می‌شود (Skaggs *et al.*, 2006). وقتی رطوبت خاک خیلی کم می‌شود، غلظت نمک در ناحیه بین ریشه و خاک به‌طور شگرفی افزایش می‌یابد. وقتی این دو تنش همزمان اتفاق می‌افتد اثر تنش شوری روی گیاه تشدید می‌شود (Brown *et al.*, 2006) نیازهای گیاه به کود در مراحل مختلف رشد متفاوت است. عدم تامین عناصر غذایی کافی، عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد، اما مصرف بیش از اندازه نیز باعث هدرروی منابع می‌شود. کمبود آب و کمبود نیتروژن منجر به کاهش تولید محصول در نتیجه کاهش بهره‌وری استفاده از منابع می‌شود. به عبارت دیگر جذب نیتروژن از خاک تحت تأثیر آب قرار می‌گیرد (Ercoli *et al.*, 2008). محققان طی آزمایشی تأثیر چهار سطح نیتروژن را بر رشد گوجه فرنگی بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزایش سطح نیتروژن از صفر به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد میوه گردید (Rahman *et al.* & Erdal *et al.*, 2006). پژوهشگران گزارش نمودند که افزایش سطوح نیتروژن از صفر به ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و روی برگ کلم بروکلی گردید، در حالی که غلظت فسفر، بور و منگنز تحت تأثیر سطوح نیتروژن نبود. کوددهی نیتروژن در تمام خاک‌ها ضروری است ولی اهمیت آن در خاک‌های شور بیشتر است (Yoldas *et al.*, 2008). ماسا و همکاران (Massa *et al.*, 2009) اثر محیط شور ریشه را بر جذب نیترات و پتاسیم گیاه را مورد ارزیابی دادند. یافته‌های آنان نشان داد که جذب نیترات توسط گیاه به گونه‌ای منفی تحت تأثیر غلظت NaCl قرار می‌گیرد. آزمایش مزرعه‌ای طی دو سال زراعی متوالی بر روی ذرت تحت شرایط تنش توأمان آب، نیتروژن و شوری، انجام شد. نتایج نشان داد که در بین مدل‌های جذب آب، مدل (Homaei *et al.*, 2002^b) برآورد قابل قبول‌تری از تابع کاهش جذب آب داشت (Jun-feng *et al.*, 2010). اثرات شوری و NO₃ را بر رشد، مورفولوژی ریشه و جذب نیتروژن یک گیاه نمک دوست (*suaeda physophora*) مورد بررسی قرار دادند اضافه کردن ۱۰ میلی مول بر لیتر NO₃ به طور معنی داری رشد ساقه و ریشه را بهبود داد و تأثیر NO₃ به جز در غلظت زیاد NaCl در وزن خشک ریشه چشمگیر نبود. در پژوهشی سیدکیو و همکاران (Siddiquea *et al.*, 2010) گزارش کردند تحت شرایط تنش شوری، کاربرد نیتروژن باعث بهبود معنی‌داری در دو نوع ژنوتیپ در رابطه با صفات رشد مانند وزن خشک، پارامترهای فیزیکی و بیوشیمیایی و ویژگی‌های عملکرد می‌شود. ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری، ماکزیمم عملکرد در رشد و خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی را در ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن نسبت به ژنوتیپ حساس به شوری نشان دادند. راموس و همکاران (Ramos *et al.*, 2010) تأثیر استفاده ترکیبی آب شور و کود نیتروژنی را بر روی گیاه سورگوم طی آزمایشی مورد بررسی قرار دادند و بازده نزولی زیست توده خشک و عملکرد قند بر اثر تغییرات افزایشنده نیتروژن را گزارش کردند. همچنین، استفاده از آب آبیاری شور باعث کاهش عملکرد گیاه گردید. از دیگر یافته‌های این پژوهش آن بود که افزایش جزء آبشویی باعث کاهش تنش شوری، افزایش تعرق، جذب نیتروژن و عملکرد زیست توده می‌گردد. مطالعات شنکر و همکاران (Shenker *et al.*, 2003) نشان داد که اثر شوری و تنش کودی جمع‌پذیر است، مشروط بر اینکه هیچ یک از تنش‌ها به صورت بحرانی نباشد. هنگامی که عملکرد بر اثر فقر غذایی و یا شوری به‌طور مشابهی کاهش یافته باشد، کاهش شوری و یا مصرف کود، افزایش عملکرد را در بر خواهد داشت. اما چنانچه اثر یکی از این

دو مدل تعدیل یافته برای بررسی پاسخ گیاه در شرایط تنش همزمان یک عنصر غذایی همچون نیتروژن و شوری وجود دارند که شامل مدل‌های تعدیل یافته لیبیگ - اسپرینگل (Liebig-Sprengel (LS)) و مدل تعدیل یافته میچرلیخ بال (Mitscherlich-Baule (MB)) هستند. بر مبنای مدل تعدیل یافته لیبیگ - اسپرینگل (Liebig-Sprengel (LS)) در هر زمان، یک عامل رشد که محدود کننده‌ترین آنها است، مقدار عملکرد را تعیین می‌کند و پاسخ گیاه به این عامل رشد خطی است. مدل تعدیل یافته لیبیگ - اسپرینگل به صورت زیر بیان می‌شود (Shenker *et al.*, 2003).

$$Y_r = \text{Min} \begin{cases} 1 & ; EC < EC_{cr} \\ a - b(EC - EC_{cr}) & ; EC \geq EC_{cr} \\ 1 & ; N > N_{cr} \\ n \cdot N & ; EC \leq EC_{cr} \end{cases} \quad (1)$$

که افزودن یک عنصر به محیط ریشه سبب اشباع ناقل پروتئینی ریشه (که انتقال‌دهنده عنصر از سطح ریشه به داخل ریشه است) با آن عنصر می‌شود. در این مدل عوامل رشد به‌طور همزمان رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داده و به‌صورت تجمعی عمل می‌کنند. بدین ترتیب مدل MB را با فرض خطی بودن پاسخ گیاه به تنش شوری، برای تنش‌های توأمان شوری و کمبود نیتروژن می‌توان به صورت زیر تعدیل کرد (Shenker *et al.*, 2003).

$$Y_r = (1 - e^{-C_N N})(1 - e^{C_{EC}(EC - EC_{max})}) \quad (2)$$

مدل‌های کاهش جذب آب تحت شرایط تنش همزمان آبی و کمبود نیتروژن

برای این پژوهش هیچ‌گونه مدل ریاضی برای بیان تنش توأمان آبی و مواد غذایی وجود ندارد، بنابراین از برخی مدل‌های اشتقاقی جذب آب در شرایط توأمان آبی و غذایی از ترکیب مدل میچرلیخ-بال (MB) برای تنش مواد غذایی و مدل‌های (MB-F) Feddes *et al.*, (1987) و (MB-VG) van Genuchten (1987) و (Homae *et al.*,

دو تنش در کاهش عملکرد بیش از دیگری باشد، ممانعت از تنشی که شدیدتر است، عملکرد را بیشتر افزایش می‌دهد تا تنشی که سهم کمتری در کاهش عملکرد دارد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که اثر تنش کودی کمتر از تنش آبی و تنش شوری می‌باشد و در تنش‌های شوری شدید افزایش مقدار مصرف کود کمک چندانی به افزایش عملکرد محصول نمی‌کند، در حالی که افزایش مقدار آب آبیاری عملکرد را افزایش می‌دهد. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی توابع جذب آب گیاه گوجه فرنگی به تنش‌های توأمان آب، شوری و کمبود نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

مدل‌های کاهش جذب آب تحت شرایط تنش همزمان شوری و کمبود نیتروژن

که در آن، EC_{cr} و N_{cr} عامل‌های تنش‌زا، به ترتیب حد آستانه گیاه به شوری و حد آستانه گیاه به کمبود نیتروژن، a و b به ترتیب عرض از مبدأ و شیب تابع پاسخ عملکرد به عامل EC_{cr} و n شیب پاسخ عملکرد به عامل N_{cr} می‌باشد. Min درحقیقت مفهوم قانون حداقل را بیان می‌کند و Y_r عملکرد نسبی گیاه است.

مدل تعدیل یافته میچرلیخ بال (Mitscherlich-Baule (MB)) در اصل از یک مبنای فیزیولوژیک تبعیت می‌کند

که در آن EC_{max} مقدار هدایت الکتریکی آب شور می‌باشد، که در آن عملکرد محصول برابر صفر است. و EC و N مقادیر عامل‌های مؤثر بر رشد، C_N و C_{EC} عامل کارآیی یا ضریب میچرلیخ برای عامل‌های مؤثر رشد مربوطه که برای هر عامل رشد ثابت فرض می‌شود.

اشتقاقی MB-F, MB-VG, MB-D, MB-H, و LS-F به شرح جدول یک می‌باشند:

(2006b) (MB-H) برای تنش آبی و مدل لیبیگ-اسپرینگل (LS) برای تنش مواد غذایی و مدل Feddes *et al.*, (1987) (LS-F) برای تنش آبی ارائه و روابط مدل‌های

جدول یک- مدل‌های ارزیابی تنش‌های توأمان خشکی و نیتروژن
Table 1- Evaluation models of simultaneous drought and nitrogen

مدل (Model)	روابط (Relationships)
مدل اشتقاقی MB-F (MB-F Derived model)	$\alpha(N, h) = (1 - e^{-C_N N}) \times \frac{h - h_4}{h_3 - h_4} \quad (3)$
مدل اشتقاقی MB-VG (MB-VG Derived model)	$\alpha(N, h) = (1 - e^{-C_N N}) \times \frac{1}{1 + \left(\frac{h}{h_{50}}\right)^P} \quad (4)$
مدل اشتقاقی MB-D (MB-D Derived model)	$\alpha(N, h) = (1 - e^{-C_N N}) \times \frac{1}{1 + \left(\frac{h - h^*}{h^* - h_{50}}\right)^P} \quad (5)$
مدل اشتقاقی MB-H (MB-H Derived model)	$\alpha(N, h) = (1 - e^{-C_N N}) \times 1 / (1 + (1 / (1 + (1 - \alpha_0) / \alpha_0 [(h^* - h) / (h^* - h_{max})])^P) \quad (6)$
مدل اشتقاقی LS-F (LS-F Derived model)	$Y_r = \text{Min} \begin{cases} 1 & ; h < h_3 \\ \frac{h - h_4}{h_3 - h_4} & ; h \geq h_3 \\ 1 & ; N \geq N_{cr} \\ n \cdot N & ; N < N_{cr} \end{cases} \quad (7)$

factor, N values of factors affecting growth, C_{EC} and C_N Mitscherlich Coefficient for growth effective factors

مدل‌های کاهش جذب آب تحت شرایط تنش همزمان آبی، شوری و کمبود نیتروژن
به منظور ارزیابی تنش‌های توأمان شوری، خشکی و کمبود نیتروژن، مدل‌های ریاضی مختلف ارائه شده به صورت حاصلضربی مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور از ترکیب مدل میچرلیخ-بال (MB) برای تنش-های همزمان شوری و نیتروژن و مدل‌های تنش خشکی شامل فوس و همکاران، ون گنوختن و هافمن، دیرکسن و آگوستین و همایی به شرح جدول دو استفاده شد.

که در آن h , h_3 , h_4 , h^* به ترتیب پتانسیل ماتریک، نقطه شروع تنش آبی، نقطه پژمردگی و آستانه خشکی، h_{50} پتانسیل ماتریکی که به ازای آن میزان جذب ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، P پارامتری تجربی وابسته به گیاه، خاک و اقلیم، n شیب پاسخ عملکرد به عامل N_{cr} ، \min مفهوم قانون حداقل، Y عملکرد نسبی گیاه، α_0 ضریب کاهش، N مقادیر عامل‌های مؤثر بر رشد، C_{EC} و C_N ضریب میچرلیخ برای عامل‌های مؤثر رشد

Where h, h_3 , h_4 , h^* , respectively, matric potential, starting point of water stress, wilting point and dry threshold, h_{50} is a matrix potential with a 50% reduction in absorbance, P experimental parameter related to plants, soil and climate, n dip response to operating performance N_{cr} , min of the minimum, Y relative performance of the plant, α_0 reduction

جدول ۲- مدل‌های ارزیابی تنش‌های توأمان خشکی، شوری و نیتروژن
Table 2- Evaluation models of simultaneous drought, salinity and nitrogen

مدل (Model)	روابط (Relationships)
مدل اشتقاقی میچرلیخ و فدس (MB-MB-F) (MB-MB-F Derived model)	$\alpha(h, \pi, N) = (1 - e^{-C_{NN}})(1 - e^{C_{EC}(EC-EC_{max})}) \frac{h - h_4}{h_3 - h_4}$ (۸)
مدل اشتقاقی میچرلیخ و ون گنوختن (MB-MB-VG) (MB-MB- VG Derived model)	$\alpha(h, \pi, N) = (1 - e^{-C_{NN}})(1 - e^{C_{EC}(EC-EC_{max})}) \frac{1}{1 + \left(\frac{h}{h_{50}}\right)^p}$ (۹)
مدل اشتقاقی میچرلیخ و دیرکسن (MB-MB-D) (MB-MB-D Derived model)	$\alpha(h, \pi, N) = (1 - e^{-C_{NN}})(1 - e^{C_{EC}(EC-EC_{max})}) \frac{1}{1 + \left(\frac{h - h^*}{h^* - h_{50}}\right)^p}$ (۱۰)
مدل اشتقاقی میچرلیخ بال و همایی (MB -H) (MB- H Derived model)	$\alpha(h, \pi, N) = (1 - e^{-C_{NN}}) \times \frac{h - (h_4 - \pi)}{h_3 - (h_4 - \pi)} \times \left[1 - \frac{b}{360} (h^* - h)\right]$ (۱۱)

توصیفی (d)، نسبت انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده از اندازه‌گیری شده به انحراف مقادیر اندازه‌گیری شده از مقادیر میانگین (EF) و مقدار CRM که نشان‌دهنده تمایل مدل برای بیش برآوردی و کم برآوردی در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری‌ها می‌باشد به صورت زیر استفاده شد.

$$ME = \frac{\text{MAX}|P_i - O_i|_{i=1}^n}{\bar{O}} \times 100$$

$$RSME = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \right]^{1/2}$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i}$$

به مقادیر برآورد شده ارائه می‌دهند. شاخص CRM گرایش مدل به تخمین بیشتر و یا کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده را بیان می‌کند. اگر تمامی داده‌های برآورد شده و اندازه‌گیری شده یکسان باشند. نتایج آماره‌ها به صورت ME، CRM و RMSE برابر صفر و EF برابر یک خواهد بود (Homaee et al., 2002^b).

آزمایش مزرعه‌ای

پژوهش حاضر در محیط گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۵ در دماوند بر روی گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) رقم رد استون انجام شد. منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی به طول ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه، عرض جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱ دقیقه و ارتفاع

شاخص‌های ارزیابی مدل‌های مورد استفاده

برای سنجش، اعتبار و درستی توابع تولید مدل‌ها شاخص‌های آماری متفاوتی وجود دارند. برای ارزیابی مدل‌ها، از پارامترهای آماری ریشه دوم میانگین قدر مطلق خطاها (RMSE)، قدر مطلق بیشینه خطاها (ME)، پارامتر

(۱۲)

(۱۳)

(۱۴)

(۱۵)

(۱۶)

که در آنها P_i مقادیر برآورد شده، O_i مقادیر اندازه‌گیری شده، n تعداد مشاهدات و \bar{O} میانگین مقادیر O_i می‌باشد. کمترین مقدار برای ME، RMSE صفر است. هر چه مقدار ME مدل بیشتر باشد مناسب بودن مدل کمتر می‌شود، در حالی که مقدار RMSE نشان می‌دهد، که برآوردها چه مقدار بیش برآوردی یا کم برآوردی نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده دارند (Homaee et al., 2002). اگر تمامی داده‌های برآورد شده و اندازه‌گیری شده یکسان باشند، بیش‌ترین مقدار برای EF برابر یک است. مقادیر EF و CRM می‌توانند منفی باشند. مقدار EF، مقادیر برآورد شده را نسبت به مقدار میانگین اندازه‌گیری‌ها مقایسه می‌کند. مقدار منفی EF دلالت بر آن دارد که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده تخمین بهتری را نسبت

گیاه گوجه فرنگی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. جهت تعیین نیاز کودی یک نمونه خاک به آزمایشگاه تحویل داده شد که برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول سه ارائه شده است.

۱۸۸۲ از سطح دریا قرار گرفته بود. آزمایش با چهار سطح مختلف آب آبیاری شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه، شش سطح شوری شامل یک، دو، چهار، شش، هشت و ۱۰ دسی زیمنس بر متر و سه سطح نیتروژن شامل صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی با سه تکرار روی

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 3- Physical and chemical properties of tested soil

FC	بافت خاک soil texture	CU	K+	N	P	OC	ZN	EC	pH
mg kg ⁻¹									
14.96	Sandy loam	1.18	55.5	20	2.05	3.73	3.73	3.53	7.24

آزمایش تهیه شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این آب در جدول چهار ارائه شده است.

به‌منظور اعمال تیمارهای شوری، آب شور از یک حلقه چاه واقع در منطقه دماوند تهیه و به محل حمل گردید. تیمارهای شوری از اختلاط آب شور با آب چاه محل

جدول ۴- برخی ویژگی‌های شیمیایی نمونه آب مورد آزمایش چاه شور و غیر شور

Table 4- Some chemical characteristics of water samples tested saline and non-saline wells

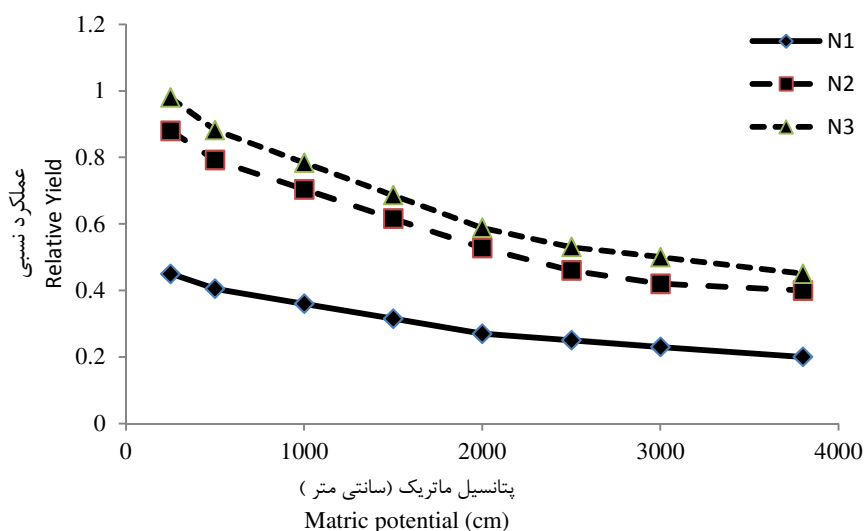
منبع آب Water Source	Ca ⁺²	Mg ²⁺	Na ⁺	Co ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	CL ⁻	K ⁺	EC	pH
mgkg ⁻¹										
Saline well	81.06	836.4	56	80	84.2	528	872.2	0.2	3.53	7.24
non-saline well	4.3	1.5	6	0.9	6.5	2.08	2.8	0.1	0.99	8.3

نتایج و بحث

تنش همزمان خشکی و نیتروژن

شکل یک عملکرد نسبی گیاه گوجه‌فرنگی به‌عنوان تابعی از سطوح مختلف نیتروژن و مقدار آب آبیاری را نشان می‌دهد. در تیمار بدون مصرف نیتروژن با افزایش تنش آبی تأثیر چندانی بر عملکرد نسبی نداشته که نشان دهنده تأثیرگذارتر بودن عامل تنش نیتروژن نسبت به تنش آبی است. اما در سطوح دیگر نیتروژن با افزایش تنش آبی کاهش عملکرد بیشتر مشهود بود، بنابراین اثر تنش کودی کمتر از اثر تنش آبی بود. همچنین در شرایط تنش آبی شدید افزایش کود مصرفی تأثیر چندانی بر عملکرد نسبی محصول نداشت، که از این حیث با نتایج سرایی (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

تیمارهای تنشی به مدت یک ماه و از مرحله گلدهی تا میوه‌دهی اعمال شد. رطوبت خاک هر روز در یک ساعت مشخص با استفاده از دستگاه رطوبت سنج اندازه‌گیری و جهت اطمینان از دقت دستگاه وزن گلدان‌ها در یک ساعت مشخص با یک ترازوی دقیق (با دقت ۰/۰۰۱ کیلوگرم) اندازه‌گیری گردید (گلدان به‌عنوان لایسیمترهای وزنی در نظر گرفته شد). برای برنامه‌ریزی آبیاری و تعیین زمان و مقدار آبیاری از روش بیلان رطوبتی آب در خاک استفاده شد. به منظور کمی کردن اثر خشکی، شوری و نیتروژن بر عملکرد محصول، عملکرد نسبی با استفاده از مدل‌های اشتقاقی MB-، MB-MB-F، MB-H-VG و MB-H، MB-MB-D، MB-VD، MB-VG محاسبه شد. عملکرد نسبی برآورد شده توسط مدل‌ها با مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر سطوح مختلف خشکی و نیتروژن رسم و نتایج مدل‌ها با هم مقایسه شدند.

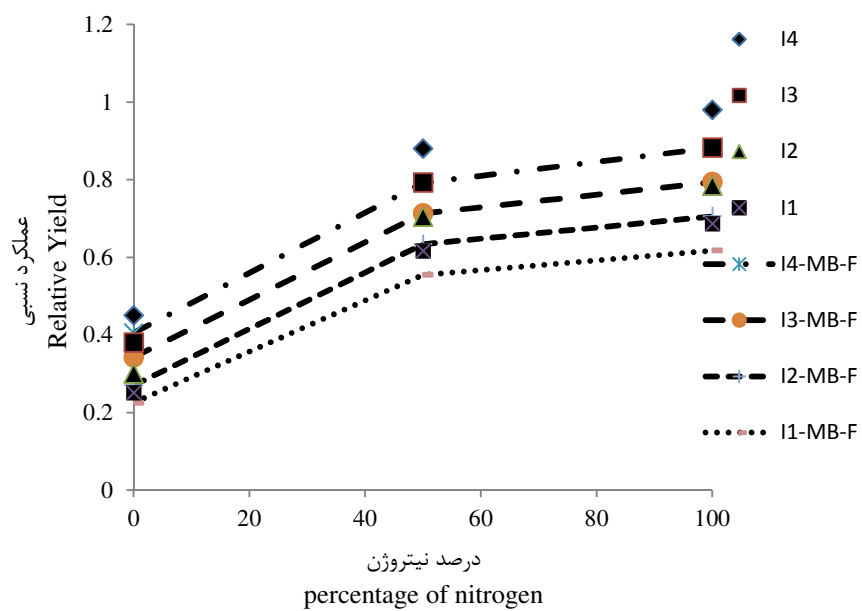
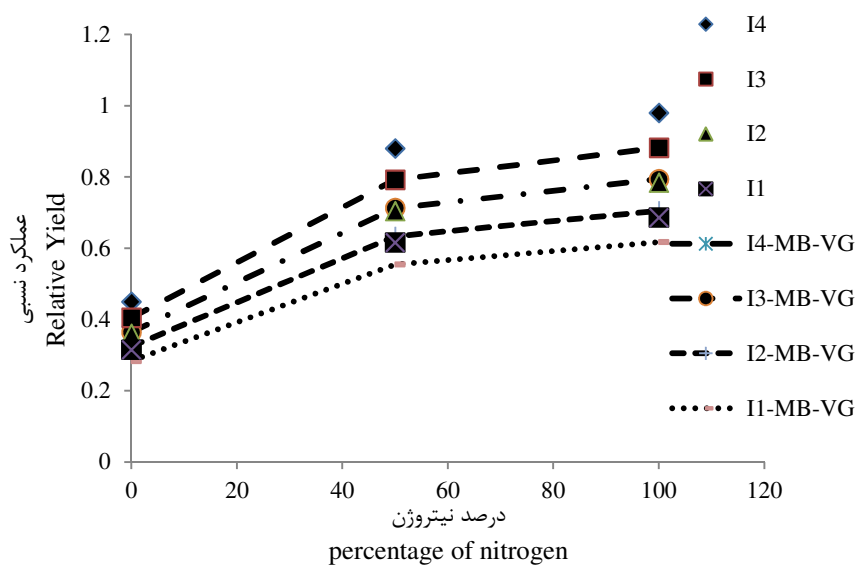


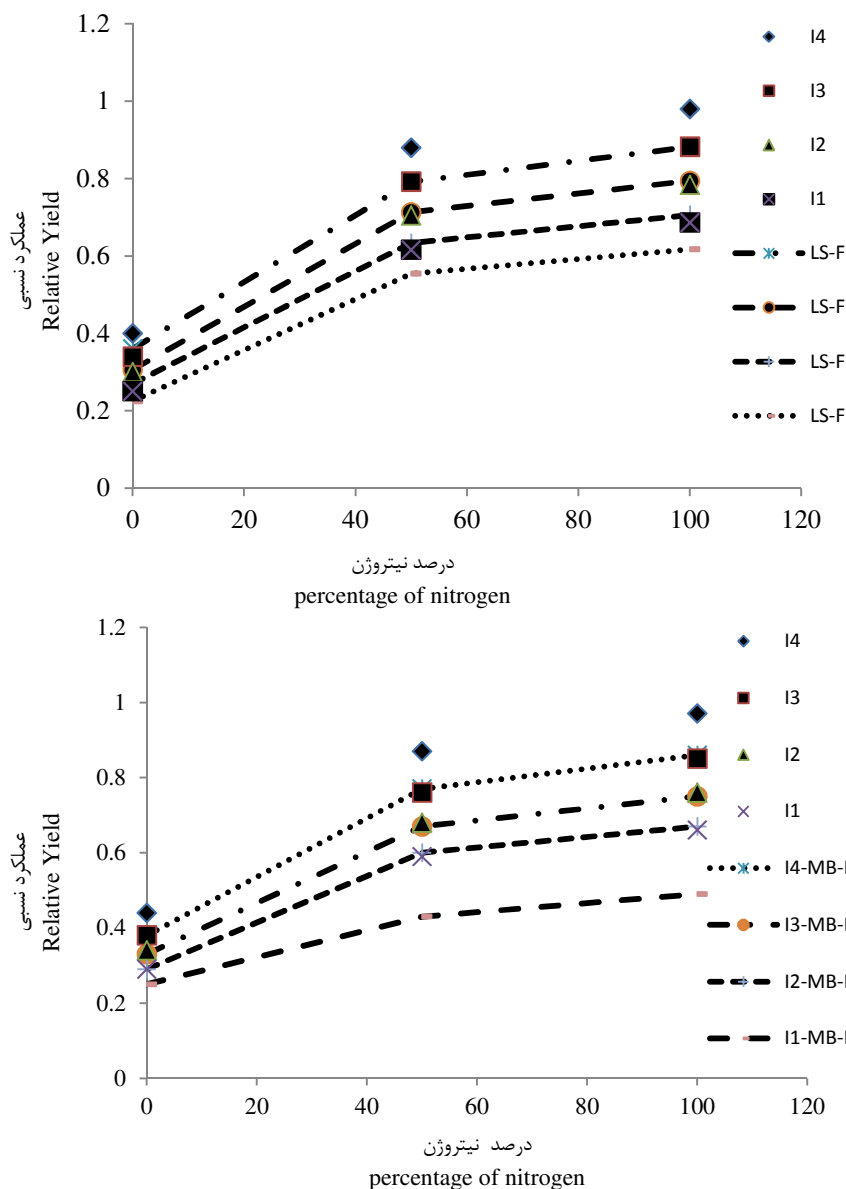
شکل ۱- مقایسه عملکرد نسبی در سطوح مختلف نیتروژن و مقادیر آب آبیاری.

Figure 1- Comparison of relative yield at different levels of nitrogen and irrigation water levels

نیتروژن در کاهش عملکرد بیش از دیگری باشد. جهت انتخاب بهترین مدل از بین چهار مدل مورد مطالعه شامل مدل‌های اشتقاقی MB-F، MB-VG، MB-H و LS-F تحت شرایط تنش توأمان آبی و نیتروژن شاخص‌های آماری ارزیابی مدل‌ها محاسبه و در جدول پنج ارائه شده است. با توجه به آماره‌های ارزیابی محاسبه شده برای هر مدل، مدل‌های MB-F، MB-VG، MB-H و LS-F به ترتیب بیشترین تطابق را با داده‌های اندازه‌گیری شده داشت که از این حیث با نتایج سرایی (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

در شکل دو مقادیر عملکرد نسبی شبیه‌سازی شده گوجه‌فرنگی در شرایط تنش همزمان آبی و نیتروژن توسط مدل‌های اشتقاقی MB-F، MB-VG، MB-H و LS-F ارائه شده است. با توجه به شکل می‌توان گفت، هنگامی که نیتروژن، عملکرد گیاه را محدود نمی‌کند (تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی گیاه) حد آستانه کاهش عملکرد گیاه تحت تاثیر شرایط تنش آبی شدیدتر است. نتایج نشان داد با افزایش تنش کودی و تنش خشکی تا حدودی از دقت شبیه‌سازی همه مدل‌ها کاسته می‌شود و کاهش تنش خشکی و یا مصرف نیتروژن، باعث افزایش عملکرد می‌گردد. اما چنانچه اثر یکی از تنش‌های خشکی یا





شکل ۲- مقایسه عملکردهای نسبی اندازه‌گیری و برآورد شده در سطوح مختلف نیتروژن و مقادیر آب آبیاری با مدل‌های اشتقاقی MB-VG، MB-F، MB-H و LS-F

Figure 2- Comparison of measured and estimated the relative performance of different nitrogen levels and water levels derived models MB-VG, MB-F, MB-H and F-LS.

جدول ۵- آماره‌های محاسبه شده برای مقایسه مدل‌ها تحت شرایط تنش همزمان مقادیر آب آبیاری و نیتروژن.

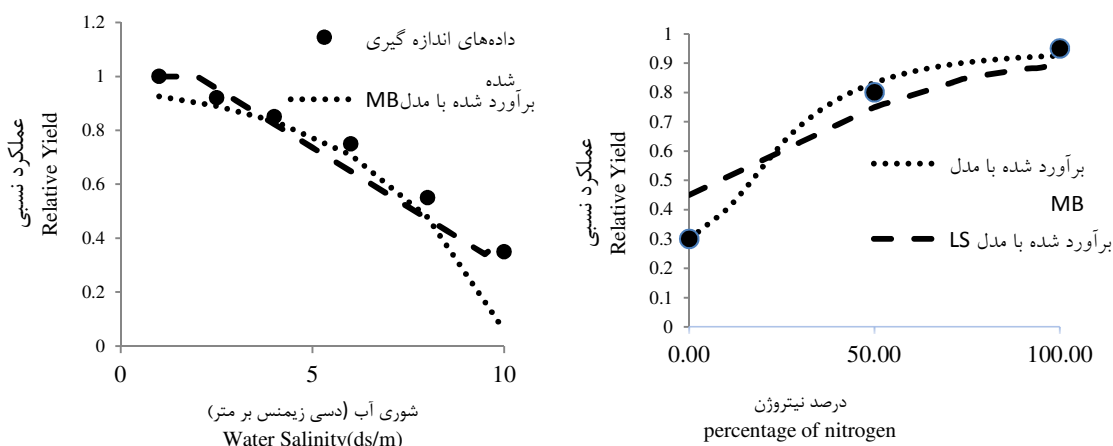
Table 5- The calculated statistics for comparing models under simultaneous stress conditions of irrigation water and nitrogen levels.

مدل‌ها (Models)	رگرسیون (R ²)	بیش برآوردی و کم برآوردی (CRM)	کارایی مدل (EF)	قدر مطلق بیشینه خطاها (ME)	میانگین قدر مطلق خطاها (RMSE)
MB-VG Model	0.98	0.01	0.95	6.61	5.61
MB -F Model	0.96	0.03	0.94	8.21	7.51
MB -H Model	0.96	0.07	0.92	10.21	9.64
LS -F Model	0.94	-0.09	0.9	12.86	12.9

تنش هم‌زمان شوری و نیتروژن

نتایج نشان داد به هنگام وجود هر دو تنش شوری و فقر غذایی باید دقت نمود که آیا مصرف کود تحمل گیاه به شوری را کاهش یا افزایش می‌دهد؟ (سرایبی، ۱۳۹۳). در تیمار بدون مصرف نیتروژن افزایش شوری تاثیر چندانی بر کاهش عملکرد نسبی نداشت، که نشان دهنده تاثیرگذار بودن عامل کمبود نیتروژن نسبت به شوری است. در شکل سه عملکرد نسبی برآورد شده با مدل‌های تعدیل یافته LS و MB در مقایسه با عملکرد نسبی محاسبه شده برای سطوح مختلف نیتروژن خاک و برآزش مدل‌های تعدیل یافته LS و MB بر عملکرد نسبی اندازه‌گیری شده

گوجه‌فرنگی در سطوح مختلف شوری را نشان می‌دهد. با مقایسه آماره‌های محاسبه شده دو مدل در سطوح مختلف شوری (جدول شش) مشخص است که مدل تعدیل یافته LS در پیش‌بینی عملکرد نسبی گوجه‌فرنگی در سطوح مختلف شوری مناسب‌تر از مدل تعدیل یافته MB می‌باشد. همچنین مدل تعدیل یافته MB میانگین عملکرد نسبی در سطوح مختلف نیتروژن خاک را با دقت مناسب‌تری نسبت به مدل تعدیل یافته LS برآورد می‌نماید (جدول چهار). که از این حیث با نتایج اردلانی و همکاران (۱۳۹۶)، اختری و همکاران (۱۳۹۳) و Shenker *et al.*, (2003) تطابق دارد.



شکل ۳- مقایسه عملکردهای نسبی به وسیله مدل‌های MB و LS در سطوح مختلف نیتروژن و تحت شوری‌های مختلف

Figure 3- Comparison of relative yields by MB and LS models at different levels of nitrogen and under different salinity

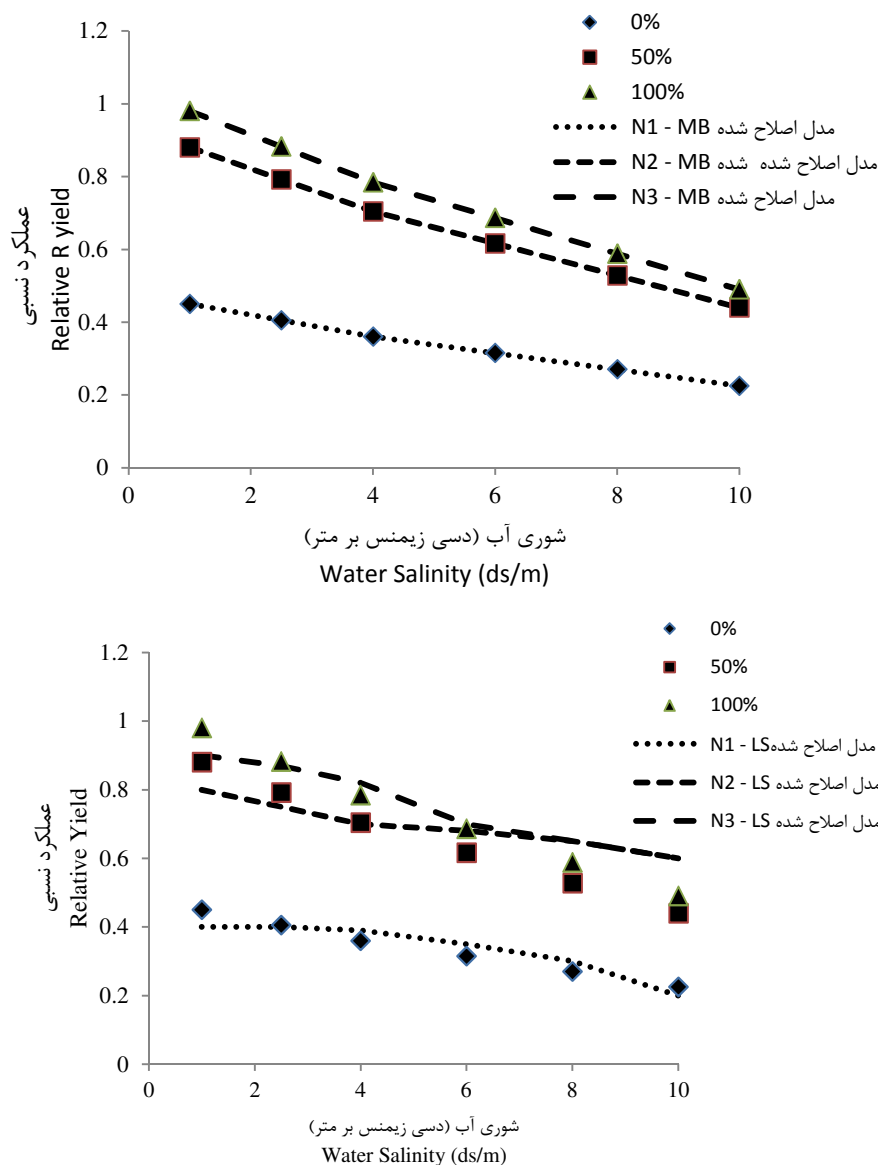
جدول ۶- آماره‌های محاسبه شده برای مقایسه مدل‌ها بر اساس سطوح نیتروژن خاک و شوری آب آبیاری

Table 6- The calculated statistics for comparison of models based on soil nitrogen levels and irrigation water salinity.

تنش	مدل	رگرسیون	بیش برآوردی و کم برآوردی	کارایی مدل	قدر مطلق بیشینه خطاها	میانگین قدر مطلق خطاها
(Stress)	Model	R ²	CRM	EF	ME	RMSE
نیتروژن (Nitrogen)	LS	0.89	-0.45	1.09	14.2	25.9
شوری آب (Water salinity)	LS	0.89	0.09	0.92	6	12.61
نیتروژن (Nitrogen)	MB	0.92	0.05	1.14	3.7	6.1
شوری آب (Water salinity)	MB	0.85	0.11	0.87	8	12.84

نیتروژنه N_{100} ، N_{50} و N_0 متوسط حد آستانه شوری متفاوت بوده و به ترتیب برابر ۲/۵، ۴ و ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. با مقایسه آماره‌های جدول هفت مشخص است که مدل تعدیل یافته MB برای برآورد عملکرد نسبی گوجه‌فرنگی در همه سطوح نیتروژن در شوری‌های مختلف دارای دقت قابل قبول‌تری می‌باشد.

شکل چهار مقادیر عملکرد نسبی شبیه‌سازی شده گوجه‌فرنگی در شرایط تنش هم‌زمان شوری و نیتروژن توسط مدل‌های تعدیل یافته MB و LS را نشان می‌دهد، که در آن گیاه به‌طور هم‌زمان تحت تنش شوری و کمبود نیتروژن قرار می‌گیرد. هنگامی که نیتروژن، عملکرد گیاه را محدود نمی‌کند حد آستانه کاهش عملکرد شوری بیشتر است. نتایج نشان داد در سطوح مختلف کود



شکل ۴- مقایسه عملکرد نسبی اندازه‌گیری شده و برآورد شده در سطوح مختلف شوری آب آبیاری و نیتروژن بر اساس مدل تعدیل یافته LS و MB
Figure 4- Comparison of measured and estimated relative yields at different levels of irrigation water salinity and nitrogen based on modified LS and MB model

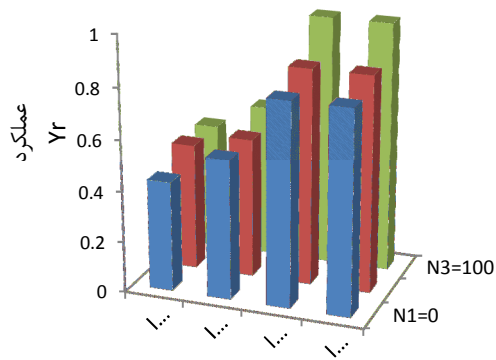
جدول ۷- آماره‌های محاسبه شده برای مقایسه مدل‌های تعدیل یافته LS و MB براساس سطوح مختلف نیتروژن و شوری آب آبیاری
Table 7- Table 6- The calculated statistics for comparison of models based on soil nitrogen levels and irrigation water salinity

مدل	سطوح نیتروژن	میانگین قدر مطلق خطاها	قدر مطلق بیشینه خطاها	بیش‌برآوردی و کم‌برآوردی	کارایی مدل	پارامتر توصیفی
Model	Nitrogen levels	ME	RSME	CRM	EF	d
LS	N1	0.03	0.08	0.08	-7.8	0.88
MB	N1	0.02	0.02	0.04	-7.6	0.95
LS	N2	0.067	0.07	0.08	-3	0.73
MB	N2	0.062	0.05	0.06	-2	0.78
LS	N3	0.1	0.12	0.12	-2.5	0.56
MB	N3	0.02	0.04	0.03	-1.2	0.93

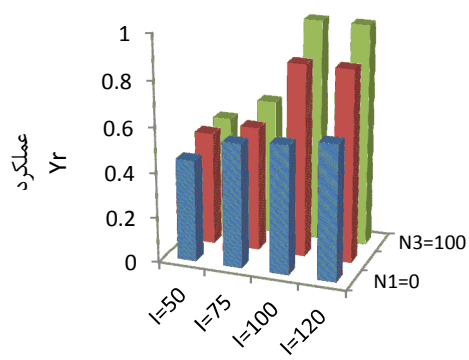
تنش هم‌زمان خشکی، شوری و نیتروژن

در شکل پنج واکنش عملکرد گوجه فرنگی به تنش هم‌زمان آبی و کودی در شرایط مختلف تنش شوری ارائه شده است. نتایج نشان داد شیب افزایش عملکرد در تنش‌های شوری پایین، بیشتر از تنش‌های شدید است. اثر تنش کودی کمتر از تنش آبی و تنش شوری است. در تنش‌های شوری کم، افزایش کود مصرفی باعث افزایش عملکرد می‌شود و در تنش‌های شوری شدید، افزایش کود مصرفی در افزایش عملکرد محصول تاثیر چندانی ندارد. منتها افزایش مقدار آب آبیاری عملکرد را افزایش می‌دهد. بدان معنی که اهمیت تنش آبی نسبت تنش کودی (مواد مغذی) بیشتر می‌باشد. نتایج نشان داد که واکنش گیاه گوجه‌فرنگی به تنش هم‌زمان آبی، شوری و نیتروژن ضربه‌پذیر است. و دو مدل MB-MB-VG و MB-MB-H برازش خوبی نسبت به سایر مدل‌ها دارند که از این حیث با نتایج سرایی (۱۳۹۳) همخوانی دارد و مناسب‌ترین مدل، مدل MB-MB-F می‌باشد.

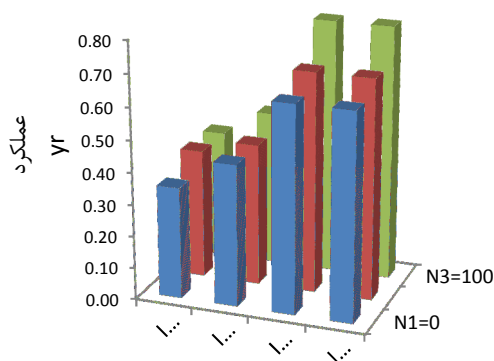
نتایج نشان داد که گیاه گوجه‌فرنگی در حالت کمبود مواد غذایی نسبت به شوری تحمل کمتری دارد. گیاه پس از تامین کود کافی تحملش در مقابل شوری افزایش یافت. کوددهی نیتروژن در تمام خاک‌ها ضروری است ولی اهمیت آن در خاک‌های شور بیشتر است (Flores *et al.*, 2001) برهمکنش بین شوری و عناصر غذایی بر عملکرد گیاه پیچیده و به عواملی مختلفی نظیر جنس و رقم گیاه، ترکیب سطوح شوری و غلظت عناصر بستگی دارد (Petersen *et al.*, 1998). لازم است مقدار نیتروژن مورد نیاز در شرایط شور تعیین گردد. چون مصرف این کودها مشابه با شرایط غیرشور نه تنها عملکرد را افزایش نمی‌دهد بلکه ممکن است باعث کاهش عملکرد و در برخی موارد وزن تر و خشک میوه گیاهان در شرایط شور با افزایش نیتروژن در مقادیر بیش از آنچه در شرایط غیرشور لازم است کاهش و در برخی موارد افزایش معنی‌داری نشان دهد (Navarro *et al.*, 2000) که از این حیث با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.



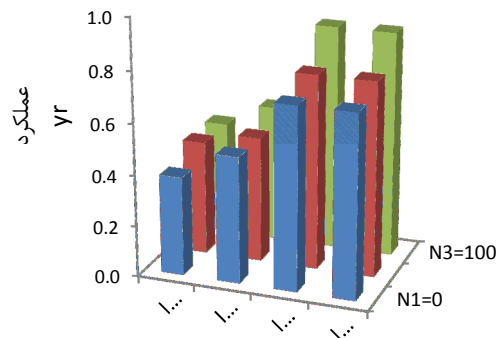
شوری آب (۲ دسی زیمنس بر متر)
Water Salinity (2 ds/m)



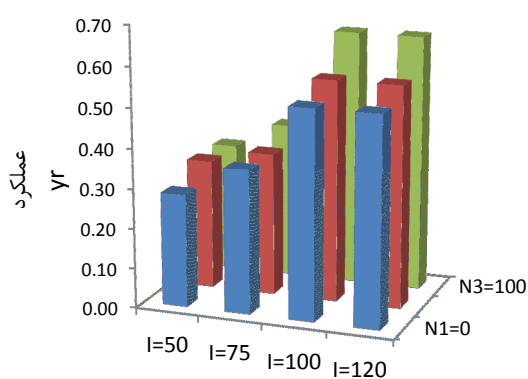
شوری آب (۲ دسی زیمنس بر متر)
Water Salinity (2 ds/m)



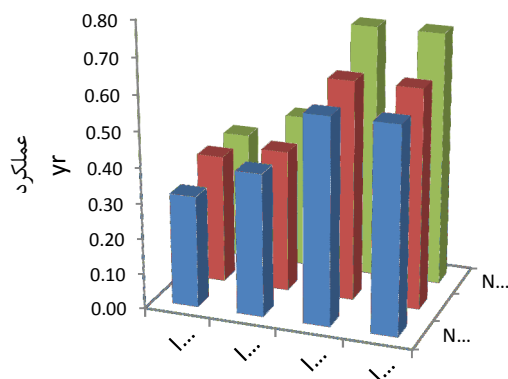
شوری آب (۶ دسی زیمنس بر متر)
Water Salinity (6 ds/m)



شوری آب (۴ دسی زیمنس بر متر)
Water Salinity (4 ds/m)



شوری آب (۱۰ دسی زیمنس بر متر)
Water Salinity (10 ds/m)



شوری آب (۸ دسی زیمنس بر متر)
Water Salinity (8 ds/m)

شکل ۵-

واکنش عملکرد گوجه فرنگی به تنش همزمان آبی و کودی در شرایط مختلف تنش شوری

Figure 5- The response of tomato to the simultaneous stresses of water and fertilizer in different conditions of salinity stress

جدول ۸- آماره‌های محاسبه شده برای مقایسه مدل‌ها تحت شرایط تنش همزمان آبی، شوری و نیتروژن

Table 8- Calculated statistics for comparison of models under simultaneous stress conditions of water, salinity and nitrogen

مدل	میانگین قدر مطلق خطاها	قدر مطلق بیشینه خطاها	بیش‌برآوردی و کم‌برآوردی	کارایی مدل	ضریب رگرسیون
Model	ME	RSME	CRM	EF	R ²
MB-MB-F	6.61	8.61	0.02	0.95	0.98
MB-MB-VG	8.21	8.84	0.11	0.87	0.9
MB-MB-D	20.21	18.62	0.8	0.9	0.89
MB-MB-H	8.86	13.94	-0.08	0.92	0.91

نتیجه‌گیری کلی

بررسی تنش‌های آب، شوری و کمبود نیتروژن نشان داد در شرایط افزایش مکش ماتریک (تنش آبی) و مکش اسمزی (تنش شوری) عملکرد نسبی کاهش پیدا می‌کند. شیب کاهش عملکرد نسبی در ابتدا زیاد و سپس کاهش می‌یابد. با کاهش میزان مصرف کود عملکرد نسبی محصول نیز کاهش پیدا می‌کند که اثر تنش کودی کمتر از تنش آبی و تنش شوری می‌باشد. در تنش‌های شوری شدید افزایش مقدار مصرف کود کمک چندانی به افزایش

عملکرد محصول نمی‌کند، در حالی که افزایش مقدار آب آبیاری عملکرد را افزایش می‌دهد. نتایج نشان داد در شرایط تنش همزمان آبی و نیتروژن مدل‌های اشتقاقی MB-H، MB-F، MB-D و MB-VG دارای دقت مناسب‌تری می‌باشند و مدل MB-F در مقایسه با سایر مدل‌ها بهترین برازش را نسبت به داده‌های اندازه‌گیری دارد. در شرایط تنش آبی، شوری و نیتروژن مدل ضرب پذیر MB-MB-F در بین مدل‌های پیشنهادی دارای بهترین برازش می‌باشد.

References

منابع مورد استفاده:

- اردلانی، ح.، بابازاده، ح.، و ابراهیمی، ح. ۱۳۹۶. مدل سازی واکنش گوجه فرنگی به تنش‌های همزمان شوری آب و کمبود نیتروژن، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، شماره ۳۱(۱): ۸۷-۱۰۴.
- سرایه تبریزی، م. ۱۳۹۳. مدل سازی جذب آب به وسیله گیاه در شرایط تنش‌های توأمان آب، شوری و نیتروژن. دانشگاه علوم و تحقیقات. تهران. پایان نامه دکترای تخصصی. ۱۳۲ صفحه.
- Brown, C.E., Pezeshki, S.R., and DeLaune R.D. 2006.** The effects of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a simulated tidal system. *Environmental and Experimental Botany*, 58: 140-148.
- Bustan, A., Cohen, S., Malach, Y. D., Zimmerman, P., Golan, R., Sagi, M., and Pasternak, D. 2005.** Effects of timing and duration of brackish irrigation water on fruit yield and quality of late summer melons. *Agricultural Water Management*, 74: 123-134.
- Chartzoulakis, K.S., and Klapaki, G. 2005.** Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86: 247-260.
- Demiral, M.A., Aydin, M., and Yorulmaze, A. 2005.** Effect of salinity on growth chemical composition and antioxidation enzyme activity of two Malting barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. *Turkish Journal Biology*, 29: 117-123.
- Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Masoni, A., Arduini, I. 2008.** Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. *European Journal Agronomy*, 28: 138-147.
- Erdal, I., Ertek, A., Senyigit, U., and Yilmaz, H.I. 2006.** Effects of different irrigation programs and nitrogen levels on nitrogen concentration, uptake and utilization in processing tomatoes. *Australian J. of Experimental Agric.* 46 (12): 1653-1660.
- Flores, P., Carvajal, M., Cerda, A., and Martinez, V. 2001.** Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition and metabolites. *Journal Plant Nutrient*, 24: 1561-1573.
- Homaei, M., Feddes, R.A., and Dirksen, C. 2002^a.** A macroscopic water extraction model for non uniform transient salinity and water stress. *Soil Science Society American Journal*, 66(6): 1764-1772.
- Homaei, M., Feddes, R.A., and Dirksen, C. 2002^b.** Simulation of root water uptake. Non uniform transient combined salinity and water stress. *Agric. Water Manage*, 57(2): 127-144.
- Jun-Feng, Y.G.U.F., Hai-Yan, M.A., and Chang-Yan, T. 2010.** Effect of nitrate on root development and nitrogen uptake of Suaeda physophora under NaCl salinity. *Pedosphere*, 20(4): 536-544.
- Massa, D., Mattan, N.S., and Lieth, H.J. 2009.** Effects of saline root environment (NaCl) on nitrate and potassium uptake kinetics for rose plants: a Michael-Menten modeling approach. *Plant Soil*, 318: 101-115.
- Melton, R.R., and Dufault, R.J. 1991.** Nitrogen, phosphorus, and potassium fertility regimes affect tomato transplant growth. *Horticulture Science*, 26(2): 141-142.
- Navarro, J.M., Martinez, V., and Carvajal, M. 2000.** Ammonium, bicarbonate and calcium effects on tomato plants grown under saline conditions. *Plant Science*, 157: 89-96.
- Petersen, K.K., Willumsen, J., and Kach, K. 1998.** Composition and taste of tomato as affected by increased salinity and different salinity sources. *Journal Horticulture Science Biotechnology*, 73: 205-215.
- Rahman, M.J., Mondol, A.T., Rahman, M.A.I., Bgume, M.N., and Alam, M.K. 2007.** Effect of irrigation and nitrogen on tomato yield in the grey terrace soil of Bangladesh. *Journal Soil Nature*, 1(3): 1-4.
- Ramos, T.B., Castanheira, N.L., Goncalves, M.C., Fernandes, M.L., Januario, M.I., Lourenco, M.E., Pires, F.P., and Martinus, J.C. 2012.** Effect of combined use of brackish water and nitrogen fertilizer on biomass and sugar yield of sweet sorghum. *Pedosphere*, 22(6): 785-794.
- Shenker, M., Ben-Gal, A., and Shani, U. 2003.** Sweet corn response to combined nitrogen and salinity environmental stresses. *Plant Soil*, 256: 139-147.
- Siddiqui, M.H., Mohammad, F., Nasir Khan, M., Al-whaibi, M.H., and Bahkali, A.H.A. 2010.** Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salt stress. *Agricultural Sciences in China*, 9(5): 671-680.
- Skaggs, H.T., Van Genuchten, M.Th., Shouse, P.J., and Poss, J.A. 2006.** Macroscopic approaches to root water uptake as a function of water and salinity stress. *Agricultural Water Management*, 86 (1-2): 140-149.
- Uwimana, A., Okal, W., and Kwach, B.O. 2011.** Effects of genotype, environment and management on yields and quality of black tea. *Genetics, Bio fuels and Local Farming Systems*, 7:277-307.
- Yoldas, F., Ceylan, S., Yagmur, B., and Morologan, N. 2008.** Effect of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient content in broccoli. *J. Plant Nutr*, 31(7): 1333-1343.