مدل سازی واکنش کلزا به تنش توأمان شوری و بور

یعقوب حسینی [1]، مهدی همایی[2]، نجفعلی کریمیان [3] و سعید سعادت[4]

1- استادیار پژوهش، بندر عباس، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان

2- استاد، تهران، دانشگاه تربیت مدرس

3- استاد، شیراز، دانشگاه شیراز

4- استادیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب
آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده (dorsa802001@yahoo.com)

چکیده

مشکلات مربوط به سمیّت بور در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت‌الشعاع مسایل شوری قرار داشته و کمتر مورد توجه قرار گرفته است ازجمله دلایلی که سبب تجمع بور در خاکهای شور شده است می توان به علاقهٔ رو به افزایش برای استفاده از فاضلاب‌ها در کشاورزی، استفاده از بعضی از کودهای کمپوستی، استفاده مجدد یا وارد شدن بعضی از رواناب‌ها و آب‌های خروجی زهکش‌ها به رودخانه‌ها و منابع آبی و سرعت تخلیه کمتر بور از دیگر نمک‌های جذب نشده در خاک هنگام آبشویی خاکهای شور اشاره کرد. اینکه کدام از این دو عامل (شوری یا سمیّت بور) رشد گیاه را کنترل می کند و یا اینکه هر دو عامل با هم عملکرد را تحت تأثیر قرار می دهند موضوعی نسبتا ناشناخته است. روشن است این موضوع می تواند به مدیریت بهتر خاک هایی که دارای مشکل شوری و سمیت بور هستند کمک نماید. یکی از راههای بررسی این موضوع، بررسی آن به صورت کمّی (مدل سازی) می باشد. از طرف دیگر، به طور کلی پژوهشها درباره اثر برهمکنش شوری و بور بر رشد گیاه اندک است و همین پژوهش های اندک هم به صورت کیفی این مسآله را بررسی کرده اند. در مدل های ارائه شده برای پیش بینی عملکرد در خاک های شور، همواره عامل شوری به تنهایی مدنظر قرار گرفته و دیگر عوامل تنش زا همچون سمیّت بور لحاظ نشده است. هدف از انجام این پژوهش، ارائه مدل هایی برای شرائط توأمان شوری- سمیّت بور بود. بدین منظور، ابتدا مدل های Leibig-Sprengel (LS) (بر اساس این مدل فقط محدود کننده ترین عامل عملکرد را تعیین می کند) و Mitscherlich-Baule (MB) (همه عوامل تنش زا در تعیین عملکرد نقش دارند) به عنوان مدل های مبنا در نظر گرفته شدند. آنگاه مدل هایی برای شرایط توأمان شوری- سمیّت بور اشتقاق یافت. به منظور دستیابی به داده های لازم برای ارزیابی مدل های پیشنهادی آزمایشی با سطوح مختلف شوری و بور با گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) انجام شد. آزمایش بصورت گلدانی و در گلخانه انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل 5 سطح آب شور (آب غیرشور (0/3)، 3، 6، 9، و 12 دسی زیمنس بر متر) و چهار سطح بور (0، 10، 20 و 30 میلی گرم بور در کیلوگرم خاک از منبع اسید بوریک) بود. نتایج نشان داد که پیش بینی عملکرد توسط مدل تعدیل یافته LS در مقایسه با مدل تعدیل یافته MB به عملکردهای واقعی نزدیکتر بود. بنابراین برای پیش بینی عملکرد دانه کلزا در شرایط تنش بور و شوری، مدل تعدیل یافته LS پیشنهاد می گردد. همچنین، نتایج نشان داد که آستانه شوری برای کاهش عملکرد در شرایط شور ثابت نیست و بستگی به مقدار بور دارد. به طوری که افزایش مقدار بور، آستانه عملکرد را افزایش، لیکن مقدار بیشینه عملکرد را کاهش داد. علت افزایش آستانه کاهش عملکرد دانه کلزا برای شوری با افزایش مقادیر بور در خاک، بیشتر شدن اثر محدود کنندگی بور نسبت به شوری می باشد. هنگامی که مقدار بور خاک در سطح B4 (30 میلی گرم در کیلو گرم خاک) باشد، مقدار قابلیت

هدایت الکتریکی که در آن مقدار، شوری عامل کاهنده عملکرد است برابر 10 دسی زیمنس بر متر تعیین شد. این بدین معنی است که در شوری های کمتر از 10 dS/m ، بور عامل کاهنده عملکرد است.

کلمات کلیدی: بور، مدل سازی، شوری

مقدمه

یکی از مشکلات خاک های شور، عدم تعادل عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه می باشد. در حالی که قابلیت استفاده برخی از عناصر غذایی ضروری برای گیاه در خاک های شور به دلایل مختلف اندک است، غلظت عناصر دیگری همچون بور ممکن است زیاد و گاه در حد سمیّت باشند. در بیشتر موارد، مشکلات مربوط به سمیّت بور در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت‌الشعاع مسایل شوری قرار داشته و کمتر مورد توجه قرار گرفته است (فرحبخش، 1383؛ Gupta *et al.*, 1973). ازجمله دلایلی که سبب تجمع بور در خاکهای شور شده است می توان به علاقهٔ رو به افزایش برای استفاده از فاضلاب‌ها در کشاورزی، استفاده از بعضی از کودهای کمپوستی (Gupta *et al.*,1973)، استفاده مجدد یا وارد شدن بعضی از رواناب‌ها و آب‌های خروجی زهکش‌ها به رودخانه‌ها و منابع آبی (Prendengast, 1993) و سرعت تخلیه کمتر بور از دیگر نمک‌های جذب نشده در خاک هنگام آبشویی خاکهای شور (Gupta *et al.*, 1973) اشاره کرد. گرچه ممکن است غلظت بور در آب آبیاری مناطق شور، برای صدمه زدن مستقیم و فوری به گیاه کافی نباشد، اما استفاده مدام از این آب‌ها، افزون بر شور کردن خاک، در پی تبخیر و زهکشی ضعیف، به مرور زمان باعث تجمع بور در خاک نیز می‌شود. تجمع بور در منطقه ریشه، به ویژه ممکن است به واسطه آبشویی کمتر برای نیل به کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی و کمبود آبی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای آبشویی وجود دارد، تشدید شود. همچنین، اعمال روش‌های مدیریتی مانند کم‌آبیاری (به علت کمبود آب آبیاری) که باعث حداقل شدن آبشویی می‌شود باعث تجمع نمک‌ها و بور در خاکهای غیر شور می‌شوند (Elkhatib *et al.*, 2004). اینکه کدام از این دو عامل (شوری یا سمیّت بور) رشد گیاه را کنترل می کند و یا اینکه هر دو عامل با هم عملکرد را تحت تأثیر قرار می دهند موضوعی نسبتا ناشناخته است. روشن است این موضوع می تواند به مدیریت بهتر خاک هایی که دارای مشکل شوری و سمیت بور هستند کمک نماید. یکی از راههای بررسی این موضوع، بررسی آن به صورت کمّی (مدل سازی) می باشد. از طرف دیگر، به طور کلی پژوهشها درباره اثر برهمکنش شوری و بور بر رشد گیاه اندک است و همین پژوهش های اندک هم به صورت کیفی این مسآله را بررسی کرده اند. در مدل های ارائه شده برای پیش بینی عملکرد در خاک های شور، همواره عامل شوری به تنهایی مدنظر قرار گرفته و دیگر عوامل تنش زا همچون سمیّت بور لحاظ نشده است. هدف از انجام این پژوهش، ارائه مدل هایی برای شرائط توأمان شوری- سمیّت بور بود. بدین منظور، ابتدا مدل های Leibig-Sprengel (LS) و Mitscherlich-Baule (MB) به عنوان مدل های مبنا در نظر گرفته شدند. آنگاه مدل هایی برای شرایط توأمان شوری- سمیّت بور اشتقاق یافت. بر اساس مدل LS در هر زمان یک عامل رشد، که محدودکننده‌ترین آنهاست، مقدار عملکرد را تعیین می‌کند و پاسخ گیاه به این عامل رشد به صورت خطی است. در مدل MB، فرض بر این است عامل های مؤثر بر رشد گیاه از قانون بازده نزولی تبعیت می کنند و این عوامل رشد بطور همزمان رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و به صورتی تجمعی عمل می‌کنند(Black, 1993).

مواد و روشها

به منظور دستیابی به داده های لازم برای ارزیابی مدل های پیشنهادی آزمایشی با سطوح مختلف شوری و بور با گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) انجام شد. آزمایش بصورت گلدانی و در گلخانه انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل 5 سطح آب شور (آب غیرشور (0/3)، 3، 6، 9، و 12 دسی زیمنس بر متر) و چهار سطح بور (0، 10، 20 و 30 میلی گرم بور در کیلوگرم خاک از منبع اسید بوریک) بود. آزمایش در سه تکرار به صورت فاکتوریل اجرا شد. به منظور

کمّی کردن اثر شوری و بور بر عملکرد دانه کلزا، عملکرد نسبی با استفاده از مدل های تعدیل یافته ی MB و LS محاسبه شد. عملکرد نسبی برآورد شده توسط مدل‌ها با مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر سطوح مختلف شوری و بور رسم و نتایج مدل‌ها با یکدیگر مقایسه گردیدند. همچنین، مقایسه کمّی مدل‌ها با محاسبه آماره‌های خطای بیشینه (Maximum Error, *ME*)، ریشه میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error, *RMSE*)، ضریب تبیین (Coefficient of Determination, *CD*)، کارایی مدل (Modeling Efficiency, *EF*) و ضریب جرم باقیمانده (Coefficient of Residual Mass, *CRM*) برای هر کدام از مدل ها انجام شد (Homaee et al., 2002). پارامترهای مدل ها با روش بهینه سازی حداقل مجموع مربعات خطا تعیین گردید. نرم افزارهای آماری مورد استفاده در این پژوهش SAS و Excel بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد پیش بینی عملکرد توسط مدل تعدیل یافته LS در مقایسه با مدل تعدیل یافته MB به عملکردهای واقعی نزدیکتر بود. بنابراین برای پیش بینی عملکرد دانه کلزا در شرایط تنش بور و شوری، مدل تعدیل یافته LS پیشنهاد می گردد. نتایج همچنین نشان داد که حد آستانه شوری برای کاهش عملکرد در شرایط شور ثابت نیست و بستگی به مقدار بور دارد. به طوری که افزایش مقدار بور، آستانه عملکرد را افزایش، لیکن مقدار بیشینه عملکرد را کاهش داد. هنگامی که بور به خاک افزوده نشده بود (سطح B1)، آستانه کاهش عملکرد نسبی دانه کلزا برای شوری حدود $1\ dS\ m^{-1}$ بود، اما با افزایش بور خاک، آستانه کاهش عملکرد برای شوری، افزایش یافت، به گونه ای که با کاربرد 30 میلی گرم بور در کیلو گرم خاک (سطح B4)، حد آستانه کاهش عملکرد دانه کلزا برای شوری به حدود $7\ dS\ m^{-1}$ رسید. علت افزایش حد آستانه کاهش عملکرد دانه کلزا برای شوری با افزایش مقادیر بور در خاک، بیشتر شدن اثر محدود کنندگی بور نسبت به شوری می باشد. در خاک هایی که دارای تنش توآم شوری و سمیّت بور هستند می توان با کمک مدل LS، حدی از EC را مشخص کرد که آبشویی خاک بیشتر از آن حد، تاثیری در افزایش عملکرد ندارد. برای مثال در خاک شوری که مقدار بور آن در سطح B4 (30 میلی گرم در کیلو گرم خاک) باشد، مقدار قابلیت هدایت الکتریکی که در آن مقدار، شوری عامل کاهنده عملکرد است برابر 10 دسی زیمنس بر متر تعیین شد. در صورتی که آبشویی ادامه یابد و سبب شود تا EC خاک کمتر از این مقدار شود، این کم شدن شوری تاثیری در افزایش عملکرد ندارد. زیرا در قابلیت هدایت الکتریکی کمتر از 10 دسی زیمنس بر متر، عامل بور خاک تعیین کننده عملکرد است و شوری تاثیری بر عملکرد ندارد.

منابع

1- فرحبخش، م. ۱۳۸۳. سينتيك آزاد شدن بور از تعدادي از خاك‌هاي ايران در ارتباط با عملكرد و جذب بور بوسيله يونجه و آفتابگردان. رساله دكتري خاكشناسي، دانشگاه تهران، تهران، ايران. ۱۴۲ صفحه.

2- Black, C. A. 1993. Soil fertility evaluation and control. First edition. Lewis publisher. Boca Raton, FL. 768 p.

3- Elkhatib, H. A., E. Elkhatib, M. Khalaf Allah and A. M. El-Sharkway. 2004. Yield response of salt A. A. -stressed potato to potassium fertilization. A. Preliminary mathematical model. J.Plant Nutr. 27 (1): 111-122.

4 Gupta, U. C., J. D. E. Sterling, and H. G. Nass. 1973. Influence of various rates of compost and nitrogen on the boron toxicity symptoms in barley and wheat. Can. J. Plant Sci. 53: 451-456.

5- Homaee, M., C. Dirksen and R. A. Feddes. 2002. Simulation of root water uptake. I. Non-uniform transient salinity stress. Agric. Water Manage. 57: 89-109.
6- Prendengast, J. B. 1993. A model of crop yield response to irrigation water salinity: theory, testing and application. Irrig. Sci. 13: 157-164