نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد یازدهم، شماره اول، ۱۴۰۰
۱۶۴-۱۴۹
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18596.1995
(مقاله کامل علمی- پژوهشی)

بررسی اثر مدیریت کاربرد نیتروژن در ترکیب با اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد گندم در خاک‌های شور – مطالعه موردی خاک‌های انبار الوم استان گلستان

قاسم قربانی‌نصرآبادی[۱]، اسماعیل دردی‌پور[۲]، مجتبی بارانی‌مطلق[۲]، الهام ملک‌زاده*[۳] و عبدالرضا قرنجیکی[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]استادیار مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: شوری یکی از عمده‌ترین و مخرب‌ترین محدودیت‌های موجود در محیط رشد گیاه است که نه‌تنها رشد بلکه تولیدات کشاورزی و حاصلخیزی خاک را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. تنش شوری باعث عدم تعادل مواد مغذی و هورمونی، سمیت یونی، تنش اکسیداتیو و اسمزی و افزایش حساسیت گیاه به بیماری‌ها می‌شود. در همین راستا پژوهش‌ها نشان داده است که اسید سالیسیلیک سبب ایجاد مقاومت در گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی از جمله شوری می‌شود. نیتروژن نیز با توجه به نقش چشمگیری که در استقرار گیاه و کسب توانایی‌های فتوسنتزی و فیزیولوژیکی داشته، اثر مستقیمی بر عملکرد گیاه بر عهده دارد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثرات اسید سالیسیلیک و مقادیر مصرف کود نیتروژنی در شوری‌های مختلف اراضی شرکت سهامی مزرعه نمونه واقع در انبار الوم شهرستان آق‌قلا استان گلستان بر رشد گندم رقم مروارید، آزمایشی به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح شوری طبیعی خاک، (۴-۳ زیر سطح آستانه تحمل گندم (شاهد)، ۱۱-۹ و ۱۵-۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) و فاکتورهای فرعی شامل دو سطح اسید سالیسیلک (صفر و ۱/۵ میلی‌مولار) و سه سطح کود نیتروژن (مصرف اوره در مقادیر ۳۰ درصد کم‌تر از توصیه آزمون خاک، توصیه آزمون خاک و ۳۰ درصد بیش‌تر از توصیه آزمون خاک) بود. اسید سالیسیلیک به‌صورت دو بار محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌زنی به‌فاصله ۲ هفته انجام شد. تیمارهای نیتروژنی در سه مرحله- قبل از کاشت و دو بار سرک در مراحل پنجه‌زنی و طویل‌شدن ساقه- اعمال شد. ارتفاع و وزن خشک گیاه، عملکرد دانه، تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه و طول خوشه اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد با افزایش شوری عملکرد و اجزای عملکرد کاهش یافت ($P\leq$۰/۰۱). با افزایش میزان نیتروژن، عملکرد دانه و اجزای آن، افزایش یافت ($P\leq$۰/۰۱). به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار ۳۰ درصد نیتروژن

* مسئول مکاتبه: malekzadeh.elham@gmail.com

بیش‌تر از توصیه آزمون خاک دیده شد که اختلاف معنی‌دار نسبت به دو سطح دیگر داشت. مصرف اسید سالیسیلیک سبب افزایش تمام پارامترهای عملکرد و اجزای آن به غیر از تعداد دانه در خوشه و طول خوشه شد ($P\leq$۰/۰۱). اثر متقابل شوری و نیتروژن نشان داد که مصرف نیتروژن بیش‌تر از توصیه آزمون خاک تا سطح شوری متوسط (۱۱-۹ dS/m) سبب افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد شد ولی در شوری زیاد (۱۵-۱۳ dS/m) سبب کاهش این صفات شد. در شرایط شوری کم و متوسط استفاده توام اسید سالیسیلیک و نیتروژن بالا سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم گردید، اما در شوری زیاد نتوانست اثر به‌سزایی بر آن‌ها داشته باشد.

نتیجه‌گیری: مدیریت کاربرد نیتروژن همراه با مصرف اسید سالیسیلیک تاحدودی توانست اثرات مخرب شوری تا سطح شوری متوسط را کاهش داده و منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاه گردد و در سطح شوری بالا بهتر است مصرف کود نیتروژن کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، تنظیم‌کننده رشد گیاه، گندم، مدیریت کوددهی

مقدمه

شوری خاک از عوامل مهم در کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. تأثیر شوری تنها به یک مرحله خاص از رشد گیاه محدود نمی‌شود بلکه در تمام طول دوره رشد گیاه اثرگذار بوده و در نهایت به کاهش عملکرد محصول منجر می‌شود (۱۲). در ایران، مساحت خاک‌هایی که به نوعی تحت‌تأثیر شوری قرار دارند، بالغ بر ۳۲ میلیون هکتار است که نزدیک به ۱۹٪ از سطح کل کشور و ۵۵٪ از اراضی قابل کشت را شامل می‌شود (٤٠). استفاده از آب‌های شور برای آبیاری باعث تجمع نمک در خاک می‌شود و در برخی از خاک‌ها به حدی می‌رسد که باید زمین‌ها را رها نمود (۱۹). کاهش رشد تحت شرایط تنش، نتیجه جلوگیری از تقسیم سلول، رشد سلول و یا هر دو آن‌هاست که این اثرات بازدارندگی می‌تواند در اثر تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی در اثر تنش باشد (۸ و ۳۵). اسید سالسیلیک از ترکیبات فنلی است که در تعداد زیادی از گیاهان به‌وسیله ریشه گیاهان تولید می‌شود و به عنوان ماده‌ای شبه هورمونی نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (٢٤). اسید سالسیلیک فرایندهای فیزیولوژیکی را در گیاهان تنظیم و عوارض جانبی تنش را کاهش داده و می‌تواند اثر نامطلوب تنش را بهبود بخشد (٤٢). کیارستمی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند اسید سالیسیلیک باعث رشد و افزایش محصول کلزا تحت تنش شوری شده است (۲۳). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش تحمل گیاه آفتابگردان نسبت به شوری می‌شود (۳۲). پیرسته‌انوشه و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند با وجود تأثیر منفی تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاه جو، غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بخشی از اثر منفی شوری را جبران کرد. درصد کاهش عملکرد دانه در اثر تنش شوری طی سال اول و در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک ۲۷/۳ درصد و در سال دوم در غلظت ۱ میلی‌مولار آن معادل ۳۳/۸ درصد بود (۳۵). نیتروژن نیز نقش ویژه‌ای در استقرار گیاه و کسب توانایی‌های فتوسنتزی و فیزیولوژیکی متعدد دارد که در نهایت تأثیر مستقیمی بر عملکرد دارد (٦). کوددهی نیتروژن در خاک‌هایی با کمبود نیتروژن وقتی که درجه شوری شدید نباشد، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهانی

هم‌چون گندم، یونجه، لوبیا، هویج، گوجه‌فرنگی، ذرت، شبدر، حبوبات، ارزن و برنج شده است (۱۹). قول‌لر عطا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند در خاک‌های شور و دارای حاصلخیزی پایین، تأمین متعادل عناصر غذایی مانند نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش مقاومت گیاه به شوری و افزایش عملکرد گیاه گردد (١٤). گندم از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان بوده و غذای اصلی مردم را در مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد. گندم به عنوان مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گونه گیاهی از تیره غلات گرچه خیلی به شوری حساس نیست، اما در سطوح شوری بیش‌تر از ٦ دسی‌زیمنس بر متر با کاهش عملکرد و افت کیفیت محصول مواجه می‌شود (۲۱). با توجه به رشد جمعیت کشور و جهان و کمبود کنونی غذا در سطح دنیا، بررسی تمامی راهکارهایی که سبب افزایش تولید و استفاده بهینه از گندم تولید شده می‌گردد، از موضوعات مهم و قابل توجه می‌باشد (۵). با افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به غذای بیش‌تر امروزه کشت گندم به مناطق کم بازده و شور نیز کشیده شده است. بنابراین بررسی عوامل مؤثر بر تولید گندم و راه‌های مقابله با تنش شوری در گیاهان کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کاربرد نیتروژن در ترکیب با اسید سالیسیلیک در شوری‌های مختلفِ اراضی شرکت سهامی مزرعه نمونه واقع در شهر انبارالوم بر روی گیاه گندم رقم مروارید انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در اراضی شرکت سهامی مزرعه نمونه واقع در انبار الوم شهرستان آق‌قلا، استان گلستان با مختصات جغرافیایی N "۲ '۷ °۳۷ و E "٤٠ '٣٦ °٥٤ انجام شد. بررسی داده‌های هواشناسی ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقدار حداکثر، میانگین و حداقل بارندگی در طول فصل رشد گندم به‌ترتیب ۳۳۹، ۲٦۹ و ۱۷۰ میلی‌متر می‌باشد. در ضمن مقدار بارندگی در طول فصل رشد گندم در سال انجام این پژوهش، ۲۳۷ میلی‌متر بود. قبل از اجرای آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زمین موردنظر، از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری تصادفی صورت گرفت (جدول ۱). بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۳)، پ‌هاش خاک در عصاره اشباع خاک به روش الکترود شیشه‌ای (۲۲)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (۲۲)، درصد کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (۲۷)، کربن آلی به روش والکی‌بلاک (۳۱)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۹)، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن (۳۳) و پتاسیم قابل‌جذب با استات آمونیوم (۲۵) اندازه‌گیری شد. آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح شوری طبیعی خاک (٤-۳ زیر سطح آستانه تحمل گندم (S1)، ۱۱-۹ (S2) و ۱۵-۱۳ (S3) دسی‌زیمنس بر متر) و فاکتورهای فرعی شامل دو سطح اسید سالیسیلک (صفر (A0) و ۱/۵ (A1) میلی‌مولار) و سه سطح مصرف کود نیتروژن (از منبع اوره ٤٦ درصد) شامل ۱) ۳۰٪ کم‌تر از توصیه آزمون خاک (N1)، ۲) توصیه آزمون خاک (N2) و ۳) ۳۰٪ بیش‌تر از توصیه آزمون خاک (N3)، بود. سه قطعه زمینی که با شوری (dS/m) ۳-٤، ۹-۱۱ و ۱۳-۱۵ انتخاب شدند دارای خاک با خصوصیات تقریباً مشابه ولی شوری‌های طبیعی متفاوت بودند. علت تفاوت در شوری قطعه‌ها به‌دلیل دوری یا نزدیکی به زه‌کش و کیفیت زه‌کشی و استفاده از آب آبیاری با شوری متفاوت بوده است (۱۵).

تیمارهای کود نیتروژنی در سه مرحله - (یک سوم قبل از کاشت و دو مرحله کود سرک در مرحله پنجه‌زنی و مرحله طویل‌شدن ساقه از کود اوره- اعمال شد. مقادیر نیتروژن خالص توصیه شده بر مبنای آزمون خاک برای تیمار توصیه کودی، تیمار ۳۰٪ بیش‌تر از توصیه کودی و تیمار ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی به‌ترتیب ۱۳۵، ۱۷۶ و ۹۵ کیلوگرم در هکتار بود. بقیه عناصر شامل فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت بر اساس نتایج آزمون خاک در همه کرت‌ها افزوده شد. پس از آماده‌سازی زمین (شخم اولیه، دیسک‌زنی و تسطیح زمین)، گندم‌ها در کرت‌های به ابعاد ۶ × ۱/۴ مترمربع در ۷ ردیف کشت شد. فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها به‌ترتیب ۱ و ۲ متر بود. کشت گندم به‌صورت دیم (اواخر آذر ۹۶ تا اواسط خرداد ۹۷) انجام شد. اسید سالیسیلیک به‌صورت دو بار محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌زنی به فاصله حدود ۲ هفته انجام شد (۱۸). در پایان فصل رشد در زمان رسیدگی کامل، برداشت به‌صورت کف‌بر از ۳ خط وسط پس از حذف ۱/۵ متر از ابتدا و انتهای کرت (۱/۸ مترمربع) به عنوان اثر حاشیه‌ای انجام شد. صفات ارتفاع، وزن خشک گیاه، عملکرد دانه، تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه و طول خوشه اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical properties of experimental Soil.

خاک مزرعه Soil of field	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical Conductivity	pH	درصد کربنات کلسیم معادل Total neutralizing value	کربن آلی Organic Carbon	نیتروژن کل Total nitrogen	فسفر قابل‌جذب Available phosphorus	پتاسیم قابل‌جذب Available potassium	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	بافت Texture
	(dS/m)		(٪)	(٪)	(٪)	(mg/kg)	(mg/kg)	(٪)	(٪)	(٪)	
1	3-4	7.8	17.5	0.60	0.06	8.5	280	22	70	8	لوم سیلتی Silt loam
2	9-11	7.7	18.5	0.92	0.09	12.3	400	26	62	12	لوم سیلتی Silt loam
3	13-15	8.2	20.5	0.82	0.08	7.9	340	16	80	4	لوم سیلتی Silt loam

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها: نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد داده‌ها در (جدول ۲) نشان داد که اثر اصلی شوری، اسید سالیسیلیک و نیتروژن بر ارتفاع، وزن خشک گیاه، عملکرد دانه، تعداد خوشه و وزن هزاردانه معنی‌دار گردید. هم‌چنین، اثر شوری و نیتروژن بر تعداد دانه در خوشه و طول خوشه معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) شد ولی اثر اسید سالیسیلیک بر این صفات معنی‌دار نبود.

اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر ارتفاع ($P\leq$۰/۰۵)، وزن خشک گیاه، تعداد خوشه، وزن هزاردانه و طول خوشه ($P\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود. اثر متقابل شوری و نیتروژن، بر ارتفاع، وزن خشک گیاه، عملکرد دانه و طول خوشه ($P\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نیتروژن بر وزن خشک گیاه و تعداد خوشه ($P\leq$۰/۰۱) معنی‌دار شد. اثر متقابل سه فاکتور شوری، اسید سالیسیلیک و نیتروژن بر عملکرد دانه، تعداد خوشه و طول خوشه ($P\leq$۰/۰۱) معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد.

Table 2. The results of analysis variance of yield and yield components.

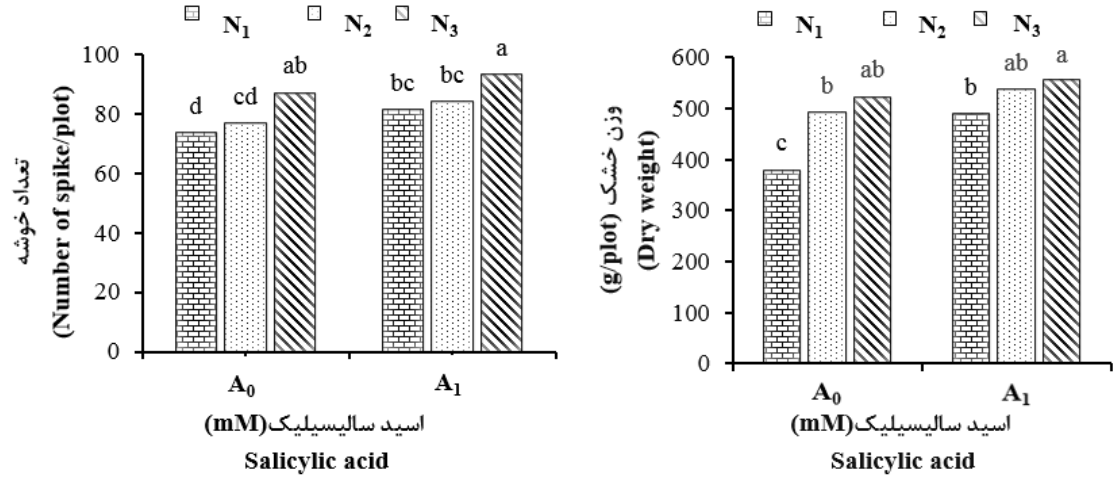
منبع تغییرات Source of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Average of squares						
		ارتفاع Height	وزن خشک گیاه Plant dry weight	عملکرد دانه Grain yield	تعداد خوشه Number of spike	تعداد دانه در خوشه Number of grains per spike	وزن هزاردانه Thousand seed weight	طول خوشه Spike length
تکرار Replication	3	1.48^{ns}	7046^{ns}	2251^{ns}	45^{ns}	2^{ns}	3.3^{ns}	0.048^{ns}
شوری Salinity	2	5082^{**}	1257242^{**}	596094^{**}	9482^{**}	421.1^{**}	790^{**}	21.6^{**}
خطای اول First Error	6	25.8	5984	1758	299.5	1.9	3.4	0.093
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	1	39^{**}	71442^{**}	9706^{*}	903^{**}	0.5^{ns}	0.3^{**}	0.005^{ns}
نیتروژن Nitrogen	2	50.6^{**}	23529^{**}	17424^{**}	279^{*}	40.7^{**}	17.4^{*}	0.191^{**}
شوری × اسید سالیسیلیک Salinity ×Salicylic acid	2	40^{*}	44382^{**}	4256^{ns}	1137^{**}	12.5^{ns}	14.4^{*}	0.271^{**}
شوری × نیتروژن Salinity ×Nitrogen	4	96.6^{**}	27797^{**}	11177^{**}	126^{ns}	10.1^{ns}	0.8^{ns}	0.093^{**}
اسید سالیسیلیک × نیتروژن Salicylic acid× Nitrogen	2	8.2^{ns}	60308^{**}	1569^{ns}	806^{**}	5.2^{ns}	0.5^{ns}	0.032^{ns}
شوری× اسید سالیسیلیک × نیتروژن Salinity× Salicylic acid× Nitrogen	4	17.1^{ns}	7960^{ns}	6541^{**}	258^{*}	6.2^{ns}	6.6^{ns}	0.169^{**}
خطا Error	45	9.7	4483	1546	81	5.4	3.9	0.022
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation		5.6	13.4	13.2	10.9	7.6	6.3	2.6

^{ns}، * و ** به‌ترتیب یعنی غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد

^{ns} not significant, * P<0.05 and ** P<0.01

مقایسه میانگین داده‌ها

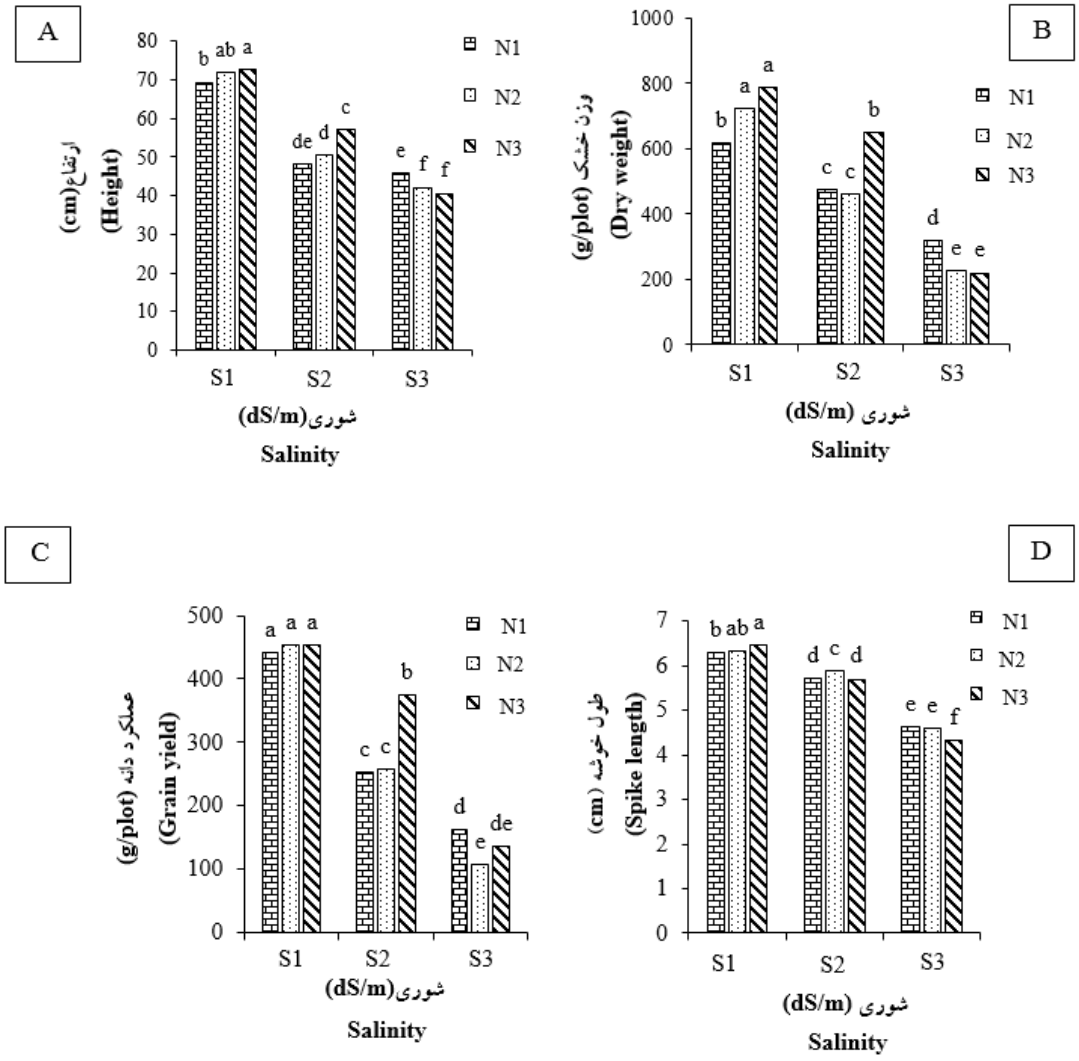
اثر متقابل نیتروژن و اسید سالیسیلیک: با توجه به شکل ۱، بیش‌ترین وزن خشک گیاه در تیمار N3A1 بود که اختلاف معنی‌دار آماری با تیمار های N3A0 نداشت. هم‌چنین بیش‌ترین تعداد خوشه در تیمار مصرف N3A1 بود که جزء تیمار N3A0 با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. کم‌ترین مقدار وزن خشک و تعداد خوشه در تیمار N1A0 بود.



شکل ۱- اثر متقابل نیتروژن و اسید سالیسیلیک بر وزن خشک (سمت راست) و تعداد خوشه گندم (سمت چپ). به ترتیب N1، N2 و N3 بیانگر مصرف نیتروژن به صورت ۳۰٪ کم‌تر از توصیه آزمون خاک، توصیه آزمون خاک و ۳۰٪ بیش‌تر از توصیه آزمون خاک؛ A0 و A1، عدم مصرف و مصرف اسید سالیسیلیک. مقادیر ستون‌های هم علامت با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار (P≤۰/۰۵).

Figure 1. Interaction of nitrogen and salicylic acid on wheat dry weight (Right) and number of spike (Left). N1, N2 and N3 are representing 30% N less than soil test recommendation, N based on soil test recommendation and 30% N more than soil test recommendation; A0 and A1 are representing without and with of acid salicylic application, respectively. Means followed by the same letters are not significantly different from each other (P≤0.05).

اثر متقابل نیتروژن و شوری: بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته گندم به‌ترتیب در تیمار N3S1 و N3S3 مشاهده شد. در شوری کم (S1) و متوسط (S2) با افزایش سطح نیتروژن وزن خشک گیاه افزایش یافت. بیش‌ترین وزن خشک گیاه در تیمار N3S1 بود که اختلاف معنی‌دار با تیمار N2S1 نداشت و کم‌ترین وزن خشک گیاه در تیمارهای N3S3 و N2S3 مشاهده گردید. از نظر عملکرد دانه تیمارهای N1S1، N2S1 و N3S1 با بیش‌ترین مقدار، فاقد تفاوت معنی‌دار بودند. کم‌ترین عملکرد دانه در تیمار N2S3 بود که به‌ترتیب کاهش ۵۸/٤ و ۷٦/٤ درصدی نسبت به تیمارهای N2S2 و N2S1 نشان داد. به‌طورکلی با افزایش سطح شوری، طول خوشه گندم کاهش یافت که این کاهش در تیمار نیتروژن ۳۰٪ بیش‌تر از توصیه کودی (N3S3) بیش‌تر از دو سطح دیگر (N2S3 و N1S3) بود. بیش‌ترین طول خوشه در تیمار N3S1 بود که با تیمار N2S1 تفاوت معنی‌دار نداشت و به‌ترتیب نسبت به تیمارهای N3S2 و N3S3 افزایش ۱۲ و ۳۳ درصدی داشت (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل نیتروژن و شوری بر ارتفاع گندم (A)، وزن خشک (B)، عملکرد دانه (C) و طول خوشه (D). به ترتیب N1، N2 و N3 بیانگر مصرف نیتروژن به صورت ۳۰٪ کمتر از توصیه آزمون خاک، توصیه آزمون خاک و ۳۰٪ بیشتر از توصیه آزمون خاک؛ S1، S2 و S3 سطوح شوری ۳-٤، ۹-۱۱ و ۱۳-۱۵ (dS/m). مقادیر ستون‌های هم علامت با یکدیگر فاقد اختلاف‌معنی‌دار (P≤۰/۰۵).

Figure 2. Interaction of nitrogen and salinity on Wheat height (A), Dry weight (B), Grain yield (C), Spike length (D). N1, N2 and N3 are representing 30% N less than soil test recommendation, N based on soil test recommendation and 30% N more than soil test recommendation; S1, S2 and S3 are representing of salinity levels of 3-4, 9-11 and 13-15 dS/m, respectively. Means followed by the same letters are not significantly different from each other (P≤0.05).

اثر متقابل اسید سالسیلیک و شوری: مصرف ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شوری‌های کم (S1) و متوسط (S2) موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه گردید. مصرف اسید سالیسیلیک در تمام سطوح شوری نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش وزن خشک گیاه گردید. بیش‌ترین وزن خشک گیاه در تیمار S1A1 بود که به‌ترتیب افزایش ۲۵/۳ و ٦٤/۹ درصدی نسبت به تیمارهای مصرف اسید سالیسیلیک در سطوح شوری S2 و S3 داشت. به‌طورکلی با افزایش شوری با مصرف و عدم مصرف اسید سالیسیلیک تعداد خوشه‌ها کاهش یافت. ولی در سطوح مختلف شوری تیمار A1 از تعداد خوشه

بیش‌تری نسبت به تیمار A0 برخوردار بود. در واقع اسید سالیسیلیک در شرایط شوری از کاهش تعداد خوشه گندم (پنجه‌زنی) جلوگیری کرده است. بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار S1A1 بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای S2A1 و S3A1 داشت. کم‌ترین وزن هزاردانه در تیمار A0 و در سطح شوری زیاد (S3) بود که کاهش ۷ درصدی نسبت به تیمار A1 در همان سطح شوری داشت. با افزایش سطح شوری، طول خوشه در مصرف و عدم مصرف اسید سالیسیلیک کاهش معنی‌دار نشان داد. بیش‌ترین اثر مصرف اسید سالیسیلیک در سطح شوری متوسط (S2) بود که طول خوشه را نسبت به عدم مصرف آن افزایش داد، بنابراین اسید سالیسیلیک در شوری متوسط از کاهش طول خوشه گندم جلوگیری کرده است (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرهای دوگانه کاربرد اسید سالیسیلیک و سطوح مختلف شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم.

Table 3. Interaction effects of salicylic acid application and different salinity levels on wheat yield and yield components.

طول خوشه (cm) Spike length	وزن هزاردانه (g) Thousand seed weight	تعداد خوشه Number of spike/Plot	وزن خشک (g/Plot) Dry weight	ارتفاع گیاه (cm) Plant height	تیمارها Treatments	
6.36 [a]	35.89 [ab]	98.16 [b]	630.58 [b]	69.24 [b]	S1	A0
6.37 [a]	36.1 [a]	106.91 [a]	878.57 [a]	73.36 [a]	S1	A1
5.65 [c]	32.20 [c]	76.25 [d]	523.82 [d]	51.28 [d]	S2	A0
5.89 [b]	34.44 [b]	90 [c]	588.03 [c]	55.21 [c]	S2	A1
4.6 [d]	24.24 [e]	54.66 [e]	232.67 [d]	42.27 [e]	S3	A0
4.41 [e]	26.05 [d]	70.91 [d]	267.42 [d]	43.36 [e]	S3	A1

به‌ترتیب حروف A0 و A1 نشانگر عدم مصرف و مصرف اسید سالیسیلیک و S1، S2 و S3، سطوح شوری ۳-٤، ۹-۱۱ و ۱۳-۱۵ (dS/m). مقادیر ستون‌های هم علامت بایکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار (P≤۰/۰۵)

A0 and A1 are representing without and with of acid salicylic application; S1, S2 and S3 are representing of salinity levels of 3-4, 9-11 and 13-15 dS/m, respectively. The values of the columns followed by the same letters are not significantly different from each other (P≤0.05)

اثر متقابل سه‌گانه شوری × اسید سالیسیلیک× نیتروژن: بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ٤) بیش‌ترین عملکرد دانه و طول خوشه، در سطح شوری کم (S1)، مصرف توأم اسید سالیسیلیک (A1) و نیتروژن سطح توصیه آزمون خاک (N2) مشاهده شد. در حالی‌که کم‌ترین عملکرد دانه و طول خوشه در تیمارهای مصرف نیتروژن ۳۰ درصد بیش‌تر از توصیه آزمون خاک (N3) با و بدون کاربرد اسید سالیسیلیک (A1، A0) در سطح شوری زیاد (S3) بود، و به‌طور میانگین ۷۸/٦ و ۳٤/۸۵ درصد نسبت به بالاترین عملکرد دانه در تیمار N2A1S1 کاهش داشتند. در تمام سطوح شوری و کود نیتروژن استفاده از اسید سالیسیلیک سبب افزایش تعداد خوشه شد. بیش‌ترین تعداد خوشه در سطح شوری کم (S1) در مصرف توام اسید سالیسیلیک (A1) و مصرف نیتروژن ۳۰ درصد بیش‌تر از توصیه آزمون خاک (N3) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها در سطوح مختلف شوری داشت. کم‌ترین تعداد خوشه در تیمار N2A0S3 بود که کاهش ۳٦/۷ درصدی نسبت تیمار N2A1S3 داشت (جدول ٤).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرهای سه‌گانه کاربرد نیتروژن، اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم.

Table 4. Interaction effects of nitrogen, salicylic acid at different salinity levels on wheat yield and yield components.

طول خوشه (cm) Spike length	تعداد خوشه Number of spike/Plot	عملکرد دانه (g/plot) Grain yield	تیمارها Treatments
6.17 c	90.2 cd	407 cd	N1A0S1
5.6 e	73.7 fh	243.5 gh	N1A0S2
4.7 fg	61 hi	139.5 ij	N1A0S3
6.3 bc	99.7 bc	439.5 bc	N1A1S1
5.8 d	89.2 ec	267.3 fh	N1A1S2
4.8 f	75.7 fg	192.7 hi	N1A1S3
6.3 bc	101.2 bc	446 ac	N2A0S1
5.5 e	74f g	243.7 gh	N2A0S2
4.35 hi	45.7 j	133.2 j	N2A0S3
6.6 a	103.2 b	501 a	N2A1S1
5.9 d	77 eg	308 ef	N2A1S2
4.5 gh	72.2 fh	132.2 j	N2A1S3
6.3 bc	101 bc	420 c	N3A0S1
5.9 d	81 df	352.7 de	N3A0S2
4.3 i	57.2 ij	106.7 j	N3A0S3
6.5 ab	119.7 a	489 ab	N3A1S1
5.9 d	103.7 b	396.7 cd	N3A1S2
4.3 hi	64.7 gi	107.7 j	N3A1S3

به ترتیب N1، N2 و N3 بیانگر مصرف نیتروژن به صورت ۳۰٪ کم‌تر از توصیه آزمون خاک، توصیه آزمون خاک و ۳۰٪ بیش‌تر از توصیه آزمون خاک؛ A0 و A1، عدم مصرف و مصرف اسید سالیسیلیک و S1، S2 و S3 سطوح شوری ۳-٤، ۹-۱۱ و ۱۳-۱۵ (dS/m). مقادیر ستون‌های هم علامت با یکدیگر فاقد اختلاف‌معنی‌دار (P≤۰/۰۵)

N1, N2 and N3 are representing 30% N less than soil test recommendation, N based on soil test recommendation and 30% N more than soil test recommendation; A0 and A1 are representing without and with of acid salicylic application; S1, S2 and S3 are representing of salinity levels of 3-4, 9-11 and 13-15 dS/m, respectively. The values of the columns followed by the same letters are not significantly different from each other (P≤0.05)

نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد با افزایش شوری کاهش پیدا کرد. صفات زیادی از جمله طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه در گندم تحت‌تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرند. هروی (۲۰۰۹) در بررسی اثر شوری بر غلات گزارش کرد که عملکرد ماده خشک و مقدار آب جذب‌شده در گندم و جو کاهش می‌یابد و نیز شوری طول سنبله اصلی و تعداد دانه در سنبله گندم را کاهش می‌دهد (۲۰). گزارش‌های متعددی نشان داده‌اند که شوری سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در آفتابگردان (۳۷ و ٤۳)، گوجه‌فرنگی (۳٤) و گندم (۲) می‌شود. نمک موجود در محلول خاک به دو دلیل رشد گیاه را کاهش می‌دهد. اول، توانایی گیاه را برای جذب آب کاهش می‌دهد که این امر منجر به کاهش رشد می‌شود. به این اثر شوری، فشار اسمزی می‌گویند. دوم، ممکن است نمک وارد جریان تعرقی

شود و در نهایت به سلول‌های موجود در برگ‌ها (فتوسنتز) آسیب برساند و رشد گیاه را کاهش دهد. این اثر شوری را اثر ویژه یونی گویند (۳۰). از طرف دیگر شوری باعث اختلال در جذب عناصر غذایی (به‌ویژه نیتروژن) و در نتیجه به‌هم خوردن تعادل یونی و تغذیه‌ای در گیاه می‌شود. بنابراین، می‌توان کاهش عملکرد و اجزای آن را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری نسبت داد (٤١). هم‌چنین، نتایج نشان داد به‌طورکلی اسید سالیسیلیک عملکرد گندم و اجزای آن را در شرایط شوری بهبود بخشید. شوری باعث افزایش ترشح اسید سالیسیلیک و افزایش فعالیت آنزیم بیوسنتز اسید سالیسیلیک، بنزوئیک اسید ۲–هیدروکسیلاز[1] در داخل گیاه می‌شود (۳۸). آرفان و همکاران (۲۰۰۷) افزایش محصول گندم را به میزان ۱۳ درصد در شرایط تنش شوری در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش دادند (۷). حمید و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که پیش تیمار (پرایم کردن[2]) بذرهای گندم با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری، سبب تولید گیاهچه‌های قوی و بزرگ‌تر شده و عملکرد محصول را افزایش می‌دهد (۱۷). هاشمی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند بیش‌ترین اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد گیاه جو در شرایط تنش شوری در کاربرد به‌صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی می‌باشد و هم‌چنین روند تغییر ارتفاع بوته، وزن خشک و سطح برگ بوته‌های جو تحت‌تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک قرار گرفت (۱۸). کیارستمی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند اسید سالیسیلیک باعث رشد و افزایش محصول کلزا تحت تنش شوری شده است (۲۳). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش تحمل گیاه آفتابگردان نسبت به شوری می‌شود (۳۲). سازوکار عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه برمی‌گردد. اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، گیاهان را از صدمات حاصل از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند (۱۷). در این پژوهش اثرات متقابل شوری و نیتروژن نشان داد که در شرایط شوری متوسط، مصرف توأم اسید سالیسیلیک و نیتروژن بالا و بالعکس در شرایط شوری زیاد و مصرف کم‌تر نیتروژن سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم گردید. اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که در مقادیر شوری متوسط آب آبیاری، وزن خشک و تازه گیاه سورگوم با کاربرد کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۱۱). پژوهش‌ها نشان می‌دهد واکنش گیاه به کودهای مصرفی، به مقدار تنش شوری ایجاد شده در محیط ریشه بستگی دارد (۲۸). در شوری‌های کم، کمبود عناصر غذایی می‌تواند عامل محدودکننده رشد گیاه باشد و در شوری‌های زیاد اثر محدودکنندگی شوری رشد گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۱۱). هم‌چنین مطالعات انجام شده نشان می‌دهد با افزایش شوری خاک، جذب عناصر غذایی توسط گیاه به‌دلیل رقابت بین عناصر غذایی و گونه‌های مختلف نمک کاهش می‌یابد (۲۸). فرآهمی نیتروژن برای گیاه، در خاک‌های متأثر از شوری تا حد زیادی به‌واسطه تغییر در روند طبیعی تغییرشکل نیتروژن تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد و این امر یکی از دلایل کاهش کارایی کود نیتروژنی در این خاک‌هاست و نیاز است برای تأمین نیتروژن گیاه مقادیر کود نیتروژنی بیش‌تر استفاده شود (٤). اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثرات متقابل نیتروژن و شوری در سورگوم بیان کردند که با بالا رفتن سطوح شوری، بیش‌ترین رشد و عملکرد در سطوح کودی کم‌تر مشاهده شد (۱۰). بررسی نشان داده است که نیاز درونی گیاه به یک عنصر غذایی توسط غیر فعال شدن فیزیولوژیکی آن عنصر در اثر

1- Benzoic acid 2-hydroxylase
2- Priming

نارسایی‌های تغذیه‌ای ناشی از شوری افزایش می‌یابد (۲۶)، چنان‌که به‌طور متوسط به‌ازای افزایش هر واحد شوری (شوری بیش‌تر از چهار دسی‌زیمنس بر متر) باید حدود ۲۰ کیلوگرم در هکتار خالص به کود توصیه شده در شرایط غیر شور اضافه شود هم‌چنین علت افزایش نیاز گندم به کود نیتروژن با افزایش شوری را رقابت کلر در مقابل نیترات در منطقه ریشه دانسته‌اند (۲۹).

اثر مصرف توام اسید سالیسیلیک و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شوری‌های مختلف متفاوت بود. عبدو و محمد (۲۰۱٤) نشان دادند که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط تغذیه کودهای نیتروژنی سبب افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد نعناع فلفلی گردید (۱). در این پژوهش در شرایط شوری کم و متوسط استفاده توأم اسید سالیسیلیک و نیتروژن بالا سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم گردید. اما در شوری زیاد نتوانست اثر به‌سزایی بر روی افزایش عملکرد و اجزای گندم داشته باشد. احتمالاً در تنش شوری کم و متوسط، مصرف اسید سالیسلیک به‌همراه مقادیر بالای نیتروژن سبب افزایش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز در سلول‌های اپیدرمی پوست ریشه و سلول‌های مزوفیلی برگ شده است که با احیای نیتروژن معدنی و انتقال آن در چرخه متابولیسم گیاهی، افزایش سطح برگ و فتوسنتز و کاهش تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش توان آنتی‌اکسیدانی سلول و سنتز پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های جدید از رشد و نمو گیاه حمایت می‌کند (۳ و ۳۹). پشت‌دار و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند با مصرف مقادیر بالای نیتروژن و تولید زیست‌توده بیش‌تر، غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک سبب تشدید فعالیت نیترات رداکتاز در سلول‌های ریشه و برگ گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) شد (۳٦).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش بیانگر نقش مؤثر کاربرد اسید سالیسیلیک و نیتروژن در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط شوری کم و متوسط بود. با این حال، در سطح شوری زیاد به‌نظر می‌رسد به‌دلیل این‌که شوری عامل محدودکننده رشد است، افزایش مصرف کود نیتروژنی علی‌رغم مصرف اسید سالیسیلیک تأثیر به‌سزایی بر عملکرد و اجزای عملکرد نداشت. بنابراین، مدیریت کاربرد نیتروژن همراه با مصرف اسید سالیسیلیک تاحدودی توانست اثرات مخرب شوری تا سطح متوسط کاهش داده و منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاه گردد.

منابع

1. Abdou, M., and Mohamed, M.A.H. 2014. Effect of plant compost, salicylic and ascorbic acids on *Mentha piperita* L. plants. Biological Agriculture and Horticulture. 30: 2. 131-143.
2. Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Ghanbari, A., and Panjehkeh, N. 2011. Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. Trakia Journal of Sciences. 9: 1. 43-50.
3. Akhtar, J., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Tanveer, A., Waraich, E.A., and Oraby, H. 2013. Influence of exogenous application of salicylic acid on salt-stressed mang Bean (*Vigna radiate*): growth and nitrogen metabolism. Pakistan Journal of Botany. 45: 119-125.
4. Akhtar, M., Faqir, H., Ashraf, M.Y., Qureshi, T.M., Akhtar, J., and Awan, A.R. 2012. Influence of salinity on nitrogen transformations in soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 43: 12. 1674-1683.

5. Alizadeh, P., and Soltani, A. 2017. Simulation of soil nitrogen balance in wheat (*Triticum aestivum* L.) production in Gorgan, Iran. Iranian Journal of Crop Sciences. 18: 3. 218-231. (In Persian)
6. Allwood, J.W., Chandra, S., Xu, Y., Dunn, W.B., Correa, E., Hopkins, L., Goodacre. R., Tobin, A.K., and Bowsher, C.G. 2015. Profiling of spatial metabolite distributions in wheat leaves under normal and nitrate limiting conditions. Phytochemistry. 115: 99-111.
7. Arfan, M., Athar, H.R., and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? Journal of Plant Physiology. 164: 6. 685-694.
8. Ashraf, M., Akram, N.A., Arteca, R.N., and M. Foolad, R. 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Critical Reviews in Plant Science. 29: 162-190.
9. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-total. P 595-624, In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.), Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
10. Esmaili, E., Homaei, M., and Malakouti, M.J. 2005. Interactive effect of salinity and nitrogen fertilizers on growth and composition of sorghum. Iranian Journal of soil and Waters Sciences. 19: 1. 131-146. (In Persian)
11. Esmaili, E., Kapourchal, S.A., Malakouti, M.J., and Homaee, M. 2008. Interactive effect of salinity and two nitrogen fertilizers on growth and composition of sorghum. Plant Soil and Envrionment. 54: 12. 537-546.
12. Farhangian Kashani, S., and Monem, R. 2010. Effect of salt stress on seed germination characters of ten st.johns wort (*Hypericum perforatum* L.) genotypes. Journal of Crop Production Research. 2: 1. 75-81. (In Persian)
13. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-Size Analysis. P 383-411, In: A. Klute, (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, American society of agronomy/soil science society of America, Madison, USA.
14. Ghollar-Atta, M., Raeesi, F., and Nadian, H. 2008. Salinity and phosphorus interaction on growth, yield and nutrient uptake by berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 117-126. (In Persian)
15. Ghorbani, M.H., and Basiri, M. 2012. Plant density effect on growth and seed yield of wheat in saline soils and rainfed condition. Electronic Journal of Plant Production. 6: 2. 57-72. (In Persian)
16. Ghorbani Javid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarre-Sanavy, S.A.M., and Allahdadi, I. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Australian Journal of Crop Science. 5: 6. 726-734.
17. Hamid, M., Khalil-ur-Rehman and Ashraf, M.Y. 2010. Salicylic acid–induced growth and biochemical changes in salt-stressed wheat. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 41: 4. 373-389.
18. Hashemi, S.E., Emam, Y., and Pirasteh Anosheh, H. 2015. The effect of time and type of salicylic acid application on growth trend, yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity tension conditions. Crop Physiology Journal. 6: 24. 5-18. (In Persian)
19. Heidari, M., Bakhshandeh, A., Nadeyan, H., Fathi, G., and Alemisaeid, Kh. 2006. Effects of salinity and nitrogen rates on seed yield, osmotic adjustment and sodium and potassium uptake in Chamran wheat cultivar. Iranian Journal of Agriculture Science. 3: 513-501. (In Persian)
20. Heravi, M. 2009. The effects of salinity on seedling growth rate and physiological characteristics of different wheat varieties. Master's thesis Shahid Bahonar University, 31p. (In Persian)

21. Homaei, M. 2002. Plant response to salinity. The Iranian National Committee on Irrigation and Drainage Publications, 88p. (In Persian)
22. Jackson, M.L. 1967. Soil Chemical Analysis, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi. 205p.
23. Kiarostami, Kh., Abdolmaleki, N., and Heidari, M. 2012. The effect of salicylic acid on salt stress reduction in canola (*Brassica napus* L.). Journal of Plant Biology. 4: 12. 69-82. (In Persian)
24. Klessig, D.F., Choi, H.W., and Dempsey, D.A. 2018. Systemic acquired resistance and salicylic acid: past, present, and future. Molecular Plant-Microbe Interactions. 31: 9. 871-888.
25. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Partt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. P 403-429, In: A.L. Page, (ed.), Methods of soil analysis. Part 2. 2nded. ASA and SSSA, No 9, Madison, WI.
26. Lauchi, A., and Grattan, S. 2007. Plant growth and development under salinity stress. P 1-32, In: M.A. Jenks,, P.M. Hasegawa and S.M. Jain (eds.), Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops. Springer, Dordrecht.
27. Loeppert, R.H., and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. P 437-474, In: D.L. Sparks, (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical methods. American society of agronomy/soil science society of America, Madison, WI.
28. Machado, R.M.A., and Serralheiro, R.P. 2017. Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. Horticulture. 3: 30. 1-13.
29. Milani, P.M., Malakouti, M.J., Khademi, Z., Balali, M.R., and Mashayekhi, M. 1998. A fertilizer recommendation model for the wheat field of Iran. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran, 98p. (In Persian)
30. Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New phytologist. 167: 3. 645-663.
31. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P 961-1010, In: A.L. Page (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties 2nd Edition. Agronomy Series No. 9, ASA SSSA, Madison.
32. Noreen, S., and Ashraf, M. 2010. Modulation of salt (NaCl)-induced effects on oil composition and fatty acid profile of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid. Journal of the Science of Food and Agriculture. 90: 15. 2608-2616.
33. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular, Washington, DC: US Department of Agriculture, 939: 19p.
34. Parida, A.K., and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60:3. 324-349.
35. Pirasteh-Anosheh, H., Emam ,Y., and Sepaskhah, A.R. 2015. Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions. International Journal of Plant Production. 9: 3. 467-486.
36. Poshtdar, A., Abdali Mashhadi, A.R., Moradi, F., Siadat, S.A., and Bakhshandeh, A. 2018. Effects of salicylic acid and nitrogen application on biochemistry, qualitative and quantitative yield of peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 34: 2. 309-329. (In Persian)
37. Saffari, D. 2019. The effect of salicylic acid foliar application on yield and yield components of sunflower under salinity stress. Applied Research of Plant Ecophysiology. 5: 2. 175-159. (In Persian)
38. Sawada, H., Shim, I.S., and Usui, K. 2006. Induction of benzoic acid 2-hydroxylase and salicylic acid biosynthesis-modulation by salt stress in rice seedlings. Plant Science. 171: 2. 263-270.

39. Soares, L.H., Dourado-Neto, D., Binotto Fagan, B., Teixeira, W.F., and Sabrina-Pereira, I. 2017. Physiological, phenometric and productive changes in soyabean crop due to the use of Kinetin. Pesquisa Agropecuária Tropical. 47: 1. 79-86.
40. Tavasolee, A., Khavazi, K., Monirifar, H., Besharati, H., Mirfakhraei, N., Shamshirpour, M., and Zamani, S. 2017. Assessing the yield and growth characteristics of alfalfa ecotypes in soil salinity condition by inoculation of *Sinorhizobium Meliloti* salt resistant strains. Agricultural Science and Sustainable Production. 26: 4. 63-79.
41. Xu, C., and Mou, B. 2016. Responses of spinach to salinity and nutrient deficiency in growth, physiology, and nutritional value. Journal of the American Society for Horticultural Science. 141: 12-21.
42. Yavas, I., and Unay, A. 2016. Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. The Journal of Animal and Plant Sciences, 26: 4. 1012-101.
43. Youssef, R.A., El-Azab, M.E., Mahdy, H.A.A., Essa, E.M., and Mohammed, K.A.S. 2017. Effect of salicylic acid on growth, yield, nutritional status and physiological properties of sunflower plant under salinity stress. International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research. 7: 5. 54-58.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 11(1), 2021
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18596.1995

(Research Full Paper)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Interactive effect of salicylic acid and nitrogen application management on wheat growth and yield in saline soils- A case study in Anbar Olum, Golestan province

Gh. Ghorbani Nasrabadi[1], E. Dordipour[2], M. Baranimotlagh[2], E. Malekzadeh[*3] and A. Gharanjiki[4]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Assistant Prof., Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) of Gorgan

Received: 11.28.2020; Accepted: 01.18.2021

Abstract

Background and Objectives: Salinity is one of the major constraints prevailing in the environment that affects not only plant growth but also agriculture productivity and soil fertility. Salinity stress causes nutritional and hormonal imbalance, ion toxicity, oxidative and osmotic stress and increase susceptibility of plant to diseases. In this regard, research has shown that salicylic acid causes resistance in plants to environmental stresses, including salinity. Nitrogen also has a direct effect on plant yield due to its significant role in plant establishment and photosynthetic and physiological abilities.

Materials and Methods: In order to investigate the effects of salicylic acid and nitrogen fertilizer application rates at different salinity levels on growth of wheat cv. Morvarid, an experiment was conducted as a split plot factorial based on a randomized complete block design with four replications in the fields of Mazraeh-E-Nemooneh located in Anbarolum, Aq Qala city, Golestan province. The main factor included three soil salinity levels (3-4 below wheat tolerance threshold (control), 9-11 and 13-15 dS/m) and sub factors included two levels of salicylic acid (0 and 1.5 mM) and three levels of nitrogen fertilizer (urea) included 30% N less than soil test recommendation, N based on soil test recommendation and 30% N more than soil test recommendation, respectively. Salicylic acid was foliar applied twice at 2 weeks intervals in the tillering stage. Nitrogen treatments were applied in three stages- before planting and twice as top dressing at the tillering and stem elongation stages. Plant dry weight and height, grain yield, number of spike, number of grains per spike, thousand seed weight and spike length were measured.

Results: The results showed that the effect of different levels of salinity on yield and its components were significant. With increasing the salinity, yield and yield components decreased ($P\leq0.01$). However, yield and yield components increased as N fertilizer consumption increased ($P\leq0.01$). So that the highest grain yield was in the +30% of soil test recommendation treatment (N3), which was significantly different from the other levels. Application of calicylic acid increased all parameters of yield and its components except for number of grains per spike and spike length ($P\leq0.01$). The interactive effect of salinity and nitrogen showed that application of N fertilizer more than the soil test recommendation level up to moderate salinity level (9-11 dS/m) was increased yield and yield components but at high salinity level (13-15 dS/m) reduced these traits. Also, nitrogen application with salicylic acid improved these traits under low and moderate saline conditions, but could not have a significant effect on them at high salinity level.

* Corresponding Author; Email: malekzadeh.elham@gmail.com

Conclusion: Therefore, the application of salicylic acid and nitrogen fertilizer management to some extent alleviated the adverse effects of salinity up to moderate salinity levels and improved plant growth and yield by increasing plant tolerance to salinity. At high salinity condition, it is better to reduce the use of nitrogen fertilizer.

Keywords: Fertilizer management, Plant growth regulator, Salinity stress, Wheat