

## تاثیر محرک‌های رشد گیاهی بر عملکرد، غلظت عناصر غذایی برگ گندم و برخی ویژگی‌های خاک در شرایط تنش شوری

علیرضا جعفرنژادی<sup>۱\*</sup>، فریدون نورقلی پور<sup>۲</sup>، فاطمه مسکینی ویشکایی<sup>۳</sup>، لیلیا بهبهانی<sup>۴</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴)

### چکیده

عمده خاک‌های استان خوزستان آهکی با درجات مختلف شوری بوده، با این وجود نقش بسزایی در تولید محصولات کشاورزی کشور ایفا می‌کنند. یکی از روش‌های نوین برای مقابله با تنش‌های محیطی، استفاده از مواد محرک رشد گیاهان است. هدف این مطالعه، بررسی تاثیر کاربرد محرک‌های رشد بر اجزای عملکرد گندم در خاک شور در شرایط محیطی و اقلیمی استان خوزستان است. آزمایش در خاکی با شوری ۸ دسی زیمنس در متر و شوری آب ۴-۳ دسی زیمنس در متر با هفت تیمار مختلف (شاهد، اسید آمینه آزاد، جلبک دریایی، بذرمال، اسید هیومیک، اسید فولویک و ترکیبی) در سال ۱۳۹۷ به مدت دو سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. استفاده از محرک‌های رشد جلبک دریایی، اسید هیومیک و اسید آمینه موجب افزایش معنی‌دار به ترتیب ۳۰، ۲۵ و ۲۴ درصد عملکرد دانه گندم شد ( $p \leq 0.05$ ). نتایج تحلیل اقتصادی مبین برتری قابل توجه کاربرد اسید هیومیک در افزایش عملکرد گندم بود (نسبت سود به هزینه = ۱۳/۳۸). اثر کاربرد محرک‌های رشد گیاهی بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در برگ گندم تقریباً در تمام مراحل رشد گیاه نسبت به شاهد معنی‌دار نبود ( $p \leq 0.05$ ). علاوه بر این، کاربرد محرک‌های رشد در خاک‌های آهکی خوزستان به دلیل ظرفیت بالای بافری خاک، تاثیر معنی‌داری بر شوری، واکنش و نسبت جذب سدیم خاک نداشت. بنابراین، توصیه می‌شود در مزارع گندم استان خوزستان با خاک‌های شور و آهکی، علاوه بر کودهای پایه از اسید هیومیک به صورت محلولپاشی در دو مرحله تکمیل پنجه و ظهور سنبله برای افزایش مقاومت گیاه به تنش و بهبود عملکرد محصول استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی:** تنش‌های محیطی، خاک آهکی، کودهای محرک رشد، گندم

جعفرنژادی، ع.، نورقلی پور، ف.، مسکینی ویشکایی، ف.، بهبهانی، ل. ۱۴۰۲. تاثیر محرک‌های رشد گیاهی بر عملکرد، غلظت عناصر غذایی برگ گندم و برخی ویژگی‌های خاک در شرایط تنش شوری. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۱، شماره ۲. صفحه: ۴۶-۵۸.

۱- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران

۲- استادیار بخش تحقیقات تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران

۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران

۴- محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران

\* پست الکترونیک: [arjafarnejadi@gmail.com](mailto:arjafarnejadi@gmail.com)

## مقدمه

تنش‌های محیطی از جمله عواملی هستند که کشاورزی را در استفاده از حداکثر پتانسیل آب، خاک و گیاه جهت تولید پایدار، دچار محدودیت می‌کنند که از جمله مهم‌ترین این تنش‌ها، تنش شوری است (Gheybi, 2018). یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، وجود شوری و تجمع املاح در لایه سطحی خاک بوده که باعث کاهش عملکرد و سطح زیر کشت گردیده است (Bamdad et al., 2015). خاک‌های شور ایران بالغ بر ۳۲ میلیون هکتار است که تقریباً ۳۰ درصد از سطح کل کشور و ۵۵ درصد از اراضی قابل کشت را شامل می‌شوند (Moameni, 2011). این سطح معادل ۴/۱ میلیون هکتار از اراضی فاریاب است. مهمترین اثرات تنش شوری بر رشد گیاه عبارت از تنش اسمزی، برهم خوردن تعادل یونی در گیاه و سمیت یونی است. شوری خاک بیش از حد تحمل گیاه می‌تواند عملکرد را کاهش دهد، لذا استفاده از روش‌هایی که منجر به افزایش تحمل گیاه به شوری گردد بسیار مورد توجه پژوهشگران می‌باشند.

امروزه یکی از روش‌های نوین جهت مقابله با تنش شوری استفاده از مواد محرک رشد گیاهان است. مواد محرک رشد گیاه در حکم عوامل بیوشیمیایی مفیدی می‌باشند که بر فیزیولوژی رشد گیاهان اثرگذار بوده و گیاهان را در راستای مصرف کارآمدتر عناصر غذایی و رسیدن به پتانسیل‌های ژنتیکی یاری می‌دهند. کاربرد مواد محرک رشد از روش‌های موثر در جهت افزایش عملکرد در کشاورزی است. تادروس و همکاران (Tadros et al., 2019) نشان دادند که کاربرد آمینواسیدها باعث افزایش غلظت نیتروژن در گیاه و در نتیجه بهبود متابولیسم در گیاه می‌گردد. برخی از مزایای استفاده از کودهای حاوی آمینواسیدها عبارتند از افزایش فعالیت موجودات مفید خاک‌زی، افزایش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف توسط گیاه، آزاد سازی ترکیبات معدنی تثبیت شده در خاک، افزایش ظرفیت تبادلات کاتیونی خاک، افزایش توسعه ریشه گیاه، افزایش قابلیت سنتز گیاه و متابولیسم (پروتئین و کربوهیدرات)، قابلیت کلات‌کنندگی عناصر کم‌مصرف مانند آهن و در نتیجه افزایش قابلیت جذب آنها توسط گیاه، افزایش جذب کودهای شیمیایی در صورت استفاده همزمان با آنها، افزایش مقاومت گیاه به شوری و کم‌آبی و در نتیجه تسهیل

تعریق و تعرق گیاهی و تقویت سیستم ریشه از مزایای استفاده از کودهای حاوی آمینواسید است. هورتین و همکاران (Hortin et al., 2019) گزارش کردند که عصاره جلبک دریایی دارای هورمون‌های ایندول استیک اسید و سیتوکینین و برخی از عناصر غذایی است. مصرف عصاره جلبک باعث تحریک رشد ریشه و بهبود تحمل گیاه به تنش‌ها می‌گردد.

الریس و همکاران (Elrys et al., 2020) گزارش کردند که فولویک اسید در کلزا مقدار کلروفیل و شدت فتوسنتز را افزایش و نفوذپذیری غشاء سلولی را کاهش داد و این تغییرات بیانگر افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی با کاربرد فولویک اسید بود. محلول پاشی فولویک اسید در گندم تحت تنش خشکی، کشت روزنه‌ها را کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش باز بودن روزنه‌های برگ و کاهش تعرق شد. در حالی که هیومیک اسید و فولویک اسید باعث افزایش جذب عناصر غذایی از غشاء می‌شوند. در مطالعه غفاری نژاد و همکاران (Ghaffari Nejad et al., 2020) گزارش شد، مواد محرک رشد گیاهی باعث بهبود و افزایش پایداری تولید محصول شده و هم‌زمان باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های غیرزیستی و افزایش کیفیت محصول می‌شوند. ایشان اثرات، مکانیسم‌ها و نقش‌های مواد محرک رشد مختلف را بر فعالیت و عملکرد گیاهان ارائه نموده‌اند. به‌طور کلی، بر اساس نتایج پژوهش‌های ارائه شده، مواد محرک رشد گیاهی می‌توانند از طریق مکانیسم‌های متفاوت با تاثیر بر محیط خاک و گیاهان (توسط بهبود ویژگی‌های خاک جهت جذب عناصر غذایی و ارتقاء مقاومت گیاه در برابر انواع تنش‌ها)، سبب افزایش تولید محصول و پایداری شوند. قرار گرفتن ایران در اقلیم گرم و خشک و بالا بودن میزان شوری و سدیمی بودن برخی از خاک‌ها در مناطق وسیعی از زمین‌های زراعی کشور، ایجاب می‌نماید که توجه ویژه‌ای به مطالعه و پژوهش در مورد کاهش اثرات شوری و سدیمی خاک بر تولید محصولات کشاورزی و به‌ویژه گندم انجام شود. با توجه به اهمیت و نقش مهم انواع تنش‌ها در تولید محصولات زراعی و باغی، استفاده از مواد محرک رشد گیاهی می‌توانند افزایش مقاومت گیاهان در برابر انواع تنش‌ها گردند. اما، تاثیر کاربرد مواد محرک رشد بسته به شرایط محیط، نوع گیاه و حتی رقم متفاوت است (Ansari et al., 2015). علی‌رغم نقش مهم استان خوزستان در تولید

۸ دسی زیمنس در متر در سه تکرار اجرا شد. قبل از شروع آزمایش از خاک مزرعه، نمونه برداری و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل: pH در خمیر اشباع بوسیله الکتروود شیشه‌ای، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج، درصد کربن آلی، فسفر محلول در بی کربنات سدیم، بافت خاک از طریق روش هیدرومتر و پتاسیم قابل تبادل با استفاده از روش استات آمونیوم یک نرمال خنثی و عناصر کم مصرف قابل جذب با روش DTPA و برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری نظیر اسیدیت، شوری، غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها نیز با روش‌های مرسوم در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (Ghazan Shahi, 2006). نتیجه تجزیه آب و خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. خاک مورد مطالعه، خاک مورد مطالعه آهکی، شور و دارای بافت سیلتی لوم و مقدار کربن آلی خاک کمتر از یک درصد بود. شوری خاک بیشتر از حد آستانه تحمل گندم به شوری (شش دسی زیمنس در متر) بود (Mass & Hofman, 1977).

محصولات کشاورزی کشور، خاک‌های استان عمدتاً آهکی و شور، دارای کربن آلی کمتر از یک درصد، بافت متوسط تا سنگین با محدودیت‌های زهکشی و تهویه ناشی از فشردگی هستند (Meskini-Vishkaee et al., 2020). هدف از این مطالعه، بررسی اثرات کاربرد محرک‌های رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم تحت تنش شوری و در شرایط محیطی و اقلیمی استان خوزستان است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان خوزستان در ایستگاه تحقیقاتی گلستان اهواز با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در سری خاک Fine, carbonatic, hayperthermic, typic, torriorthents اجرا شد. در این ایستگاه متوسط بارندگی سالیانه، ۲۲۴/۷ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت نیز ۲۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. آزمایش در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در خاکی با شوری

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی آب (رودخانه کارون) مورد استفاده در محل اجرای پژوهش (خوزستان، ۱۳۹۸)

Table 1. The chemical properties of water (Karun River) used at the research site (Khuzestan, 2019)

EC	pH	N	P	K	Mn	Fe	Zn	Cu	class
$\mu\text{S cm}^{-1}$	-	$\text{mg l}^{-1}$			$\mu\text{g l}^{-1}$				
2500	7.1	2.1	0.035	-	0.24	22	45.3	10.6	C4 S2

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک محل اجرای پژوهش (خوزستان، ۱۳۹۸)

Table 2. Some soil chemical properties at the research site (Khuzestan, 2019)

depth	EC	pH	OC	TNV	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
(cm)	( $\text{dS m}^{-1}$ )	(-)	(%)	(%)	$\text{mg kg}^{-1}$					
0-30	7.8*	7.6	0.62	45	7.9	244	8	6.3	0.94	1.6

\* Data are reported on a biennial average.

نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و باقی‌مانده به صورت کفبر برداشت گردید. تیمارهای مواد محرک رشد به شرح جدول ۳ در دومین آبیاری (Z12)، مراحل تکمیل پنجه (Z25) و ظهور سنبله گندم (Z40) به صورت محلول‌پاشی اعمال شد. اسید آمینه مصرفی در این آزمایش، از پودر کنجاله سویا در دستگاه فرمانتور تخمیر و سپس با آنزیم‌های شکننده پروتئین تیمار شده و اسیدهای آمینه آزاد تولید می‌شود. اسید فولویک از معادن لئوناردیت استخراج می‌شود. برای استحصال اسید فولویک، عصاره اسیدهای هیومیک و فولویک را اسیدی

۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل به صورت خاک کاربرد و نواری در زمان کشت استفاده شد. کود اوره (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سه مرحله شامل قبل از کشت، پنجه‌زنی و انتهای ساقه‌دهی برای گندم استفاده شد. کاشت بذر بر اساس تاریخ کشت مناسب منطقه (۵ آذر) پس از ضدعفونی بذر (فارچ کش کاربوکسین تیرام) انجام شد (Najafi Mirak et al., 2021). بذر گندم رقم برات براساس توصیه بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با تراکم ۱۴۰-۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کشت شد. سطح کرت‌ها در ابعاد هفت در دو متر برابر ۱۴ مترمربع در نظر گرفته شد.

در برای بذرمال، مقدار مصرف مایع تلقیح از تو باکتر با جمعیت  $10^7$  CFU ml<sup>-1</sup> و براساس دستور مصرف یک در صد برابر با یک لیتر در ۱۰۰ کیلوگرم بذر به صورت بذرمال استفاده شد. محلول تلقیح در ظرفی با بذر مخلوط تا سطح بذر ترکیبی خیس و با مواد آغشته گردید. سپس برای چسبیدن محلول ترکیبی به بذر، روی پلاستیک تمیز خشک شد.

کرده تا هیومیک رسوب و مایع رویی برداشت شود. تمام کودهای حاوی مواد محرک رشد مورد استفاده از محصولات شرکت پارس فروغ زاگرس با شماره ثبت کودی از موسسه تحقیقات خاک و آب بودند. کود اسیدهیومیک استفاده شده دارای ۵۲/۹۵ درصد هیومیک اسید، اسیدآمینه حاوی ۳۶/۷۹ درصد اسیدآمینه آزاد (ترکیبی)، اسید فولویک استفاده شده دارای ۲۲/۱ درصد فولویک اسید و جلبک استفاده شده دارای ۱۰ درصد آلجینیک اسید بود. همچنین

جدول ۳- شرح تیمارهای مورد مطالعه

Table 3. Description of the studied treatments

Growth stimulant treatments	Wheat growth stages according to Zadoks growth scale		
	Second irrigation (Z12)	Tillering (Z25)	Booting (Z40)
Control	-	-	-
Amino acid	-	5 in 1000 (Liter)	5 in 1000 (Liter)
Seaweed	-	5 in 1000 (Liter)	5 in 1000 (Liter)
Seed treatment	5 Kg ha <sup>-1</sup>	5 Kg ha <sup>-1</sup>	-
Humic acid	-	5 in 1000 (Liter)	5 in 1000 (Liter)
Fulvic acid	-	-	-
Combination including amino acid, seaweed, seed treatment, humic acid and fulvic acid	5 Kg ha <sup>-1</sup>	5 Kg ha <sup>-1</sup> (humic acid) 5 in 1000 (amino acid and seaweed)	5 in 1000 (amino acid or seaweed)

واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. در انتها برای انتخاب مناسب‌ترین تیمار، علاوه بر در نظر گرفتن اثر تیمارها بر شاخص‌های عملکرد گندم، غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه، تاثیر تیمارها بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک، تحلیل اقتصادی کاربرد تیمارها براساس نسبت سود به هزینه نیز انجام شد. برای تحلیل اقتصادی تیمارها، قیمت هر لیتر/کیلوگرم آمینواسید، هیومیک اسید، فولویک اسید، جلبک دریایی، ازتوباکتر، هزینه محلول پاشی و بذر گندم براساس سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ به- ترتیب ۵۰۰۰۰۰، ۴۰۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰۰۰، ۲۵۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد.

در سال زراعی اول (۱۳۹۷-۱۳۹۸) در چهار مرحله رشد گیاه شامل مراحل پنجه‌زنی، ساقه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیکی (براساس مقیاس زادوکس به ترتیب Z16, Z25, Z60 و Z89)، از بالاترین برگ تکامل یافته‌ی گیاه نمونه‌برداری انجام شد و غلظت عناصر پر مصرف شامل نیتروژن (به روش کجدال)، فسفر (به روش معرف آمونیوم مولیبدات وانادات) و پتاسیم (با دستگاه فلیم فتومتر) اندازه-گیری گردید. در دو مرحله از رشد گندم (مرحله گل‌دهی (Z60) و رسیدگی فیزیولوژیکی (Z89))، عناصر کم‌مصرف در برگ گیاه شامل آهن، مس، منگنز و روی نیز با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Niazkhani *et al.*, 2021). پس از انجام مراقبت‌های لازم در طول دوره‌ی رشد، در پایان آزمایش قبل از برداشت گیاه با قرار دادن یک کادر با ابعاد ۱×۱ متر در هر کرت به صورت تصادفی، تعداد بوته در واحد سطح مشخص و ۱۰ بوته بصورت تصادفی از هر کرت انتخاب و برخی اجزای عملکرد شامل وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل نتایج صفات عملکرد و اجزای آن (عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد بوته در واحد متر مربع) به صورت تجزیه مرکب دوساله با استفاده از تجزیه

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌ی واریانس مرکب دوساله اثرات تیمارها بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تیمارهای مورد مطالعه تاثیر

معنی داری در سطح پنج درصد بر عملکرد بیولوژیکی و  
عملکرد دانه گندم، وزن هزار دانه، تعداد دانه در هر سنبله  
و تعداد پنجه در هر مترمربع در شرایط منطقه اهواز  
داشتند..

جدول ۴- نتایج تجزیه ی واریانس مرکب دوساله اثر مواد محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم برات

Table 4. Results of biennial combined variance analysis of the growth stimulant effects on yield and yield components of wheat Barat cultivar

Variation source	Degree of freedom	Grain yield	Biological yield	1000 grain weight	Number of grains per spikelet	Number of tillers per square meter
Year	1	7932377.4 **	56657494.4 **	473.4 **	2200.4 **	398093.4 **
Block	4	853119.05 ns	3955069.1 ns	5.91 ns	7.83 ns	922.93 ns
Growth stimulant	6	1767019 *	3601944 *	9.1 *	63.1 *	35.22 *
Error	24	742677	2231396	4.76	20.1	1131.1
Coefficient of variation		16.4	8.6	5.8	12.3	6.62

ns, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

شاهد). خاک مورد مطالعه دارای محدودیت شوری و آهکی بود، به نظر می‌رسد که با توجه به نقش اسید هیومیک در این ارتباط و بهبود محیط خاک اطراف ریشه، سبب افزایش عملکرد دانه شده است. کاهش تجمع سدیم، افزایش پرولین و اسید آبسزیک در گیاه از جمله مکانیسم‌هایی است که سبب مقاومت به شوری گیاه در اثر کاربرد اسید هیومیک می‌شود (Mohammad, 2012).

بیشترین میزان عملکرد دانه به ترتیب در تیمار اسید هیومیک (۵۹۲۵ کیلوگرم در هکتار)، جلبک دریایی (۵۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) و اسید آمینه (۵۶۴۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی داری را با شاهد نشان داد (جدول ۵). به طوری که عملکرد دانه در این تیمارها نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب حدود ۱۰۹۵ و ۱۱۶۰ و ۱۳۷۵ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت (به ترتیب ۳۰، ۲۵ و ۲۴ درصد افزایش نسبت به تیمار

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محرک‌های رشد بر عملکرد گندم رقم برات در استان خوزستان تحت تنش شوری

Table 5. Compare means of the growth stimulant effect on the yield of wheat Barat cultivar in Khuzestan province under salinity stress

Growth stimulant	Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Total yield (kg ha <sup>-1</sup> )	1000 grain weight (g)	Number of grains per spikelet	Number of tillers per square meter
Control	4550 c	12160 ab	36.5 ab	32 b	491 c
Amino acid	5645 ab	13340 a	38.7 ab	31 b	536 ab
Seaweed	5925 a	13180 a	37.8 ab	31 b	500 bc
Seed treatment	5300 b	12250 ab	36.5 ab	37 a	544 a
Humic acid	5710 ab	12470 ab	39.0 a	33 ab	479 c
Fulvic acid	4642 c	11920 ab	35.8 b	34 ab	494 bc
Combined	4965 bc	11050 b	36.5 ab	33 ab	513 abc

Means with the similar letters in each column are not significantly different using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

(2014). در تیمارهای مورد مطالعه کمترین میزان عملکرد دانه در تیمارهای اسید فولویک و تیمار ترکیبی بود که از نظر آماری با شاهد اختلاف معنی داری نداشت. نتایج جدول ۵ حاکی از وجود اختلاف معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بین صفات تعداد دانه در سنبله و تعداد بوته در متر مربع در تیمار بذر مال نسبت به شاهد بود. افزایش رشد و عملکرد توسط مایه تلقیح میکروبی در برخی موارد به افزایش جذب و بهبود

استفاده از عصاره جلبک دریایی نیز سبب افزایش تحمل به تنش‌های خشکی، شوری و دمایی می‌شود (Craigie, 2011). در عصاره جلبک دریایی بین ۱۶ تا ۱۷ نوع اسید آمینه وجود دارد که مهمترین آنها بتائین یا گلاسیسین بتائین است. این اسید آمینه‌ها دارای خواص اسمولیتی هستند که باعث تنظیم فشار اسمزی داخل سلول می‌شود و در نهایت باعث افزایش مقاومت به شوری می‌گردند (Calvo et al.,

در مرحله پنجه زنی، بیشترین میزان غلظت عنصر پتاسیم مربوط به تیمار اسید فولویک و به میزان ۰/۴۷ درصد مشاهده شد. کودهای هیومیکی، از طریق تاثیر بر متابولیسم سلول و افزایش جذب عناصر غذایی بر رشد گیاه اثر می‌گذارند (Ghaffari Nejad *et al.*, 2020). در شرایط شور، به دلایلی فراهمی بالای سدیم در محلول خاک، جذب سدیم توسط گیاه افزایش می‌یابد. اسید فولویک با بیان ژن‌های انتقال دهنده مواد، موجب تسریع جذب مواد غذایی و افزایش غلظت شیره سلولی می‌گردد و از طرفی جذب مواد فولویکی در سیتوپلاسم موجب ایجاد فشار اسمزی لازم جهت مقابله با تنش‌های اسمزی می‌گردد و بر این اساس موجب حفظ تعادل پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی می‌شود. (Gheybi, 2018).

وضعیت تغذیه‌ای گیاه ارتباط دارد. مکانیسم‌های متعددی برای افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش رشد گیاه توسط مایه تلقیح میکروبی عنوان شده است (Ghaffari Nejad *et al.*, 2020).

#### بررسی غلظت عناصر غذایی پرمصرف در برگ گندم در مراحل مختلف رشد

نتایج تجزیه واریانس بررسی اثر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف در برگ گندم در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در جدول ۶ ارائه شده است. مقایسه میانگین اثر مواد محرک رشد بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ گندم رقم برات در چهار مرحله رشد گیاه در شکل ۱ نشان داده شده است.

تاثیر تیمارهای مختلف مورد مطالعه در مراحل اولیه رشد تنها بر غلظت پتاسیم برگ گندم معنی‌دار بود (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس تاثیر مواد محرک رشد بر غلظت عناصر پرمصرف در برگ گندم (رقم برات) در پنجه‌زنی و ساقه‌دهی در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸

Table 6. Variance analysis results of the growth stimulant effects on macro nutrient concentration of wheat leaf (Barat cultivar) in the tillering and stem elongation stages in 2018-2019

Variation source	Degree of freedom	Tillering (Z16)			Stem elongation (Z25)		
		N	P	K	N	P	K
Block	2	0.0031 <sup>ns</sup>	0.0005 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.075 <sup>ns</sup>	0.0005 <sup>ns</sup>	0.024 <sup>ns</sup>
Growth stimulant	6	0.003 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.004*	0.036 <sup>ns</sup>	0.0006 <sup>ns</sup>	0.014 <sup>ns</sup>
Error	12	0.003	0.001	0.002	0.096	0.0004	0.012
Coefficient of variation	-	2.48	13.4	9.8	7.15	3.87	7.1

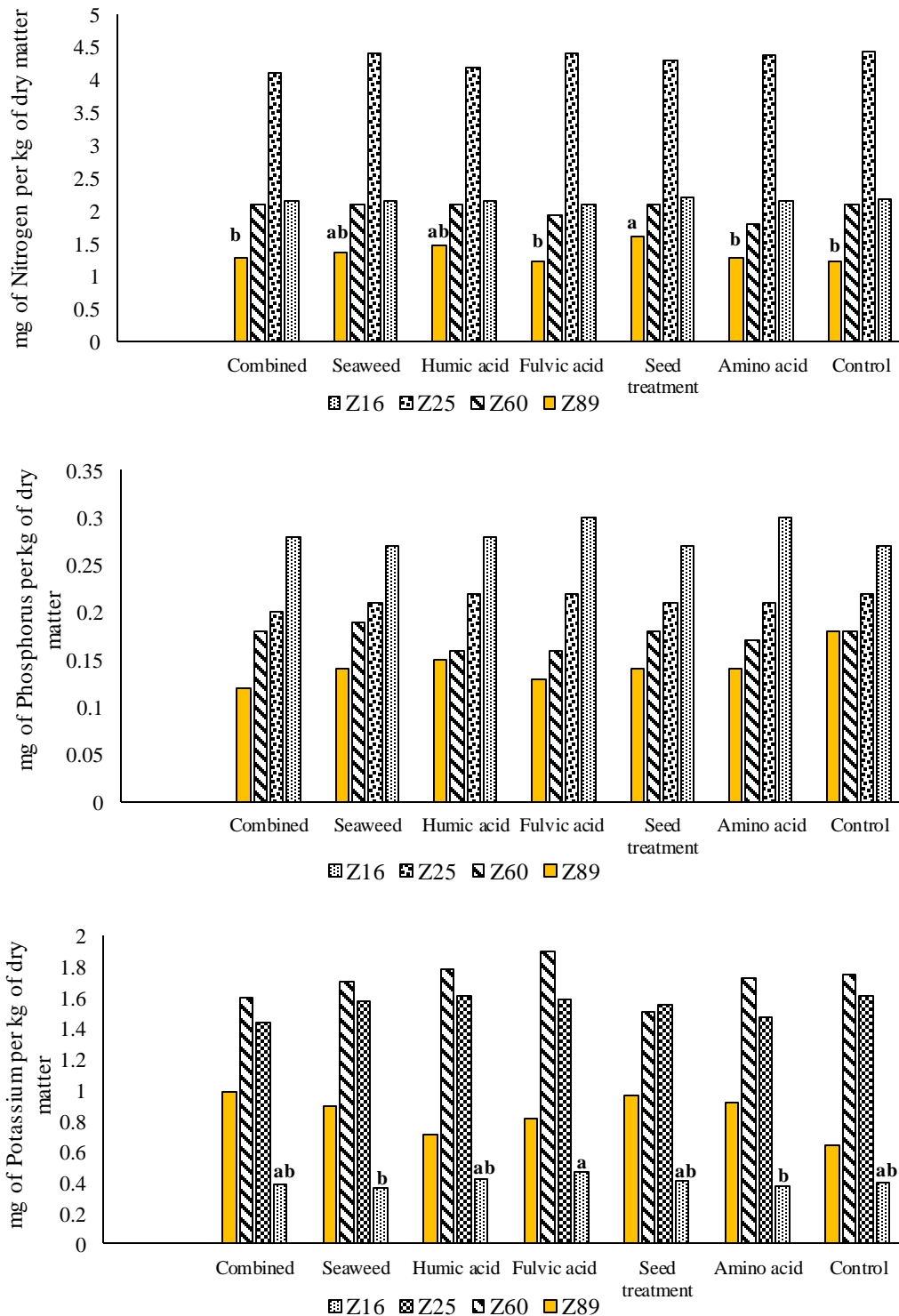
<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

#### جدول ۶- ادامه

Table 6. Continued

Variation source	Degree of freedom	Heading (Z60)			physiological maturing (Z89)		
		N	P	K	N	P	K
Block	2	0.0005 <sup>ns</sup>	0.0005 <sup>ns</sup>	0.105 <sup>ns</sup>	0.159 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.317 <sup>ns</sup>
Growth stimulant	6	0.043 <sup>ns</sup>	0.0006 <sup>ns</sup>	0.059 <sup>ns</sup>	0.057*	0.001 <sup>ns</sup>	0.053 <sup>ns</sup>
Error	12	0.029	0.0004	0.074	0.023	0.001	0.036
Coefficient of variation	-	8.73	11.67	16.1	11.3	16.4	12.8

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر مواد محرک رشد بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ گندم (رقم برات) در چهار مرحله رشد گیاه (پنجه‌زنی (Z16)، ساقه‌دهی (Z25)، گلدهی (Z60) و رسیدگی فیزیولوژیک (Z89)).  
حروف متفاوت (بر روی ستون‌های غلظت نیتروژن در Z89 و غلظت پتاسیم در Z16) نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

Figure 1. Compare means of the growth stimulant effects on the nitrogen, phosphorus and potassium concentrations of wheat leaf (Barat cultivar) in four plant growth stages (tillering (Z16), stem elongation (Z25), heading (Z40) and physiological maturing (Z89)). The different letters (on columns of nitrogen concentration in Z89 and potassium concentration in Z16) indicate a significant difference between treatments using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

فرایند پرشدن دانه از دست می‌دهند. نتایج مطالعات بسیاری نشان‌دهنده تجمع بخش عمده نیتروژن از اوایل تا اواسط مرحله رشد گیاهان مختلف است (Freeman *et al.*, 2007; Asadi & Khademi, 2014). اما، روند جذب فسفر در برگ گندم متفاوت بوده و بیشترین مقدار فسفر در تمام تیمارهای مورد مطالعه در مرحله پنجه‌زنی مشاهده شد و با ادامه رشد گیاه، مقدار فسفر در برگ گندم کاهش یافته است.

روند جذب پتاسیم در برگ گندم تا حدی از دو عنصر غذایی دیگر متفاوت به دست آمد. کمترین مقدار پتاسیم در برگ گندم در مراحل ابتدایی رشد مشاهده شد (مرحله پنجه‌زنی). سپس در مراحل بعدی رشد، تجمع پتاسیم در برگ گندم افزایش یافته و در مرحله گلدهی به بیشترین مقدار رسیده است. در مرحله انتهایی رشد مجدداً مقدار پتاسیم برگ گندم کاهش یافته است. تنش شوری از طریق اختلال در جذب پتاسیم و کاهش غلظت آن در سطح سلول موجب ایجاد تنش اکسیداتیو می‌شود (Gong *et al.*, 2011). گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر باعث نشت پتاسیم از بافت گیاه شده و دلیل اصلی مرگ سلولی ناشی از تنش شوری، تخلیه پتاسیم سیتوسولی است (Shabala, 2009). بنابراین، افزایش محتوای پتاسیم برگ در دو مرحله ساقه‌دهی و گلدهی می‌تواند مکانیسم گیاه برای حفاظت از تنش اکسیداتیو ناشی از شوری خاک باشد که با نتایج مطالعات ککمک (Cakmak, 2005)، ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2010) و علوی متین و همکاران (Alavi Matin *et al.*, 2016) مطابقت دارد.

در تمام تیمارهای مورد مطالعه، غلظت عناصر غذایی پرمصرف در برگ گندم از مراحل میانی رشد به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافته است. کاهش عناصر غذایی پرمصرف در برگ گندم بیانگر انتقال این عناصر از بخش‌های رویشی گیاه به اندام زایشی در مرحله توسعه و پر شدن دانه است. در زمان پر شدن دانه‌ها، کاهش فتوسنتز ناشی از هر تنش محیطی موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود، بنابراین نیاز مقصد برای پر شدن دانه‌ها از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده تأمین می‌گردد. دیویدسون و چوالیر (Davidson & Chevalier, 1992) بیان داشتند که در گندم سهم کربوهیدرات ساقه در وزن نهایی دانه از ۱۲-۱۰ درصد در شرایط عادی به بیش از ۴۰ درصد در شرایط تنش افزایش می‌یابد.

میزان غلظت عناصر غذایی پرمصرف در اثر کاربرد مواد محرک رشد در مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی تفاوت معنی‌داری را از نظر آماری نشان نداد (جدول ۶ و ۷). نتایج آزمایش نشان داد که تنها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گندم، بین میانگین تیمارها از لحاظ میزان غلظت نیتروژن، اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین غلظت نیتروژن در تیمارهای بذرمال، اسید هیومیک و جلبک بدست آمد (شکل ۱ الف). بین غلظت نیتروژن برگ در این سه تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $p \leq 0.05$ ) اما نسبت به تیمار شاهد غلظت نیتروژن برگ در این تیمارها، حدود ۱۱ تا ۳۰ افزایش داشت. دلیل این امر، تاثیر این تیمارها بر شاخص‌های رشدی گیاه و افزایش مقاومت آن نسبت به تنش‌های محیطی است. مطالعات بسیاری گزارش نمودند که کودهای هیومیکی با تاثیر بر متابولیسم سلول و افزایش جذب عناصر غذایی موجب بهبود عملکرد گیاه می‌شوند (Yazdani *et al.*, 2014; Akladios & Mohamed, 2018). از دلایل افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش رشد گیاه توسط مایع تلقیح میکروبی می‌توان به تثبیت غیرهمزیست نیتروژن، محلول کردن عناصر غذایی، کلات کردن آهن با تولید سیدروفور و تولید ترکیبات فرار آلی اشاره کرد (Ghaffari Nejad *et al.*, 2020). جلبک دریایی از طریق افزایش رشد ریشه و افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی (Khan *et al.*, 2009) موجب افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه می‌شود.

کاربرد تیمارهای محرک رشد گیاهی در سه مرحله اول رشد بر غلظت عناصر پرمصرف تأثیر قابل توجهی نداشت. اما در مراحل انتهایی رشد تأثیر تیمارهای محرک رشدی بر میزان غلظت عناصر پرمصرف در گیاه بیشتر بود. روند جذب عناصر غذایی پرنیاز در برگ گندم در تمام تیمارهای مورد مطالعه تقریباً مشابه به دست آمد. بررسی روند تغییرات جذب نیتروژن در برگ گندم نشان داد که بیشترین میزان جذب نیتروژن در برگ گندم در مرحله ساقه‌دهی بود. به طوری که میزان جذب نیتروژن در برگ گندم از مرحله پنجه‌زنی تا مرحله ساقه‌دهی افزایش یافته است و پس از آن در ادامه رشد گندم در مرحله گل‌دهی تقریباً به مقدار مشابه در مرحله پنجه‌زنی رسیده و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به کمترین مقدار می‌رسد. فرانسیس و همکاران (Francis *et al.*, 1993) نشان دادند که پس از مرحله گل‌دهی در گندم، بافت‌های گیاه نیتروژن را به صورت  $NH_3$  طی



### بررسی غلظت عناصر کم‌مصرف در برگ گندم در مراحل مختلف رشد

نتایج تجزیه واریانس تاثیر تیمارهای مختلف محرک رشد بر غلظت عناصر کم‌نیاز در برگ گندم در دو مرحله از رشد گندم شامل مرحله ابتدایی رشد (پنجه‌زنی) و مرحله انتهایی رشد گیاه (رسیدگی فیزیولوژیک) در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در هر دو مرحله رشد مورد مطالعه، بین غلظت عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد وجود نداشت. با این وجود، نتایج نشان داد، در تمام تیمارهای مورد مطالعه، غلظت روی، منگنز و مس در برگ گندم از مرحله پنجه‌زنی به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به طور معنی‌داری کاهش یافت، در حالی که غلظت آهن در برگ گندم با افزایش رشد گیاه و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به مرحله پنجه‌زنی به طور

معنی‌داری بیشتر شد. چون این روند در تمام تیمارها مشاهده است بنابراین اثر مواد محرک مورد استفاده نبوده و احتمالاً متاثر از روند جذب این عناصر در برگ گندم در شرایط تنش شوری است. یکی از دلایل روند عکس غلظت آهن با سایر عناصر کم‌نیاز در برگ گندم، برهمکنش منفی این عناصر در گیاه است. عناصر کم‌مصرف از جمله روی، آهن و منگنز در فرایندهای جذب و انتقال از ریشه به اندام‌های هوایی احتمالاً برای اشغال موضع و مکان مشابه بر روی حامل‌های مشابه با رقابت می‌کنند (Hamzehpour *et al.*, 2010). بروز اختلالات تغذیه‌ای بر اثر شوری ممکن است ناشی از تغییر قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک، رقابت بر سر جذب عناصر غذایی و مختل شدن انتقال و توزیع عناصر میان اندام‌های مختلف گیاه باشد (Grattan & Grieve, 1999).

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس تاثیر مواد محرک رشد بر غلظت عناصر کم‌مصرف در برگ گندم (رقم برات) در ابتدا و انتهای فصل رشد (مرحله پنجه زنی و رسیدگی فیزیولوژیک) در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Table 7. Variance analysis results of the growth stimulant effects on micro nutrient concentration of wheat leaf (Barat cultivar) in the first and end of plant growth season (tillering and physiological maturing stages) in 2018-2019.

Variation source	Degree of freedom	Tillering (Z16)				Physiological maturing (Z89)			
		Fe	Zn	Mn	Cu	Fe	Zn	Mn	Cu
block	2	849	16.5	112.2	1.32	303	15.5	132.2	1.15
growth stimulant	6	363 <sup>ns</sup>	27.5 <sup>ns</sup>	32.6 <sup>ns</sup>	0.49 <sup>ns</sup>	982 <sup>ns</sup>	6.5 <sup>ns</sup>	39.6 <sup>ns</sup>	2.6 <sup>ns</sup>
Error	12	190.7	33.5	39.3	0.71	208.8	8.5	57.3	1.5
Coefficient of variation	-	16.15	14.6	14.6	13.1	14.15	14.9	14.85	14.5

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

سبب کاهش تاثیر مواد محرک رشد گیاهی خاک کاربرد گردیده است، که با نتایج مطالعه حقیقی و شریفی (Haghighi & Sharifi, 2020) مطابقت دارد. این پژوهشگران نیز پویا بودن شرایط خود خاک، ظرفیت بافری بالای خاک‌های آهکی و پیچیده بودن حلالیت کانی‌هایی که غلظت عناصر موردنیاز گیاهان در این خاک‌ها را کنترل می‌کنند را گزارش نمودند. نتایج بررسی تغییرات هدایت الکتریکی خاک به عنوان شاخصی از شوری خاک در سه مرحله شامل قبل از کشت، مرحله گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک گندم نشان داد که تا مرحله گلدهی، مقدار شوری خاک در تمام تیمارهای محرک رشد، کمتر از شوری اولیه خاک بوده است هرچند مقدار شوری خاک در

### تاثیر کاربرد تیمارهای مورد مطالعه بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج مقایسه میانگین کاربرد محرک‌های رشد بر برخی خواص شیمیایی خاک نظیر شوری، اسیدیته و نسبت جذب سدیم در جدول ۸ نشان داده شده است. براساس نتایج حاصل از این آزمایش، کاربرد تیمارهای محرک رشد بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک اثر معنی‌داری نداشت. این موضوع احتمالاً به دلیل ظرفیت تامپونی بالا در خاک مورد مطالعه باشد. به عبارت دیگر با توجه به اینکه ماهیت محرک‌های رشد گیاهی اسیدی بوده (غیر از هیومیک)، به دلیل آهکی بودن خاک‌های منطقه اثر مواد اسیدی تولید شده خنثی یا کاهش یافته و این موضوع

تیمارهای محرک رشد بیشتر بود و حتی به بیش از شوری اولیه خاک رسید. با این وجود بین شوری خاک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نیز بین تیمارهای مختلف محرک رشد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

دو تیمار اسید هیومیک و جلبک دریایی بیشتر از سایر تیمارها به دست آمد اما با مقدار شوری خاک در سایر تیمارهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نیز، شوری خاک در تیمارهای اسید هیومیک، ترکیبی و بذرمال زیستی نسبت به سایر

جدول ۸- مقایسه میانگین تاثیر مواد محرک رشد بر تغییرات برخی ویژگی‌های خاک در مرحله گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گندم در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Table 8. Compare means of the growth stimulant effect on some soil properties in the tillering and physiological maturing stages in 2018-2019

Growth stimulant	Tillering (Z16)			Physiological maturing (Z89)		
	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH (-)	SAR	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH (-)	SAR
Control	4.1 a	7.50 a	4.63 a	7.1 a	7.30 a	6.10 a
Amino acid	4.3 a	7.83 a	4.93 a	7.3 a	7.40 a	6.30 a
Seaweed	4.5 a	7.83 a	6.0 a	9.8 a	7.40 a	9.15 a
Seed treatment	4.6 a	7.70 a	4.73 a	7.0 a	7.50 a	5.60 a
Humic acid	6.8 a	7.73 a	7.47 a	9.8 a	7.40 a	8.47 a
Fulvic acid	6.1 a	7.83 a	6.63 a	7.2 a	7.50 a	5.63 a
Combined	4.4 a	7.77 a	4.97 a	10.2 a	7.30 a	7.67 a

Means with the similar letters in each column are not significantly different using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

تیمار شاهد و سود ناشی از آن و سپس محاسبه افزایش هزینه کشاورز در اثر استفاده از تیمار مربوطه انجام شد. در نهایت، نسبت سود به هزینه برای کاربرد تیمارهای مختلف مورد مطالعه محاسبه گردید (جدول ۹).

تحلیل اقتصادی کاربرد تیمارهای محرک رشد گیاهی نسبت به شاهد (میانگین دوساله)  
تحلیل اقتصادی کاربرد تیمارهای محرک رشد در هر یک از تیمارها براساس افزایش عملکرد دانه گندم نسبت به

جدول ۹- ارزیابی اقتصادی کاربرد محرک‌های رشد گیاه نسبت به تیمار شاهد بر عملکرد گندم در شرایط تنش شوری

Table 9. Economic evaluation of application in compared to control treatment on wheat yield under salinity stress

Growth stimulant	Yield enhancement compared to control (kg ha <sup>-1</sup> )	Revenue from yield enhancement (Rials)	Increased cost in growth stimulant treatment compared to control (Rials)	Benefit to cost ratio
Amino acid	329	13160000	4000000	3.29
Humic acid	668.7	26746667	2000000	13.38
Fulvic acid	418.3	16733333	10000000	1.68
Seaweed	348.7	13946667	14000000	0.98
Seed treatment	283	11320000	2500000	4.53
Combined	522.7	20906667	30000000	0.7

شاهد در تیمار ترکیبی حاصل شد اما کمترین صرفه اقتصادی در این تیمار بدست آمد.

### نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، تاثیر محرک‌های رشد بر اجزای عملکرد گندم در شرایط مزرعه‌ای و تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت. از محرک‌های رشد مختلف براساس یک برنامه تغذیه‌ای متعادل با در نظر گرفتن نیاز گیاه در مراحل مختلف

در شرایط تنش شوری کاربرد اسید هیومیک بیشترین نسبت سود به هزینه را داشت و کاربرد بذرمال با نسبت سود به هزینه معادل ۴/۵۳ در اولویت بعد قرار گرفت. سایر محرک‌های رشد گیاهی به ترتیب اسید آمینه، اسید فولویک، جلبک و در نهایت تیمار ترکیبی بود. تیمار ترکیبی مواد محرک رشد گیاهی کمترین نسبت سود به هزینه معادل ۰/۷۰ (کمتر از یک) را داشت. این موضوع نشان داد که علی‌رغم این که افزایش عملکرد قابل توجهی نسبت به

که بین غلظت عناصر غذایی پرمصرف در برگ گندم تقریباً در تمام مراحل رشد گیاه در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. علاوه بر این، کاربرد محرک‌های رشد در خاک‌های آهکی خوزستان به دلیل ظرفیت بالای بافری خاک، تاثیر معنی‌داری بر شوری، واکنش و نسبت جذب سدیم خاک نداشت. نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط خاک شور و آهکی، کاربرد کودهای محرک رشد تاثیر معنی‌داری بر تخریب کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک ندارند بلکه با بهبود شرایط رشد گیاه از طریق بهبود رشد ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و مقاومت گیاه به تنش-های محیطی همچون شوری موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شوند. باید به این نکته توجه نمود که بخش وسیعی از خاک‌های استان خوزستان علاوه بر محدودیت شوری، دارای مقادیر بالایی از عنصر سدیم (نسبت جذب سدیم بالاتر از ۱۳) هستند، بنابراین لازم است تاثیر تیمارهای مختلف مواد محرک رشد بر عملکرد محصولات و ویژگی-های خاک در شرایط خاک‌های شور و با درجات مختلف سدیمی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

رشد گندم استفاده شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از محرک‌های رشد اسید هیومیک، جلبک دریایی و اسید آمینه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گندم و برخی از اجزای عملکرد گندم نسبت به شاهد گردید و نسبت به تیمارهای بذرمال، اسید فولویک و تیمار ترکیبی تاثیر بیشتری بر تحمل گندم در برابر تنش محیطی در اقلیم استان خوزستان داشت. نتایج حاکی از اثرگذاری مواد محرک رشد گیاهی از طریق مکانیسم‌های متفاوت تاثیر بر محیط خاک و گیاهان (بهبود شرایط خاک برای جهت جذب عناصر غذایی توسط گیاه و افزایش مقاومت گیاه در برابر انواع تنش‌ها)، و در نهایت بهبود تولید محصول و پایداری تولید بود. براساس تحلیل اقتصادی نسبت سود به هزینه، کاربرد اسید هیومیک مناسب‌ترین محرک رشد قابل کاربرد در شرایط خاک شور زیر کشت گندم در اقلیم استان خوزستان بود. همچنین نتایج حاصل از کاربرد محرک‌های رشد گیاهی در مراحل مختلف رشد بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در برگ گندم نشان داد

## References

- Akladios S.A., and Mohamed H.I. 2018. Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annum*) plants grown under salt stress. *Sci. Hortic.* 236: 244–250.
- Alavi Matin S.M., Rahnema A., and Meskarbashee M. 2016. Effect of potassium supply on the activity of some antioxidant enzymes of two durum wheat cultivars under salt stress. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)*, 38(4): 1-12. (In Persian)
- Ansari S., Sarikhani M.R., and Najafi N. 2015. Inoculation effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on corn in presence of indigenous microflora of soil. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24 (4): 33-43. (In Persian)
- Asadi F., and Khademi Z. 2014. Changing in nutrients (N, P, K) concentration in various parts of corn during different growth stages. *Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences)*, 27(4): 485-498. (In Persian)
- Bamdad A.A., Rezaverdinejad V., and Ghaemi A.A. 2015. Prediction of Soil Profile Water Content and Salinity in Sesame and Maize Fields by SWAP Model under Farmers Management Conditions (Case Study Larestan Region). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 9(1): 1-12. (In Persian)
- Cakmak I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 521-530.
- Calvo P., Nelson L., and Kloepper J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*, 383(1-2): 3-41.
- Craigie J.S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23: 371–393.
- Davidson D.J., and Chevalier P.M. 1992. Storage and remobilization of spring wheat. *Crop Science*, 32: 186-190.
- Elrys A.S., Abdo A.I., Abdel-Hamed E.M., and Desoky E.S.M. 2020. Integrative application of licorice root extract or lipoic acid with fulvic acid improves wheat production and defenses under salt stress conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190: 110-119.
- Francis D.D., Schepers J.S., and Vigil M.F. 1993. Post-anthesis loss from corn. *Agronomy Journal*, 85: 659–663.

- Freeman K.W., Girma K., Arnall D.B., Mullen R.W., Martin K. L., Teal R.K., and Raun W.R. 2007. By-plant prediction of corn forage biomass and nitrogen accumulation at various growth stages using remote sensing and plant height measures. *Agronomy Journal*, 99: 530–536.
- Ghaffari Nejad S.A., Nourgholipour F., and Gheybi M.N. 2020. Biostimulants and their roles in plant physiology, nutrient absorption, and tolerance to abiotic stresses. *Journal of Land Management*, 8.1(1): 47-67. (In Persian)
- Ghazan Shahi J. 2006. Soil and Plant Analysis. Aiizh Publications, Iran, 296 pp. (In Persian)
- Gheybi M.N. 2018. Practical Principles of Wheat Nutrition (Environmental Stresses). Tavangaran Publications, Tehran, Iran, 68pp. (In Persian)
- Gong X., Chao L., Zhou M., Hong M., Luo L., Wang L., Ying W., Cai J., Songjie G., and Hong F. 2011. Oxidative damages of maize seedlings caused by exposure to a combination of potassium deficiency and salt stress. *Plant and Soil*, 340: 443-452.
- Grattan S.R., and Grieve C.M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78: 127-157.
- Haghighi Sh., And Sharifi Z. 2020. Comparative Survey of Organic Matter, Biological and Acid-causing Treatments Effects on Availability of Nutrient Elements in a Calcareous Soil. *Journal of Water and Soil*, 34(5): 1093-1107. (In Persian)
- Hamzehpour N., Malakouti M.J., and Majidi A. 2010. Zinc, Iron and Manganese interactions in various organs of wheat. *Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences)*, 24(1): 1-8. (In Persian)
- Hortin J.M., Anderson A.J., Britt D.W., Jacobson A.R., and McLean J.E. 2019. Soil-derived fulvic acid and root exudates, modified by soil bacteria, alter CuO nanoparticle-induced root stunting of wheat via Cu complexation. *Environmental Science Nano*, 6: 3638-3652.
- Khan W., Hiltz D., Critchley A.T., and Prithiviraj B. 2011. Bioassay to detect *Ascophyllum nodosum* extract-induced cytokinin-like activity in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Applied Phycology*, 23: 409–414.
- Maas E.V., and Hoffman G.J. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103: 115-134.
- Meskini-Vishkaee F., Jafarnejadi A., and Mousavi-Fazl M.H. 2020. Evaluation of soil physical quality in dominant series of calcareous soils in south-west of Iran. *Polish Journal of Soil Science*, 53(2): 225-243.
- Moameni A. 2011. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Iranian Journal of Soil Research (Formerly soil and water sciences)*, 24(3): 203-215. (In Persian)
- Mohamed W.H. 2012. Effects of humic acid and calcium forms on dry weight and nutrient uptake of maize plant under saline condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6: 597–604.
- Najafi Mirak T., Agaee Sarbarzeh M., Moayedi A., Kaffashi A., and Sayahfar, M. 2021. Yield stability analysis of durum wheat genotypes using AMMI method. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31 (2): 17-28. (In Persian)
- Niazkhani M., Abdollagi Mandoulakani B., Jafari M., and Rasouli-Sadaghiani, M.H. 2021. Micronutrients Concentrations in Bread Wheat Cultivars with Different Zn-Efficiency under Zn Deficient and Zn Sufficient Conditions. *Journal of Water and Soil*, 35 (1): 49-65. (In Persian)
- Shabala S.N. 2009. Salinity and programmed cell death: unravelling mechanisms for ion specific signalling. *Journal of Experimental Botany*, 60: 709-12.
- Tadros M.J., Omari H.J., and Turk M.A. 2019. The morphological, physiological and biochemical responses of sweet corn to foliar application of amino acids biostimulants sprayed at three growth stages. *Australian Journal of Crop Science*, 13: 412-417.
- Yazdani B., Nikbakht A., Etemadi N. 2014. Physiological effects of different combinations of humic and fulvic acid on *Gerbera*. *Commun. Soil Sci. Plan.*, 45: 1357–1368.

## Effect of Plant Growth Stimulants on Yield, Nutrient Concentration of Wheat Shoot and Some Soil Properties under Salinity Stress

Alireza Jafarnejadi<sup>\*1</sup>, Fereydu Nourgholipour<sup>2</sup>, Fatemeh Meskini-Vishkaee<sup>3</sup>, Leila Behbahani<sup>4</sup>

(Received: January 2022

Accepted: August 2022)

### Abstract

The most soils of Khuzestan province are calcareous with different degrees of salinity, however, they play a significant role in the country agricultural production. One of the new methods to deal with environmental stresses is the use of plant growth stimulants. The aim of this study was to investigate the effect of application of growth stimulants on wheat yield components in saline soil, environmental and climatic conditions of Khuzestan province. Experiment was performed in three replications as randomized complete block design with soil salinity of 8 dS m<sup>-1</sup> and water salinity of 3-4 dS m<sup>-1</sup> under seven different treatments consisting of control, free amino acid, seaweed, seed treatment, humic acid, fulvic acid and combination in 2018 for two years. The use of seaweed, humic acid and amino acid caused a significant increase 30, 25 and 24 % of grain yield as compared to control treatment ( $p \leq 0.05$ ). The results of economic analysis showed a significant advantage of the humic acid application in increasing wheat yield (profit to cost ratio = 13.38). Application of plant growth stimulants on the macro and micro nutrients concentration in wheat leaves was not significant in almost all stages of plant growth compared to the control ( $p \leq 0.05$ ). In addition, the application of growth stimulants in calcareous soils of Khuzestan due to high soil buffering capacity did not have a significant effect on soil salinity, pH and sodium uptake ratio. Therefore, it is recommended that in wheat fields of Khuzestan province with saline and calcareous soils, in addition to basic fertilizers, humic acid be used as foliar application in two growth stages of tillering and booting to increase stress plant resistance and improve crop yield.

**Keywords:** Environmental stresses, Calcareous soil, Growth stimulating fertilizers, Wheat

Jafarnejadi A., Nourgholipour F., Meskini-Vishkaee F. and Behbahani L. 2023. Soil physical properties as affected by potassium and salinity of irrigation water. Effect of Plant Growth Stimulants on Yield, Nutrient Concentration of Wheat Shoot and Some Soil Properties Under Salinity Stress. *Applied Soil Research*, 11(2): 46-58.

1. Associate Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

2. Assistant Professor, Soil fertility and Plant nutrition, Soil and Water Research Institute, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3. Assistant Professor, Associate Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

4. Researcher, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

\* Corresponding Author Email: [arjafarnejady@gmail.com](mailto:arjafarnejady@gmail.com)