تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰
۱۴۱-۱۳۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2702.1707

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر کاربرد اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی در شرایط نرمال و تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم در منطقه بهبهان

محمدرضا رفیع[1*]، محمود صلحی[2]، مریم جوادزاده[3]

۱. استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

۲. استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان

۳. محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد محرک‌های رشد گیاهی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم در شرایط نرمال و تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان به مدت یک سال زراعی (۹۷-۱۳۹۶) اجرا شد. کرت اصلی دور آبیاری در دو سطح ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A و کرت فرعی در چهار سطح شامل کاربرد محرک‌های رشد گیاهی اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی و شاهد (کاربرد کودهای شیمیایی مطابق آزمون خاک) بودند. اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور سنبله استفاده شدند. محرک‌های رشد صرف‌نظر از نوع ماده مصرفی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد و دانه در مصرف اسیدآمینه به دست آمد ولی از نظر این صفات اختلاف معنی‌داری (به‌جز وزن هزار دانه) بین کاربرد اسیدآمینه و عصاره جلبک دریایی مشاهده نگردید. مصرف اسیدآمینه باعث بیشترین افزایش معنی‌دار نیتروژن، پتاسیم و آهن دانه نسبت به شاهد شد درحالی‌که عصاره جلبک دریایی باعث حداکثر افزایش معنی‌دار فسفر، روی و منگنز دانه نسبت به شاهد گردید. تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عناصر غذایی دانه شد. هم‌چنین تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عناصر غذایی دانه شد. اثر متقابل دور آبیاری و کاربرد محرک‌های رشد بر روی عملکرد دانه نشان داد که مصرف محرک‌های رشد نه‌تنها سبب جبران تنش خشکی شدند، بلکه کاربرد اسیدآمینه و جلبک دریایی در شرایط تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به عدم مصرف این ترکیبات در شرایط آبیاری مطلوب شدند؛ بنابراین، استفاده از اسیدآمینه یا جلبک دریایی به‌عنوان راهکاری مناسب جهت افزایش عملکرد گندم در شرایط نرمال و تنش خشکی توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: **آبیاری، اجزای عملکرد، عملکرد، عناصر غذایی، محرک رشد**

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از عمده‌ترین محصولات کشاورزی و تأمین‌کننده بیشترین نیاز غذایی انسان‌ها در کشورهای درحال‌توسعه است (Chegeni, 2011) و در ایران ازنظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول زراعی بوده و افزایش عملکرد دانه آن روز به روز مورد توجه پژوهشگران بوده است (Emam, 2010).

* نگارنده پاسخگو: محمدرضا رفیع. پست الکترونیک: Rafie1670@yahoo.com

در حال حاضر تنش خشکی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین تنش‌های غیرزنده است که می‌تواند رشد و عملکرد گندم را مختل کند (Duan et al., 2017). بااین‌حال، مکانیسم‌های مختلفی در گیاه وجود دارد که می‌تواند در پاسخ به تنش خشکی مفید باشند. تحت تنش خشکی، مورفولوژی، فتوسنتز، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان یا مواد تنظیم‌کننده اسمزی در یک گیاه، تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Maqsood et al., 2012). علاوه بر این، به دلیل اینکه آب و مواد غذایی از طریق ریشه جذب می‌شوند، ریشه به‌عنوان یک اندام کلیدی در برابر تنش خشکی محسوب می‌شود (Duan et al., 2017). با کاهش رطوبت خاک سرعت عرضه عناصر غذایی به ریشه از طریق انتشار و جریان توده‌ای و درنتیجه فراهمی عناصر غذایی کاهش‌یافته و تغذیه گیاه مختل می‌شود (Havlin et al., 2004). تنش خشکی می‌تواند بر رشد رویشی، گلدهی، گرده‌افشانی و لقاح، تشکیل میوه و عملکرد تأثیرگذار باشد و موجب کاهش هر یک از این صفات گردد (Bandani and Abdolzadeh, 2006). محققان ضمن بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع، عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (Hasanuzzaman et al., 2017). در این راستا بررسی‌های انجام‌شده بر محرک‌های رشد گیاهی نشان‌دهنده تأثیر این مواد بر افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی می‌باشند (Sedaghat, M.E., Emam et al., 2016). لذا به نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب، محرک‌های رشد گیاهی بتوانند به‌عنوان یک استراتژی برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی استفاده شوند (Salwa and Osama, 2014).

محرک‌های رشد گیاهی قادر به تحریک رشد و توسعه گیاهی تحت شرایط بهینه و تنش می‌باشند (Ronga et al., 2019). این مواد قادر به تنظیم و افزایش فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نیز می‌باشند. محرک‌های رشد در فیزیولوژی گیاه از راه‌های مختلف ازجمله بهبود رشد محصول، عملکرد، کیفیت، جذب عناصر غذایی و تحمل به تنش‌های غیرزنده عمل می‌کنند (Yakhin et al., 2017). هم‌چنین محرک‌های رشد بر روی متابولیسم گیاه اثر می‌گذارند و می‌توانند باعث اصلاح ساختار ریشه و افزایش توسعه ریشه شوند (Petrozza et al., 2013). یکی از انواع محرک‌های رشد گیاهی اسیدهای آمینه است (Nardi et al., 2015). محققان گزارش کردند که محلول‌پاشی اسیدآمینه در شرایط تنش خشکی باعث افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و بهبود صفات کیفی دانه گندم می‌شود (Salwa and Osama, 2014). هم‌چنین اسیدهای آمینه می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی بر روی رشد و عملکرد گیاه تأثیر بگذارند (Mohamed, 2006). در آزمایشی با مصرف محرک رشد اسید فولویک در مراحل فنولوژیکی مختلف گندم، عملکرد و پروتئین دانه افزایش یافت. در برخی از مطالعات تأثیر اسید فولویک بر افزایش طول ریشه و افزایش جذب عناصر معدنی و افزایش وزن تر و وزن خشک گیاهان زراعی گزارش شده است (Javadi et al., 2017). در آزمایشی دیگر محلول‌پاشی اسید فولویک باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت چغندرقند شد (El-Hassanin et al., 2016). جلبک‌های دریایی که حاوی سیتوکینین‌ها و اکسین‌ها می‌باشند نیز به‌عنوان محرک رشد استفاده می‌شوند (Bulgari et al., 2015). محلول‌پاشی جلبک‌های دریایی هم برای افزایش رشد گیاه و هم برای تحمل در برابر تنش‌های محیطی مانند سرمازدگی، خشکی، شوری و برای بهبود فعالیت فتوسنتزی و بهبود عملکرد گیاه استفاده می‌شود (Sharma et al. 2014)؛ بنابراین به دلیل اهمیت محرک‌های رشد گیاهی بر روی جذب عناصر غذایی و خصوصیات رشدی گندم به‌ویژه در شرایط تنش خشکی، این تحقیق با هدف مقایسه محرک‌های رشد اسیدآمینه، اسید فولویک و جلبک دریایی بر جذب عناصر غذایی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط نرمال تنش خشکی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان به مدت یک سال زراعی (۹۷-۱۳۹۶) اجرا شد. کرت اصلی دور آبیاری در دو سطح ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A و کرت فرعی در چهار سطح شامل کاربرد محرک‌های رشد گیاهی اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی و شاهد (کاربرد کودهای شیمیایی مطابق آزمون خاک) بودند. محرک‌های رشد اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور سنبله استفاده شدند. محل آزمایش با ´ ۳۶:°۳۰ عرض شمالی و ´ ۱۴:°۵۰ طول شرقی، دارای اقلیم گرم و نیمه‌خشک با ارتفاع ۳۲۰ متر از سطح دریا است. قبل از انجام

آزمایش یک نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر از محل آزمایش جمع‌آوری و برخی از ویژگی‌های خاک به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (Sparks et al., 1996) (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in the experiment place

بافت Soil texture	آهن قابل‌جذب Fe	منگنز قابل‌جذب Mn	روی قابل‌جذب Zn	پتاسیم قابل‌جذب K	فسفر قابل‌جذب P	نیتروژن کل TN	کربن آلی OC	آهک TNV	اسیدیته گل اشباع pH	هدایت الکتریکی EC	عمق خاک Soil depth
	----------mg/kg----------					g/kg	-----%-----			dS/m	cm
Silty clay-Loam	6.7	11.5	1	250	11	1	0.60	55.5	7.8	3.3	0-30

خاک محل آزمایش با انجام عملیات شخم، دیسک و تسطیح آماده گردیده و به کرت‌هایی در اندازه‌های ۴×۶ متر تقسیم‌بندی شد. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها سه متر در نظر گرفته شد. بذور ضدعفونی شده گندم رقم برات با میزان بذر مصرفی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و با فاصله ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها در تاریخ ۲۰ آذرماه ۱۳۹۶ کشت گردید. محرک‌های رشد اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور سنبله استفاده شدند. اسیدآمینه 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. اسیدآمینه مورد استفاده از محصولات شرکت پارس فروغ زاگرس است. نوع جلبک مورد استفاده اسکوفیلوم نودوزوم مربوط به آب‌های سرد کانادا است. شرکت آکادین سی پلنت این جلبک‌ها را برداشت و با روش‌های شیمیایی عصاره‌گیری می‌کند. سپس عصاره خشک و تجاری می‌شود. اسید فولویک از معادن لئوناردیت استخراج می‌شود. برای استحصال اسید فولویک، عصاره اسیدهای هیومیک و فولویک را اسیدی تا هیومیک رسوب کند و مایع رویی را برداشت می‌کنند. اسید فولویک محصول شرکت بلک ارت کانادا است.

جهت مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ از علف‌کش برموکسینیل اکتانوآت به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار و به‌منظور کنترل علف‌های هرز نازک برگ از علف‌کش آکسیال به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده گردید. در هنگام برداشت محصول ۳ خط وسط هر کرت با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط به مساحت ۲/۴ مترمربع برداشت و در محاسبات منظور شد. قبل از کاشت گیاه، مصرف کود بر اساس نتایج آزمون خاک صورت گرفت. بر این اساس، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در هنگام تهیه زمین به‌طور یکنواخت پخش و با خاک مخلوط شد. کود نیتروژن به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در ۳ نوبت، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار هنگام کاشت، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله پنجه‌زنی و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موقع ساقه‌دهی به‌صورت سرک مصرف شد. پس از کشت اولین آبیاری به‌طور یکنواخت جهت تمام تیمارها انجام تا مزرعه به‌طور یکنواخت سبز گردد (خاک‌آب). بعد از سبز شدن کامل مزرعه آزمایشی تمام تیمارها به‌طور یکنواخت آبیاری شده و سپس میزان تبخیر یادداشت و بر اساس ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و توسط پارشال فلوم اعمال شد. برای آبیاری تیمارهای آزمایش، کمبود رطوبت خاک برای آبیاری کامل، تعیین و میزان آب مورد نیاز محاسبه و آبیاری انجام شد. جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه مقدار آب مورد نیاز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$In = \frac{(Fc - ai).D.b}{100} \qquad [۱]$$

که در آن In: عمق آب آبیاری برحسب میلی‌متر، Fc: رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (درصد وزنی)، ai: رطوبت خاک قبل از آبیاری (درصد وزنی)، D: عمق ریشه برحسب میلی‌متر، b: جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3). یادداشت‌برداری‌ها شامل تاریخ آبیاری، عمق آب آبیاری در هر بار آبیاری، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، ارتفاع بوته و عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز و آهن دانه بودند. در این پژوهش نتایج صفات

توسط نرم‌افزار MSTATC تجزیه واریانس شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بین سطوح آبیاری ازنظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۵ درصد وجود داشت (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار آبیاری نرمال به مقدار ۹۴/۱۲ سانتی‌متر حاصل شد که نسبت به تیمار تنش برتری معنی-داری پیدا کرد (جدول ۴). کاهش ارتفاع بوته در شرایط کم-آبی به کاهش تقسیم و گسترش سلولی نسبت داده می‌شود (Farooq et al., 2009). هم‌چنین تأثیر مصرف محرک‌های رشد گیاهی بر ارتفاع بوته نسبت به شاهد در سطح احتمال خطای ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

اگرچه مصرف همه محرک‌های رشد سبب افزایش ارتفاع بوته نسبت به شاهد گردید ولی فقط مصرف اسیدآمینه (۹۴/۳۳ سانتی‌متر) سبب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). بین مصرف محرک‌های رشد ازنظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج مشابهی توسط پژوهشگران گزارش شده است (El-Said and Mahdy, 2016).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محرک‌های رشد گیاهی بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم

Table 2. Variance analysis (Mean squars) effect of plant growth biostimulants on plant height, Number of spike per m^2, Number of grain per spike, 1000- grain weight and grain yield of wheat

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m^2	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain Yield
تکرار Replication	2	54.08*	1976.04*	6.99^{ns}	2.11^{ns}	633325^{ns}
سطوح آبیاری Irrigation levels (I)	1	82.14*	1395.38*	18.55^{ns}	9.71*	4373117*
خطا Error	2	2.66	34.13	3.13	0.28	62.906
محرک‌های رشد Biostimulants (B)	3	34.68*	3330.15**	10.58*	10.09**	2962642**
سطوح آبیاری × محرک رشد B × I	3	0.09^{ns}	140.486^{ns}	0.98^{ns}	2.55^{ns}	18121^{ns}
خطا Error	12	7.54	416.69	2.75	1.15	60488.23
ضریب تغییرات C.V (%)		4.98	5.69	4.16	6.44	7.57

گیاهان می‌توانند اسیدهای آمینه تولید کنند، اما این سنتز بسیار انرژی مصرف می‌کند. لذا استفاده از اسیدهای آمینه سنتز شده برای جذب گیاه، به گیاه اجازه می‌دهد که از انرژی خود برای ساخت اسیدهای آمینه صرفه‌جویی کرده و سرعت رشد و توسعه خود را به‌ویژه در زمان‌های بحرانی افزایش دهد (Popko et al., 2014). اثر متقابل آبیاری و محرک‌های رشد بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲).

تعداد سنبله در مترمربع

اثر تیمار آبیاری بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال خطای ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). حداکثر تعداد سنبله در مترمربع (۵۶۱/۰۸) در شرایط مطلوب آبیاری حاصل شد و نسبت به شرایط تنش برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). نتایج مشابهی در مورد تأثیر تنش خشکی بر این صفت توسط محققین گزارش شده است (El-Zohri and Abdel-

Motagally, 2018). اثر تیمارهای مختلف محرک رشد بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). ولی اثر متقابل تیمار آبیاری و محرک‌های رشد بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشینه تعداد سنبله در مترمربع با اسیدآمینه (۵۷۴/۳۳) و با عصاره جلبک دریایی (۵۷۳/۳۳) هر دو در گروه آماری a قرار گرفته و نسبت به تیمار اسید فولویک و شاهد برتری معنی‌دار پیدا کردند (جدول ۳).

نتایج مشابهی مبنی بر افزایش تعداد سنبله در مترمربع تحت تأثیر محلول‌پاشی اسیدآمینه و جلبک دریایی نیز گزارش شده است (Popko et al., 2018 و Shah et al.,, 2013). تأثیر مثبت اسیدآمینه ممکن است به دلیل سیتوکینین‌ها، ویتامین B_{12} و مواد معدنی باشد که در جهت-گیری و انتقال متابولیت‌ها از برگ‌ها به اندام‌های تولیدمثل نقش داشته باشند (Salwa and Osama, 2014). محققان تأثیر مثبت جلبک دریایی بر تعداد سنبله در مترمربع را به دلیل اثر این ماده بر افزایش تعداد پنجه‌های گندم می‌دانند (Shah et al.,, 2013).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف محرک رشد بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال خطای ۵ درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر سطوح آبیاری و نیز اثر متقابل سطوح آبیاری و محرک‌های رشد، اختلاف معنی‌داری را ازلحاظ این صفت نشان ندادند (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به اثر مصرف اسیدآمینه (۴۱/۵۷) بود. در بین محرک‌های رشد فقط اسیدآمینه موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله نسبت به شاهد شد (جدول ۳). اثر مثبت اسیدآمینه بر این صفت ممکن است به دلیل نقش آن در ساختDNA ، RNA و پروتئین مورد نیاز برای تشکیل آنزیم‌هایی باشد که به‌شدت مورد نیاز برای فعالیت حیاتی و افزایش تقسیم سلولی است که منجر به افزایش این فعالیت‌ها در زمان گلدهی می‌شود، باشد (Baqir, and AL-Naqeeb, 2019).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر محرک‌های رشد گیاهی بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم

Table 3. Means comparison effect of plant growth biostimulants on plant height, number of spike per m², number of grain per spike, 1000- grain weight and grain yield of wheat

تیمار محرک رشد گیاهی Plant growth stimulation treatment		ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m²	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain yield
		cm			g	kg.ha^{-1}
Control	**شاهد**	88.33^{b}	531.67^{b}	38.50^{b}	42.81^{b}	5983.16^{c}
Amino acid	**اسیدآمینه**	94.33^{a}	574.33^{a}	41.57^{a}	45.80^{a}	7565.48^{a}
Fluvic acid	**اسید فولویک**	93.36^{ab}	534.50^{b}	39.17^{ab}	43.51^{b}	6856.18^{b}
Seaweed extract	**جلبک دریایی**	92.53^{ab}	573.33^{a}	40.08^{ab}	43.56^{b}	7233.77^{ab}

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم

Table 4. Means comparison effect of irrigation levels on plant height, plant height, number of spike per m2, number of grain per spike, 1000- grain weight and grain yield of wheat

سطوح آبیاری Irrigation levels		ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m²	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain yield
		cm			g	kg.ha^{-1}
70 (mm)	**۷۰ میلی‌متر**	94.12^{a}	561.083^{a}	40.71^{a}	44.56^{a}	7325.26^{a}
130 (mm)	**۱۳۰ میلی‌متر**	90.42^{b}	545.83^{b}	38.83^{a}	43.28^{b}	6471.53^{b}

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، گویای آن است که بین سطوح مختلف آبیاری از نظر وزن هزار دانه در سطح احتمال خطای ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۴۴/۵۶ گرم) در شرایط آبیاری نرمال حاصل شد و برتری معنی‌داری نسبت به شرایط تنش خشکی (۴۳/۲۸ گرم) داشت به‌طوری‌که وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی نسبت شرایط آبیاری نرمال سه درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). پژوهشگران نتایج مشابهی درباره اثر تنش خشکی بر کاهش وزن هزار دانه گزارش نموده‌اند (Abdel-Motagally and El-Zohri, 2016). اثر تیمارهای مختلف محرک رشد بر وزن هزار دانه نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) ولی اثر متقابل تیمار آبیاری و محرک‌های رشد بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین وزن هزار (۴۵/۸۰ گرم) مربوط به مصرف اسیدآمینه بود که در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها برتری معنی‌داری پیدا کرد. اگرچه کاربرد اسید فولویک و جلبک دریایی باعث افزایش وزن هزار دانه نسبت به شاهد شدند ولی این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳). اسیدآمینه موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه به میزان ۷ درصد در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). تأثیر مثبت اسیدهای آمینه روی وزن هزار دانه به جهت اثر اسیدهای آمینه بر ساخت مواد نیتروژن غیرپروتئینی نسبت داده می‌شود (El-Said and Mahdy, 2016). نتایج مشابهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Manal et al., 2018).

عملکرد دانه

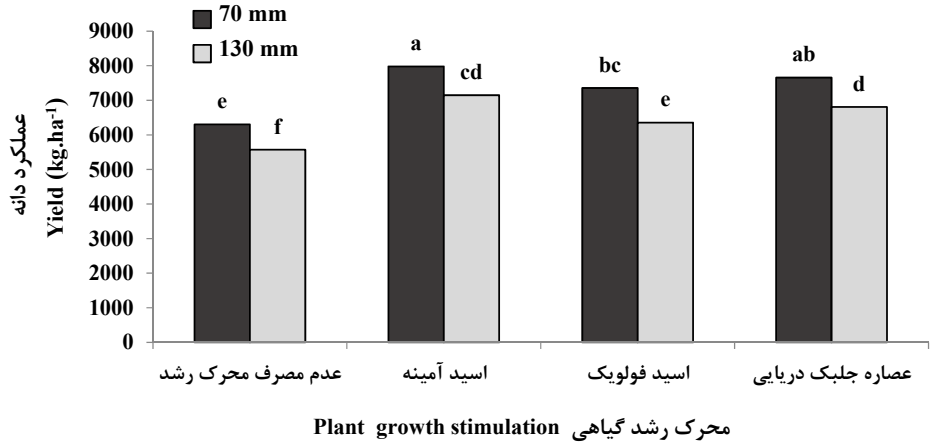
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در سطح احتمال خطای ۵ درصد شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش ۱۳ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط نرمال آبیاری داشت (جدول ۴). گیاه گندم بسیار حساس به تنش خشکی، به‌ویژه در مراحل گلدهی و پر شدن دانه است. رشد، فتوسنتز، فرآیندهای متابولیک، جذب مواد مغذی و عملکرد گندم تحت تأثیر تنش خشکی، کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد (Hasanuzzaman et al., 2017). کاربرد محرک‌های رشد بر عملکرد دانه در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد محرک‌های رشد گیاهی صرف‌نظر از نوع ماده مصرفی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه (۷۵۶۵/۴۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به اثر مصرف اسیدآمینه بود که در مقایسه با شاهد و تیمار اسید فولویک برتری معنی‌داری پیدا کرد. عظیمی و همکاران (Azimi et al., 2013) گزارش کردند که کاربرد اسیدهای آمینه باعث افزایش قابل‌توجهی در عملکرد دانه گندم شده است. تأثیر مثبت اسیدهای آمینه روی عملکرد و اجزای عملکرد به جهت اهمیت اسیدهای آمینه در گستره وسیعی از بیوسنتز انواع مختلفی از مواد نیتروژن‌دار مانند رنگ‌دانه‌ها، ویتامین‌ها، کانسامین‌ها، پورین و پیریمیدین نسبت داده می‌شود (El-Said and Mahdy, 2016). اگرچه بین مصرف محرک‌های رشد اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی ازنظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳)، ولی کاربرد عصاره جلبک موجب افزایش ۲۱ درصدی عملکرد دانه شد درحالی‌که کاربرد اسید فولویک، سبب افزایش ۱۴/۶ درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۳). تأثیر محلول‌پاشی اسید فولویک در افزایش عملکرد گندم توسط محققان نیز گزارش شده است (Javadi et al., 2017). افزایش پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد دانه مانند تعداد پنجه‌های بارور در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله از دلایل افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد اسید فولویک در مقایسه با شاهد است (Javadi et al., 2017). هم‌چنین گزارش شده است، عصاره جلبک دریایی در افزایش تحرک سیتوکنین‌ها از ریشه به اندام‌های زایشی و افزایش سنتز سیتوکنین‌ها نقش دارد. این افزایش موجب شروع گلدهی و افزایش عملکرد می‌شود (Vijayanand et al., 2014).

ارزیابی اثر متقابل تیمار آبیاری و محرک‌های رشد بر عملکرد دانه مشخص نمود که مصرف محرک‌های رشد در شرایط تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به عدم مصرف این مواد شده است (شکل ۱). علاوه بر این، محرک‌های رشد نه‌تنها سبب جبران تنش خشکی شدند، بلکه کاربرد اسیدآمینه و عصاره جلبک دریایی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به عدم مصرف این ترکیبات در شرایط آبیاری مطلوب شدند (شکل ۱). اسیدآمینه و جلبک دریایی با سنتز پروتئین و اسیدهای نوکلئیک و کاهش تخریب

آن‌ها، باعث بهبود عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی می‌شوند (Salwa and Osama, 2014).

عناصر غذایی دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در مقدار تمامی عناصر غذایی دانه گندم در سطح احتمال خطای ۵ درصد شد ولی اثر کاربرد محرک‌های رشد بر مقدار عناصر غذایی دانه (به‌جز پتاسیم) در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر متقابل تیمار آبیاری و محرک‌های رشد بر مقدار عناصر غذایی دانه گندم معنی‌دار نبود (جدول ۵).



شکل ۱. مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و محرک‌های رشد گیاهی

Fig. 1. Means comparison of grain yield in intreraction of the irrigation levels and plant growth biostimulants

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر محرک‌های رشد گیاهی بر مقادیر پروتئین، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز و آهن دانه گندم

Table 5. Variance analysis effect of plant growth biostimulants on amounts of nitrogen, phosphorus, potassium, zinc, manganese and iron of wheat grain

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن دانه Nitrogen of grain	فسفر دانه Phosphorus of grain	پتاسیم دانه Potassium of grain	روی دانه Zinc of grain	منگنز دانه Manganese of grain	آهن دانه Iron of grain
تکرار Replication	2	0.015^{ns}	0.005^{*}	0.0002^{ns}	14.28^{*}	8.260^{ns}	226.0^{ns}
سطوح آبیاری Irrigation levels (I)	1	0.269^{*}	0.005^{*}	0.003^{*}	36.26^{*}	14.260^{*}	416.67^{*}
خطا Error	2	0.007	0.0002	0.00002	0.63	0.510	19.79
محرک‌های رشد Biostimulants (B)	3	0.149^{**}	0.002^{**}	0.007^{*}	61.45^{**}	43.760^{**}	634.7^{**}
سطوح آبیاری×محرک‌های رشد I × B	3	0.007^{ns}	0.0005^{ns}	0.0002^{ns}	0.18^{ns}	0.705^{ns}	8.33^{ns}
خطا Error	12	0.020	0.0003	0.0002	5.09	2.899	75.69
ضریب تغییرات C.V (%)		*7.01*	*6.05*	*4.28*	*5.32*	*4.28*	*9.36*

نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ۱۱ درصدی نیتروژن دانه نسبت به آبیاری در شرایط مطلوب گردید (جدول ۷). حافظ و قریب (Hafez and Gharib, 2016) گزارش کردند که به دلیل تنش خشکی، محتوای نیتروژن دانه گندم کاهش یافت. بیشترین نیتروژن دانه در تیمار اسیدآمینه (۲/۱۹ درصد) بود که باعث افزایش ۲۱/۵ درصد نیتروژن دانه نسبت به شاهد شد. سالوا و اوساما (Salwa and Osama, 2014) گزارش کردند که کاربرد اسیدآمینه باعث افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن دانه نسبت به شاهد شد. آن‌ها اظهار کردند که مصرف اسیدهای آمینه جذب عناصر مختلف از جمله نیتروژن را توسط ریشه‌ها و هم‌چنین انتقال و تجمع آن‌ها در برگ افزایش می‌دهند. کاربرد سایر محرک‌های رشد بر افزایش مقدار نیتروژن دانه تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۶).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های عنصر فسفر حاکی از آن بود که آبیاری نرمال (با ۰/۲۸۴ درصد فسفر دانه) باعث افزایش معنی‌دار ۱۰/۵ درصدی این عنصر نسبت به آبیاری در شرایط تنش گردید (جدول ۷). رطوبت ناکافی در خاک، حجم و پراکنش ریشه‌ها را در خاک کاهش داده و با تأثیر بر فراهمی عناصر غذایی در خاک، جذب عناصر غذایی ازجمله فسفر را کاهش می‌دهد (Karimi,2008). نتایج مقایسه میانگین‌های عنصر فسفر نشان داد که کاربرد اسیدآمینه و جلبک دریایی باعث افزایش مقدار فسفر دانه شدند و از این نظر، تیمارهای اسیدآمینه و عصاره جلبک به ترتیب با ۱۲/۴ و ۱۴/۴ درصد موجب افزایش معنی‌دار مقدار فسفر دانه در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۶). محققان افزایش جذب عنصر فسفر تحت تأثیر مصرف اسیدآمینه را به جذب این عنصر به‌وسیله ریشه‌ها و انتقال و تجمع آن به برگ‌ها نسبت داده‌اند (Salwa and Osama, 2014). درصورتی‌که پژوهشگران افزایش محتوای کربوهیدرات محلول دانه به دلیل محلول‌پاشی جلبک دریایی را موجب افزایش جذب عنصر فسفر ذکر کرده‌اند (Kalaivanan et al., 2012). نتایج مشابهی توسط محققان نیز گزارش شده است (Salwa and Osama, 2014). در مورد جذب پتاسیم توسط دانه، نتایج نشان داد که سطح آبیاری بر اساس ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر باعث کاهش معنی‌دار و ۷ درصدی مقدار پتاسیم دانه نسبت به آبیاری بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر شد (جدول ۷). نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققین در مورد تأثیر تنش خشکی بر جذب P و K مطابقت داشت (Bukhari et al., 2015). مصرف اسیدآمینه باعث افزایش ۷/۴ درصدی پتاسیم دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۶). نتایج مشابهی توسط محققان نیز گزارش شده است (Salwa and Osama, 2014).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر محرک‌های رشد گیاهی بر مقادیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز و آهن دانه گندم

Table 6. Means comparison effect of plant growth biostimulants on nitrogen, phosphorus, potassium, zinc, manganese and iron of wheat grain

Plant growth timulation treatment	تیمار محرک رشد گیاهی	نیتروژن دانه Nitrogen of grain	فسفر دانه Phosphorus of grain	پتاسیم دانه Potassium of grain	روی دانه Zinc of grain	منگنز دانه Manganese of grain	آهن دانه Iron of grain
		----------%			----------mg.kg^{-1}		
Control	شاهد	1.803^{b}	0.250^{b}	0.312^{b}	38.583^{b}	36.000^{b}	82.500^{c}
Amino acid	اسیدآمینه	2.187^{a}	0.281^{a}	0.335^{a}	42.250^{ab}	41.000^{a}	103.333^{a}
Fluvic acid	اسید فولویک	2.032^{ab}	0.263^{ab}	0.315^{b}	42.500^{ab}	39.833^{a}	88.833^{bc}
Seaweed extract	جلبک دریایی	2.000^{ab}	0.286^{a}	0.317^{b}	46.417^{a}	42.250^{a}	100.00^{ab}

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری بر مقادیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز و آهن دانه گندم

Table 7. Means comparison effect of irrigation levels on nitrogen, phosphorus, potassium, zinc, manganese and iron of wheat grain

Irrigation levels	آبیاری سطوح	نیتروژن دانه Nitrogen of grain	فسفر دانه Phosphorus of grain	پتاسیم دانه Potassium of grain	روی دانه Zinc of grain	منگنز دانه Manganese of grain	آهن دانه Iron of grain
		---------- % ----------			----------mg.kg^{-1}		
70 (mm)	۷۰ میلی‌متر	2.111^{a}	0.284^{a}	0.330^{a}	43.667^{a}	40.542^{a}	97.083^{a}
130 (mm)	۱۳۰ میلی‌متر	1.899^{b}	0.257^{b}	0.309^{b}	41.208^{b}	39.000^{a}	88.750^{b}

افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه گندم در اثر مصرف اسیدآمینه در شرایط تنش خشکی و شرایط نرمال آبیاری توسط پژوهشگران گزارش شده است (Salwa and Osama, 2014). نتایج حاصله درباره مقدار روی دانه نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار این عنصر به میزان ۶ درصد در مقایسه با دور آبیاری نرمال شد (جدول ۷). نتایج مشابهی توسط بیوخاری و همکاران (Bukhari et al., 2015) نیز گزارش شده است. نتایج اثر محرک‌های رشد بر مقدار عنصر روی دانه نشان داد که بیشترین مقدار روی دانه (۴۶/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار عصاره جلبک دریایی به‌دست‌آمده و نسبت به شاهد برتری معنی‌داری پیدا کرد ولی در مقایسه با تیمارهای اسیدآمینه و اسید فولویک اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). محققان گزارش کردند که جلبک دریایی باعث افزایش محتوای کربوهیدرات محلول دانه شده است (Kalaivanan et al., 2012). آن‌ها اظهار داشتند که افزایش محتوای کربوهیدرات محلول دانه به دلیل محلول-پاشی جلبک دریایی موجب افزایش جذب عناصر لازم توسط گیاه شده است. در مورد جذب منگنز توسط دانه نتایج نشان داد که تنش خشکی مقدار منگنز دانه را نسبت به شرایط نرمال آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش داد. مقدار منگنز دانه در شرایط تنش خشکی ۴ درصد کاهش یافت (جدول ۷). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Bukhari et al., 2015). بیشترین منگنز دانه (۴۲/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار جلبک دریایی به دست آمد و به همراه تیمارهای اسیدآمینه و اسید فولویک در گروه آماری a قرارگرفته و افزایش آن‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار بود. (جدول ۶). کاربرد اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی به ترتیب ۱۴، ۱۱ و ۱۷ درصد موجب افزایش منگنز دانه در مقایسه با شاهد گردید. برخی از محققان عامل افزایش جذب عناصر غذایی ریزمغذی توسط اسیدآمینه را به قدرت کلات کنندگی اسیدآمینه نسبت می‌دهند (Popko et al., 2014). تأثیر مثبت جلبک دریایی بر روی جذب منگنز نیز ممکن است به دلیل تحریک رشد ریشه گندم توسط فیتوهورمون‌هایی باشد که در عصاره جلبک وجود دارد، چراکه عمدتاً اکسین‌ها مسئول ریشه‌زایی می‌باشند (Szczepanek et al., 2018). افزایش جذب عنصر منگنز تحت تأثیر کاربرد اسید فولویک نیز توسط برخی از محققان گزارش شده است (Samavat and Samavat, 2014). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های عنصر آهن دانه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ۹/۴ درصدی این عنصر نسبت به آبیاری در شرایط نرمال گردید (جدول ۷). کاهش جذب آهن توسط گندم در شرایط آبیاری بر اساس ۶۰ درصد FC توسط نواز و همکاران (Nawaze et al., 2015) گزارش شده است. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار آهن دانه در تیمار اسیدآمینه (۱۰۳/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد (جدول ۶). کاربرد اسیدآمینه و جلبک دریایی باعث افزایش معنی‌دار مقدار آهن دانه شده و به ترتیب این عنصر را ۲۵٪ و ۲۱٪ نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۶). علی-رغم افزایش ۸ درصدی مقدار آهن دانه در تیمار اسید فولویک، اختلاف آن نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. هم‌چنین بین اسیدآمینه و اسید فولویک از لحاظ آهن دانه، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶). اسیدآمینه به‌عنوان کلات یون‌های فلزی شناخته شده است. عناصر کم‌مصرف کلاته شده با اسیدآمینه، با اندازه بسیار کوچک و مولکول‌های الکتریکی خنثی، جذب و حمل و نقل خود را در درون گیاه تسریع می‌کنند (Johansson, 2008). درصورتی‌که سایر محققان افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه در اثر محلول‌پاشی جلبک دریایی را به افزایش محتوای کربوهیدرات محلول دانه نسبت می‌دهند (Kalaivanan et al., 2012).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش کمبود آب، میزان رشد و نمو و جذب عناصر غذایی دانه و در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. کاربرد محرک‌های رشد در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی باعث بهبود صفات مورد بررسی گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مصرف محرک‌های رشد در شرایط تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به عدم مصرف این مواد شده است. بعلاوه، همه محرک‌های رشد نه‌تنها سبب جبران تنش خشکی شدند، بلکه کاربرد اسیدآمینه و جلبک دریایی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به عدم مصرف این ترکیبات در شرایط آبیاری مطلوب شدند. لذا، محلول‌پاشی اسیدآمینه یا عصاره جلبک دریایی به‌عنوان راهکاری مؤثر در جهت بهبود رشد و عملکرد گندم به‌ویژه در شرایط تنش خشکی توصیه می‌شوند.

منابع

Abdel-Motagally, F.M.F., El-Zohri, M., 2018. Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 17, 178-185.

Azimi, M.S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S., Zare, S., 2013. Evaluation of amino acid and Salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5, 816-819.

Bandani, M., Abdolzadeh, A., 2006. Effects of silicon nutrition on salinity tolerance of Puccinellia distans parl. Journal of Agriculture Science and Natural Resources. 14, 111-119. [In Persian with English Summary].

Baqir, H.A., AL-Naqeeb, M.A.S., 2019. Effect of some amino acids on tillering and yield of three bread wheat cultivars. Iraqi Journal of Agriculture Sciences. 50, 20-30.

Bukhari, M.A., Ashraf, M.Y., Ahmad, R., Waraich, E.A., Hameed, M., 2015. Improving drought tolerance potential in wheat (*Triticum aestivum*) through exogenous silicon supply. Pakistan Journal of Botany. 47, 1641–1648

Bulgari. R., Cocettaa, G., Trivellinib, A., Vernierib, P., Ferrantea, A., 2015. Biostimulants and crop responses: a review. Biological Agriculture and Horticulture. 31, 1–17.

Chegeni, H., 2011. Effect of plant density on yield and yield components of wheat cultivars. Applied Field Crops Research. 104: 9-21. [In Persian with English Summary].

Duan, H., Zhu, Y., Li., J., Ding, W., Wang, H., Jiang, L., Zhou, Y., 2017. Effects of Drought Stress on Growth and Development of Wheat Seedlings. International Journal of Agriculture and Biology. 19, 1119-1124.

Emam, Y. 2010. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz. [In Persian with English Summary].

El-Hassanin, A.S., Samak, M.R., Moustafa, N., Shafika, A.M., Khalifa, M., Inas, I., 2016. Effect of foliar application with humic acid substances under nitrogen fertilization levels on quality and yields of sugar beet plant. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 5, 668-680.

El-Said, M.A.A., Mahdy, A.Y., 2016. Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization. Middle East Journal of Agriculture Research. 5, 462-472.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development. 29, 185-212.

Hafez, E.M., Gharib, H.S., 2016. Effect of exogenous application of ascorbic acid on physiological and biochemical characteristics of wheat under water stress. International Journal of Plant Production. 10, 579–596.

Hasanuzzaman, M., Mahmud, A.l., Anee, T.I., Nahar, K., Islam, T., 2017. Abiotic Stress-Mediated Sensing and Signaling in Plants: An Omics Perspective. Springer, https://doi.org/10.1007/978-981-10-7479-0.

Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., 2004. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. Sixth Ed. Prentice Hall, New. Jersey, USA.

Javadi, A., Esfandeyari, E.A., Pormohammad, A.R., Avans, A., 2017. Yield increase and improve the composition of amino acids and protein content of wheat grains with folic acid. Journal of Crop Production. 10, 115-128. [In Persian with English Summary].

Johansson, A. 2008. Conversations on chelation and mineral nutrition. Australian Journal of Grape and Wine Research. 583, 53–56.

Kalaivanan, C., Chandrasekaran, M., Venkatesalu, V., 2012. Effect of seaweed liquid extract of Caulerpa scalpelliformis on growth and biochemical constituents of black gram (*Vigna mungo* L. Hepper). Phycological Society, India. 42, 46-53.

Karimi, A., 2008. Evaluation of Surface Irrigation Regimes on Nitrogen Use Efficiency in Sugar Beet Farming. Journal of Plant Production Research. 16, 133-148. [In Persian with English Summary].

Manal, F.M., Thalooth, A.T., Essa, R.E.Y., Mirvat, E.G., 2018. The stimulatory effects of Tryptophan and yeast on yield and nutrient status of Wheat plants (*Triticum aestivum* L.) grown in newly reclaimed soil. Middle East Journal of Agriculture Research. 7, 27-33.

Maqsood, M., Shehzad, M.A., Ahmad, S., Mushtaq, S., 2012. Performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes associated with agronomical traits under water stress conditions. Asian Journal of Pharmaceutical and Biological Research. 2, 45-50.

Mohamed, A.M., 2006. Effect of Some Bio-chemical Fertilization Regimes on Yield of Maize. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Zagazig, Egypt.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., Ertani, A., 2015. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. Scientia Agricola. 73, 18-23.

Nawaz, F., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Waraich, E.A., Khan, S.Z., 2015. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat under drought stress. Ecotoxicol Environ. 113, 191–200.

Petrozza, A., Summerer, S., Di Tommaso, G., Di Tommaso, D., Piaggesi, A., 2013. Evaluation of the effect of Radifarmw treatment on the morpho-physiological characteristics of root systems via image analysis. Acta Horticulturae. 1009, 149–153.

Popko, M., Wilk, R., Gorecki, H., 2014. New amino acid biostimulators based on protein hydrolysate of keratin. Molecules. 93, 1012–1015.

Popko, M., Michalak, I., Wilk, R., Gramza, M., Chojnacka, K., and Gorecki, H., 2018. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. Molecules. 1-13.

Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., Tava, A., 2019. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. Agronomy. 9, 1-22.

Salwa, A.R.H., Osama, A.M.A., 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. Annals of Agricultural Sciences. 59, 133–145.

Samavat, S., Samavat, S., 2014. The effects of fulic acid and sugar cane molasses on yield and qualities of tomato. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 8, 266-268.

Sedaghat, M.E., Emam, Y., 2016. Effect of three growth regulators on grain yield of wheat cultivars under different moisture regimes. Journal of Crop Production and Processing. 6, 15-33.

Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E., 1996. Methods of soil analysis Part 3- Chemical methods. Soil Science Society of America Book Ser. 5, Madison, Wiscons in, USA, p. 1390.

Szczepanek, M., Wszelaczynska, E., Poberezny, J., 2018. Effect of seaweed biostimulant application in spring wheat. AgroLife Scientific Journal. 7, 131-136.

Shah, M.T., Zodape, S.T., Chaudhary, D.R., Eswaran, K., Chikara, J., 2013. Seaweed SAP as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. Journal Plant Nutrition. 36, 192–200.

Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., Martin, T., 2014. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. Journal of Applied Phycology. 26, 465–490.

Vijayanand, N., Ramya, S.S., and Rathinavel, S., 2014. Potential of liquid extracts of sargassum wightii on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. Asian Pacific Journal of Reproduction. 3, 150-155.

Yakhin, O.I., Lubyanov, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H., 2017. Biostimulants in plant science: A global perspective. Frontiers in Plant Science. 2017, 7, 2049