Journal of Plant Environmental Physiology
ISSN: 7671-2423 (Print), 2783-4689 (Online) http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/iper.2022.690266;
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.65.10.3

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Effects of auxin and gibberellin hormones on some agronomic, physiological, and biochemical traits of tancy mustard (*Descurainia sophia*) under different levels of humic acid

Mohamad Jahantigh, Issa Khammari*, Alireza Sirousmehr, Mehdi Dahmardeh

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: Ikhammari@uoz.ac.ir

Serial 65, 17th year, Number 1, Spring 2022 (127-140)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 2021/02/06
Revised: 2021/05/19
Accepted: 2021/06/11

Keywords
Chlorophyll
Herbal plant
Mucilage
Nutrition
Seed yield

Abstract

The use of plant hormones in the last decade has been considered in line with the expansion of sustainable agriculture, and therefore, it should be investigated in the integrated management of crops. In order to investigate the effect of application of different plant hormones (auxin and gibberellin) on some agronomic, physiological, and biochemical characteristics of tancy mustard (*Descurainia sophia*) under different levels of humic acid, an experiment was conducted as split plots in a randomized complete block design with 3 replications in research farm of the Agricultural Research Institute of Zabol University (Chah Nimeh) for two years. The main factor included two concentrations of humic acid (0 and 5 liters per hectare) and the secondary factor included nine concentrations of foliar application including control (foliar application with distilled water), auxin hormone (IBA) at concentrations of 10, 20, 30, and 40 mg/l, and IBA and gibberellin at concentrations of 15, 30, 45, and 60 mg/L. The results of combined analysis of data showed that the three-way effect of experimental treatments was not significant for any of the studied traits, but the interaction of humic acid and foliar application was significant for all studied traits. Humic acid significantly increased plant height, number of seeds per pod, leaf chlorophyll percentage, protein percentage, harvest index, grain yield, mucilage, and unsaturated fatty acid. Foliar application of 20 mg/l IBA increased plant height, number of seeds per pod, 1000 seed weight, and leaf chlorophyll. Also, 60 and 45 mg/l gibberellin increased plant height and 1000 seed weight. In general, it was concluded that applying 5 liters per hectare humic acid and foliar spraying of 20 mg per liter of IBA is suitable for sorrel cultivation.

Please cite this article as Mohamad Jahantigh, Issa Khammari, Alireza Sirousmehr, Mehdi Dahmardeh. 2022. Effects of auxin and gibberellin hormones on some agronomic, physiological, and biochemical traits of tancy mustard (*Descurainia sophia*) under different levels of humic acid. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 65(1): 127-140.

© 2022. All Rights Reserved

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی

http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir شاپا: (چاپی) ۲۴۲۳-۷۶۷۱ (آنلاین) ۲۷۸۳-۴۶۸۹،

Doi: 10.30495/iper.2022.690266;
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.65.10.3

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تاثیر هورمون‌های اکسین و جیبرلین بر برخی ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) تحت سطوح مختلف اسید هیومیک

محمد جهانتیغ، عیسی خمری*، علیرضا سیروس مهر، مهدی دهمرده

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: Ikhammari@uoz.ac.ir

سال هفدهم، شماره ۶۵، بهار ۱۴۰۱ / صفحات: ۱۴۰-۱۲۷

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸
تاریخ ویرایش:۱۴۰۰/۰۲/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۱

واژه‌های کلیدی:
کلروفیل
مجموعه گیاهی
موسیلاژ
تغذیه
عملکرد دانه

چکیده

کاربرد هورمون‌های گیاهی در دهه اخیر با توجه به گسترش کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است و از این رو باید در مدیریت تلفیقی گیاهان زراعی مورد تحقیق قرار گیرد. به منظور بررسی اثر کاربرد هورمون‌های مختلف گیاهی (اکسین و جیبرلین) بر برخی ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خاکشیر تحت سطوح مختلف اسید هیومیک، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی دو سال در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) اجرا شد. عامل اصلی شامل دو غلظت اسید هیومیک (صفر و ۵ لیتر در هکتار) و عامل فرعی محلول‌پاشی شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، هورمون اکسین در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و هورمون جیبرلین در غلظت‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلی گرم بر لیتر بود. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سه جانبه تیمارهای آزمایشی برای هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی دار نبوده اما برهمکنش اسید هیومیک و محلول پاشی بر تمامی صفات مورد بررسی معنی دار بود. هیومیک به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین، درصد کلروفیل برگ، درصد پروتئین، شاخص برداشت، عملکرد دانه، موسیلاژ و اسید چرب غیراشباع گشت. همچنین سطح محلول‌پاشی ۲۰ میلی گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن ۱۰۰۰ دانه و کلروفیل برگ و سطوح ۶۰ و ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین صفات ارتفاع بوته وزن ۱۰۰۰ دانه خاکشیر گردید. درحالت کلی می‌توان گفت سطح ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید برای گیاه خاکشیر مناسب می‌باشد.

استناد: محمد جهانتیغ، عیسی خمری، علیرضا سیروس مهر، مهدی دهمرده. (۱۴۰۱). تاثیر هورمون‌های اکسین و جیبرلین بر برخی ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) تحت سطوح مختلف اسید هیومیک. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۶۵ (۱)، ۱۴۰-۱۲۷.

مقدمه

خاکشی (خاکشیر)، گیاهی یکساله یا دوساله از تیرهٔ شب‌بویان با نام‌های علمی *Descurainia sophia* L.، *Sisymbrium irio* L. و *Sisymbrium sophia* L. است (Al-Massarani et al., 2017). به‌طور میانگین ۷۱/٤ درصد از روغن بذر شامل اسیدهای چرب اشباع نشده‌ای مثل اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک می‌باشد که از بین این‌ها اسید لینولنیک به‌عنوان اسید چرب ضروری برای انسان، با حداکثر ٤٤ درصد غالب است (Marsalkien et al., 2009). تولید دانه خاکشیر و کیفیت آن تحت تاثیر عوامل محیطی و زراعی قرار می‌گیرد. با استفاده از روش استخراج سوکسله[1]، ترکیبات اصلی اسید چرب از برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها به دست آمد، این ترکیبات شامل اسید اولئیک، اسید لینولنیک، اسید لینولئیک و اسید پالمیتیک می‌باشد. مقادیر اسید چرب غیر اشباع آن بیش از اسید چرب اشباع بود (Tavakoli, 2012). افزایش مواد آلی و تامین عناصر غذایی خاک به مقدار کافی نقش مهمی در تولید کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد و در مدیریت پایدار خاک، توجه به حفظ توازن عناصر غذایی و حفظ حاصلخیزی آن مهم است. باید عناصر غذایی که توسط اندام‌های گیاهی از زمین خارج می‌شود، از طریق کودهای آلی و شیمیایی به زمین برگردانده شود (Martin et al., 2006). مواد هیومیکی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از باقیمانده گیاهان و حیوانات حاصل می‌شوند (Maccarthy, 2001; Klucakova and Veznikova, 2017). اسید هیومیک به‌عنوان یک ترکیب شبه هورمونی (Nardi et al., 2002; Zheng et al., 2004) نقش به سزایی در افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات کنندگی و احیاکنندگی و در نتیجه بهبود رشد گیاه دارد (Sebastiano and Necdet, 2005).

تنظیم کننده‌های رشد گیاهی به‌طور گسترده برای بهبود رشد گیاه، افزایش تعداد، اندازه و عملکرد میوه‌ها در باغبانی استفاده می‌شود (Batlang, 2008). اکسین‌ها جزء اولین گروه هورمون‌های کشف شده هستند که وظایفی همچون تسریع در ریشه‌زایی گیاهان و ریزش برگ‌های اضافی درختان میوه را بر عهده دارند. مهم‌ترین عاملی که روی عملکرد اکسین‌ها تأثیر گذار بوده مقدار مصرف اکسین و یا غلظت هورمون مصرفی است. گاهی اوقات یک اکسین معین عامل رشد و تقسیم سلولی است (Ahmadiyan et al., 2007). گزارش شده است که اکسین موجب تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌گردد (Zand et al., 2011).

جیبرلین یکی از هورمون‌های تنظیم کننده رشد گیاهی است که در مراحل رشد اثرات متنوع و متفاوتی بر رشد و نمو بسیاری از گیاهان دارد. استفاده از جیبرلین در غلظتهای بالا رشد بعضی از گیاهان را تشدید می کند. امروزه جیبرلین‌ها به‌عنوان یکی از مهمترین تنظیم کننده‌های رشد گیاهی شناخته شده‌اند که به‌طور طبیعی در گیاهان عالی وجود دارد (Abbasi et al., 2019; Atri, 1996). مصرف اسید جیبرلیک موجب افزایش معنی دار درصد روغن و اسیدهای چرب اشباع در گیاه کلزا گردید (Ezzati et al., 2020). محققان تاثیر مثبت جیبرلیک اسید بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت، گندم، برنج و لوبیا را اشاره کردند (Sarwar et al., 2017; Kumar et al., 2015; Farooq et al., 2016; Ashraf et al., 2002).

تغییرپذیری میزان رشد بوسیله جیبرلین‌ها ممکن است بدلیل افزایش در سطح مؤثر برگ، تحریک میزان فتوسنتز، افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها یا تغییر در توزیع

1. Soxhlet extraction

مواد فتوسنتزی و یا اثر مشارکتی این موارد باشد و از طرفی جیبرلین‌ها با تحریک فعالیت برخی آنزیم‌های پروتئاز موجب تبدیل پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه از جمله تریپتوفان که پیشساز اکسین است، می‌شوند. بنابراین برخی اثر خود را به‌صورت غیرمستقیم از طریق اکسین نیز اعمال می‌کنند (Akbari and Moalemi, 2012). در تحقیقی بیشترین عملکرد روغن و پروتئین گلرنگ مربوط به محرک رشد دالجین (حاوی جیبرلین) بود و شاهد با کمترین میزان عملکرد روغن و پروتئین پایین‌ترین سطح را به خود اختصاص داد، همچنین محلول‌پاشی با کدامین ۱۵۰ و دالجین در زمان ظهور غنچه گل+ گلدهی به‌ترتیب باعث افزایش رشد رویشی و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه شد (Poryosef and Shahi, 2017).

با نظر به اینکه هدف از کشت گیاهان دارویی، ارتقای سلامت انسان‌ها است و رویکرد جهانی در تولید آن‌ها بهبود کمیت و کیفیت ماده موثره می‌باشد، تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای بیشترین تطابق با اهداف تولید گیاهان دارویی می‌باشد، همچنین با توجه به اینکه مطالعات کمی بر روی تاثیرات تنظیم کننده‌های رشد بر روی مولفه‌های رشدی و مواد موثره گیاهان دارویی انجام گرفته است، بر این اساس، این پژوهش تاثیر کاربرد کود اسید هیومیک و هومون‌های اکسین و جیبرلین بر برخی ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خاکشیر (*Descurainia Sophia*) مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در دو سال زراعی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل دو غلظت اسید هیومیک (صفر و ۵ لیتر در هکتار) و عامل فرعی شامل نه غلظت محلول‌پاشی شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، هورمون اکسین در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤٠ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و هورمون جیبرلین در غلظت‌های ۱۵، ۳۰، ٤٥ و ٦٠ میلی گرم بر لیتر بود. تیمار اسید هیومیک به همراه آبیاری در ابتدای ساقه‌دهی و محلول‌پاشی هورمون‌های اکسین و جیبرلین در دو مرحله گلدهی و خورجین‌دهی انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش ٦١ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ٤٩٨/٢ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر آب و هوا، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. متوسط بارندگی در آن ۵۸/۹ میلی‌متر در سال، متوسط دمای سالانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر سالانه آن ٤٨٦٥ میلی‌متر است.

جدول ۱: مشخصات اقلیمی منطقه طرح در دوره‌های شاخص در طی دو سال اجرای آزمایش

	عوامل اقلیمی / ماه	واحد	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین
سال زراعی ۹۷-۹٦	متوسط درجه حرارت	درجه سانتی‌گراد	۱۵/۲	۸/۱	۹/۲	۱۰	۱۷/۲	۲۳/۷
	متوسط بارندگی	میلی‌متر	۰	۰	۱	۷/٤	۳/٦	۱۰/٤
	متوسط رطوبت نسبی	درصد	۲٦	۳۰	۳۱	۳٦	۳٦	۲۹
سال زراعی ۹۸-۹۷	متوسط درجه حرارت	درجه سانتی‌گراد	۱٦	۸/۵	۱۰	۱۱	۲۰	۲۳/۵
	متوسط بارندگی	میلی‌متر	۰	۱	۱/۵	۸	۲/۵	۱۱
	متوسط رطوبت نسبی	درصد	۲۷	۳۰	۳۲	۳٦	۳۷/۵	۳۱

زمین محل آزمایش در بهار به عمق ۳۰ سانتی‌متر شخم و سپس عملیات دیسک زنی و تسطیح در پاییز انجام گرفت، پس از انجام تجزیه خاک و عملیات خاک‌ورزی (یک هفته قبل از کاشت) کرت‌هایی به ابعاد ۲×۳ متر طبق نقشه کاشت آماده گردید.

جدول ۲: مشخصات خاک محل آزمایش

pH	EC (ds/m)	K (ppm)	N (درصد)	P(ppm)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک
۹/۷	۳/۲	۲۳۰	۸	۳/۲۵	۱۵	۱۷	٦٨	لوم شنی

فاصله بین کرت‌ها نیم متر و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده خاکشیر و اسید هیومیک، از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. مراقبت‌های پس از کاشت شامل آبیاری، وجین و سله‌شکنی به طور منظم انجام شد.

صفات کمی، عملکرد دانه و شاخص برداشت: در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۱۰ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه و شاخص برداشت با حذف اثر حاشیه، یک متر مربع از هر کرت جمع‌آوری و در نهایت بر اساس کیلوگرم در هکتار اندازه گیری شد.

موسیلاژ: به منظور تعیین درصد موسیلاژ، ۵ گرم از ماده خشک دانه آسیاب شده را در بشر ریخته و ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به آن افزوده و ٢٤ ساعت در یخچال نگهداری شد ۵۰ میلی لیتر از این مایع صاف شده را برداشته و ۱۰۰ میلی لیتر اتانول ۹۵٪ به آن اضافه کرده و دوباره ٢٤ ساعت نگهداری شد تا موسیلاژ موجود به صورت رسوب درآید. پس از این مدت برروی کاغذ صافی که قبلاً وزن شده بود صاف گردید و پس از خشک شدن در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، کاغذ صافی را وزن کرده و از روی اختلاف وزن کاغذ صافی تر و خشک وزن موسیلاژ مشخص گردید. به‌منظور تعیین درصد موسیلاژ، کاغذ صافی حاوی موسیلاژ را داخل بشری قرار داده و توسط ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر آن را شسته تا موسیلاژ موجود در آن از کاغذ صافی جدا شود و موسیلاژ به صورت رسوب باقی بماند. پس از خشک کردن کاغذ صافی آن را به دقت وزن کرده و از روی اختلاف وزن کاغذ صافی با وزن اولیه درصد موسیلاژ محاسبه شد (Samsam Shariyat, 2008).

پروتئین: برای تعیین پروتئین از رابطه زیر استفاده گردید. ضریب تبدیل ٦/٢٥ می باشد (Parvaneh, 2004).

ضریب تبدیل پروتئین×درصد نیتروژن=درصد پروتئین دانه

جهت اندازه‌گیری نیتروژن از روش کجلدال استفاده شد (Kjeldal, 1998). ابتدا ۰/۵ گرم نمونه خشک شده بذر را درون لولهٔ آزمایش گذاشته و سپس یک عدد قرص هضم به اضافه ٦ سی‌سی اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه گردید. لولهٔ حاوی نمونه را درون دستگاه قرار داده و عمل تقطیر انجام می‌شود. عصارهٔ حاصل پس از تقطیر با اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر شده تا زمانی که رنگ نمونه تغییر کند. آنگاه حجم اسید مصرفی را یادداشت نموده و از فرمول زیر مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید:

$$\%N = \frac{1.4007 \times (V - V_B) \times o.1}{m}$$

N نیتروژن. V حجم اسید مصرفی برای عمل تیتراسیون. m وزن نمونه. VB ۰/٦ – ۰/٤.

۱/٤۰۰۷← عدد ثابت.

۰/۱← غلظت اسید سولفوریک.

کلروفیل: جهت اندازه گیری کلروفیل کل ۰/۱ گرم از نمونه را درهاون تمیز ریخته سپس بافت را با ۲۰

میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد له کرده به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ کرده، بخش رویی به ارلن مایر ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل می شود. فرایند را تا زمانی که باقیمانده بافت بی رنگ شود تکرار کرده و حجم را با استن ۸۰ درصد به ۱۰۰ میلی رسانده سپس جذب محلول را در طول موج‌های ٤٨٠، ٥١٠، ٦٤٥ و ٦٥٢ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از فرمول زیر مقادیرکلروفیل کلروفیل کل محاسبه شد (Rangana, 1977).

$$\text{mg chl total}/g_t = 20.2\,(A_{645}) - 8.02\,(A_{663}) \times V/1000\,w$$

A: جذب طول موج

W: وزن تر نمونه

g_t: گرم بافت

V: حجم نهایی کلروفیل و کاروتوئید در استن ۸۰ درصد

اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع: در میان تمام روش‌های کروماتوگرافی، تعیین ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع به وسیله کروماتوگرافی گازی و با استفاده از استرهای متیلیک آنها، دقیق‌ترین نتایج را داشت (Gayou et al., 1993)، که در این تحقیق نیز همین روش به کار گرفته شد. در ابتدا به‌منظور استرمتیله نمودن اسیدهای چرب از هپتان نرمال و محلول متانولی هیدروکسید پتاسیم ۲ نرمال استفاده شد (Feanzens, 2000)، سپس استرهای متیلیک حاصل به‌منظور اندازه‌گیری میزان و نوع اسیدهای چرب به دستگاه گاز کروماتوگراف واریان آئروگراف مدل ۲۸۰۰ دتکتور یونش شعله تزریق گردید. از نرم‌افزار آماری SAS جهت تجزیه و تحلیل‌های آماری و نرم‌افزار Excel جهت رسم نمودارها استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

با توجه به جدول تجزیه مرکب (جدول ۳)، برای صفات ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل برگ و موسیلاژ اثر ساده تیمار اسید هیومیک و محلول‌پاشی و اثرات متقابل اسید هیومیک و محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار و برای صفت تعداد دانه در خورجین اثر محلول پاشی و اثرات متقابل اسید هیومیک و محلول پاشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار و برای اثر ساده اسید هیومیک غیر معنی دار، برای پروتئین دانه اثر ساده تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل انها در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل سال و محلول پاشی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار، همچنین برای اسید چرب اشباع اثر ساده محلول پاشی و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ساده اسید هیومیک غیرمعنی‌دار و برای اسید چرب غیر اشباع اثر ساده محلول پاشی و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ساده اسید هیومیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

ارتفاع بوته: با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آزمایشی (جدول ٤) افزایش سطوح اسید هیومیک باعث افزایش ارتفاع بوته شده است به‌طوری که بیشترین ارتفاع بوته (٦٣/٩٧ سانتی‌متر) از ترکیب تیماری ۵ لیتر اسید هیومیک و کاربرد ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید به‌دست آمد که با سطوح ۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و ٦٠ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین در سطح ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک اختلاف معنی‌دار نداشته و در گروه‌های آماری مشترک قرار گرفتند.

تعداد دانه در خورجین: نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در خورجین در جدول ٤ آورده شده است، با افزایش سطوح تیمار اسید هیومیک از ۰ به ۵ لیتر در هکتار در سطوح محلول پاشی هورمون باعث افزایش تعداد دانه در خورجین می شود بیشترین تعداد دانه در خورجین

(۲۵) از ترکیب تیماری ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین و کمترین آن (۱۸/۳۹) از عدم کاربرد اسید هیومیک و محلول‌پاشی ٦۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین به‌دست آمد.

وزن ۱۰۰۰ دانه: نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر وزن ۱۰۰۰ دانه در جدول ٤ آورده شده است، افزایش سطوح تیمار اسید هیومیک از ۰ به ۵ لیتر در هکتار باعث افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه می‌شود بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه (۰/۳۱٤٦ گرم) از ترکیب تیماری ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اکسین به دست آمد که با سطوح ۳۰ و ٤۰ میلی گرم بر لیتر اکسین و ٤۵ و ٦۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلین در سطح ۵ لیتر در هکتار تیمار اسید هیومیک اختلاف معنی‌دار نداشته و کمترین آن (۰/۲۱٤ گرم) از عدم کاربرد اسید هیومیک و محلول‌پاشی (شاهد) به‌دست آمد.

عملکرد دانه: مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد دانه گردید و محلول‌پاشی اکسین بیشتر از هورمون جیبرلین بر عملکرد دانه در خاکشیر موثر بوده است. بیشترین عملکرد دانه (٤۷/۷ کیلوگرم در هکتار) از ترکیب تیماری ۲۰ میلی گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و کاربرد ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک به دست آمد و کمترین آن (۱۹/۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد به دست امد (جدول ٤).

پروتئین دانه: مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کاربرد اسید هیومیک و محلول پاشی نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش پروتئین دانه گردید. بیشترین پروتئین دانه (۳۹/۹) از ترکیب تیماری ٤۵ میلی گرم جیبرلین و کاربرد ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک به دست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ٤).

شاخص برداشت: با توجه به جدول ٤، مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش شاخص برداشت گردید و محلول‌پاشی اکسین بیشتر از هورمون جیبرلین بر شاخص برداشت در خاکشیر موثر بوده است. بیشترین میزان شاخص برداشت (۲٤/۹ درصد) از ترکیب تیماری ٤۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و کاربرد ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک به دست آمد که با سطح ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و کاربرد اسید هیومیک اختلاف معنی دار نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین آن (۱۱/۹ درصد) از تیمارمحلول‌پاشی ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و عدم کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد.

کلروفیل کل: مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی (جدول ٤) نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش کلروفیل کل برگ گردید. بیشترین کلروفیل برگ (۲۳/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از ترکیب تیماری ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و کاربرد ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک به دست آمد و کمترین آن (۱٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار محلول‌پاشی ٤۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و عدم کاربرد اسید هیومیک به دست آمد.

موسیلاژ: مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش موسیلاژ گردید و محلول‌پاشی جیبرلین بیشتر از هورمون اکسین بر میزان موسیلاژ در خاکشیر موثر بوده است. بیشترین مقدار موسیلاژ (۲/۳۸ درصد) از ترکیب تیماری ۳۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلین و کاربرد ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک به دست آمد که با سطح ٤۵ میلی گرم بر لیتر جیبرلین اختلاف معنی دار نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین آن از تیمار ۱۵ میلی گرم بر لیتر جیبرلین و عدم کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ٤).

جدول ۳: نتایج تجزیه مرکب صفات مورد بررسی در گیاه خاکشیر

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد دانه	پروتئین دانه	شاخص برداشت	کلروفیل برگ	موسیلاژ	اسید چرب اشباع	اسید چرب غیر اشباع
سال	۱	۴۲/۷۲۴^{ns}	۶/۱۷۷^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۱۳/۵۱^{ns}	۲۰/۷۹^{ns}	۴/۹۳^{ns}	۳/۴۴^{ns}	۰/۰۵۵۵^{ns}	۱/۲۳۵^{ns}	۹۷/۴۹۳^{ns}
تکرار (سال)	۴	۲۳/۹۲۲	۲/۰۶۴	۰/۰۰۰۲	۱۶/۴۷	۳/۷۰۴	۳/۳۹	۰/۴۸	۰/۰۶۷	۰/۲۰۵۲	۲۰/۶۵۴
اسید هیومیک	۱	۴۵۵/۶۳۳**	۰/۳۹^{ns}	۰/۰۰۴۶**	۱۸۳۸/۹۲**	۸/۱۶۶**	۲۰۹/۲۹**	۲۷/۰۸**	۰/۹۵**	۲/۱۲۸^{ns}	۵/۹۳۱*
سال×اسید هیومیک	۱	۰/۲۹۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۱۷۵^{ns}	۰/۰۱۹۶^{ns}	۰/۰۲۴^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۱۶^{ns}	۰/۲۲۳^{ns}
تکرار×اسید هیومیک (سال)	۴	۲/۹۳۶	۱/۵۶	۰/۰۰۰	۴/۶۸	۰/۰۱۸	۱/۶۲	۰/۱۱۵	۰/۰۰۵	۰/۳۹۸۸	۰/۲۳۱
محلول‌پاشی	۸	۵۱/۲۱۵**	۲۲/۵۰**	۰/۰۰۳**	۱۴۹/۸۱**	۵۱/۷۸۳**	۳۵/۳۶**	۵۷/۳۲**	۰/۵۱۹**	۵/۸۷۱**	۱/۹۴۵**
اسیدهیومیک×محلول‌پاشی	۸	۵۱/۹۲۵**	۱۹/۲۳**	۰/۰۰۵**	۲۶۹/۰۹**	۴۹/۴۳۴**	۱۱۸/۳۰۳**	۱۹/۰۹**	۰/۲۱۲**	۵/۳۳۴**	۱۲/۷۳۶**
سال×محلول‌پاشی	۸	۰/۷۲۸^{ns}	۰/۰۹۵^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۲۳۹^{ns}	۰/۳۳۴*	۰/۰۹۴^{ns}	۰/۰۵۱^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۱۷۳^{ns}	۱/۷۰۲^{ns}
سال × اسیدهیومیک × محلول‌پاشی	۸	۰/۰۶۰۶^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۱۹۹^{ns}	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۱۰۱^{ns}
خطا	۶۴	۸/۰۷۵۷	۱/۴۹۸۷	۰/۰۰۰۲	۶/۹۲۵۸	۰/۱۵۰۱	۴/۱۸۴۵	۱۴/۹۸۹۱	۰/۰۲۵۷	۰/۸۵۱۲	۰/۱۰۱۹
ضریب تغییرات (٪)		۴/۹۳	۵/۷	۶/۰۵	۸/۳۶	۰/۹۶	۱۰/۷۴	۲/۹۳	۷/۹۴	۹/۶۶	۱/۳۸

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی در گیاه خاکشیر

اسید چرب غیر اشباع (درصد)	اسید چرب اشباع (درصد)	اسیدچرب اشباع (درصد)	موسیلاژ (درصد)	کلروفیل برگ (میلی گرم بر گرم وزن تر)	شاخص برداشت	پروتئین دانه (میلی گرم بر گرم وزن تر)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	تعداد دانه در خورجین	ارتفاع بوته (سانتی متر)	سطوح محلول پاشی (میلی گرم بر لیتر)	سطح اسید هیومیک (لیتر در هکتار)
۸۵/۱۴ e	۹/۱ cde	۹/۱ cde	۱/۷۷ gh	۱۴/۱۶ i	۱۶/۸۵ hi	۳۷/۵۸ i	۱۹/۸۶ i	۰/۲۱۴۵ h	۲۱/۲۲ def	۵۳/۵۶ hij	۰	۰
۸۶/۴۷ abcde	۱۰/۰۲ bc	۱۰/۰۲ bc	۱/۸۳ gh	۱۶/۴۹ ef	۱۱/۴۲ j	۴۲/۸۴ bc	۲۵/۶۴ fg	۰/۲۶۹۸ cde	۱۹/۷۳ fg	۵۷/۱۲۴ defg	IBA_{10}	
۸۷/۲ abcde	۹/۵۷ bcde	۹/۵۷ bcde	۱/۸۵ fgh	۲۱/۳۳ b	۱۹/۱۹ defgh	۳۸/۷۴ g	۳۲/۴۰ dc	۰/۲۷۴۴ dc	۲۰/۵ def	۵۶/۱۴۱ efgh	IBA_{20}	
۸۷/۳۷ abcd	۹/۹۰ bcd	۹/۹۰ bcd	۱/۸۸ efg	۱۵/۸۳ g	۱۱/۹۷ g	۴۱/۹۵ d	۳۱/۹ dc	۰/۲۶۴۹ cde	۲۱/۰۴۷ def	۵۰/۹۱۸j	IBA_{30}	
۸۱/۸۹ f	۰/۵۹ bcde	۰/۵۹ bcde	۲/۱۵ bcd	۱۴ i	۱۹/۳۷defgh	۳۹/۶۲ ef	۳۰/۱۴ de	۰/۲۳۳۱ fg	۲۰/۶۵ def	۵۸/۱۳cdef	IBA_{40}	
۸۷/۵۱ abc	۸/۹۵ cde	۸/۹۵ cde	۱/۳۸ i	۱۵/۱۱ h	۱۹/۱۰ efgh	۳۹/۳۴ f	۲۵/۰۱ gh	۰/۲۲۶۹ g	۲۰/۷۱ def	۵۲/۵۱ij	G_{15}	
۸۶/۲۱ de	۹/۳۰ bcde	۹/۳۰ bcde	۲/۱۳ bcd	۱۵/۷۵ g	۱۴/۸۰ i	۳۶/۸۰ j	۲۱/۸۸ hi	۰/۲۲۵۵ g	۱۹/۵۶ fg	۵۷/۲bcde	G_{30}	
۸۷/۵۶ abc	۷/۶۶ f	۷/۶۶ f	۲/۱۰ bcd	۱۲/۲۷ j	۱۶/۹۲ ghi	۳۹/۹۲ e	۲۴/۴۶ gh	۰/۲۶۴۴ cde	۱۹/۵ fg	۵۶/۴۵۱defgh	G_{45}	
۸۶/۲۹ bcde	۸/۴۱ ef	۸/۴۱ ef	۲ cdef	۱۵/۰۲ h	۱۸/۶۸ fgh	۳۸/۲۵ h	۳۰/۱۹ de	۰/۲۳۲۶ fg	۱۸/۳۹ g	۵۴/۷۸۱fgh	G_{60}	
۸۵/۶۷ e	۹/۳ cde	۹/۳ cde	۱/۸۸ gh	۱۶/۲۱ efg	۲۱/۶۹ cde	۴۳/۲۹ b	۳۴/۵۱ c	۰/۲۷۳ dc	۲۲/۰۳ bcd	۵۴/۱۳ghij	۰	۵
۸۶/۷۵ abcde	۹/۹۲bcd	۹/۹۲bcd	۲/۱۷ bc	۱۶/۰۸ fg	۲۱/۸۲ dc	۴۱/۶۹ d	۴۶ b	۰/۲۸۲۷ bc	۲۰/۷۱ def	۶۲/۰۹۵ab	IBA_{10}	
۸۷/۳۶ abcd	۱۰/۵۴ b	۱۰/۵۴ b	۱/۹۵ defg	۲۳/۱۵ a	۲۲/۲۶ bc	۴۳/۲۲ b	۴۷/۷۱a	۰/۳۱۴۶ a	۲۴/۱ a	۶۳/۹۷۵a	IBA_{20}	
۸۷/۸۷ ab	۹/۱۰ cde	۹/۱۰ cde	۱/۹۴ defg	۱۷/۱۱ d	۲۴/۴۳ ab	۴۲/۵۵ c	۴۲/۳۹ b	۰/۲۹۴۲ ab	۲۱/۵۱ cde	۶۱/۵۵۱abc	IBA_{30}	
۸۷/۵۷ abc	۹/۲۱ bcde	۹/۲۱ bcde	۲/۰۷ cde	۱۶/۶۶ de	۲۴/۹۵ a	۳۷/۷۶ i	۳۴/۸۰ c	۰/۲۹۵ ab	۲۲/۹۸ bc	۵۷/۶۰۸defg	IBA_{40}	
۸۸/۱۰ a	۱۱/۴۵ a	۱۱/۴۵ a	۲ cdef	۱۵/۲۲ h	۱۹/۹۴ cdef	۴۰/۰۸ e	۳۲/۲۵ dc	۰/۲۴۹۹ ef	۲۵ a	۵۷/۷۹۷defg	G_{15}	
۸۵/۷۹ de	۱۱/۴۱ a	۱۱/۴۱ a	۲/۳۸ a	۱۷/۱۸ d	۲۲/۲۹ bc	۴۱/۶۶ d	۳۵/۱۵ c	۰/۲۶۱۹ cde	۱۹/۹ efg	۵۷/۶۵۲defg	G_{30}	
۸۷/۹۶ a	۸/۶۸ def	۸/۶۸ def	۲/۳۴ ab	۱۸/۴۳ c	۱۷/۲۱ ghi	۴۶/۲۷ a	۲۸/۴۴ ef	۰/۳۰۰۷ ab	۲۲/۱۵ bcd	۶۰/۱۰۱bcd	G_{45}	
۸۶/۹۶ acd	۹/۰۹ cde	۹/۰۹ cde	۲/۱۳ bcd	۱۵/۱۱ h	۱۹/۶۰ defg	۳۴/۹۳ k	۲۹/۵۰ de	۰/۳۰۱۹ ab	۲۰/۹۸ def	۶۱/۵۰۶abc	G_{60}	

اسید چرب اشباع: مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کاربرد اسید هیویک و محلول پاشی (جدول ٤) نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش اسید چرب اشباع گردید. بیشترین آن (۱۱/٤٥ درصد) از ترکیب تیماری ۱۵ میلی گرم جیبرلین و کاربرد ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک به دست آمد که با سطح ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین اختلاف معنی دار نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین آن مربوط به تیمار ٤٥ میلی گرم بر لیتر جیبرلین و عدم کاربرد اسید هیومیک بود.

اسید چرب غیر اشباع: مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کاربرد اسید هیومیک و محلول پاشی (جدول ٤) نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش اسید چرب غیر اشباع گردید. هورمون جیبرلین بیشتر از اکسین در افزایش مقدار اسید چرب غیر اشباع موثر بوده است. بیشترین آن (۸۸/۱ درصد) از ترکیب تیماری ۱۵ میلی‌گرم جیبرلین و کاربرد ۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک به دست آمد که با سطح ٤٥ و ٦٠ میلی گرم بر لیتر جیبرلین و ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤٠ میلی گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و کاربرد اسید هیومیک اختلاف معنی‌دار نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین آن مربوط به تیمار ٤٠ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و عدم کاربرد اسید هیومیک بود.

بحث

محققان اعلام نمودند که اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی با تاثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی همچنین با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (Samavat and Malakoti, 2005). نتایج حاصل با نتایج تحقیقات Isavand و همکاران (2011) در نخود، Pazaki و همکاران (2012) بر ارتفاع بوته گیاه دارویی آویشن و Keshavarzi و همکاران (2014) در ذرت علوفه‌ای مطابقت داشت. به نظر می‌رسد دلیل افزایش تعداد دانه با مصرف مقدار بالای اسید هیومیک به دلیل جلوگیری از ریزش یا عقیم شدن گلچه‌ها باشد. کاربرد اسید هیومیک در گیاه موجب افزایش هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین در گیاه می‌شود (Abdel Mawgoud et al., 2007)، بنابراین با افزایش این هورمونها تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد و تعداد دانه بیشتر خواهد شد (Tourfi and Shokuhfar, 2019; Sedaghat and Emam, 2016). با بررسی اثر اسید هیومیک بر روی گندم مشخص شده است کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن وزن هزار دانه را افزایش می‌دهد. اسید هیومیک با تاثیر بر انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌ها وزن هزاردانه را در گیاه زراعی افزایش می‌دهد (Chemani et al., 2012). محتوای کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (Gosh et al., 2004). با توجه به نتایج این آزمایش که بیانگر افزایش میزان کلروفیل در اثر اسید هیومیک بود می‌توان این گونه استنباط کرد که با توجه به حضور این تیمار، گیاه توانسته است عناصر غذایی مورد نیاز خود را به میزان کافی در اختیار داشته باشد و در حضور نور و بقیه شرایط میزان کلروفیل بیشتری را در مقایسه با تیمار سنتز کند. اسید هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتز کننده شده و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد. همچنین اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد در گیاهان می‌شود (Nardi et al., 2002). به نظر می‌رسد اسیدهیومیک با در دسترس قرار دادن عناصر معدنی و مواد آلی از طریق

برگ به گیاه، توانسته فرآیند تولید موسیلاژ را تسریع کند. تحقیقات Ebrahimiyan و همکاران (2016) نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش درصد موسیلاژ در برگ و گل گیاه دارویی پنیرک شده است.

Mirmahmodi و همکاران (2014) و Keshavarzi و همکاران (2012) نیز به‌طور جداگانه در مطالعه خود عنوان نمودند که ارتفاع بوته ذرت با کاربرد هورمون جیبرلین افزایش یافت. گزارش‌های دیگری نیز مبنی بر اثر مثبت هورمون اکسین بر ارتفاع بوته گندم دروم وجود دارد (Maghsodi et al., 2014). جیبرلین‌ها بخشی از هورمون‌های گیاهی هستند که رشد و نمو گیاه شامل ارتفاع ساقه، جوانه زنی و انتقال از حالت رویشی به رشد زایشی را تنظیم می‌کنند (Stephen et al., 2005). جیبرلین یک نوع ترکیب دی ترپنوئید است که در جوانه‌زنی، تعیین جنسیت، ساقه رفتن، گسترش برگ، کرک و انتقال گیاه از فاز نوجوانی به فاز بزرگسالی نقش دارد (Bulak et al., 2014). نقش هورمون جیبرلین در گیاه افزایش محور طولی و افزایش فاصله میانگره‌ها است که منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد (Ahmadi et al., 2008). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که کاربرد هورمون جیبرلین به دلیل داشتن اثر محرک رشدی و به خصوص اثر افزایشی محور طولی ساقه منجر به افزایش ارتفاع آن گردید. جیبرلین‌ها با افزایش فعالیت گزیلوگلوکان اندوترانس گلیکوزیلات، قابلیت اتساع دیواره سلول را افزایش می‌دهند که نتیجه آن نرم شدن دیواره سلول است و به سلول اجازه کشیده شدن و طویل شدن تحت تاثیر فشار تورژسانس را می‌دهد (Betrand and Ernstsen, 2001). اکسین که هورمون افزایش دهنده رشد است، باعث افزایش تقسیم سلولی و طویل شده کلئوپتیل می‌شود (Fassler et al., 2010). از اثرات کاربرداکسین می‌توان به نقش این هورمون در مسیر فتوسنتز اشاره نمود که بر عملکرد بیولوژیک و میزان شیره پرورده تاثیرگذار می‌باشد. همچنین از اثرات غیر مستقیم آن می‌توان به تاخیر انداختن پیری برگ اشاره نمود که با افزایش دوام سطح برگ میزان انتقال مواد و تولید خالص فتوسنتز در طی فصل رشد بیشتر شده و در نتیجه میزان رشد نیز به دلیل بالا بودن فتوسنتز بیش تر خواهد بود (Maghsodi et al., 2014). با توجه به اینکه اکسین در باز شدن روزنه‌ها نقش دارند در نتیجه سبب فراهم سازی دی‌اکسیدکربن مور نیاز جهت فرایند فتوسنتز می‌شوند و از طرفی دیگر به دلیل باز شدن روزنه فرایند تنفس در گیاه کاهش می‌یابد که همین امر می‌تواند فتوسنتز را در گیاه افزایش داده و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی را افزایش دهد (Sharma and Dubey, 2005). از آنجایی که مواد شیمیایی موسیلاژ شامل پلی ساکاریدها، پروتئین، مواد معدنی و قندهای طبیعی شامل رامنوز، گالاکتوز، گالاکتورونیک اسید و گلوکز می‌باشد (Jalili Marandi, 2012). احتمال می‌رود افزایش میزان موسیلاژ نیز مربوط به تأثیر اکسین در افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و قندها از برگ‌ها به سمت دانه باشد (Belakbir et al., 1998; Hassanzadeh et al., 2017).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج بدست آمده از این تحقیق بیانگر تاثیرات مفید هیومیک اسید بر صفات کمی و کیفی مورد بررسی، همچنین پاسخ مثبت گیاه خاکشیر نسبت به محلول‌پاشی هورمون‌های اکسین و جیبرلین می‌باشد. در حالت کلی می‌توان گفت سطح محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید باعث افزایش برای صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن ۱۰۰۰ دانه و کلروفیل برگ و سطوح ۶۰ و ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین صفات ارتفاع بوته وزن ۱۰۰۰ دانه خاکشیر شده است. برای پروتئین دانه و موسیلاژ سطح محلول‌پاشی ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین نتیجه مطلوب داشته و برای اسیدهای چرب اشباع سطوح ۱۵ و ۳۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلین اما سطوح ۱۵ و ۴۵ جیبرلین و سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید باعث افزایش درصد اسید چرب اشباع شده است.

References

Abbasi, A., Maleki, A., Babaei, F., Safari, H. and Rangin, A. (2019). The role of gibberellic acid and zinc sulfate on biochemical performance relate to drought tolerance of white bean under water stress. Cellular and Molecular Biology (Noisy-le- Grand, France), 65(3):1-10.

Abdel Mawgoud, A.M.R., El Greadly, N.H.M., Helmy, Y.I. and Singer, S. M. (2007). Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. Journal of Applied Sciences Research, 3(2): 169-174.

Ahmadi, A., Ehsanzadeh, P. and Jabari, F. (2008). Introduction to plant physiology , University of Tehran Press, 681 p. (In Persian)

Ahmadiyan, R., Lahoti, M. and Zarehassanabadi, M. (2007). Biochemistry and physiology of plant hormones. Mashhad University Press, 360 p. (In Persian)

Akbari charmahini, S. and Moalemi, N. (2012). Effect of gibberellic acid on the growth of seedlings olive (*Olea europaea* L.). Journal of Horticultural Science, 24(2): 184-188.

Al-Massarani, S.M., El Gamal AA, Alam P, Al-Sheddi ES, Al-Oqail MM, Farshori NN. (2017). Isolation, biological evaluation and validated HPTLC-quantification of the marker constituent of the edible Saudi plant *Sisymbrium irio* L. Saudi Pharm Journal. 25(5): 750–759.

Ashraf, M. Karim, F. and Rasul, E. (2002). Interactive effects of gibberellic acid (GA) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Growth Regulator. 36(1): 49- 59.

Atri, M. (1996). Plants organogenesis and morphogenesis. Jahad Daneshghahi Urmia Press. (In Persian).

Batlang, U. (2008). Benzyladenine plus gibberellins (GA4+7) increase fruit size and yield in greenhouse-grown hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Biological Science, 8(3): 659-662.

Belakbir, A., Ruiz, J.M. and Romero, L. (1998). Yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) in response to bioregulators. Journal of Horticultural Science. 33: 1. 85-87.

Betrand, A.M. and Ernstsen A. (2001). Endogenous gibberellins in lolium perenne and influence of defoliation on their contents in elongating leaf bases and in leaf sheaths. Physiologia Plantarum. 111: 123-231.

Bulak, P. Walkiewicz A. and Brzezinska M. (2014). Plant growth regulators-assisted phytoextraction. Biologia Plantarum. 58(1): 1-8.

Chemani, F., Khodabandeh, N., Habibi, H., Asgharzadeh, A. and Davoodifard, M. (2012). The effect of salinity stress

on yield and yield components in wheat inoculated with growth-promoting bacteria (Azotobacter crocum, Azospirillium lipofrom, Pseudomonas putida) and humic acid. Agriculture and plant breeding. 8(1): 25-37.

Ebrahimiyan, S., Azizi, M. and Nemati, H. (2016). Investigation of the effect of plant density and application of humic acid on the mucilage of cheese medicinal plant. The Second National Conference on Medicinal Plants and Herbal Medicines.

Ezzati, N., Maleki, A. And Fathi, A. 2020. The effect of drought stress and foliar application of gibberellic acid and salicylic acid on quantitative and qualitative yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Plant Environmental Physiology, 14 (56): 109-94.

Farooq, M. Gogoi, N. Barthakur, S. Baroowa, B. Bharadwaj, N. Alghamdi, S.S. Siddique, K.H.M. (2016). Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. Journal of Agronomy and Crop Science. 203(2):81-102.

Fassler, E., Evangelou, M.W., Robinson, B.H. and Schulin, R. (2010). Effects of indole-3-acetic acid (IAA) on sunflower growth and heavy metal uptake in combination with ethylene diamine disuccinic acid (EDDS). Chemosphere, 80(8): 901-907.

Franzens, K. (2000). The Revival the Green –Gold. Published in the Scientific Magazin, 34 : 22-27.

Gayou, E.M., Ramanoelina, A.R.P., Rasoarahona, J.R.E. and combres, A. (1993). Fatty acids composition of sterculia seeds and oils from Madagascar. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 41:46-66.

Ghosh M. and singh S.P. (2005). A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it byproducts. Applied Ecology and Environmental Research. 3: 1-18.

Hassanzadeh, Z., Ghahremani, Z. and Barzegar, T. (2017). The effect of different levels of naphthalene acetic acid on growth, yield and quality of okra fruit, Kano cultivar. Journal of Plant Production Research. 24(1): 33-45.

Isavand, H. Azarniya, M., Nazariyan, F. and Sharafi, R. (2011). The effect of gibberellin and abscisic acid on germination and some physiological characteristics of chickpea seeds and seedlings in rainfed and irrigated conditions, Iranian Journal of Crop Science. 42(4): 789-797. (In Persian)

Jalili Marandi, R. 2012. Postharvest physiology. Urmia University. Press, 539p. (In Persian)

Keshavarzi M.S. Jafarihaghighi, and Bagheri, A. (2012). The effect of auxin and gibberellin on yield and quality of forage maize. Journal of Plant Acophisiologi. 15(15): 26-45.

Keshavarzi, M., Jafari Haghighi, B. and Bagheri, A. (2014). Evaluation of the effect of auxin and gibberellin on quantitative and qualitative characteristics of corn Forage. Journal of Plant Ecophysiology, 5(15): 26-35. (In Persian)

Kjeldal, S. (1998). An investigation of several phychological factors impinging on The perception of fresh fruits and vegetables. Un published phd. Thesis.University of new enghland, Australia.

Klucakova, M. and Veznikova, K. (2017). Micro-organization of humic acids in aqueous solutions. Journal of Molecular Structure. 1144: 30-40.

Kumar, S. Saxena, S. N. Mistry, J.G. Fougat, R.S. Solanki, R.K. and Sharma, R. (2015). Understanding *Cuminum cyminum*: An important seed spice crop of arid and semiarid regions. International of Journal Seed Spices. 5(2): 1-19.

Maccarthy, P. (2001). The principles of humic substances. *Journal Soil Science*, 166:738–751.

Maghsodi, B., Jafari Haghighi, B. and Jafari, A. (2014). The effect of micronutrient application and auxin hormone on performance and performance components Wheat Drum, Scientific Journal of Plant Ecophysiology, 6(16): 13-26. (In Persian)

Marsalkiene, N., Sliesaravicius, A., Karpaviciene, B. and Dastikaite, A. (2009). Oil content and fatty acid composition of seeds of some Lithuanian wild crucifer species. Agronomy Research, 7: 654-661.

Mirmahmodi, T., Farzipour, H. and Jalilnezhad, N. (2014). The effect of azospirillum and gibberellin on morphological characteristics, Yield components and yield of maize cultivar 370. Journal of Research in Crop Sciences 6(23): 109-124. (In Persian)

Nardi, S. Pizzeghello, D. Muscolo, A. and Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry, 34 (11): 1527- 1536.

Parvaneh, V. (2004). Food quality control and chemistry tests. University of Tehran Press, 332 p. (In Persian)

Pazaki, A., Rezaei, H., Habibi,D. and Paknezhad, F. (2012). Effect of drought stress, asscorbate and gibberellin foliar application on some morphological traits, RWC and cell membrane stability of Thyme (Thymus vulgaris L.), Journal of Agriculture and Plant Breeding, 8(1): 1-13. (In Persian)

Poryosef, M. and Shahi, M. (2017). The effect of foliar application of growth stimulants and their application time on yield and some agronomic characteristics of safflower. Scientific Journal of Crop Physiology, 8(32): 25-43. (In Persian)

Rangana, S. (1977). Mannual for analysis of fruit and vegetable product. Tata McGraw Hill Co. Pvt.Ltd., New Delhi, pp 73-76.

Samavat, S. and Malakoti, M. (2005). Necessity of produce and utilization of organic acids for increase of quality and quantity of agricultural products. Sana Publication. Tehran. (In Persian with English Summary)

Samsam Shariyat, S. (2008). Extraction and extraction of active ingredients of medicinal plants, 258 p. (In Persian)

Sarwar, N., Farooq, O., Mubeen, K., Wasaya, A., Nouman, W., Ali, M.Z. and Shehzad, M. (2017). Exogenous Application of Gibberellic Acid Improves the Maize Crop Productivity Under Scarce and Sufficient Soil Moisture Condition. Cercetari Agronomice in Moldova. 50(4): 65-73.

Sebastiano, D., Roberto, T., Ersilio, D. and Arturo, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Jonural Agricultural Research, 25: 183-191.

Sedaghat, M.E. and Emam, Y. (2016). Effect of Three Growth Regulators on Grain Yield of Wheat Cultivars under Different Moisture Regimes. Journal of Production and Processing of Crops and Horticulture. 6 (21) :15-33. (In Persian)

Sharma P. and Dubey R.S.H. (2005). Lead toxicity in Plants. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17(1): 35-52.

Stephen G.T. Ivo R. and Camille M.S. (2005). Gibberellins' metabolism and signaling. Vitamins and Hormones. 72: 289-38.

Tavakoli, R., Mohadjerani, M., Hosseinzadeh, R.. Tajbakhsh, M. and Naqinezhad, A. (2012). Chemical Composition of Fatty Acid from Different Parts of *Descurainia Sophia* L. Growing Wild in North of Iran. Letters to Analytical Chemistry, 2: 363-366.

Tourfi, F. and Shokuhfar, A. (2019). Effect of humic acid on yield, yield components and physiological parameters of wheat in deficit irrigation conditions. Quarterly Journal of Plant Production. 9(2): 122-132. (In Persian)

Zand, B.,Sorooshzade, A., Ghanatiand, F. and Moradi, F. (2011). Effect of zinc and Auxin foliar Application on some anti-oxidant enzymes activity in corn leaf. International Journal of Psychology. 2.1:35-48.

Zheng, Y., Graham, T. Richard, S. and Dixon, M. (2004). Potted gerbera production in a sub-irrigation system using low-concentration nutrient solutions. HortScientist. 39(6): 1283-1286.