Archive of SID

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 4, Winter 2020 (147-160)
DOI: 10.22059/ijfcs.2020.285454.654627

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹ (ص ۱۶۰-۱۴۷)

بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*) در پاسخ به پیش‌تیمارآبی و محلول‌پاشی کیتوزان و اسیدهیومیک

ماهرخ بلندی[1]، پریسا شیخ‌زاده[2*]، سعید خماری [2]، ناصر زارع [2]، جابر شریفی[3]

۱و۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،
۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/٤/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۷)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر با آب خالص و محلول‌پاشی با کیتوزان و اسیدهیومیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکردی گاوزبان اروپایی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی، گیاهان دارویی سامیان اردبیل در سال زراعی ۹٦ اجرا شد. تیمارها شامل پیش‌تیمار بذر در دو سطح (بدون پیش‌تیمار (شاهد) و پیش‌تیمار با آب به‌مدت ٤٨ ساعت) و محلول‌پاشی در چهار سطح عدم مصرف، ۰/۵ گرم در لیتر اسیدهیومیک، یک گرم در لیتر کیتوزان و کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان بودند. نتایج نشان داد که پیش‌تیمار بذر، با افزایش میزان رنگیزه‌های کلروفیل، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد (۱/۲۳ برابر) و اجزای عملکرد شد. محلول‌پاشی (اسیدهیومیک، کیتوزان و کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان) در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گل شد. اگرچه پیش‌تیمار به‌تنهایی موجب افزایش وزن هزاردانه و عملکرد دانه شد، محلول‌پاشی افزایش مضاعف این صفات را در پی داشت، به‌طوری‌که در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده، کاربرد اسیدهیومیک، سبب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه (۱/۲۲ برابر) و کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان، باعث افزایش ۱/٦۹ برابری عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد. این نتایج نشان‌دهنده وجود اثرات هم‌افزایی پیش‌تیمار بذر و کاربرد برگی اسیدهیومیک بر خصوصیات زراعی و عملکردی گیاه دارویی گاوزبان اروپایی در شرایط مزرعه است.

واژه‌های کلیدی: رنگریزه‌های فتوسنتزی، سبز شدن، عملکرد گل، گیاه دارویی، *Borago officinalis*.

Effects of hydropriming and foliar application of chitosan and humic acid on physiological and agronomic characteristics of borage

Mahrokh Bolandi[1], Parisa Sheikhzadeh[2*], Saeid Khomari[2], Nasser Zare[2], Jaber Sharifi[3]
1,2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, 3. Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardabil.

(Received: July 22, 2019 - Accepted: November 18, 2019)

ABSTRACT

To investigate the effects of hydropriming and foliar application of chitosan and humic acid on physiological and yield characteristics of borage, a factorial experiment was carried out based on a randomized complete block design with three replications at Medicinal Plants Research center of Samian Ardabil in 2017. Treatments were seed priming in two levels (non-priming (control) and hydropriming for 48 hours), and foliar application in four levels (control, 0.5 $g.L^{-1}$humic acid 1 $g.L^{-1}$ chitosan and combination of humic acid and chitosan). Results showed that hydropriming significantly improved the grain yield (1.23 fold) and yield components of borage plants compared to control; may be through the increasing in the photosynthetic pigments content. Foliar application of humic acid, chitosan and combination of humic acid and chitosan, significantly increased the flower yield in the plants obtained from primed seeds. Although hydropriming increased the 1000-grain weight and grain yield, the foliar application caused a further increase these traits, so that, in the plants from primed seeds, the foliar application of humic acid and utilization of humic acid and chitosan were significantly increased the 1000-grain weight (1.22 fold) and biological yield (1.69fold) compared to control, respectively. These results indicate the synergistic effects of hydropriming and utilization of humic acid on borage growth and yield characteristics under field condition.

Keywords: *Borago officinalis*, emergence, flower yield, medicinal plant, photosynthetic pigments.

* Corresponding author E-mail: p_sheikhzadeh@uma.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی یک-ساله، علفی و کرکدار است که تمام بخش‌های این گیاه، به‌ویژه گل و بذر آن در صنایع داروسازی و طب سنتی استفاده می‌شود. روغن (۳۷-۲۷ درصد) بذرهای گاوزبان اروپایی، حاوی مقدار زیادی اسید چرب گامالینولنیک اسید (امگا ۶) می‌باشد که برای درمان بیماری‌های قلبی، دیابت و بیماری‌های اماس استفاده می‌شود (Hasanvand *et al*., 2018).

جوانه‌زنی بذر، مرحله‌ای پیچیده در رشد گیاه است و از طریق اثر بر سبزشدن و استقرار گیاهچه، می‌تواند عملکرد را بهبود بخشد. یکی از مهم‌ترین تیمارهای افزایش‌دهنده قدرت و کیفیت بذر، پیش‌تیمار بذر[1] است. پیش‌تیمار بذر، یکی از تکنیک‌های بهبوددهنده جوانه‌زنی بذرها و یکی از ارزان‌ترین راه‌های افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و بهبود استقرار گیاهچه‌ها محسوب می‌شود (Mahmoudi *et al*., 2019 a,b). یکی از رایج‌ترین و ارزان‌ترین روش‌های پیش‌تیمار بذر، پیش‌تیمار بذر با آب است که در این روش، بذرها با آب خالص و بدون استفاده از هیچ ماده شیمیایی تیمار می‌شوند. محققان متعددی گزارش کردند که پیش‌تیمار بذر در گیاهان دارویی گاوزبان اروپایی (Mahmoudi *et al*., 2017)، سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) (Ansari *et al*., 2016) و سیاهدانه (*Nigella Sativa*) (Balouchi & Ahmadpour Dehkordi, 2013)، موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌ها می‌شود که این امر، موجب افزایش سرعت و درصد سبزشدن و استقرار بهتر و یکنواخت‌تر گیاهچه‌ها در مزرعه می‌شود (Farooq *et al*., 2006). در نتیجه، بوته‌های حاصل از این پیش‌تیمار، دارای رشد بیشتر، قدرت رقابت بهتر با علف‌های‌هرز و عملکرد بالاتر می‌باشند (Harris *et al*., 2007; Balouchi & Ahmadpour Dehkordi, 2013;. همچنین پیش‌تیمار بذر، سبب افزایش وزن صددانه و مواد ذخیره‌ای بذر می‌شود که از طریق پر شدن سریع‌تر دانه، افزایش انتقال مواد از اندام‌های رویشی به زایشی صورت می‌گیرد (Hajikhani *et al*., 2011).

هرچند که کاربرد مقادیر مناسب کودهای شیمیایی می‌تواند به افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی و دارویی در کوتاه مدت کمک کند، ولی کاربرد زیاد این کودها باعث تجمع این مواد در خاک و از بین رفتن برخی موجودات خاکزی می‌شود و اثرات مخرب زیست محیطی را در پی خواهد داشت؛ بنابراین برای بالا بردن عملکرد کیفی و کمی گیاهان زراعی و دارویی، از انواع کودهای طبیعی از جمله اسیدهیومیک استفاده نمود (Samavat & Malakuti, 2005). اسیدهیومیک یکی از اجزای اصلی مواد هیومیکی است که از طریق فرآیند معدنی شدن (Humification) به‌صورت شیمیایی و بیولوژیکی، از مواد گیاهی و جانوری و از طریق فعالیت-های بیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها تشکیل می‌شود (Maccarthy, 2001). کاربرد اسیدهیومیک در گیاه به-صورت کاربرد برگی (محلول‌پاشی)، سبب افزایش تنفس، سنتز اسیدهای نوکلئیک، جذب یون‌ها و افزایش غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شود. همچنین با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Chamani *et al*., 2012). اثرات مثبت مصرف اسیدهیومیک بر رشد و خصوصیات زراعی و عملکردی در لوبیا (El-Bassiony *et al*., 2010) و مارچوبه (Tejada & Gonzalez, 2003) گزارش شده‌است. کیتوزان یک ماده‌ی غیرسمی، بیوپلیمر آلی و طبیعی، قابل تجزیه و زیستی است که به‌عنوان دومین پلیمر زیستی فراوان بعد از سلولز در طبیعت است. نقش مثبت کاربرد کیتوزان در کاهش تنش‌های محیطی، محافظت گیاه در مقابل میکروارگانیسم‌ها، تحریک جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی به اثبات رسیده است (Amiri *et al*., 2016; Malekpoor *et al*., 2016). کیتوزان رشد و نمو گیاه را توسط بعضی مسیرهای انتقال پیام مربوط به بیوسنتز اکسین، از طریق

[1] Priming

www.SID.ir

Archive of SID

مسیر وابسته به تریپتوفان افزایش می‌دهد (Uthairatanakij *et al*., 2007). نقش مثبت کاربرد کیتوزان در رشد، ارتفاع، عملکرد، فیزیولوژی و متابولیسم ذرت (Guan *et al*., 2009)، گلرنگ (Mahdavi *et al*., 2011) و سرخارگل (Babaei Aghjedarbandi *et al*., 2018) گزارش شده است.

از آن‌جا که تولید بذرها و افزایش عملکرد گیاهان دارویی از جمله گاوزبان اروپایی، به‌دلیل مصارف زیاد دارویی و بهداشتی، اهمیت زیادی دارد، بنابراین با در نظر گرفتن اثرهای مثبت پیش‌تیمار بذر بر سبزشدن و استقرار گیاهچه‌ها و بهبود عملکرد با استفاده از محلول-پاشی (اسیدهیومیک و کیتوزان)، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر با آب، کاربرد کیتوزان و اسیدهیومیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکردی گیاه دارویی گاوزبان اروپایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر با آب خالص و محلول‌پاشی با کیتوزان و اسیدهیومیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکردی گاوزبان اروپایی، آزمایشی در سال زراعی ۹۶ با سه تکرار، در ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی، گیاهان دارویی سامیان اردبیل، واقع در ۱۵ کیلومتری جاده اردبیل- مشگین‌شهر، با مختصات ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۸ درجه و ۲۳ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۲۰متر از سطح دریا، با شرایط آب و هوایی نیمه خشک سرد (براساس آمبرژه) و با pH هفت و نیم تا هشت اجرا شد. وضعیت خاک مزرعه آزمایشی از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در جدول ۱ و خصوصیات هواشناسی منطقه در طول اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Physiochemical properties of the experimental field soil

Soil texture	Sand(%)	Clay(%)	Silt(%)	Salinity (ds/m^{-1})	Organic carbon(%)	Percent saturation	pH	k	P	N total
Sandy loam	28	29	43	0.34	0.87	40	7.5-8	560	3.68	0.09

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی منطقه در طول اجرای آزمایش

Table 2. Climatic information of the field during the experiment

Months of the year	April	May	June	July	August	September
Average temperature	8	15	17	19.6	19.8	18.5
Total rainfall	59.6	29.7	14.2	2.2	1.2	6.4

قبل از انجام عملیات کاشت در مزرعه، پیش‌تیمار بذرهای گاوزبان اروپایی با آب مقطر خالص و استریل شده در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد؛ به این ترتیب که ابتدا بذرهای‌های گاوزبان اروپایی (یکنواخت از نظر اندازه) در ژمیناتوری با دمای ۱۰ درجه سانتی-گراد به‌مدت ۴۸ ساعت در داخل آب مقطر خالص و استریل شده (در تاریکی کامل) خیسانده شدند و سپس رطوبت آن‌ها در آزمایشگاه (تا رسیدن به رطوبت اولیه) کاهش داده شد (McDonald, 2000). جهت کاشت بذرهای گاوزبان اروپایی (پیش‌تیمارشده و شاهد) در مزرعه، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک زنی و کرت‌بندی در اوایل بهار ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقاتی گیاهان دارویی سامیان اردبیل انجام شد. بذرهای گاوزبان در عمق دو تا سه سانتی‌متری کاشته شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بذرهای کاشته شده روی ردیف‌ها، ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Shekari *et al*., 2010). اولین آبیاری بعد از کشت بذرها انجام شد و پس از آن برحسب نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی (در صورت بارندگی و سردی هوا در ماه‌های اول کشت، آبیاری با تاخیر انجام می-گرفت) در ماه‌های اول کشت، به‌فاصله هر پنج تا هفت روز یک‌بار و در ماه‌های آخر، به فاصله ۱۲-۱۰ روز یک-بار، عملیات آبیاری به‌صورت نشتی در جوی‌های ایجاد

www.SID.ir

Archive of SID

شده بین ردیف‌های کاشت انجام گرفت.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارها شامل پیش‌تیمار بذر در دو سطح شاهد و پیش‌تیمار بذر با آب مقطر خالص به‌مدت ۴۸ ساعت (Mahmoudi *et al*., 2017; 2019b) و محلول‌پاشی در چهار سطح عدم محلول‌پاشی (شاهد)، ۰/۵ گرم در لیتر اسیدهیومیک، یک گرم در لیتر کیتوزان، کاربرد همزمان ۰/۵ گرم در لیتر اسیدهیومیک و یک گرم در لیتر کیتوزان بودند. تیمارهای محلول-پاشی در اوایل مرحله گل‌دهی اعمال شد. میزان رنگریزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b و کلروفیل کل با استفاده از روش Arnon (1949) محاسبه شد؛ بدین ترتیب که ۰/۱ گرم برگ تر گیاه به‌تدریج با استون ۸۰ درصد سائیده شد. عمل استخراج تا رسیدن به یک محلول سبز رنگ ادامه یافت. سپس حجم محلول با استون به ۱۰ میلی‌لیتر رسید. پس از ده دقیقه سانتریفیوژ در ۴۰۰۰ دور در دقیقه، جذب نوری در طول موج‌های۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و سپس غلظت آن‌ها بر اساس روابط زیر محاسبه شد.

$$Chl_a\ (mg/g) = (12.25A_{663}-2.79A_{646})/10$$
$$Chl_b\ (mg/g) = (21.50A_{646}-5.10A_{663})/10$$
$$Chl_t\ (mg/g) = 7.15\ A_{663}+ 18.71A_{646}$$

جهت تعیین عملکرد گل، مجموع گل‌های واقع در یک مترمربع از هر واحد آزمایشی (بعد از حذف اثر حاشیه‌ای)، در سه نوبت در مرحله گلدهی کامل برداشت شد. در مرحله رسیدگی، پنج بوته به‌طور تصادفی برداشت شدند و صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی، سرشاخه گلدار، میوه در بوته، دانه در واحد سطح و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. در هنگام رسیدگی نهایی نیز عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در واحد سطح تعیین شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver 9.1) صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2013 صورت گرفت.

نتایج و بحث

میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلروفیل a به‌طور معنی‌داری فقط تحت‌تأثیر محلول‌پاشی قرار گرفت، اما میزان کلروفیل b و کلروفیل کل، تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی قرار گرفتند (جدول ۳). پیش‌تیمار کردن بذرهای گاوزبان اروپایی، موجب افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل b و کلروفیل کل برگ‌ها در مقایسه با تیمار شاهد (بدون پیش‌تیمار)، به-ترتیب به میزان ۱۶/۳۶ و ۷/۲۱ درصد شد (جدول ۴). از آن‌جا که پیش‌تیمار آبی می‌تواند سبب افزایش سرعت استقرار گیاهچه (Aboutalebian *et al*., 2012)، افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن (Farooq *et al*., 2006) شود، می‌تواند محتوای رنگریزه‌های فتوسنتزی و میزان فتوسنتز را در گیاهان افزایش دهد (Roy & Srivastava, 2000). محلول‌پاشی با اسیدهیومیک، کیتوزان به‌تنهایی و محلول‌پاشی همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان، باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ‌های گاوزبان اروپایی شد (جدول ۴). کمترین میزان رنگریزه‌های فتوسنتزی در تیمار عدم محلول‌پاشی مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای محلول‌پاشی بود. به‌عبارت دیگر، کلیه تیمارهای محلول‌پاشی باعث افزایش تولید و تجمع رنگریزه‌های فتوسنتزی در گیاه گاوزبان اروپایی شد. به‌نظر می‌رسد که افزایش در میزان کلروفیل می‌تواند به‌دلیل بهبود سرعت سبزشدن بذرهای پیش‌تیمار شده با آب باشد. بدیهی است که افزایش سرعت سبزشدن و کاهش مدت سبزشدن، موجب بهبود استقرار گیاهچه‌ها و افزایش رشد رویشی در مزرعه می‌شود (Shekari *et al.,* 2010). همچنین محلول‌پاشی با اسیدهیومیک، موجب تحریک تجمع زیست‌توده و نیتروژن در گیاهان و تحریک جذب عناصر غذایی معدنی می‌شود. در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی در افزایش میزان کلروفیل گیاه دارد. احتمالاً با فعال شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی، کلروفیل‌سازی افزایش می‌یابد که در پی آن بهبود فرآیند فتوسنتز در مقایسه با شاهد اتفاق می‌افتد

www.SID.ir

Archive of SID

(Ebrahimi & Miri Karbasak, 2016). کاربرد کیتوزان می‌تواند از طریق حفظ محتوای نسبی آب برگ و ازدیاد رنگیزه‌های فتوسنتزی، موجب افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز شود. همچنین کیتوزان، بیان ژن کلروپلاست برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری که تغییر در اندازه کلروپلاست ممکن است عامل تحریک‌کننده رشد گیاهان باشد (Mosapour Yahyaabadi, *et al*., 2016). افزایش محتوای کلروفیل با کاربرد اسیدهیومیک در گیاه دارویی چای ترش (Sanjari *et al*., 2015)، گوجه‌فرنگی (Maccarthy, 2001) و لوبیا (El-Bassiony *et al*., 2010) مشاهده شد. همچنین در بررسی تأثیر کیتوزان بر گیاه زنیان (Khajeh & Naderi, 2014)، گیاه شنبلیله (Mosapour Yahyaabadi *et al*., 2016) و آویشن دنایی (Emami Bistgani *et al.,* 2015) نشان داده شد که کیتوزان موجب افزایش رنگریزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص سطح برگ و ماده خشک شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر پیش‌تیمار بذر با آب و محلول‌پاشی بر میزان رنگریزه‌های فتوسنتزی گاوزبان اروپایی

Table 5. Variance analysis of the effects of hydropriming and foliar application on photosynthetic pigments of borage

S.O.V.	df	Mean of Squares		
		Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll
Block	2	0.016ns	0.0047ns	0.039ns
Priming (P)	1	0.021ns	0.046**	0.132*
Foliar application (F)	3	0.091**	0.030**	0.226**
P×F	3	0.019ns	0.007ns	0.042ns
Error	14	0.017	0.004	0.026
C.V.(%)	-	8.44	10.87	7.57

*، ** و ns به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

*, **, and ns are significant at 1% and 5% of probability levels and non significant.

جدول ۴- مقایسه میانگین رنگریزه‌های فتوسنتزی گاوزبان اروپایی تحت تأثیر پیش‌تیمار آبی و محلول‌پاشی

Table .4- Mean comparison of photosynthetic pigments of borage affected by hydropriming and foliar application

Treatment	Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$ FW)	Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ FW)	Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$ FW)
Non-priming	1.53a	0.55b	2.08b
Hydro priming	1.59a	0.64a	2.23a
Control	1.39b	0.5b	1.90b
Humic acid (H)	1.69a	0.67a	2.37a
Chitosan (C)	1.57a	0.6a	2.17a
H&C	1.58a	0.61a	2.19a

برای هر گروه تیماری در هر ستون، میانگین‌های دارای یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند ($p\leq 0/05$) .

In each column, means with the same letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$).

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین ارتفاع بوته (۷۴/۴۵ سانتی‌متر) در زمان محلول‌پاشی اسیدهیومیک به‌دست آمد که با تیمار کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶). ارتفاع بوته در تیمار کاربرد برگی کیتوزان نسبت به تیمار شاهد، ۱/۳ سانتی‌متر بیشتر بود، اما این افزایش معنی‌دار نبود. کمترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) مشاهده شد (جدول ۶). کاربرد اسیدهیومیک، باعث افزایش ۱/۱۸ برابری ارتفاع بوته گاوزبان اروپایی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) شد (جدول ۶). یکی از مکانیسم‌های مواد هیومیک که منجر به افزایش رشد طولی می‌شود، مربوط به ترکیبات شبه‌جیبرلینی آن است (Nardi *et al*., 2002). کیتوزان نیز افزایش و رشد

www.SID.ir

Archive of SID

و نمو گیاه را توسط بعضی مسیرهای مربوط به بیوسنتز اکسین، از طریق مسیر وابسته به تریپتوفان، افزایش می‌دهد (Hussaini Begum *et al*., 2013). بررسی انجام گرفته در گیاه اسفناج نشان داد که ارتفاع گیاه با کاربرد اسیدهیومیک، افزایش یافت، به‌طوری‌که اسیدهیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ-ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها، سبب بهبود رشد، افزایش زیست توده تولیدی و ارتفاع بوته شده است (Ayas & Gulser, 2005). کاربرد برگی کیتوزان، بر رشد و ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis*) تأثیر گذاشته‌است و به‌عنوان عامل مثبتی در افزایش ارتفاع بوته موثر می‌باشد (Hussaini Begum *et al*., 2013).

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر پیش‌تیمار بذر با آب و محلول‌پاشی بر عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی

Table 6. Variance analysis of the effects of hydropriming and foliar application on yield and yield components of borage

S.O.V.	df	Mean of Squares								
		Plant height	Lateral per plant	Flowering branches per plant	Number of fruit per plant	Grains per unit area	Flower yield	1000 grain weight	Biological yield	Grain yield
Block	2	25.04ns	10.98*	3.52ns	2854ns	1389.81ns	0.03ns	0.47ns	99507ns	92.20ns
Priming (P)	1	59.22ns	13.45*	131.83*	25016**	3065.65ns	21.24**	1.30*	248546*	544.92*
Foliar application(F)	3	197.27**	9.59*	99.17**	17245**	4497.29**	27.98**	7.41**	222149**	662.26**
P×F	3	33.30ns	2.08ns	11.93ns	21.86ns	454.31ns	14.35**	0.54**	29161**	19.53ns
Error	14	26.63	2.51	19.42	3206	1197.22	2.59	0.28	38574	88.76
C.V.(%)	-	7.53	27.07	16.81	20.30	22.26	24.14	3.42	14.58	21.03

*، ** و ns به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال پنج ، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

*, **, and ns are significant at 1% and 5% of probability levels and non significant.

جدول ۶- میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی، تحت تأثیر پیش‌تیمار آبی و محلول‌پاشی

Table 6. Mean comparison of the effects of hydropriming and foliar application on yield and yield components of borage

Treatment	Plant height (cm)	Lateral per plant	Flowering branches per plant	Number fruit per plant	Grain per unit area	Grain yield ($gr.m^{-2}$)
Non-priming	66.93a	5.10b	23.87b	246.55b	2858.4a	40.01b
Hydropriming	70.07a	6.60a	28.56a	311.12a	3396.2a	49.54a
Control	62.96b	4.48b	22.05b	202.7b	120.54b	31.4c
Humic acid (H)	74.45a	7.52a	31.45a	328.33a	176.62a	52.4ab
Chitosan (C)	64.26b	5.48b	24.22b	288.82a	146.56ab	41.42bc
H&C	72.33a	5.93ab	27.15ab	295.48a	177.87a	53.89a

برای هر گروه تیماری در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند($p\leq 0/05$) .

In each column, means with the same letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$).

تعداد ساقه جانبی

صفت تعداد ساقه‌های جانبی بطور معنی‌داری تحت‌تأثیر پیش‌تیمار آبی و محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۵). میانگین تعداد شاخه‌های جانبی گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده، به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان حاصل از بذرهای شاهد بود. با پیش‌تیمار نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی، تعداد ساقه جانبی ۲۹/۴۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر با آب) افزایش نشان داد (جدول ۶). تأثیر مثبت و معنی‌دار پیش‌تیمار آبی بر تعداد شاخه فرعی اولیه و ثانویه در گیاه نخود (Zarei *et al.*, 2011)، گلرنگ (Ghorbi *et al*., 2016) و کتان (Pouryousef & Esmaeilzadeh, 2017) نیز گزارش شده است. با انجام محلول‌پاشی بوته‌های گاوزبان اروپایی با اسیدهیومیک، تعداد ساقه جانبی افزایش معنی‌داری (افزایشی ۶۷/۸۵ درصد) نسبت به تیمار عدم محلول-پاشی داشت (جدول ۶). بین تیمارهای کاربرد اسیدهیومیک به‌تنهایی و کابرد همزمان اسیدهیومیک

www.SID.ir

Archive of SID

و کیتوزان، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. کاربرد اسیدهیومیک می‌تواند منجر به جذب بهتر آب و انتقال مواد غذائی شود و از این طریق، رشد ریشه و ساقه را افزایش دهد (Moghbeli & Arvin, 2014). اگرچه محلول‌پاشی بوته‌های گاوزبان اروپایی با کیتوزان به‌تنهایی و کاربرد همزمان کیتوزان و اسیدهیومیک، موجب افزایش میانگین تعداد ساقه جانبی به‌ترتیب به میزان ۳۲/۳۶ و ۲۲/۳۲ درصد نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی شد، اما اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند. کمترین تعداد ساقه جانبی به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۶). براساس مطالعه انجام شده روی گلرنگ، تغذیه گیاهی با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، منجر به افزایش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی شد (Mohsennia & Jalilian, 2012). محلول-پاشی بوته‌های گوجه‌فرنگی با کیتوزان، سبب افزایش تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ و وزن خشک برگ و اندام هوایی گیاه شد (El-Tantawy, 2009).

تعداد شاخه‌های گل‌دار

پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی، تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های گل‌دار داشتند (جدول ۵). کمترین تعداد شاخه گل‌دار به گیاهان حاصل از تیمار شاهد تعلق داشت که به‌طور معنی‌داری کمتر از تعداد شاخه گل‌دار بوته‌های حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده بود. پیش‌تیمار بذرهای گاوزبان اروپایی با آب، باعث افزایش ۱/۱۹ برابری تعداد شاخه‌های گل‌دار در مقایسه با تیمار شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر با آب) شد (جدول ۶). بیشتر بودن تعداد شاخه گل‌دار در نتیجه پیش‌تیمار بذر را می‌توان به سبزشدن سریع‌تر و استقرار بهتر گیاهچه‌ها در مزرعه نسبت داد که این امر، موجب تولید بوته‌های قوی‌تر شده است که از عوامل اساسی در بهبود عملکرد است (Pouryousef Miandoab & Esmaeilzadeh, 2017).

تیمارهای محلول‌پاشی، موجب افزایش تعداد شاخه‌های گل‌دار گاوزبان شد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد شاخه گل‌دار، به‌ترتیب در تیمار کاربرد اسیدهیومیک و تیمار عدم محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۶). بین تیمار کاربرد اسیدهیومیک و کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش غیرمعنی‌دار تعداد شاخه‌های گل‌دار گاوزبان در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی شد، در حالی که استفاده از اسیدهیومیک، موجب افزایش معنی‌دار (۴۲/۶۳ درصدی) تعداد شاخه گل‌دار در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی شد (جدول ۶). محلول‌پاشی بوته‌های گاوزبان اروپایی با اسیدهیومیک، باعث بهبود و توسعه بخش‌های رویشی و زایشی گیاه شد و تأثیر مثبتی در افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد سرشاخه‌ها داشت. رشد و توسعه سلولی در نتیجه کاربرد کیتوزان، نتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در متابولیسم نیتروژن (نیترات‌ردکتاز، گلوتامین و پروتئازسنتتاز) و بهبود انتقال نیتروژن است (Mondal *et al*., 2012).

تعداد میوه در بوته

تعداد میوه در بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر پیش-تیمار بذر با آب و محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۵). میانگین تعداد میوه در بوته گیاهان حاصل از بذرهای بدون پیش‌تیمار، به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده بود. پیش‌تیمار نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی با آب، موجب افزایش ۱/۲۶ برابری تعداد میوه در بوته نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۶). این افزایش در نتیجه پیش‌تیمار بذر را می‌توان به بالا بودن تعداد ساقه‌های گل‌دار در این بوته‌ها نسبت داد. افزایش تعداد میوه در بوته در نتیجه پیش‌تیمار آبی، در گیاه نخود (Zarei *et al*., 2011)، ذرت (Harris *et al*., 2007) و سویا (Egli & Bruening, 2001) نیز مشاهده شده است.

با توجه به جدول ۶، کاربرد هر سه محلول اسیدهیومیک، کیتوزان و همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان، موجب افزایش معنی‌دار تعداد میوه در بوته در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی شد. اگرچه بین تیمارهای محلول‌پاشی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، کاربرد برگی اسیدهیومیک موجب تولید بیشترین تعداد میوه در بوته شد. کاربرد برگی اسیدهیومیک، کیتوزان و مصرف همزمان اسیدهیومیک

www.SID.ir

Archive of SID

و کیتوزان، به‌ترتیب موجب افزایش ۶۱/۷۲، ۴۲/۴۸ و ۴۵/۷۷ درصدی تعداد میوه در بوته نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی شد (جدول ۶). اسیدهیومیک از طریق اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم‌های سلولی گیاهان و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد گیاهان می‌شود (Salimon *et al.*, 2012). محلول‌پاشی بوته‌های لوبیا با اسیدهیومیک، سبب افزایش بیشتر رشد گیاه، تعداد غلاف در گیاه، وزن غلاف، میزان پروتئین و کلروفیل در گیاه، از طریق افزایش سرعت و میزان جذب مواد غذایی شده است (El-Bassiony *et al*., 2010). اثر تحریک-کنندگی رشد و تولید عملکرد بالا با کاربرد کیتوزان، توسط محققان بسیاری به اثبات رسیده است (Guan *et al*., 2009; Mondal *et al*., 2012; Amiri *et al*., 2013).

تعداد دانه در واحد سطح

براساس نتایج مندرج در جدول ۵، فقط محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در واحد سطح داشت. کاربرد برگی اسیدهیومیک و کاربرد تلفیقی اسیدهیومیک و کیتوزان، به‌ترتیب باعث افزایش۴۶/۵۲ و ۴۷/۵۶ درصدی تعداد دانه در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد شد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. تعداد دانه در واحد سطح در تیمار کاربرد برگی کیتوزان نسبت به تیمار شاهد، ۲۱/۵۸ درصد بیشتر بود اما این افزایش معنی‌دار نبود. کمترین تعداد دانه در واحد سطح، در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) مشاهده شد (جدول ۶). استفاده از اسیدهیومیک می-تواند اثرات مثبتی را بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت داشته باشد که این اثرات می‌تواند در نتیجه اثرات فیزیولوژیکی آن، از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باشد (Ghorbani *et al*., 2010) که این نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت. در مطالعات Mondal *et al.* (2012) در گیاه بامیه و Amiri *et al.* (2013) در گلرنگ به این نتیجه رسیدند که افزایش مصرف کیتوزان، باعث افزایش عملکرد بذر می‌شود. کیتوزان احتمالا سیگنالی را برای سنتز هورمون‌های گیاهی القا می‌کند و رشد و نمو گیاه را توسط بعضی مسیرهای سیگنالینگ مربوط به بیوسنتز اکسین افزایش می‌دهد و از این طریق، رشد و نمو و عملکرد گیاهی را افزایش می‌دهد (Uthairatanakij *et al*., 2007).

عملکرد گل

نتایج نشان داد که عملکرد گل، تحت‌تأثیر معنی‌دار پیش‌تیمار بذر با آب، محلول‌پاشی و اثر متقابل پیش-تیمار بذر با آب در محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۵). در تیمار عدم پیش‌تیمار بذر با آب (شاهد)، با انجام محلول‌پاشی با اسیدهیومیک و کیتوزان به‌طور همزمان، عملکرد گل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی‌که عملکرد گل در تیمارهای کاربرد اسیدهیومیک و کیتوزان، با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۱a). اگرچه عملکرد گل در تیمار بدون محلول‌پاشی، بین تیمارهای شاهد و پیش‌تیمار آبی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما با انجام محلول-پاشی با اسیدهیومیک، کیتوزان و مصرف همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده با آب، عملکرد گل به‌طور معنی‌داری بیشتر از عملکرد گل در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده بدون انجام محلول‌پاشی به‌دست آمد. بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱a). کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده، باعث افزایش بیشتر عملکرد گل نسبت به سایر تیمارها شد (شکل ۱a). نتایج این تحقیق، بیانگر اثر مثبت پیش‌تیمار آبی بذر و محلول‌پاشی با اسیدهیومیک و کیتوزان بر عملکرد گل بود. پیش‌تیمار بذر از طریق افزایش میزان کلروفیل برگی، سبب افزایش رشد رویشی و تولید بوته‌های قوی‌تر و در نتیجه افزایش تعداد ساقه فرعی و تعداد شاخه‌های گل‌دار (جدول ۶) شد. Farooq *et al* (2006) گزارش کردند که پیش‌تیمار بذر ذرت و برنج، سبب استقرار و رشد بهتر گیاه و همچنین گل‌دهی زودتر آن شد. استفاده از اسیدهیومیک در چغندرقند و سیب‌زمینی، میزان

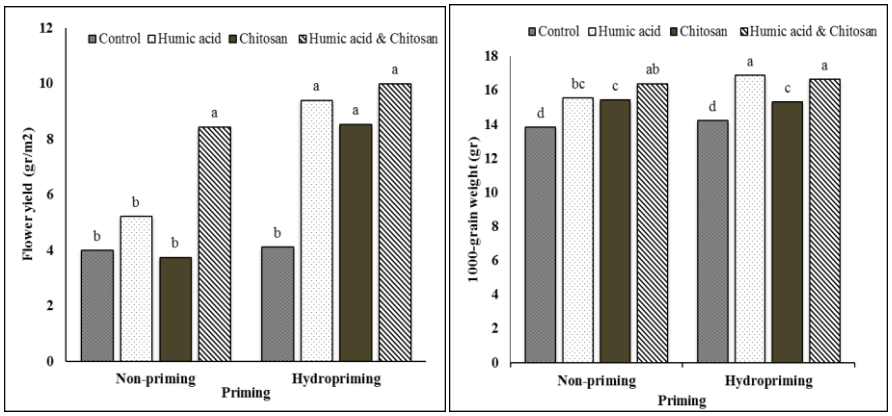
www.SID.ir

Archive of SID

گلدهی را افزایش می‌دهد و جذب مواد توسط گیاه را تسهیل می‌نماید (Mayhew, 2004). براساس نتایج Nikbakht *et al.* (2008) مصرف اسیدهیومیک بر گلدهی و دوام گل ژربرا (*Gerbera aurantiaca*) تأثیر گذاشت، احتمالاً کاربرد اسیدهیومیک، تجمع کلسیم را در برگ و ساقه گل‌دهنده افزایش داده است و منجر به افزایش گلدهی و دوام گل در این گیاه شده است. در مطالعات اخیر محققان، کاربرد الیسیتورها از جمله کیتوزان، سبب افزایش رشد و عملکرد در گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) (Hassanzadeh *et al.*, 2016) و در ذرت (Guan *et al.*, 2009) شده است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

وزن هزاردانه

پیش‌تیمار بذر با آب، محلول‌پاشی و اثر متقابل پیش‌تیمار بذر در محلول‌پاشی، تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه گاوزبان اروپایی داشت (جدول ۵). با توجه به شکل ۱b، در شرایطی که بذرهای گاوزبان اروپایی، پیش‌تیمار نشده بودند، با انجام محلول‌پاشی بوته‌های گاوزبان اروپایی، وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد، به‌طوری‌که در این شرایط، بیشترین وزن هزاردانه در تیمار محلول‌پاشی همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کاربرد اسیدهیومیک نداشت. در این شرایط، کمترین وزن هزاردانه در تیمار عدم محلول‌پاشی مشاهده شد. در پیش‌تیمار نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی با آب نیز محلول‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه شد. بیشترین و کمترین وزن هزاردانه، به‌ترتیب به تیمار کاربرد اسیدهیومیک و تیمار عدم محلول‌پاشی تعلق داشت. در این شرایط، بین تیمارهای کاربرد اسیدهیومیک و کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۱b). در بین تیمارهای مورد مطالعه، اگرچه پیش‌تیمار نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه شد، اما انجام محلول‌پاشی با اسیدهیومیک در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمارشده، موجب افزایش مثبت و معنی‌دار وزن هزاردانه شد (شکل ۱b).



شکل ۱- تأثیر پیش‌تیمار بذر با آب و محلول‌پاشی بر عملکرد گل و وزن هزاردانه گاوزبان اروپایی

Figure 1. Effects of hydroperiming and foliar application on borage flower yield and 1000-grain weight

پیش تیمار بذر، با القای بیشتر مریستم‌های زایشی می‌تواند موجب افزایش فعالیت مخزن شود و با تأمین مواد فتوسنتزی بیشتر در نتیجه‌ی بهبود فرایند فتوسنتز، در نهایت منجر به افزایش وزن دانه و عملکرد دانه شود (Egli & Bruening, 2001). اسیدهیومیک نیز از طریق اثرات مثبت از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، باعث افزایش وزن دانه می‌شود (Nardi *et al.*, 2002). با توجه به نتایج، افزایش وزن هزاردانه در اثر پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با اسیدهیومیک را می‌توان ناشی از بهبود رشد و تولید بوته‌های قوی‌تر نسبت داد که این امر سبب افزایش وزن هزاردانه شده است. Farooq *et al* (2006) گزارش کردند که افزایش عملکرد دانه برنج در نتیجه پیش‌تیمار بذر با آب، به‌دلیل تأثیر این تیمار بر افزایش تعداد خوشه در پنجه‌های بارور و وزن هزاردانه بود. نتایج آزمایش‌های انجام شده روی گلرنگ

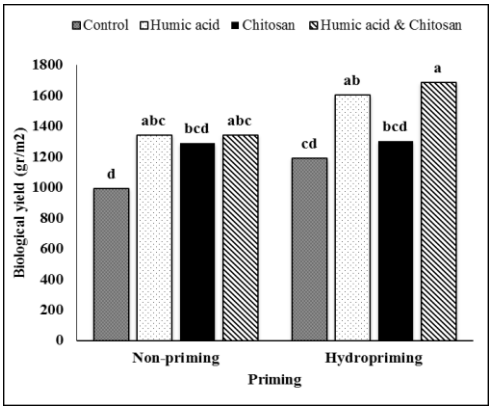
www.SID.ir

Archive of SID

(Amiri *et al*., 2013) و ذرت (Guan *et al*., 2009) نشان داد که با مصرف کیتوزان، وزن هزاردانه در این گیاهان نیز افزایش یافت.

عملکرد بیولوژیک

اثر پیش‌تیمار بذر با آب، محلول‌پاشی و اثر متقابل پیش‌تیمار بذر در محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۵). در بین تیمارهای مورد مطالعه، بیشترین عملکرد بیولوژیک در ترکیب پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی همزمان با اسیدهیومیک و کیتوزان، و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد. در تیمارهایی که بذرهای گاوزبان اروپایی پیش‌تیمار نشده بودند، با انجام محلول‌پاشی بوته‌ها گاوزبان اروپایی با اسیدهیومیک و کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان، عملکرد بیولوژیک در هر دو ۳۵ درصد افزایش معنی‌دار نشان داد. اگرچه کاربرد کیتوزان، موجب افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی شد، اما با این تیمار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). در تیمارهای بدون محلول‌پاشی، پیش‌تیمار نمودن بذرهای گاوزبان اروپایی، موجب افزایش ۱۹/۶۵ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار بدون پیش‌تیمار بذر شد، اما اختلاف بین این دو تیمار معنی‌دار نبود. پیش تیمار بذر از طریق افزایش سرعت سبزشدن بذر و استقرار گیاهچه در مزرعه می‌تواند سبب شتاب بیشتر آن‌ها در جذب آب، عناصر غذایی و نور خورشید شود و در نهایت عملکرد بیولوژیک و دانه را افزایش دهد (Finch-Savage *et al*., 2004)، اما با انجام محلول‌پاشی (اسیدهیومیک و کیتوزان)، در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده با آب، عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی افزایش یافت (شکل۲). اسیدهیومیک از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم در درون سلول‌ها و همچنین افزودن مقدار کلروفیل در برگ‌ها، سبب ماندگاری بیشتر برگ‌ها و افزایش فرایند فتوسنتز شده است که در نتیجه، موجب افزایش بیوماس تولیدی در گیاهان می‌شود (Mojaddam *et al*., 2016).



شکل۲- اثر پیش‌تیمار بذر با آب و محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک گاوزبان اروپایی

Figure 2. Effects of hydroperiming and foliar application on biological yield of borage

با کاربرد کیتوزان در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده، عملکرد بیولوژیک افزایش داشت اما اختلاف معنی‌داری با تیمار عدم کاربرد کیتوزان در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده نداشت (شکل ۲). کیتوزان نیز با استفاده از افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در متابولیسم نیتروژن و بهبود انتقال نیتروژن، باعث توسعه سلولی و رشد می‌شود که این امر، سبب افزایش عملکرد در گیاهان می‌شود (Mondal *et al*., 2012). کاربرد اسیدهیومیک در گیاه باقلا (Mojaddam *et al*., 2016) و مصرف کیتوزان در بامیه (Mondal *et al*., 2012) و گلرنگ (Amiri *et al*., 2013)، باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در این گیاهان شد.

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه

صفت عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت اثر پیش-تیمار بذر با آب و محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۵). با اعمال پیش‌تیمار آبی، عملکرد دانه گاوزبان اروپایی به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم پیش تیمار بذر با آب) افزایش یافت که این افزایش ۲۳/۸۱ درصد بود (جدول ۶). افزایش عملکرد به‌وسیله پیش تیمار بذر می‌تواند به‌دلیل بهبود جوانه‌زنی و سبزشدن، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفاده مطلوب از عوامل محیطی، موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به‌سمت اندام‌های زایشی شود (Tzortzakis, 2009). پیش‌تیمار آبی بذر با بهبود رشد گیاه از طریق بهبود خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی، باعث افزایش عملکرد لوبیا (*Vigna sinensis*) می‌شود (Naseri Dehsorkhi, 2016). در بین تیمارهای مورد مطالعه، عملکرد دانه در تیمار عدم محلول‌پاشی، به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای محلول‌پاشی با اسیدهیومیک و کاربرد همزمان اسیدهیومیک و کیتوزان به‌دست آمد (جدول ۶). با انجام محلول‌پاشی (اسیدهیومیک، کیتوزان و اسیدهیومیک در کیتوزان) بوته‌های گاوزبان اروپایی، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. در بین تیمارهای محلول‌پاشی، بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح در تیمار کاربرد تلفیقی اسیدهیومیک و کیتوزان مشاهده شد که باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گاوزبان اروپایی نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی شد که با تیمار محلول‌پاشی با اسیدهیومیک اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد که اسیدهیومیک از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ و افزایش دوام بافت‌های فتوسنتز-کننده، سبب افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Mojaddam *et al*., 2016). اسیدهیومیک سبب افزایش عملکرد دانه در ذرت شد که دلیل آن، تأثیر مثبت آن در بهبود فتوسنتز و افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه بود (Mojaddam *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که پیش تیمار بذرهای گاوزبان اروپایی با آب، از طریق افزایش میزان رنگیزه‌های کلروفیلی و بهبود خصوصیات رشدی و زراعی این گیاه دارویی، موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی می‌شود. کاربرد برگی اسیدهیومیک، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان تجمع رنگریزه‌های کلروفیلی در این گیاه نسبت به تیمار شاهد داشت. اگرچه هرکدام از تیمارهای مورد استفاده (پیش‌تیمار بذرها با آب و یا محلول‌پاشی)، از طریق اثرات فیزیولوژیکی از جمله افزایش غلظت کلروفیل برگ، می‌توانند بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و عملکردی تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته باشند اما، کاربرد همزمان پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی برگی (با اسیدهیومیک)، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اقتصادی (عملکرد گل و عملکرد بیولوژیکی) گیاه دارویی گاوزبان اروپایی شد. این نتایج نشان‌دهنده وجود اثرات هم‌افزایی پیش‌تیمار بذر و کاربرد برگی اسیدهیومیک بر خصوصیات زراعی و عملکردی گیاه دارویی گاوزبان اروپایی در شرایط مزرعه است. بنابراین نتایج گویای آن است که در نظام‌های تولید پایدار گیاهان دارویی از جمله گاوزبان اروپایی، امکان بهبود و توسعه رشد و عملکرد گیاهی با استفاده از پیش‌تیمار بذر و نهاده‌های غیرشیمیایی از جمله کود آلی اسیدهیومیک وجود دارد.

REFERENCES

1. Aboutalebian, M. A., Zare Ekbatani, G. & Sepehri, A. (2012). Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rainfed wheat cultivars. *Annals of Biological Research*, 3(10), 4790-4796.
2. Amiri, A., Esmaeilzadeh Mah Abadi, S. & Cyrus Mehr, A. (2013). Effect of chitosan spraying on yield and yield components of safflower in drought stress conditions.In: Proceedings of *National Conference on Engineering and Agricultural Management, Environment and Sustainable Natural Resources,* 22 March., Shahid Mofatheh University, Hamedan, Iran, pp. 225-228. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

3. Amiri, A., Sirousmehr, A. & Esmaeilzadeh Mah Bahabadi, S. (2016). Effect of foliar application of salicylic acid and chitosan on yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Plant*, 28(4), 712-725. (In Persian).
4. Ansari, K., Amin Salehi, A., Movahedi Dehnavi, M. & Heydari, S. (2016). Effect of different seed priming on germination characteristics and some antioxidant enzymes activity of *Echinacea purpure*. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 3(3), 1-10. (In Persian).
5. Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-24.
6. Ayas, H. & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biologycal Sciences*, 5(6), 801-804.
7. Babaei Aghjedarbandi, F., Jamshidi, S. & Nourafcan, H. (2018). The effect of chitosan and ascorbic acid foliar spraying on coneflower vegetative and reproductive indices. *Agroecology Journal*, 3, 39-47. (In Persian).
8. Balouchi, H. & Ahmadpour Dehkordi, S. (2013). Effect of different seed priming on germination traits in Black cumin (*Nigella sativa*) under salinity stress. *Journal of Plant Production*, 20(3), 1-25. (In Persian).
9. Chamani, F., Khodabandeh, N., Habibi, D., Asgharzadeh, A. & Davoudi Fard, M. (2012). Effect of salinity stress on yield and yield components in wheat, inoculated with growth promoting bacteria (*Azotobacter chrocum*, *Azospirillio lipophorum*, *Pseudomonas putida*) and humic acid. *Agronomy and Plant Breeding*, 8(1), 37-25. (In Persian).
10. Ebrahimi, M. & Miri Karbasak, E. (2016). Investigation effect of humic acid on germination, seedling growth and photosynthesis pigments of medicinal plant Isabgol (*Plantago ovata Forssk*). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 3(3), 35-46. (In Persian).
11. Egli, D. B. & Bruening, W. P. (2001). Source-sink relationships, seed sucrose levels and seed growth rates in soybean. *Annals of Botany*, 88, 235-242.
12. El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Abd El-Baky, M. M. H. & Mahmoud Asmaa, R. (2010). Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. *Research Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(2), 169-175.
13. El-Tantawy, E. M. (2009). Behavior of tomato plants as affected by spraying with chitosan and aminofort as natural stimulator substances under application of soil organic amendments. *Pakistan Journal of Biological Science*, 12(17), 1164-1173.
14. Emami Bistgani, Z., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A. & Ghasemi Pirbaloti, A. (2015). Effects of chemical and organic fertilizers and chitosan on physiological traits and phenolic compound amounts in thyme (*Thymus deanensis* Celak) in Shahrekord region. *Journal Crop Production Research*, 7(1), 11-26. (In Persian).
15. Farooq, M., Basra S. M. A., Warraich E. A. & Khaliq, A. (2006). Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. *Seed Science and Technology*, 34, 507-512.
16. Finch-Savage W. E., Dent, K. C. & Clark, L. J. (2004). Soak conditions temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) seeds to on-farm priming core sowing seed soaks. *Field Crops Research*, 90, 361-374.
17. Ghorbani, S., Khazaei, H. R., Kafi, M. & Bannayan Aval, M. (2010). Effects of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agroecology*, 2(1), 11-118. (In Persian).
18. Ghorbi, S., Sadeghi Bakhtevari, A. R., Pasban Eslam, B. & Mohammadi, H. (2016). Effect of seed priming on improvement of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield and its components under water stress. *Journal of Plant Ecophysiology*, 9(31), 43-52. (In Persian).
19. Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J. & Shao, C. X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize stress germination and seedling growth in relation to physiology changes under low temperature. *Journal of Zhejiang University Science*, 10, 427-433.
20. Hajikhani, S., Habibi, H., Shekari, F. & Fotokian, M. H. (2011). The effect of priming on yield and yield components of beans in water stress conditions. *Journal of Field Crops*, 1(42), 191-197. (In Persian).
21. Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M. & Shah, H. (2007). On-farm seed priming with zinc sulphate solution a cost-effective way to increase the maize yields of resource poor farmers. *Field Crop Research*, 102, 119-127.
22. Hasanvand, H., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A. M., Moradi Telavat, M. R. & Poshtdar, A. (2018). Evaluation of yield and some physiological characterictics of borage (*Borago officinalis* L.) under plant density and sowing dates in Ahwaz region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 34(1), 1-16. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

23. Hassanzadeh, K., Hemmati, K. H. & Alizadeh, M. (2016). Effect of organic fertilizers and salicylicacid on the yield and some secondary metabolites of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Plant Production Research*, 23(1), 107-130. (In Persian).
24. Hussaini Begum, M., Taheri, G. H., Vaezi Kakhaki, M. R. & Tlaty, M. (2013). Foliar application of chitosan on growth and morphological characteristics of marigold (*Calendula officinalis*). In: proceedings of *National Conference of Passive Defense in the Agricultural Sector*, 30 November. (In Persian).
25. Khajeh. H. & Naderi. S. (2014). The effect of chitosan on some antioxidant enzymes activity and biochemictry characterization in Melissa (*Melissa officinalis*). *Research Journal of Crop Science in Arid Area*, 1, 100-116. (In Persian).
26. Maccarthy, P. (2001). The principles of humic substances. *Soil Science*, 166, 738–751.
27. Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S. A. M., Aghaalikhani, M., Sharifi, M. & Dolatabadian, A. (2011). Chitosan improves osmotic potential tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seedlings. *Journal of Crop Improvement*, 25, 728–741.
28. Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N. & Esmaielpour, B. (2017). The effect of hydropriming on germination, growth and antioxidant enzymes activity of borage (*Borago officinalis* L.) seedling under cadmium stress, *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(1), 253-266. (In Persian).
29. Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N. & Esmaielpour, B. (2019a). Improvement of seed germination, growth and biochemical characteristics of borage (*Borago officinalis* L.) seedlings with seed priming under cadmium stress conditions. *Iranian Journal of plant Biology*, 11(1), 23-42. (In Persian).
30. Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N. & Esmaielpour, B. (2019b). The effect of hormone and hydro priming on seed germination, growth and biochemical properties of borage seedling (*Borago officinalis* L.). *Journal of Plant Process and Function*, 7(27), 165-180. (In Persian).
31. Malekpoor, F., Salimi, A. & Ghasemi Pirbalouti, A. (2016). Effect of bio-elicitor of chitosan on physiological and morphological properties in purpule basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit. *Journal of Plant Ecophysiology*, 8(27), 56-71. (In Persian).
32. Mayhew, L. (2004). Humic substances in biological agriculture. *Ecologica Agriculture*, 34, 182- 196.
33. McDonald, M. B. (2000). Seed priming. In: M. Black and J.D. Bewley (Ed), *Seed Technology and Its Biological Basis*. (pp. 287-325.) Sheffield Academic.
34. Moghbeli, T. & Arvin, M. J. (2014). Effect of seed preparation with growth regulators on germination, growth and yield of melon fruit. *Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*, 4(14), 23-33. (In Persian).
35. Mohsennia, A. & Jalilian, J. (2012). Effect of plant nutrition on some morphological traits and safflower protein under different irrigation regimes. *Journal of Crop Production*, 6(3), 165-176. (In Persian).
36. Mojaddam, M., Dashti, M. & Derogar, N. (2016). Effect of humic acid and nitrogen fertilizer application on quantitative and qualitative characteristics and nitrogen use efficiency of spring corn. *Journal of Crop Production Research*, 8(1), 43-50. (In Persian).
37. Mondal, M. A., Malek, M. A., Puteh, A. B., Ismail, M. R., Ashrafuzzaman, M. & Naher, L. (2012). Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop Science*, 6(5), 918-921.
38. Mosapour Yahyaabadi, H., Asgharipour, M. & Basiri, M. (2016). Role of chitosan in improving salinity resistance through some morphological and physiological characteristics in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Science Technology of Greenhouse Culture*, 7(1), 165-175. (In Persian).
39. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
40. Naseri Dehsorkhi., A. (2016). Effects of ultrasonic waves, seed priming and herbicide application on growth and yield of cowpea (*Vigna sinensis*) and weeds control. MSc. Thesis. Shahrood University of Technology, Iran.
41. Nikbakht, A., Mohseni, K., Mesbah, B., Xia, Y. P., Ancheng, L. & Nemat, E. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake and post harvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 2155-2167.
42. Pouryousef Miandoab, M. & Esmaeilzadeh, F. (2017). The effect of foliar application of growth stimulants and priming on yield and grain oil content of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 4(40), 857- 874. (In Persian).
43. Roy, N. K. & Srivastava, A. K. (2000). Adverse effect of salt stress conditions on chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves and its amelioration through presoaking treatments. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 70, 777-778.
44. Salimon, J., Salih, N. & Yousif, E. (2012). Biolubricant basestocks from chemically modified ricinoleic acid. *Journal of King Saudi University*, 24, 11-17.

www.SID.ir

Archive of SID

45. Samavat, S. & Malakuti, M. (2005). Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. *Soil and Water Research Institute*, 463, 1-13. (In Persian).
46. Sanjari, M., Siroosmehr, A. & Fakheri, B. (2015). The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of roselle. *Journal of Crops Improvement*, 17(2), 403-414. (In Persian).
47. Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K. & Shekari, F. (2010). Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage plants (*Borago officinalis*) seedlings. *Agroecology Journal*, 6(18), 47-53. (In Persian).
48. Tejada, M. & Gonzalez, J. L. (2003). Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. *Biological Agriculture and Horticulture*, 21(3), 277-291.
49. Tzortzakis, N. N. (2009). Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigor in endive and chicory. *Horticulture Science*, 36(3), 117–125.
50. Uthairatanakij, A, Teixeira da Silva, J. A. & Obsuwan, K. (2007). Chitosan for improving orchid production and quality. *Orchid Science and Biotechnology*, 1, 1-5.
51. Zarei, I., Mohammadi, G., Sohrabi, Y., Kahrizi, D., Khah, E. M. & Kheirollah, Y. (2011). Effect of different hydropriming times on the quantitative and qualitative characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 10(66), 14844-14850.

www.SID.ir