تأثیر غلظت و زمان‌های مختلف کاربرد اسید هیومیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل بریده شب‌بو "رقم Hanza"

محسن شاهسون مارکده[۱] و اسماعیل چمنی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۹)

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و زمان‌های مختلف محلول‌پاشی (۱، ۲، ۳ و ۴ هفته یکبار محلول پاشی) بر رشد و عملکرد گل بریده شب‌بو "رقم هانزا" به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و ۷ تکرار صورت گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در گیاهان مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری را در تعداد برگ، ارتفاع گیاه و میزان کلروفیل اندازه‌گیری شده در غلظت‌های مختلف اسید هیومیک نشان داد. در حالی‌که زمان‌های مختلف محلول‌پاشی نتایج معنی‌داری را در صفات اندازه‌گیری شده نشان ندادند. هم‌چنین، مدت زمان تا اولین گل‌دهی در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های مختلف اسید هیومیک کوتاه گردید. بیشترین تعداد روز تا گل‌دهی (۱۳۹ روز) مربوط به تیمار شاهد بود که اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک نشان داد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر غلظت بر میزان فلورسانس حداکثر (Fm) و اثر زمان‌های مختلف محلول‌پاشی بر فلورسانس حداقل (F0) و فلورسانس متغیر (Fv) اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۵% داشت. بیشترین مقدار فلورسانس حداکثر، حداقل و متغیر (به‌ترتیب ۱۴۵۳/۵۸، ۲۷۰/۱۶ و ۱۱۸۳/۴۲) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد. عملکرد کوانتومی - فتوشیمیایی (Fv/Fm) اختلاف معنی‌داری را در تیمارهای مختلف آزمایشی نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: رشد،شب بو، کلروفیل، گل‌دهی، فلورسانس

مقدمه

شب‌بوی معمولی، با نام علمی *Matthiola incana*، گیاهی متعلق به تیره کلم‌سانان (Brassicaceae) می‌باشد. جنس ماتیولا بومی نواحی مدیترانه است و به نام شب‌بوی استاکس هم معروف می‌باشد که دارای انواع یک‌ساله و دوساله است، ولی در باغبانی عموماً به‌عنوان یک گیاه یک‌ساله مقاوم به سرما کشت و کار می‌شود (۴). عوامل متعددی در دوران پرورش گیاهان مانند نور، دما، مصرف کود، آبیاری، رطوبت مطلوب و کنترل آفات و بیماری‌ها موجب افزایش کیفیت گل‌ها می‌گردند (۳۵). بنابراین، با بهبود شرایط زمان داشت گیاه، به‌خصوص با استفاده از مواد ارگانیک طبیعی به جای کودهای شیمیایی، می‌توان کیفیت و شاخص‌های رشدی در گیاهان زینتی را افزایش داد و با این کار موجب کاهش خسارت‌های جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی حاصل از مصرف کودهای شیمیایی شد. شاید به همین دلیل است که امروزه کشاورزی ارگانیک به‌عنوان راهی برای نجات کره زمین معرفی شده است.

در همین راستا، اسید هیومیک به‌عنوان یک ترکیب طبیعی آلی شناخته شده است که حاوی ۵۰ تا ۹۰ درصد مواد ارگانیک می‌باشد (۱۵ و ۳۷). مواد هیومیک پلیمرهای طبیعی هستند که به‌طور گسترده‌ای روی زمین پراکنده شده‌اند.

۱. گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: echamani@uma.ac.ir

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

مهم‌ترین آثار بیولوژیک اسید هیومیک بر موجودات زنده شامل تحریک جوانه‌زنی بذر و رشد (۱۲، ۲۵، ۲۶ و ۴۱)، تحریک تجمع بیومس در گیاهان (۲۵، ۲۶ و ۴۲)، تحریک تجمع نیتروژن و تحریک جذب عناصر غذایی معدنی (۳۲ و ۴۲) می‌باشد

اسید هیومیک بخش عمده‌ای از مواد هیومیک طبیعی می‌باشد که شامل هر دو نوع آب‌گریز و آب‌دوست است و هم‌چنین شامل بسیاری از گروه‌های شیمیایی کربوکسینیل، فنول، کربونیل و هیدروکسیل اتصال یافته با کربن‌های آلیفاتیک یا آروماتیک می‌باشد. اسید هیومیک یک ترکیب پلیمری طبیعی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش محصول به‌کار گرفته شود (۲۸). با توجه به نظریه‌های جدید، مواد هیومیک مجموعه‌ای متنوع از مولکول‌های با جرم مولکولی نسبتاً کم هستند که متشکل از ترکیبات پویای تثبیت شده توسط فعل و انفعالات هیدروفوبیک و پیوندهای هیدروژنی می‌باشند. در خصوص نحوه اثر اسید هیومیک، گزارش‌های متعددی وجود دارد. اما می‌توان اثر آن را به دو دسته تقسیم کرد: اثر مستقیم آن به‌عنوان یک ترکیب شبه هورمونی (۲۸) و اثر غیرمستقیم آن که به‌صورت افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات‌کنندگی و احیاکنندگی و حفظ نفوذپذیری غشا (۱۳ و ۳۴)، افزایش متابولیسم ریزجانداران در خاک، بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه است (۱۰). در میان اثرهای توضیح داده شده، اسید هیومیک در گونه‌های گیاهی مختلف قادر است که فعالیت PM-ATPase ریشه را تحریک کند و نسبت جذب نیترات در ریشه‌ها را افزایش دهد (۲۸ و ۳۱).

با توجه به اثرهای متعدد مواد هیومیک بر گیاهان، تاکنون پژوهش‌های زیادی در این باره صورت گرفته است. نیکبخت و همکاران (۷) در یک پژوهش، اثر چهار غلظت اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در محلول غذایی بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژربرا رقم "مالیبو" را بررسی کردند. کاربرد اسید هیومیک (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) تجمع کلسیم را در برگ و ساقه گل افزایش داد که منجر به افزایش عمر پس از برداشت و کاهش ناهنجاری خمش گردن نسبت به شاهد شد. به نحوی که عمر پس از برداشت در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا ۳/۶۶ روز افزایش یافت. هم‌چنین کاربرد اسید هیومیک توانست پایداری غشای یاخته‌ای را افزایش دهد و به‌دنبال آن درصد نشت یونی و آنتوسیانین از گلبرگ‌ها به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. میزان پروتئین در محل خمش تحت تأثیر نوع تیمار قرار نگرفت. گروسل و اینسکیپ (۲۲)، گزارش دادند که اسید هیومیک می‌تواند از ایجاد نمک غیرمحلول فسفات کلسیم جلوگیری کرده و در نتیجه در دسترس بودن کلسیم و فسفر را افزایش دهد.

مواد هیومیک ممکن است واکنش متقابلی با ساختار فسفولیپیدها غشاهای سلولی و به‌عنوان حاملی برای عناصر غذایی در سرتاسر آنها باشند (۲۴). تجادا و گنزالز (۳۶) نیز با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و مقایسه آن با محلول‌پاشی اسید هیومیک، مشاهده کردند که عملکرد، میزان کلروفیل و کاروتنوئید ساقه‌های خوراکی مارچوبه همراه با اغلب عناصر ماکرو و میکرو افزایش یافت. هم‌چنین، با توجه به‌وجود اسید آمینه‌های مختلف در اسید هیومیک می‌توان توقع داشت که این اسید آمینه‌ها نیز به‌طور مستقیم در بهبود شرایط گیاه مؤثر واقع شوند (۲۰). کافی و همکاران (۶)، اثر محلول‌پاشی هفتگی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و مقایسه آن با مصرف همراه با آب آبیاری با همین غلظت در دو نوع محلول غذایی با مقادیر ۳/۵ و ۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کلسیم جهت بهبود کمیت و کیفیت گل ژربرا رقم مالیبو را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد اگرچه محلول‌پاشی اسید هیومیک نتوانست به‌میزان مصرف در محلول غذایی آن باعث بهبود جذب بسیاری از عناصر شود، اما توانست عملکرد را به اندازه آن افزایش دهد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده در چندین پژوهش مشخص می‌شود که تغییرات نتایج به‌دلیل سطوح تیمارها، بستر کشت و مواد هیومیک اولیه می‌باشد (۹ و ۱۳). کوپر و همکاران (۱۶) مواد هیومیک را برای علف‌های پوششی کشت شده در خاک

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

شنی به‌میزان ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌کار بردند و مشاهده شد که مقادیر به‌کار برده شده هیچ اثری روی رشد گیاهان نداشت. در یک آزمایش مزرعه‌ای، گاویندا‌سمی و چاندرساکاران (۲۱) با اسپری اسید هیومیک روی نیشکر مشاهده نمودند که عملکرد قند و غلظت عناصر غذایی در لبه‌های برگ و غلاف‌ها افزایش یافت. دفلاین و همکاران (۱۹) تأثیر کاربرد برگی نیتروژن و اسیدهای هیومیک روی رشد و عملکرد ذرت را تأکید نمودند. علاوه بر این، آنها مشاهده نمودند که کاربرد برگی اسیدهای هیومیک باعث افزایش وزن خشک در مقایسه با گیاهان شاهد شد.

از آنجا که بیش از ۸۰٪ از زمین‌های کشاورزی در ایران را خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد که از نظر مواد آلی فقیر هستند، مقدار ماده آلی این خاک‌ها کمتر از ۱٪ است و با توجه به اهمیت اسید هیومیک به‌عنوان یک ترکیب طبیعی در کیفیت و عملکرد گل‌ها و عدم وجود مطالعات کافی در زمینه تأثیر کودهای ارگانیک در گل شب‌بو که یکی از گل‌های محبوب در کشور ما می‌باشد، پژوهش حاضر انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی، با ۱۶ تیمار و ۷ تکرار و در مجموع با ۱۱۲ گلدان انجام شد. در این آزمایش، بذرهای F_1 گل شب‌بوی بنفش در جعبه‌های کشت به‌منظور تولید نشاء کاشته شدند. ترکیب خاک بستر تولید نشاء شامل دو قسمت خاک، یک قسمت ماسه و یک قسمت کود دامی پوسیده بود که به‌صورت حجمی با هم مخلوط شدند. پس از کاشت بذرها برای جوانه‌زنی، جعبه‌ها به اتاقک رشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انتقال یافتند. دمای اتاقک رشد ۲±۲۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی آن ۶۰ تا ۷۰ درصد بود. جوانه‌زنی بذرها بین ۳ تا ۵ روز به‌طول انجامید. پس از جوانه‌زنی کامل بذرها، جعبه‌های کاشت جهت انجام مرحله دوم آزمایش به گلخانه انتقال داده شدند و پس از این که گیاهچه‌ها به مرحله ۴ تا ۵ برگی رسیدند به گلدان‌های اصلی انتقال داده شدند.

ترکیب خاک گلدان‌های اصلی به‌صورت سه قسمت خاک، یک قسمت ماسه و یک قسمت کود دامی کاملاً پوسیده بوده که به‌صورت حجمی تهیه شد. میانگین دمای روزانه گلخانه در زمان رشد گیاه ۲±۲۵ درجه سلسیوس، میانگین دمای شبانه ۱۸ درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی ۶۰٪ و میانگین شدت نور ۴۳۴ لوکس به ۴۳/۴ کیلو لوکس بود. در چند روز اول پس از انتقال نشاءها، به‌منظور جلوگیری از پژمردگی آنها از گلدان‌های پلاستیکی مشکی استفاده شد که به‌صورت واژگون روی گیاهچه‌های کشت شده قرار داده شدند تا با جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید، رشد اولیه گیاهچه‌ها به‌نحو مطلوبی صورت گیرد. پس از این که گیاهچه‌ها در گلدان‌های اصلی مستقر شدند با اسید هیومیک در چهار غلظت صفر (شاهد) (C_1)، ۱۰۰ (C_2)، ۵۰۰ (C_3) و ۱۰۰۰ (C_4) میلی‌گرم در لیتر و در فواصل مختلف هر هفته یک‌بار (T_1)، دو هفته یک‌بار (T_2)، سه هفته یک‌بار (T_3) و چهار هفته یک‌بار (T_4) با اسید هیومیک محلول‌پاشی شدند. کود هیومیک مورد استفاده متعلق به شرکت گلسنگ کویر یزد، محتوی ۳۵٪ اسید هیومیک و اسید فولیک و عناصر NPK به نسبت ۱۵:۱۰:۱۰ درصد بود. برای تهیه محلول‌ها، غلظت‌های مختلف به‌صورت ۱۰۰٪ اسید هیومیک تهیه گردید و از آب دیونیزه برای تهیه محلول‌ها استفاده شد. تیمار شاهد نیز همانند سایر تیمارها در چهار زمان مختلف بوده که با آب دیونیزه محلول‌پاشی شد.

طی مراحل رشد گیاهچه‌ها، شاخص‌های رشد شامل تعداد برگ (از طریق شمارش تعداد برگ‌های موجود روی گیاه)، ارتفاع (توسط خط کش از سطح خاک گلدان تا انتهای ساقه گیاه) و کلروفیل (با کلروفیل‌متر مدل CCM200) به‌صورت هر دو هفته یک‌بار تعیین شد. لازم به‌ذکر است که برای اندازه‌گیری کلروفیل، سه برگ از قسمت پایین، میانی و انتهای هر گیاه انتخاب و روی هر برگ نیز سه قسمت ابتدا، میانه و انتهای برگ به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، از زمان

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

کاشت بذرها تا باز شدن اولین گلچه گل روی ساقه گل دهنده (برحسب تعداد روز) به‌عنوان مدت زمان تا اولین گل‌دهی مد نظر قرار گرفت.

جهت ارزیابی اثر اسید هیومیک بر سیستم فتوسنتزی گیاه، از پارامترهای کلیدی فلورسانس کلروفیل استفاده شد. در اواسط مرحله رویشی، از هر تیمار سه گلدان و از هر گلدان یک برگ از قسمت میانی گیاه انتخاب و فلورسانس آن ثبت گردید. میزان فلورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورومتر (Chlorophyll fluorometer) مدل $OS\text{-}30_p$ قرائت شد و شاخص Fv/Fm از روی داده‌های دستگاه محاسبه گردید. از شاخص Fv/Fm در بسیاری از مطالعات جهت بررسی اثر تنش در گیاهان استفاده شده است (۱۸). شاخص Fv/Fm از فرمول (Fm-F0)/Fm به‌دست می‌آید (۳). در این فرمول، Fm حداکثر فلورسانس کلروفیل و F0 حداقل فلورسانس کلروفیل در برگ‌های عادت داده شده به تاریکی هستند. تفاوت Fm و F0 به‌عنوان فلورسانس متغیر، یا Fv، نامیده می‌شود. شاخص Fv/Fm نشان دهنده حداکثر راندمان کوآنتومی فتوسیستم II در شرایطی است که تمام مراکز واکنش فتوسیستم II باز باشند. توضیح این‌که در بسیاری از گونه‌های گیاهی، زمانی‌که Fv/Fm در حد ۰/۸۳ و بیشتر شود بدین مفهوم است که تنشی بر گیاه وارد نشده است و لذا مقادیر کمتر از این مقدار حاکی از وجود تنش در گیاهان است (۲۷).

داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌های آنها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه گردید.

نتایج و بحث

تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید هیومیک (جدول ۱) نشان داد که تعداد برگ در سومین (L_3) و چهارمین (L_4) مرتبه داده‌برداری در سطح احتمال ۱% و در پنجمین (L_5) داده‌برداری در سطح احتمال ۵% معنی‌دار شد. بیشترین تعداد برگ شمارش شده در اولین، دومین و سومین زمان شمارش مربوط به تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (به‌ترتیب ۸/۴۶، ۲۰/۰۳، و ۲۷/۶۰ عدد) بود که تفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان داد (جدول ۲). در چهارمین زمان شمارش تعداد برگ، تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک (۴۳/۲۸ عدد) و در پنجمین زمان شمارش تعداد برگ، تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک (۵۴/۹۶ عدد) بیشترین برگ شمارش شده را به خود اختصاص دادند که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. به همین ترتیب، کمترین تعداد برگ شمارش شده در اولین، دومین و سومین مرتبه شمارش تعداد برگ، مربوط به تیمار شاهد (به‌ترتیب ۷/۴۲، ۱۶/۶۷ و ۲۵/۴۶ عدد)، در چهارمین مرتبه شمارش تعداد برگ، مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک (۴۰/۷۸ عدد) و در پنجمین مرتبه شمارش تعداد برگ، مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۵۰/۸۵ عدد) بود. این در حالیست که زمان‌های مختلف محلول‌پاشی با اسید هیومیک (T_1، T_2، T_3 و T_4)، نتایج معنی‌داری را نسبت به یکدیگر و شاهد نشان ندادند. این بیانگر این موضوع است که تعداد برگ گیاه می‌تواند تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک قرار گیرد و زمان‌های مختلف تیمار تأثیر معنی‌داری در افزایش تعداد برگ گیاه ندارد (جدول ۲).

نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های مختلف بیانگر این موضوع است که غلظت زیاد اسید هیومیک (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در مراحل ابتدایی رشد گیاه تأثیر به‌سزایی نسبت به سایر غلظت‌ها و به‌خصوص شاهد، در افزایش تعداد برگ گیاه دارد. در حالی‌که در مراحل بعدی رشد و نمو گیاه، غلظت‌های کمتر تأثیر بهتری نسبت به سایر غلظت‌ها از خود نشان داد. افزایش در تعداد برگ در مراحل ابتدایی رشد و نمو گیاه احتمالاً به‌دلیل گسترش سریع سیستم ریشه‌ای گیاه در غلظت‌های زیاد اسید هیومیک می‌باشد، که این خود منجر به افزایش جذب بیشتر عناصر غذایی، رشد بهتر گیاه و به‌دنبال آن افزایش تعداد برگ

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان‌های محلول‌پاشی اسید هیومیک بر تعداد برگ گیاه در زمان‌های مختلف شمارش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
غلظت	۳	۹۰/۲^{ns}	۴۱/۲۲^{ns}	۵۷/۸۸**	۵۵/۵۲*	۶/۷۳*
زمان	۳	۵/۵۸^{ns}	۱۱/۸۸^{ns}	۶/۵^{ns}	۲/۰۲^{ns}	۰/۶۴^{ns}
غلظت × زمان	۹	۸۳/۴*	۵۴/۲**	۱۹/۹۶*	۱۴/۹۶*	۲/۸۷^{ns}
خطا	۹۶	۳۴/۴۴	۱۸/۷۴	۹/۵۴	۶/۵۷	۱/۸۶
ضریب تغییرات (%)	-	۱۰/۹۸	۱۰/۳	۱۱/۷۸	۱۳/۹۹	۱۷/۲۴

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱% و ۵% و غیرمعنی‌دار. L1، L2، L3، L4 و L5: به‌ترتیب زمان‌های مختلف شمارش تعداد برگ به‌صورت هر دو هفته یکبار می‌باشند.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید هیومیک بر تعداد برگ، ارتفاع و مدت زمان تا اولین گل‌دهی گیاه در زمان‌های مختلف

تیمارها	میانگین‌ها										
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	H_1 cm	H_2 cm	H_3 cm	H_4 cm	H_5 cm	زمان تا اولین گل‌دهی (روز)
C_1	۷/۴۲^{c}	۱۶/۶۷^{c}	۲۵/۴۶^{b}	۴۱/۲۱^{ab}	۵۴/۲۵^{A}	۴/۳۰^{a}	۷/۲۴^{a}	۱۱/۷۳^{a}	۱۵/۳۵^{a}	۳۴/۰۵^{ab}	۱۳۹/۰۷^{a}
C_2	۷/۶۰^{bc}	۱۷/۸۹^{bc}	۲۴/۵۷^{b}	۴۰/۷۸^{b}	۵۴/۹۶^{A}	۳/۴۳^{b}	۶/۵۲^{a}	۱۰/۷۶^{a}	۱۴/۱۶^{a}	۳۱/۹۸^{b}	۱۳۷/۶۰^{ab}
C_3	/۲۱^{ab} ۸	۱۸/۶۷^{ab}	۲۷/۲۱^{a}	۴۳/۲۸^{a}	۵۳/۵۷^{Ab}	۳/۴۶^{b}	۶/۴۱^{a}	۱۰/۹۶^{a}	۱۵^{a}	۳۵/۵۷^{a}	۱۳۳/۶۰^{bc}
C_4	۸/۴۶^{a}	۲۰/۰۳^{a}	۲۷/۶۰^{a}	/۸۲^{ab} ۴۲	۵۰/۸۵^{B}	۴/۰۴^{a}	۷/۱۶^{a}	۱۱/۱۹^{a}	۱۵/۳۵^{a}	۳۵/۵۸^{a}	۱۳۱/۹۲^{c}
T_1	۸/۰۳^{a}	۱۸/۰۳^{a}	۲۵/۶۴^{a}	۴۱/۱۴^{a}	۵۲/۷۵^{A}	۳/۷۶^{a}	۶/۹۳^{a}	۱۱/۰۱^{a}	۱۴/۵۳^{a}	۳۳/۶۷^{a}	۱۳۶/۷۱^{a}
T_2	۸/۰۷^{a}	۱۸/۶۴^{a}	۲۶/۱۷^{a}	۴۲/۶۴^{a}	۵۳/۷۱^{A}	۳/۹۱^{a}	۶/۸۹^{a}	۱۱/۱۴^{a}	۱۵/۴۲^{a}	۳۵/۱۶^{a}	۱۳۴/۴۲^{a}
T_3	۷/۸۵^{a}	۱۸/۴۲^{a}	۲۶/۲۱^{a}	۴۲/۳۵^{a}	۵۳/۶۴^{A}	۳/۷۹^{a}	۶/۸۳^{a}	۱۱/۱۴^{a}	۱۴/۶۸^{a}	۳۳/۹۴^{a}	۱۳۴/۷۱^{a}
T_4	۷/۷۵	۱۸/۱۷^{a}	۲۶/۸۲^{a}	۴۱/۹۶^{a}	۵۳/۵۳^{A}	۳/۷۸^{a}	۶/۶۹^{a}	۱۱/۳۵^{a}	۱۵/۲۱^{a}	۳۴/۴۱^{a}	۱۳۶/۳۵^{a}

اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵% معنی‌دار نیستند.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
غلظت	۳	۵/۱۵**	۵/۱۱ns	۴/۸۵ns	۸/۸۶ns	۸۱/۳۱ns
زمان	۳	۰/۱۲ns	۰/۳۱ns	۰/۵۵ns	۵/۰۱ns	۱۱/۷۹ns
غلظت × زمان	۹	۲/۱۵**	۳/۵۲ns	۸/۵۳ns	۹/۱۰ns	۶۳/۱۵ns
خطا	۹۶	۱/۰۵	۳/۰۲	۵/۴۲	۸/۸۱	۳۶/۱۸
ضریب تغییرات	-	۲۶/۹۶	۲۵/۴۱	۲۰/۸۶	۱۹/۸۳	۱۷/۵۳

** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱% و غیرمعنی‌دار. H_1، H_2، H_3، H_4 و H_5: به‌ترتیب بیانگر زمان‌های مختلف اندازه‌گیری ارتفاع گیاه به‌صورت هر دو هفته یکبار می‌باشند.

می‌شود. ولی در مراحل بعدی رشد و نمو گیاه و گسترش سیستم ریشه‌ای سایر تیمارها و هم‌چنین با تکرار محلول‌پاشی‌ها، غلظت‌های بیشتر با توجه به نتایج آتیه و همکاران (۱۰) می‌تواند تأثیر سوء در رشد گیاهان داشته باشد. با توجه به نتایج این پژوهش، غلظت‌های زیاد اسید هیومیک در ابتدای مراحل رویشی و غلظت‌های کمتر در مراحل بعدی رشد و نمو گل شب‌بوی مورد مطالعه، مؤثر واقع شدند. طی پژوهشی، غلظت‌های متفاوت اسید هیومیک رشد ریشه جعفری و فلفل را افزایش داد و رشد ریشه و تعداد میوه‌های توت‌فرنگی را به نحو قابل توجهی ($P\leq ۰۵/$) بهبود بخشید. هم‌چنین تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک قسمت هوایی ماده گیاهی به‌طور قابل ملاحظه‌ای در گیاهان رشده کرده در گلدان‌های حاوی اسید هیومیک افزایش نشان داد (۲۹).

سبزواری و خزاعی (۲) گزارش دادند که کاربرد اسید هیومیک منجر به بهبود شرایط رشدی گندم (برگ، ارتفاع و کلروفیل) شد. پادم و همکاران (۳۰) گزارش دادند که قطر ساقه، تعداد برگ‌ها و وزن تر وخشک ساقه و ریشه با کاربرد اسید هیومیک در گیاهچه‌های فلفل و بادمجان افزایش یافت. نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های مختلف بیانگر این موضوع است که غلظت زیاد اسید هیومیک (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در مراحل ابتدایی رشد گیاه تأثیر به‌سزایی نسبت به سایر غلظت‌ها و به‌خصوص شاهد، در افزایش تعداد برگ گیاه دارد. در حالی‌که در مراحل بعدی رشد و نمو گیاه، غلظت‌های کمتر تأثیر بهتری نسبت به سایر غلظت‌ها از خود

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه در اولین اندازه‌گیری (H_1)، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱% نشان داد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، بیشترین ارتفاع اندازه‌گیری شده در اولین، دومین و سومین زمان داده‌برداری مربوط به تیمار شاهد (به‌ترتیب ۴/۳۰، ۷/۲۴ و ۱۱/۷۳ سانتی‌متر)، در چهارمین اندازه‌گیری مربوط به تیمار شاهد و تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک (به‌صورت مشترک، ۱۵/۳۵ سانتی‌متر) و در پنجمین اندازه‌گیری ارتفاع، مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتراسید هیومیک (۳۵/۵۸ سانتی‌متر) بود. به همین ترتیب، کمترین ارتفاع اندازه‌گیری شده در اولین، سومین، چهارمین و پنجمین بار، مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (به‌ترتیب ۳/۴۳، ۱۰/۷۶، ۱۴/۱۶ و ۳۱/۹۸ سانتی‌متر) و در دومین اندازه‌گیری میزان ارتفاع، مربوط به تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (۶/۴۱ سانتی‌متر) بود. در زمان‌های مختلف محلول‌پاشی (T_1، T_2، T_3 و T_4)، داده-

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

های مربوط به تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نسبت به هم و شاهد نشان ندادند (جدول ۲). به احتمال بسیار زیاد، معنی‌دار بودن شاهد در اولین اندازه‌گیری مربوط به اختلاف ارتفاع اولیه نشاها بوده است و در مجموع اسید هیومیک نتوانسته در ارتفاع گیاه مؤثر واقع شود. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در اواخر مرحله رشد گیاه و آخرین اندازه‌گیری ارتفاع (H_5)، کمترین ارتفاع مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (C_2) می‌باشد که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها و شاهد نشان داد. کاهش ارتفاع در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌تواند مربوط به پربرگی گیاه در مراحل انتهایی رشد در این تیمار باشد. به‌طوری‌که تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در اواخر مرحله رویشی بیشترین تعداد برگ شمارش شده (۵۴/۹۶ عدد) را دارا بود، که منجر به کاهش ارتفاع گیاه شده است.

تعداد بی‌شماری از گزارش‌ها در مورد توانایی مواد هیومیک روی افزایش رشد ساقه در ارقام مختلف گونه‌های گیاهی تحت شرایط گوناگون ارائه شده است. اما مکانیسم مسئول برای آن به خوبی درک نشده است. ممکن است که اثر تسریع‌کنندگی مواد هیومیک روی رشد ساقه در درجه اول به خاطر تأثیر بر فعالیت H^+-ATPase ریشه و توزیع نیترات ریشه و ساقه بوده که به نوبه خود منجر به تغییرات در توزیع مشخص سیتوکنین‌ها، پلی‌آمین‌ها و ABA می‌شود؛ بنابراین، روی رشد ساقه تأثیر می‌گذارد (۳۳).

طی تحقیقی، دانشور حکیمی میبدی و همکاران (۱) نشان دادند که اثر غلظت‌ها و زمان‌های مختلف کاربرد هیومیک اسید بر ارتفاع گیاه، در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. مواد هیومیک می‌توانند به‌علت افزایش بیش از حد تولید هورمون‌های گیاهی، موجب کاهش رشد گیاه شوند. کوپر و همکاران (۱۶) نیز نشان دادند که غلظت‌های اسید هیومیک مورد استفاده (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) تأثیری بر رشد گیاهان نداشت، که نتایج فوق با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. طی تحقیقی، کاربرد اسید هیومیک خالص در خاک باعث افزایش قابل توجه رشد رویشی خیار شد که این با افزایش فعالیت در H^+-ATPase ریشه همراه بوده و هم‌چنین، افزایش در غلظت نیترات ساقه و کاهش آن در ریشه رخ داده است. این تغییرات، با افزایش قابل توجهی در غلظت سیتوکنین‌ها و پلی‌آمین‌ها در شاخه خیار و کاهش آنها در ریشه همراه بوده است. این نتایج نشان داد که تأثیر مثبت مواد هیومیک روی توسعه ساقه در خیار می‌تواند به‌طور مستقیم با اثرهای نیترات روی غلظت ساقه‌ای چندین نوع از سیتوکنین‌های فعال و پلی‌آمین‌ها مرتبط باشد (۳۹).

یکی از مکانیسم‌های مواد هیومیک که منجر به افزایش رشد طولی می‌شود مربوط به ترکیبات شبه‌جیبرلینی آن می‌باشد (۲۸). در مطالعه‌ای، کاربرد غلظت‌های مختلف اسید هیومیک موجب افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی شد (۳۸). دلایل عدم پاسخ‌گویی مثبت اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه می‌تواند به‌دلیل نوع ماده هیومیک مورد استفاده و یا به‌دلیل عدم واکنش‌پذیری گل شب‌بو نسبت به اسید هیومیک باشد.

بنابراین، براساس نتایج به‌دست آمده، استفاده از ماده هیومیک مورد استفاده در این پژوهش برای افزایش ارتفاع شب‌بوی بنفش رقم "هانزا" توصیه نمی‌شود.

غلظت کلروفیل در برگ

نتیجه تجزیه واریانس اثر داده‌های غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر میزان کلروفیل گیاه در زمان‌های اندازه‌گیری شده، به غیر از چهارمین زمان اندازه‌گیری، تفاوت‌های معنی‌داری را نسبت به یکدیگر نشان داد (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، در همه زمان‌های اندازه‌گیری شده، به‌غیر از چهارمین زمان اندازه‌گیری، گیاهان مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک دارای بیشترین میزان کلروفیل (به‌ترتیب ۲۲/۵۳، ۲۵/۲۱، ۳۵/۰۷ و ۵۸/۹۷) بودند. در چهارمین زمان اندازه‌گیری، گیاهان تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بیشترین میزان غلظت کلروفیل (۳۹/۸۳) را داشتند که

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید هیومیک بر کلروفیل گیاه در زمان‌های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		Ch_1	Ch_2	Ch_3	Ch_4	Ch_5
غلظت	۳	۵۷۴/۵۸**	۴۵/۰۶*	۳۰۵/۲۲**	۳۹/۵۱ ns	۴۱/۵۱*
زمان	۳	۳۹/۳۲ns	۸/۵۲ns	۴۲/۵۶ns	۱۰/۵۵ns	۸/۴۷ ns
غلظت × زمان	۹	۹۵/۱۹ns	۱۶/۰۹ns	۴۷/۵۷ns	۱۴/۳۴ns	۹/۰۵ ns
اشتباه آزمایشی	۹۶	۶۲/۸۵	۱۶/۱۱	۲۴/۷۲	۱۹/۴۹	۱۱/۰۶
ضریب تغییرات	-	۱۴/۳۵	۱۰/۴۳	۱۵/۵۴	۱۸/۲۰	۱۵/۳۳

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱% و ۵% و غیرمعنی‌دار. Ch_1، Ch_2، Ch_3، Ch_4 و Ch_5: به‌ترتیب بیانگر دفعات مختلف اندازه‌گیری میزان کلروفیل گیاه به‌صورت هر دو هفته یکبار می‌باشند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید هیومیک بر کلروفیل و فلورسانس کلروفیل

تیمارها	میانگین‌ها								
	Ch_1	Ch_2	Ch_3	Ch_4	Ch_5	F0	Fm	Fv	Fv/Fm
C_1	۱۹/۸۸b	۲۲/۵۳b	۲۸/۲۷b	۳۶/۹۲b	۴۹/۵۳b	۲۶۰/۵۰ab	۱۴۲۸/۳۳a	۱۱۶۷/۸۳ab	۰/۸۱۳a
C_2	۲۲/۰۱a	۲۴/۴۴ab	۳۰/۱۵b	۳۸/۰۳ab	۵۳/۶۵b	۲۴۹/۹۱b	۱۳۹۲b	۱۱۴۲/۰۸b	۰/۸۱۵a
C_3	۲۲/۳۰a	۲۴/۸۱ab	۳۴/۴۴a	۳۹/۸۳a	۵۸/۷۸a	۲۷۰/۱۶a	۱۴۵۳/۵۸a	۱۱۸۳/۴۲a	۰/۸۰۷a
C_4	۲۲/۵۳a	۲۵/۲۱a	۳۵/۰۷a	۳۹/۱۰ab	۵۸/۹۷a	۲۴۷/۵۰b	۱۴۲۵/۵۸ab	۱۱۷۸/۰۸ab	۰/۸۲۰a
T_1	۲۲/۴۷a	۲۵/۰۹a	۳۳/۳۹a	۳۹/۰۶a	۵۳/۹۳a	۲۷۲/۹۱a	۱۴۱۳/۹۲ab	۱۱۴۱b	۰/۸۰۱b
T_2	۲۱/۲۱a	۲۳/۶۶a	۳۰/۸۱a	۳۸/۳۶a	۵۴/۶۷a	۲۴۷/۹۱b	۱۴۰۲/۵۸b	۱۱۵۴/۶۷ab	۰/۸۱۸a
T_3	۲۱/۶۳a	۲۴/۲۷a	۳۲/۶۳a	۳۸/۶۹a	۵۵/۶۷a	۲۵۴/۴۱b	۱۴۴۱/۲۵a	۱۱۸۶/۸۳a	۰/۸۱۸a
T_4	۲۱/۴۲a	۲۳/۹۶a	۳۱/۱۰a	۳۷/۷۶a	۵۶/۶۵a	۲۵۲/۸۳b	۱۴۴۱/۷۵a	۱۱۸۸/۹۲a	۰/۸۱۹a

اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵% معنی‌دار نیستند. Ch_1، Ch_2، Ch_3، Ch_4 و Ch_5: به‌ترتیب بیانگر دفعات مختلف اندازه‌گیری میزان کلروفیل گیاه به‌صورت هر دو هفته یکبار می‌باشند.

از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان دادند. به همین ترتیب، کمترین کلروفیل اندازه‌گیری شده در کلیه زمان‌های اندازه‌گیری مربوط به تیمار شاهد (به‌ترتیب ۱۹/۸۸، ۲۲/۵۳، ۲۸/۲۷، ۳۶/۹۲ و ۴۹/۵۳) بود. این در حالیست که زمان‌های مختلف محلول‌پاشی و اثر متقابل غلظت و زمان محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. نتایج این

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید هیومیک بر مدت زمان تا اولین گل‌دهی

	منابع تغییرات				
	غلظت	زمان	غلظت × زمان	خطا	ضریب تغییرات
درجه آزادی	۳	۳	۹	۹۶	-
زمان تا گل‌دهی	۳۱۲/۸۶*	۳۶/۹۸ns	۱۳۹/۳۱ns	۸۵/۴۶	۶/۸۱

* و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و غیرمعنی‌دار

پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی موجب افزایش میزان غلظت کلروفیل گردید. ولی زمان‌های مختلف محلول‌پاشی روی میزان غلظت کلروفیل در گیاه مؤثر نبودند، که این نشان‌دهنده این است که افزایش در میزان کلروفیل در غلظت‌های مختلف ایجاد می‌شود و زمان‌های مختلف تیمار نمی‌توانند در تغییر میزان کلروفیل گیاه مؤثر باشند.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان کلروفیل گیاه (جدول ۵) دیده می‌شود که غلظت‌های بالاتر اسید هیومیک (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین تأثیر را در افزایش میزان کلروفیل گیاه داشته‌اند. افزایش در میزان کلروفیل می‌تواند به‌دلیل افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه در نتیجه افزایش رشد رویشی گیاه و غلظت کلروفیل در مقایسه با گیاهان شاهد باشد. در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی را در افزایش سبزینه گیاه دارد و با توجه به نتایج کوثر و اعظم (۲۳) مبنی بر افزایش قابل توجه جذب نیتروژن در حضور اسید هیومیک، می‌توان چنین استنباط کرد که ماده هیومیک مورد استفاده در این پژوهش، به‌خصوص در غلظت‌های بالاتر (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، توانسته است باعث افزایش جذب عناصر مغذی، به‌خصوص نیتروژن، و به‌دنبال آن افزایش سبزینگی گیاه شود.

تجادا و گنزالز (۳۶) با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و مقایسه آن با محلول‌پاشی اسید هیومیک، مشاهده کردند که میزان غلظت کلروفیل و کاروتنوئید ساقه‌های خوراکی مارچوبه، اغلب عناصر ماکرو و میکرو و نیز عملکرد مارچوبه‌ها افزایش یافت. آیمان و همکاران (۱۱)، اسید آمینه‌ها و اسید هیومیک را به‌عنوان تسریع‌کننده رشد، عملکرد و مقاومت به بیماری‌های قارچی لوبیای رقم فابا کاشته شده در خاک‌های رسی به‌کار بردند. همه صفات مورفولوژیک (به‌غیر از شاخه‌دهی و برگ‌های گیاه) و عملکرد (به‌غیر از غلاف و وزن ۱۰۰ دانه) و هم‌چنین میزان عناصر ماکرو (NPK در بذرها و کاه) و میزان کلروفیل به میزان قابل توجهی به‌وسیله کاربرد اسید هیومیک (۲۰۰۰ mg/L) همراه با اسید آمینه‌ها (۲۰۰۰ mg/L) افزایش یافت. افزایش در میزان کلروفیل احتمالاً به‌دلیل افزایش در جذب عناصر ماکرو و میکرو می‌باشد. سبزواری و خزاعی (۲) نشان دادند که اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌داری در عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال ۵% در گیاهان گندم شد.

مدت زمان تا اولین گل‌دهی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۶) داده‌های اثر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید هیومیک بر زمان تا اولین گل‌دهی نتایج معنی‌داری را در سطح احتمال ۵% نشان داد. کمترین میزان آن مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک با ۱۳۱ روز تا گل‌دهی و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد با ۱۳۹ روز تا گل‌دهی بود که اختلاف معنی‌داری را با تیمار ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتراسید هیومیک نشان داد. مدت زمان تا اولین گل‌دهی در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به‌ترتیب ۱۳۷ و ۱۳۳ روز بود. در صورتی‌که زمان‌های مختلف محلول‌پاشی بر گل‌دهی گیاه بی‌تأثیر بود (جدول ۵).

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

کاهش زمان تا گل‌دهی احتمالاً به‌دلیل افزایش توسعه ریشه و جذب سریع عناصر غذایی بوده که این امر موجب تسریع رشد و گذر سریع‌تر گیاه از مرحله نونهالی به مرحله بلوغ شد. به نظر می‌رسد این مواد بر تغییرات بیوشیمیایی دیواره سلولی، غشاء سلول و حتی سیتوپلاسم اثر می‌گذارند (۱۳). مواد هیومیک با مکانیسم‌های مختلف سبب تسریع رشد در گیاهان می‌شوند. یکی از این مکانیسم‌ها به اثر مستقیم این ترکیبات و وجود ترکیبات شبه‌هورمونی، از جمله ترکیبات اکسینی و شبه اکسینی، مربوط می‌باشد که می‌توانند رشد سلول‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (۱۰). هم‌چنین، این مواد دارای ترکیبات شبه جیبرلینی هستند که می‌تواند بر رشد سلول‌ها مؤثر باشد (۲۸). چن و آویاد (۱۳) گزارش نمودند که تسریع رشد و جذب عناصر غذایی گیاهان در اثر کاربرد مواد هیومیک رخ می‌دهد و دفلاین و همکاران (۱۹) نیز تأثیر کاربرد برگی نیتروژن و اسیدهای هیومیک روی رشد و عملکرد ذرت را تأیید کردند. تأثیر مثبت مواد هیومیک روی رشد و گل‌دهی بسیاری از گیاهان، از جمله خانواده گرامینه، به خوبی به اثبات رسیده است (۱۳). اثر تسریع‌کنندگی گل‌دهی توسط اسید هیومیک می‌تواند به‌دلیل افزایش در میزان کلروفیل گیاه در غلظت‌های بالاتر باشد که به نوبه خود منجر به افزایش فتوسنتز و در نتیجه کاهش طول دوره رویشی گیاه می‌شود. بنابراین، غلظت‌های بالاتر اسید هیومیک می‌تواند منجر به کاهش دوره نونهالی و تسریع در گل‌دهی شب‌بوی بنفش شود.

فلورسانس کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این موضوع است که اسید هیومیک می‌تواند در سیستم فتوسنتزی گیاه نیز مؤثر واقع شود (جدول ۷). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) اثر غلظت‌های مختلف بر فلورسانس حداکثر (Fm)، در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیشترین مقدار فلورسانس حداکثر (Fm) از تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک(۱۴۵۱/۵۸) و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتراسید هیومیک (۱۳۹۲) به‌دست آمد. کاهش در فلورسانس حداکثر (Fm) نشان‌دهنده کاهش واکنش‌های فتوشیمیایی می‌باشد (۴۰) و می‌تواند فعالیت فتوسیستم II را مختل کند (۸). تأثیر مثبت اسید هیومیک روی این امر به خوبی مشهود است و منجر به افزایش معنی‌داری در فلورسانس حداکثر شده است.

افزایش در فلورسانس حداقل (F0) نشان‌دهنده تأثیر سوء تنش‌های محیطی بر گیاهان می‌باشد. تأثیر مثبت اسید هیومیک بر کاهش فلورسانس حداقل به خوبی مشهود است که بیشترین مقدار آن (۲۷۰/۱۶) مربوط به تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر (C_2) و کمترین آن (۲۴۷/۵۰) مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (C_4) بود که اختلاف معنی‌داری را نسبت به یکدیگر نشان دادند. هم‌چنین، فلورسانس حداقل (F0) در زمان‌های مختلف تیمار نیز در سطح احتمال ۵% نتایج معنی‌داری را نشان داد که بیشترین مقدار آن (۲۷۲/۹۱) در تیمار هر هفته محلول‌پاشی (T_1) و کمترین مقدار آن (۲۴۷/۹۱) مربوط به تیمار هر دو هفته محلول‌پاشی (T_2) بود.

افزایش در میزان فلورسانس حداقل (F0) در تیمار شاهد احتمالاً به‌دلیل تنش بیشتر گیاهان تیمار نشده با اسید هیومیک بوده که منجر به افزایش فلورسانس حداقل می‌شود. با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۷)، اسید هیومیک نتوانسته است میزان فلورسانس متغیر (Fv) و عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی (Fv/Fm) را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشد.

اثر متقابل تیمارها بر تعداد برگ

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید هیومیک بر تعداد برگ (جدول ۸)، در اولین، دومین و سومین زمان اندازه‌گیری تعداد برگ، غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هر چهار هفته یک‌بار تیمار ($C_4 \times T_4$) به‌ترتیب با ۹/۱۴، ۲۱/۱۴ و ۳۰/۴۲ برگ و در چهارمین و پنجمین مرتبه اندازه‌گیری، غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هر سه هفته یک‌بار تیمار ($C_3 \times T_3$) دارای بیشترین اثر متقابل در

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید هیومیک بر فلورسانس کلروفیل

منابع تغییرات	درجه آزادی	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس متغییر Fv	عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی Fv/Fm
غلظت	۳	۱۳۰۴/۱۳^{ns}	۷۶۶۹/۵۸*	۴۰۴۳/۸۵^{ns}	۰/۰۰۰۳۶^{ns}
زمان	۳	۱۴۳۹/۵۲*	۴۶۷۹/۶۳^{ns}	۶۷۹۵/۵۷*	۰/۰۰۰۸۶^{ns}
غلظت × زمان	۹	۷۸۵/۱۸^{ns}	۱۸۲۸/۶۹^{ns}	۲۳۳۹/۵۲^{ns}	۰/۰۰۰۳۷^{ns}
خطا	۳۲	۴۸۸/۷۹	۱۷۹۰/۷۹	۲۳۱۳/۷۵	۰/۰۰۰۳۱
ضریب تغییرات	-	۸/۶۰	۲/۹۶	۴/۱۱	۲/۱۶

* و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و غیرمعنی‌دار

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید هیومیک بر تعداد برگ و ارتفاع گیاه در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری

تیمار	میانگین‌ها									
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	H_1 cm	H_2 cm	H_3 cm	H_4 cm	H_5 cm
$C_1 \times T_1$	۸/۱۴^{ab}	۱۵/۷۱^{d}	۲۴/۷۱^{c}	۴۲^{bc}	۵۱/۵۷^{bc}	۴/۵۷^{abc}	۷/۴۷^{ab}	۱۱/۵۰^{ab}	۱۴/۵۷^{ab}	۳۴/۵۰^{a}
$C_1 \times T_2$	۷/۷۱^{ab}	۱۸/۴۲^{abcd}	۲۶^{bc}	۴۳/۱۴^{bc}	۵۴/۲۸^{abc}	۴/۸۸^{a}	۷/۸۱^{a}	۱۳/۱۴^{a}	۱۷/۳۵^{a}	۳۸/۷۱^{a}
$C_1 \times T_3$	۷^{b}	۱۶/۵۷^{bcd}	۲۵/۵۷^{c}	۴۰/۸۵^{bc}	۵۴/۸۵abc	۴/۰۷^{abcd}	۷/۲۱^{ab}	۱۰/۸۵^{ab}	۱۴/۱۱^{ab}	۳۱/۲۸^{ab}
$C_1 \times T_4$	۶/۸۵^{b}	۱۶^{cd}	۲۵/۵۷^{c}	۳۸/۸۵^{c}	۵۶/۲۸^{abc}	۳/۶۸^{abcde}	۶/۴۸^{ab}	۱۱/۴۲^{ab}	۱۵/۳۵^{ab}	۳۱/۷۱^{ab}
$C_2 \times T_1$	۷/۱۴^{b}	۱۸^{abcd}	۲۳/۷۱^{c}	۴۰^{c}	۵۸/۸۵^{ab}	۳/۲۸^{cde}	۶/۰۵^{ab}	۹/۵۷^{b}	۱۲/۵۰^{b}	۲۷^{b}
$C_2 \times T_2$	۸/۱۴^{ab}	۱۷/۲۸^{bcd}	۲۴/۷۱^{c}	۴۱/۲۸^{bc}	۵۶/۲۸^{abc}	۳/۷۲^{abcde}	۶/۶۲^{ab}	۱۰/۷۸^{ab}	۱۴/۳۵^{ab}	۳۱/۸۵^{ab}
$C_2 \times T_3$	۷/۵۷^{ab}	۱۷/۲۸^{bcd}	۲۳/۵۷^{c}	۳۹/۴۲^{c}	۴۹/۴۲^{c}	۳/۲۴^{de}	۶/۶۰^{ab}	۱۱/۵۷^{ab}	۱۴/۵۷^{ab}	۳۴/۷۱^{a}
$C_2 \times T_4$	۷/۵۷^{ab}	۱۹^{abc}	۲۶/۲۸^{bc}	۴۲/۴۲^{bc}	۵۵/۲۸^{abc}	۳/۵۰^{bcde}	۶/۸۲^{ab}	۱۱/۱۴^{ab}	۱۵/۲۱^{ab}	۳۴/۳۵^{a}
$C_3 \times T_1$	۸/۵۷^{ab}	۱۹^{abc}	۲۷/۴۲^{abc}	۴۲/۲۸^{bc}	۴۹/۴۲^{c}	۳/۷۷^{abcde}	۷/۱۱^{ab}	۱۱/۶۴^{ab}	۱۵/۸۵^{ab}	۳۷/۳۵^{a}
$C_3 \times T_2$	۷/۸۵^{ab}	۱۸/۱۴^{abcd}	۲۶/۷۱^{bc}	۴۲/۲۸^{bc}	۵۳/۲۸^{abc}	۲/۷۲^{e}	۵/۳۴^{b}	۹/۱۴^{b}	۱۳/۸۵^{ab}	۳۳/۱۴^{ab}
$C_3 \times T_3$	۹^{a}	۲۱^{a}	۲۹/۷۱^{ab}	۴۸/۲۸^{a}	۵۹/۱۴^{a}	۴/۰۴^{abcd}	۷/۱۵^{b}	۱۱/۹۲^{ab}	۱۵/۵۰^{ab}	۳۵/۵۰^{a}
$C_3 \times T_4$	۷/۴۲^{ab}	۱۶/۵۷^{bcd}	۲۵^{c}	۴۰/۲۸^{c}	۵۲/۴۲^{abc}	۳/۳۲^{bcde}	۶/۰۵^{ab}	۱۱/۱۴^{ab}	۱۴/۷۸^{ab}	۳۶/۲۸^{a}
$C_4 \times T_1$	۸/۲۸^{ab}	۱۹/۴۲^{ab}	۲۶/۷۱^{bc}	۴۰/۲۸^{c}	۵۱/۱۴^{c}	۳/۴۲^{bcde}	۷/۰۸^{ab}	۱۱/۳۵^{ab}	۱۵/۲۱^{ab}	۳۵/۸۵^{a}
$C_4 \times T_2$	۸/۵۷^{ab}	۲۰/۷۱^{a}	۲۷/۲۸^{abc}	۴۳/۸۵^{abc}	۵۱^{c}	۴/۳۰^{abcd}	۷/۸۰^{a}	۱۱/۵۰^{ab}	۱۶/۱۴^{ab}	۳۶/۹۲^{a}
$C_4 \times T_3$	۷/۸۵^{ab}	۱۸/۸۵^{abcd}	۲۶^{bc}	۴۰/۸۵^{bc}	۵۱/۱۴^{c}	۳/۸۱^{abcde}	۶/۳۸^{ab}	۱۰/۲۱^{ab}	۱۴/۵۷^{ab}	۳۴/۲۸^{a}
$C_4 \times T_4$	۹/۱۴^{a}	۲۱/۱۴^{a}	۳۰/۴۲^{a}	۴۶/۲۸^{ab}	۵۰/۱۴^{c}	۴/۶۲^{ab}	۷/۴۰^{ab}	۱۱/۷۱^{ab}	۱۵/۵۰^{ab}	۳۵/۲۸^{a}

اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵% معنی‌دار نیستند.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

تعداد برگ شمارش شده بود. به همین ترتیب، در خصوص اثر متقابل تیمارها بر ارتفاع گیاه، تیمار شاهد در هر دو هفته یک‌بار محلول‌پاشی با آب دیونیزه در کلیه زمان‌های اندازه‌گیری (H_1، ...H_5) به‌ترتیب با ۴/۸۸، ۷/۸۱، ۱۳/۱۴، ۱۷/۳۵ و ۳۸/۷۱ سانتی‌متر دارای بیشترین اثر متقابل در ارتفاع گیاه بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که اسید هیومیک در برخی از زمان‌های رشد گیاه می‌تواند شاخص‌های رشدی گل شب‌بوی بنفش را بهبود بخشد. دلیل تأثیر متفاوت اسید هیومیک بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در این پژوهش می‌تواند این باشد که اثر اسید هیومیک به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. دیوید و همکاران (۱۷)، نشان دادند که برجسته‌ترین اثرهای اسید هیومیک روی گیاهان در شرایط نامساعد رشد مشاهده می‌شود. بنابراین، از جمله دلایل عدم تأثیر مثبت اسید هیومیک بر برخی شاخص‌های مورد اندازه‌گیری، نظیر ارتفاع گیاه، می‌تواند شرایط محیطی مناسب و کنترل شده‌ای باشد که گیاهان شب‌بو در آن پرورش یافته‌اند. غلظت‌های زیاد اسید هیومیک (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در مراحل ابتدایی رشد گیاه باعث پربرگی و در کل دوره رویشی گیاه باعث افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل و سبزینگی گیاه شد، بدون آن‌که در افزایش ارتفاع مؤثر باشد. هم‌چنین، این غلظت‌ها منجر به کاهش معنی‌داری در دوره رویشی گیاه و تسریع گل‌دهی می‌شوند که این از نظر زیبایی گیاه و تولید گیاهانی پاکوتاه، پربرگ، زود گل‌ده و با سبزینگی بیشتر در گل فروشی‌ها و فضای سبز شهری بسیار حائز اهمیت است.

منابع مورد استفاده

۱. دانشور حکیمی میبدی، ن.، م. کافی، ع. نیکبخت و ف. رجالی. ۱۳۹۰. اثر هیومیک اسید بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی چمن اسپیدی گرین. مجله علوم باغبانی ایران ۴۲(۴): ۴۰۳-۴۱۲.

۲. سبزواری، س. و ح. خزاعی. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum.* L.) رقم پیشتاز. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی ۱(۲): ۵۳-۶۳.

۳. سیم‌کش‌زاده، ن.، م. مبلی، ن. اعتمادی و ب. بانی نسب. ۱۳۸۹. ارزیابی میزان مقاومت به سرما در برخی از ارقام زیتون با اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل و آسیب‌های ظاهری. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴(۲): ۱۶۳-۱۶۹.

۴. قاسمی قهساره، م. و م. کافی. ۱۳۸۴. گلکاری علمی و عملی. انتشارات گلبن، اصفهان.

۵. قنادی ف، ۱۳۶۴. باغبانی و گلکاری در خانه و آپارتمان. انتشارات مگدا، تهران.

۶. کافی، م.، م. بابالار، ع. نیکبخت، ح. ابراهیم‌زاده، ن. اعتمادی و س. سماوات. ۱۳۸۸. اثر پاشش هیومیک اسید بر جذب عناصر، میزان پروتئین و خصوصیات پس از برداشت ژربرا رقم مالیبو. مجله علوم باغبانی ایران ۴۰(۱): ۶۹-۷۵.

۷. نیکبخت، ع.، م. کافی، م. بابالار، ن. اعتمادی، ح. ابراهیم‌زاده و ی. پینگ شیا. ۱۳۸۶. اثر هیومیک اسید بر جذب کلسیم و رفتار فیزیولوژیکی پس از برداشت گل ژربرا. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۸(۴): ۲۳۷-۲۴۸.

8. Anonymous, A. 1993. An introduction to flourescence measurements with the plant efficiency analyzer. Hansatech Instruments, Ltd., England.
9. Arancon, N.Q., C.A. Edward and S.R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. Eur. Soil Biol. 42: 65-69.
10. Atiyeh, R.M., S. Lee and C.A. Edwards. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresour. Technol. 84: 7-14.
11. Ayman, M., M. Kamar and M. Khalid. 2009. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

of faba bean cultivated in clayey soil. Aust. J. Basic Appl. Sci. 3(2): 731-739.
12. Bottomley, W.B. 1914. Some accessory factors in plant growth and nutrition. Proc. of the Royal Society of London (Biology), 88: 237-247.
13. Chen, Y. and T. Aviad. 1990. Effects of humic substances on plant growth. PP. 161-186. *In:* MacCarthy et al. (Eds.), Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.
14. Chen, Y., C.E. Clapp and H. Magen. 2004. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. Soil Sci. Plant Nutr. 50(7): 1089-1095.
15. Clapp, C.E., M.H.B. Hayes and R.S. Swift. 1993. Isolation, fractionation, functionalities, and concepts of structure of soil organic macromolecules. In: Beck, A.J., K.C. Jones, M.H.B. Hayes and U. Mingelgrin (Eds.), Organic Substances in Soil and Water, Royal Society of Chemistry, Cambridge.
16. Cooper, R.J., C. Liu and D.S. Fisher. 1988. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. Crop Sci. 38(6): 1639-1644.
17. David, P.P., P.V. Nelson and D.C. Sanders. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedlings in solution culture. Plant Nutr. 17: 173-184.
18. Deall, J.R. and P.M.A. Toivonen. 2003. Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology. Kluwer Academic Publishers, Boston.
19. Defline, S., R. Tognetti, E. Desiderio and A. Alvino. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agron. Sustain. Dev. 25: 183-191.
20. Ding, G.W., J.D. Mao and B.S. Xing. 2001. Characteistics of amino acids in soil humic substances. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32: 13-14.
21. Govindasmy, R. and S. Chandersaka-Ran. 1992. Effect of humic acids on the growth, yield and nutrient content of sugar cane. Sci. The Total Environ. 117: 575-581.
22. Grossl, P.R. and W.P. Inskeep. 1991. Precipitation of dicalcium phosphate dihydrate in the presence of organic acids. Soil Sci. Soc. Am. 55: 670-675.
23. Kauser, A. and F. Azam. 1985. Effect of humic acid on wheat seeding growth. Environ. Exp. Bot. 25: 245-252.
24. Khaled, H. and H. Fawy. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil Water Res. 6(1): 21-29.
25. Khristeva, L.A. 1953. The participation of humic acids and other organic substances in the nutrition of higher plants. Pochvovedenie 10: 46-59.
26. Khristeva, L.A. 1970. Theory of humic fertilizers and their practical use in the Ukraine. PP. 543-558. In: Robertson, R.A. (Ed.), 2nd International Peat Congress, Leningrad, HMSO, Edinburgh.
27. Maxwell, K. and G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence- a practical guide. Exp. Bot. 51: 659-668.
28. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biol. Biochem. 34: 1527-1536.
29. Norman, Q., L. Stephen, A. Clive and A. Rola. 2003. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. Pedobiol. 47: 741-744.
30. Padem, H., A. Ocal and R. Alan. 1999. Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. Acta Hort. 491.
31. Pinton, R., S. Cesco, S. Santi, F. Agnolon and Z. Varanini. 1999. Water-extractable humic substances enhance iron deficiency responses by Fe-deficient cucumber plants. Plant Soil 210: 145-57.
32. Rauthan, B.S. and M. Schnitzer. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (Cucumis sativus) plants. Plant Soil 63: 491-495.
33. Rubio, V., R. Bustos, M.L. Irigoyen, X. Cardona-Lopez, M. Rojas-Triana and J. Paz-Ares. 2009. Plant hormones and nutrient signaling. Plant Mol. Biol. 69(4): 361-73.
34. Sánchez-Sánchez, A., J. Sánchez-Andreu, M. Juárez, J. Jordá and D. Bermúdez. 2002. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. Plant Nutr. 25: 2433-2442.
35. Sindhu, S.S. and N.S. Pathania. 2003. Effect of pulsing, holding and low temperature storage on keeping quality on Asiatic lily hybrids. Acta Hort. 624: 389-394.
36. Tejada, M. and J.L. Gonzalez. 2003. Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. Biol. Agric. Hort. 21(3): 277-291.
37. Thurman, E.M. 1985. Organic Geochemistry of Natural Waters. Martinus Nijhof/Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
38. Turkmen, N., A. Dursan, M. Turan and C. Erdinc. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth and nutrient content of tomato (Lycopersicon esculentum L.) seedlings under salin soil conditions. Acta Agric. Scandinavica, Section B-Soil and Plant Sci. 54(3): 168-174.
39. Veronica, M., B. Eva, Z. Angel-Maria, A. Elena, G. Maria, F. Marta and G.M. Jose´-Maria. 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]

distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. Plant Physiol. 167: 633-642.
40. Wilson, J.M. and J.A. Greaves. 1993. Development of and water stress in crop plants. PP. 389-398. In: Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress, AVRDC, Shanhua, Taiwan.
41. Young, C.C. and Y. Chen. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings. Plant Soil 195: 143-149.
42. Zachariakis, M., E. Tzorakakis, I. Kritsotakis, C.I. Siminis and V. Manios. 2001. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks. Acta Hort. 549: 131-136.
43. Zang, J. and W.J. Davies. 1989. Abscisic asid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water status of the soil. Plant Cell Environ. 12: 73-81.
44. Zheng, Y., T. Graham, S. Richard and M. Dixon. 2004. Potted gerbera production in a subirrigation system using low-concentration nutrient solutions. HortSci. 39: 1283-1286.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.13.9]