تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک بر گیاه دارویی صبر زرد در خاک‌های آلوده با کادمیم

پرویز یداللهی[1]، محمد رضا اصغری پور[2*] و فرشاد گلشنی[2]

[1] دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، شهرکرد، ایران، [2*] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ٩٣/٠٤/١٣، تاریخ پذیرش نهایی: ١٣٩٣/١٢/٢٤)

چکیده:

آلودگی کادمیوم یک تهدید عمده برای محیط زیست و سلامتی انسان است. بنابراین پیدا کردن راهکارهایی کم هزینه برای کاهش سمیت کادمیم ضروری است. کلات کننده‌هایی نظیر اسید هیومیک به عنوان کاهش دهنده اثرات تنش‌های مختلف شناخته شده‌اند. این مطالعه به منظور بررسی اثر کادمیم و محلول پاشی اسید هیومیک بر رشد و غلظت قندهای محلول گیاه صبرزرد به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت گلدانی در سال ١٣٩١در گلخانه دانشکده کشاورزی زابل انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح کادمیم به مقدار صفر (شاهد)، ٤ و ٦ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و چهار سطح محلول پاشی اسید هیومیک (صفر، ٠/٥، ١/٥ و ٣ گرم بر لیتر) بودند. کادمیم در سطح ٤ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث افزایش صفات کمی مورد مطالعه گردیده و برای رشد گیاه اختلالی ایجاد نکرد، اما غلظت ٦ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم منجر به کاهش وزن تر و وزن خشک ریشه و شاخساره، طول برگ، ضخامت برگ، وزن ژل و ارتفاع گیاه گردید. همچنین کادمیم در سطح ٦ میلی گرم در کیلوگرم، سبب افزایش قندهای محلول گلوکز، مانوز و زایلوز گردید. مصرف اسید هیومیک تأثیری بر طول ریشه، وزن تر و وزن خشک ریشه و قندهای محلول گلوکز، مانوز و زایلوز نداشت، اما با توجه به تأثیر مثبت آن بر وزن تر و وزن خشک شاخساره و برخی از ویژگی‌های مورفولوژی، محلول پاشی آن برای تقویت گیاه قابل توصیه بوده ولی نیاز به تحقیقات بیشتری وجود دارد.

واژگان کلیدی: عناصر سنگین، قندهای محلول، کودهای آلی، گیاهان دارویی

مقدمه:

آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی از مهمترین مسائل محیطی است که می‌تواند باعث کاهش تولید محصول و کاهش امنیت غذایی بشر شود (Rai *et al*., 2011). کادمیم یکی از فلزات سنگین می‌باشد که از طریق فرسایش خاک و سنگ بستر، رسوبات آلوده ناشی از کارخانه‌ها، پساب مناطق آلوده و استفاده از کودها و حشره کش‌ها وارد محیط زیست می‌شود (Babula *et al*., 2009). در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری تأثیر کادمیم در کاهش بیوماس گیاهان (Anjum *et al*., 2008)، افزایش قندهای احیاء کننده (Verma and Dubey, 2001)، تحلیل برگ و ساقه (Sifola and Postiglion, 2002)، کاهش وزن خشک ریشه و ساقه (Shafi *et a*l., 2010) و ارتفاع بوته (Huang *et al*., 2007) را به اثبات رسانده است.

امروزه کاربرد کودهای آلی همانند اسید هیومیک برای بهبود و افزایش کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی (El- Sherbeny *et al*., 2012) و همچنین کاهش اثرات تنش‌های غیر زیستی (داوودی فرد و همکاران، ١٣٩١: Turan *et al*., 2011) در حال توسعه است. اسید هیومیک یک ترکیب پلیمری طبیعی و آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید و می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به کار رود (Gad El-HAK *et al*., 2012). این ماده به طور مستقیم و غیر

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: m_asgharipour@uoz.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]

مستقیم بر رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد و مزایای فراوانی برای محصول دارد (Rajpar *et al.*, 2011). مهم‌ترین خاصیت اسید هیومیک این است که از یک طرف به انحلال و آزاد سازی عناصر تثبیت شده به خصوص در خاک‌های قلیایی کمک می‌کند (Ozdamar Unlu *et al.*, 2011) و از طرف دیگر همانند یک مخزن عناصر اضافی موجود در محیط را درخود ذخیره نموده، به موقع دراختیار ریشه می‌گذارد (Turan *et al.*, 2011) و بدین ترتیب محیط متعادلی را برای رشد گیاه به وجود می‌آورد. در همین راستا Bakry و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد را با محلول‌پاشی اسید هیومیک بر روی دو نوع گندم در مزرعه گزارش کردند.

صبرزرد (*Aloe vera* L.) گیاهی است چندساله از خانواده Liliacea، با برگ‌های سبز و آبدار که با الگویی حلقه‌ای به ساقه متصل شده‌اند (Rahimi-Dehgolan *et al.*, 2012). در سال‌های اخیر خواص صبرزرد بر روی درمان آسیب‌های گاستریک معده، فعالیت‌های ضدمیکروبی، دفاع علیه هیپوکامپوس و آسیب غشای مغزی، درمان آکنه و دیگر فاکتورهای درمانی مشخص شده است (Rodriguz *et al.*, 2010). محققین در مطالعات خود این گیاه را تا حدودی مقاوم و سازگار در برابر تنش عناصر سنگین (Rai *et al.*, 2011) و تنش شوری حاصل از سدیم کلرید (Jin *et al.*, 2007; Moghbeli *et al.*, 2012; Rahimi-Dehgolan *et al.*, 2012) معرفی کرده‌اند. این آزمایش با هدف تعیین آستانه تحمل گیاه دارویی صبرزرد به غلظت‌های مختلف عنصر سنگین کادمیم و نقش اسید هیومیک در تخفیف سمیت کادمیم و افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی آن انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت گلدانی در سال ۱۳۹۱ در گلخانه دانشکده کشاورزی زابل انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح کادمیم شامل صفر (شاهد)، ٤ و ٦ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نمک کلریدکادمیم و چهار سطح محلول پاشی اسید هیومیک شامل صفر، ۰/۵، ۱/۵ و ۳ گرم بر لیتر بودند. آزمایش در خاکی متشکل از مخلوط شن و پرلایت و خاک مزرعه (با بافت لوم شنی) به نسبت ۱:۱:۱ با pH معادل ۷/٦ و EC معادل ٤/٦ دسی زیمنس بر متر اجرا شد. مقادیر مختلف محلول‌های حاوی نمک کادمیم پیش از پر کردن گلدان‌ها با خاک مخلوط شدند.

در اوائل فروردین ماه پاجوش‌های صبرزرد شش ماهه با ارتفاع و ابعاد تا حد امکان یکسان درون گلدان‌هایی (حدود ٤ لیتر حجم) با زهکش مناسب کشت شدند. در طول آزمایش برای آبیاری از محلول غذایی هوگلند (Hoagland and Arnon, 1950) استفاده شد. تیمار اسید هیومیک برای یکبار به صورت محلول پاشی برگی ۱۰ روز پس از کاشت اعمال شد. برای جذب بهتر محلول، از Tween 20 به عنوان مویان به میزان یک درصد استفاده شد. برای تیمار شاهد، آب مقطر همراه با مویان محلول پاشی شد. گیاهان ٤٥ روز پس از کاشت برداشت شدند. بعد از جداسازی ریشه و اندام هوایی گیاه، تمامی نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند و سپس ارتفاع گیاه، طول برگ، طول ریشه، ضخامت برگ، سطح برگ، وزن تر ریشه و شاخساره، وزن خشک ریشه و شاخساره، وزن ژل و قندهای محلول گلوکز، مانوز و زایلوز اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه‌گیری وزن ژل، پوسته برگ با دقت از ژل جدا گردید. برای اندازه‌گیری میزان قندهای محلول پس از عصاره-گیری، مقدار گلوکز، زایلوز و مانوز بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر و به ترتیب در طول موج ٤٩٠، ٤٨٥ و ٤٨٠ نانومتر قرائت شد (Dubios *et al.*, 1956). در پایان، تجزیه داده‌های به دست آمده با استفاده نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث:

ارتفاع گیاه: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش اثر تنش کادمیم بر ارتفاع ساقه معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش کادمیم صفت مذکور کاهش می‌یابد، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد (٤٩/٦٢ سانتی متر) و کمترین مقدار آن نیز با ۲۲/۷ درصد کاهش در سطح ٦ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیم به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات رشدی گیاه صبرزرد تحت تأثیر تنش کادمیم و محلول پاشی اسید هیومیک

منابع تغییرات	درجه	میانگین مربعات					
	آزادی	ارتفاع	طول برگ	ضخامت برگ	سطح برگ	وزن تر شاخساره	وزن خشک شاخساره
تکرار	۲	۱/٦٤	۱/۰۹	۰/۰۰۳	۲۳/٤۹	۱۳۳٦/٦	۱/۱۱
کادمیم (Cd)	۲	٤۱۳/۲ **	٤٤۰/۸۷**	۰/۱۰**	۱۵۰٤/۹**	۱۰۰۰۲۰/٦**	۵۹/٤۸**
اسید هیومیک (H)	۳	۱۲۲/۵ **	۱۰۷/٦۲**	۰/۰۰۰۳ ns	٦۹/۵**	٤٦۹۳/۷**	۳/۳۷**
Cd ×H	٦	۳/٦ ns	۱/۳۸ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۹۰ ns	۲٦۰/۳ ns	۰/۱۷ ns
خطا	۲۲	۲/٤۲	۲/۹۳	۰/۰۰۱	۳/۸۵	۱۹٦/۵	۰/۱۹
ضریب تغییرات	-	۳/٤٦	٤/٦۷	۳/۳۲	۲/۲۳	۲/٦۹	۳/۵۲

ns، * و ** به ترتیب نداشتن اختلاف معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات رشدی گیاه صبرزرد تحت تنش کادمیم و محلول پاشی اسید هیومیک

	ارتفاع (سانتیمتر	طول برگ (سانتیمتر)	ضخامت برگ (میلی متر)	سطح برگ (سانتیمتر مربع	وزن تر شاخساره (گرم در بوته)	وزن خشک شاخساره (گرم در بوته)
سطوح کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم)						
شاهد	٤۹/٦۲a	٤۰/۹۹a	۱/۲۰b	۷۲/۰۳c	۵۱۷/۷۵b	۱۲/۵٤b
٤	٤٦/۸۵b	۳۹/۱۸b	۱/۳۹a	۹۳/۲۲a	٦۱۳/۲۵a	۱٤/۸۲a
٦	۳۸/۳٦c	۲۹/۷۰c	۱/۳۱c	۸۸/۹۱b	٤۳۰/۷۲c	۱۰/۳٦c
اسید هیومیک (گرم بر لیتر)						
شاهد	٤۱/۹۹c	۳۳/۷٤c	۱/۲۹a	۸۲/۱۳c	٤۹۸/۵۲c	۱۱/۹۱c
۰/۵	٤۲/۳٤c	۳٤/۳۵c	۱/۳۰a	۸۳/۰٦c	۵۰۹/۱۷c	۱۲/۳۷b
۱/۵	٤۵/۵۱b	۳۷/۰۵b	۱/۳۰a	۸۵/۳۱b	۵۲۳/۳۵b	۱۲/٦٤b
۳	٤۹/۹٤a	٤۱/۳٤a	۱/۳۱a	۸۸/۳۸a	۵۵۱/۲٤a	۱۳/۳۷a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD است.

دست آمد (جدول ۲). فلزات سنگین مانند کادمیم از طریق مسیرهای اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد باعث بروز ناهنجاری‌های کروموزومی شده و در نتیجه باعث کاهش رشد گیاه می‌گردند (Goncalves *et al.*, 2009). در همین ارتباط محققین اعلام کردند تنش کادمیم به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه و بیوماس را در انواع ژنوتیپ‌های جو کاهش می‌دهد (Huang *et al.*, 2007).

بر اساس نتایج ارائه‌شده ارتفاع گیاه ($p\leq0/01$) به طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۱). مکانیسم‌های مختلفی در ارتباط با تأثیر اسید هیومیک بر رشد رویشی گیاهان ارائه شده است. یکی از مهم ترین این مکانیسم‌ها، تأثیر اسید هیومیک بر جذب عناصر از طریق کلات کردن عناصر ضروری که سبب افزایش جذب عناصر شده و باروری خاک و تولید در گیاهان را افزایش می‌دهد (El-Nemr *et al.*, 2012). همین امر سبب گردیده تا در این مطالعه، کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش قابل توجهی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]

بهبود صفات رویشی گردد، به طوری که اعمال بیشترین مقدار این اسید (٣ گرم بر لیتر) افزایش ٤٦/٢ درصدی را در ارتفاع گیاه نسبت به شاهد به دنبال داشته است (جدول ١). آزمایشاتی بر روی گندم (Bakry *et al.*, 2013) و ذرت (Daur and Bakhashwain, 2013) نشان داد که ارتفاع گیاه با محلول پاشی اسید هیومیک افزایش یافت.

اثر متقابل تنش کادمیم و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه معنی دار نبود (جدول ١).

طول برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار تنش کادمیم تأثیر معنی‌داری ($p\leq0/01$) بر طول برگ صبرزرد داشت (جدول ١). بررسی واکنش صبرزرد به سطوح مختلف کادمیم حاکی از آن است که افزایش کادمیم سبب کاهش معنی‌دار طول برگ گردید. بیشترین مقدار طول برگ با میانگین ٤٠/٩٩ سانتی متر در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ٢). بر اساس نظر محققین افزایش تنش کادمیم ممکن است باعث تحلیل برگ و ساقه شود (Sifola and Postiglion, 2002). علاوه بر این کاهش ارتفاع و سطح برگ در شرایط تنش کادمیم ناشی از کاهش تقسیم و گسترش سلولی می‌باشد (Nik *et al.*, 2011). بنابراین کاهش طول برگ در اثر تیمار کادمیم در مطالعه حاضر را می‌توان به بازدارندگی تقسیم سلولی منطقه مریستمی و رشد سلول‌های منطقه رشد مرتبط دانست.

طول برگ گیاه به طور معنی‌داری ($p\leq0/01$) تحت تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ١). با مرور جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ٢) ملاحظه می‌گردد بالاترین سطح اسید هیومیک (٣ در هزار) با افزایش ١٨/٤ درصدی نسبت به شاهد بیشترین مقدار طول برگ را داشته، که این نتیجه حاکی از نقش مثبت اسید هیومیک در افزایش طول برگ می‌باشد. اسید هیومیک با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین ایفای نقش بر نفوذپذیری غشاء به عنوان ناقل پروتئین، فعال کردن تنفس، چرخه کربس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و آدنوزین تری فسفات باعث افزایش رشد گیاهان می‌شود (Mohamed *et al.*, 2009). همچنین افزایش خصوصیات رشدی در گندم (Bakry *et al.*, 2013)، لوبیا چشم بلبلی (Ozdamar Unlu *et al.*, 2011) و خیار (El-Nemr *et al.*, 2012) در اثر محلول پاشی اسید هیومیک توسط محققان گزارش شده است.

طول برگ تحت تأثیر اثر متقابل سمیت کادمیم و اسید هیومیک قرار نگرفت و تمام تیمارها به لحاظ آماری یکسان بودند (جدول ١).

ضخامت و سطح برگ: بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش کادمیم بر ضخامت و سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ١). صفات مذکور در سطح ٦ میلی گرم در کیلوگرم کادمیم کمترین مقدار را داشتند، اما گیاهان پرورش یافته در سطح دوم تنش (٤ میلی گرم در کیلوگرم) بیشترین ضخامت و سطح برگ را به ترتیب با میانگین‌های ١/٣٩ میلی متر و ٩٣/٢٢ سانتی متر دارا بودند (جدول ٢). گزارش‌های موجود در خصوص واکنش خصوصیات رشدی گیاهان نسبت به تنش کادمیم نتایج مشابهی را نشان می‌دهد (Huang *et al.*, 2007; Shafi *et al.*, 2010). از اثرات منفی کادمیم بر سطح برگ، اختلال در جذب آب است که نتیجه آن کاهش فشار تورگر می‌باشد. بنابراین با کاهش قابلیت ارتجاعی دیواره سلولی، کوچک شدن سلول‌ها و کاهش فضای بین سلولی در گیاهان تحت تنش با کادمیم محتمل خواهد بود (Chen *et al.* 2003).

در بین گیاهان محلول پاشی شده با اسید هیومیک نیز بیشترین میزان شاخص سطح برگ در بیشترین مقدار (٣ در هزار) مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را نشان داد (جدول ٢). مطالعات بسیاری افزایش ویژگی‌های رشدی را در اثر محلول پاشی اسید هیومیک به اثبات رسانده است (Daur and Bakhashwain, 2013؛ Gad El-HAK *et al.*, 2012). واضح است که اسید هیومیک یک محرک زیستی ارگانیک است که به طور قابل توجهی رشد و توسعه و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد (Mauromicale *et al.*, 2011). ضخامت برگ نیز با کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت، ولی از لحاظ آماری تمام تیمارها در یک گروه قرار گرفته و تفاوت‌ها معنی‌دار نبودند (جدول ١ و ٢). همچنین اثر متقابل تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]

کادمیم و اسید هیومیک بر ضخامت برگ و شاخص سطح برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱).

وزن تر و خشک شاخساره: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش کادمیم و محلول پاشی اسید هیومیک بر وزن تر و خشک شاخساره صبرزرد معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول ۱). نتایج اندازه‌گیری صفات مذکور که در جدول ۳ نشان داده شده‌اند حاکی از این است که بیشترین وزن تر و خشک شاخساره در تیمار ٤ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم بدست آمد. غلظت‌های پایین کادمیم می‌تواند غشا یاخته‌ای ریشه را هیپرپولاریزه کرده و منبع انرژی برای جذب کاتیون‌ها باشد و در نتیجه تورم یاخته‌ای را افزایش دهد (Goncalves and Tabaldi, 2009). همچنین کادمیم در غلظت‌های پایین ممکن است فعالیت برخی از آنزیم‌ها نظیر برخی پروتئازهای یاخته‌ای را افزایش داده و افزایش رشد را باعث می‌شود.

افزایش سطح کادمیم به ٦ میلی گرم در کیلوگرم با کاهش معنی‌دار ۱۵/٦ و ۱۵/٤ درصدی به ترتیب در وزن تر و وزن خشک شاخساره نسبت به شاهد را به خود اختصاص داد (جدول ۳). مطالعات انجام شده در گیاهان از جمله در گندم (Shafi *et al*., 2010) و نخود (Popova *et al*., 2009) نشان دهنده نقش کادمیم در کاهش بیوماس از طریق تاثیر بر محتوای کلروفیل و فتوسنتز می‌باشد. علاوه بر موارد ذکر شده، کاهش پروتئین نیز می‌تواند سبب کاهش وزن گیاه گردد. تنش کادمیم همچنین باعث کاهش شدید محتوای پروتئین در گیاه عدسک آبی گردیده است (Hou *et al*., 2007). در این مطالعه پروتئین‌های کاهش یافته از گروه آنزیم‌هایی بوده‌اند که در مسیر بیوسنتز ترکیبات اولیه نقش داشته‌اند و در نتیجه در کاهش وزن گیاه موثر بوده‌اند.

بر اساس نتایج ارائه شده وزن تر و خشک شاخساره به طور معنی‌داری ($p\leq0/01$) تحت تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک قرار گرفتند (جدول ۱). نتایج حاکی از این واقعیت است که محلول پاشی اسید هیومیک سبب افزایش صفات مذکور شد، به طوری که بیشترین وزن تر و خشک شاخساره در بالاترین سطح محلول پاشی (۳ در هزار) به ترتیب با میانگین‌های ۵۵۱/۲٤ و ۱۳/۳۷ گرم مشاهده شد که افزایش به ترتیب ۹/٦ و ۱۰/۹ درصدی را نسبت به شاهد نشان می‌دهد (جدول ۲).

اسید هیومیک غنی از مواد آلی و معدنی می‌باشد که برای رشد گیاه ضروری است و کاربرد آن افزایش کیفیت و عملکرد را به دنبال خواهد داشت (Gad El-Hak *et al*., 2012). تأثیر مثبت اسید هیومیک بر روی ویژگی‌های رشدی ممکن است توسط چندین فرضیه، از جمله تشکیل کمپلکس بین اسید هیومیک و یون‌های معدنی، تجزیه اسید هیومیک به آنزیم‌های رشدی (Mart, 2007)، نقش اسید هیومیک بر تنفس و فتوسنتز (Ahmad *et al*., 2011) و تحریک فعالیت هورمون‌ها (El-Sherbeny *et al*., 2012) قابل توجیه باشد. در همین ارتباط محققان نقش مثبت محلول پاشی اسید هیومیک در افزایش وزن تر و خشک کاسبرگ چای ترش (Ahmad *et al*., 2011)، وزن تر برگ خیار (El-Nemr *et al*., 2012) و وزن تر و خشک ذرت (Daur and Bakhashwain, 2013) گزارش کرده‌اند. اثر متقابل تنش کادمیم و اسید هیومیک بر وزن تر و خشک شاخساره معنی‌دار نبود (جدول ۱).

وزن تر و خشک ریشه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش کادمیم و محلول پاشی اسید هیومیک بر وزن تر و خشک ریشه صبرزرد معنی دار ($p\leq0/01$) بود (جدول ۳). در بین گیاهان تیمار شده با سطوح مختلف کادمیم بیشترین میزان وزن تر (٤۷/۳۱ گرم) و خشک (۱۰/۳۷ گرم) ریشه در تیمار ٤ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری ($p\leq0/01$) داشت (جدول ٤). کاهش وزن ریشه در اثر اعمال کادمیم در گیاهان مختلف توسط پژوهشگران و محققان زیادی به اثبات رسیده است (Mishra *et al*., 2006؛ Shafi *et al*., 2010). به نظر می‌رسد کادمیم با افزایش پراکسیداسیون لیپید و تولید گونه‌های فعال اکسیژن سبب زوال غشاها می‌شود. همچنین کادمیم تنفس، جذب و انتشار عناصر غذایی و متابولیسم نیتروژن و سولفات را در گیاهان مختل می‌نماید. به دنبال اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی، کاهش عمده رشد همراه با تجمع کادمیم در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]

جدول ٣- نتایج تجزیه واریانس وزن تر، وزن خشک ریشه، وزن ژل و غلظت قندهای گلوکز، مانوز و زایلوز گیاه صبرزرد تحت تأثیر تنش کادمیم و محلول پاشی اسید هیومیک

منابع تغییرات		میانگین مربعات					
	درجه آزادی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن ژل	گلوکز	مانوز	زایلوز
تکرار	٢	٩٢/١٦	٢/١٨	٢٥٧٤/٧	١٧١١/٩	٨١٨/٢	٣٤/٨
کادمیم (Cd)	٢	١٤٣٥/٨**	٣١/٠٩**	١٥٠٣٧/٠**	١٩٢٩/١*	١٧٥٩/٨**	٢٢٠٠/٢**
اسید هیومیک(H)	٣	٠/٨٠^{ns}	٠/٠٦^{ns}	٩٧٥/٦*	٦٣٤/٢^{ns}	٨/٨^{ns}	١/٣١^{ns}
Cd ×H	٦	٠/٢٥^{ns}	٠/٠٢^{ns}	١٧/٩^{ns}	٢٨٦/١^{ns}	٥/٧^{ns}	٠/٦٥^{ns}
خطا	٢٢	٠/٤٨	٠/٠٨	٣١٧/٤	٥٢٣/١	١٨/٢	٣٢/١٩
ضریب تغییرات	١/٩٧	٣/١٨	٨/٠٠	١١/٦٠	٤/٧٨	٥/٤٢	

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ١ درصد است.

قسمت‌های مختلف گیاه، به ویژه تغییرات بسیار سریع در ویژگی‌های رشدی اندام‌هایی همانند ریشه‌ها که اولین برخورد مستقیم با مواد زیان آور خاک‌های آلوده را دارند، مشاهده می‌گردد (Chen *et al*., 2003). اثر سمیت کادمیم با کاهش رشد و بیوماس آشکار می‌شود و از آنجائیکه ریشه‌ها اولین قسمتی از گیاه می‌باشند که در معرض سمیت فلز سنگین قرار می‌گیرند بنا بر این بیوماس ریشه شدیداً تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Mishra *et al*., 2006). در همین راستا بهتاش و همکاران (١٣٨٩) در آزمایشی اثر کادمیم و سیلیسیم بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی چغندر لبویی را مورد بررسی قرار داده و اعلام کردند مصرف کادمیم باعث کاهش وزن تر و خشک گیاه گردید. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که هر دو سطح کادمیم در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و وزن خشک ریشه شده است که با نتایج دیگر مطالعات همخوانی ندارد.

وزن تر و خشک ریشه با محلول پاشی اسید هیومیک افزایش یافت، ولی از لحاظ آماری تمام تیمارها در یک گروه قرار گرفته و تفاوت‌ها معنی دار نبودند (جدول ٢). این افزایش وزن ریشه می‌تواند به طویل شدن سلول و کارایی بیشتر در جذب آب مربوط باشد. مواد هیومیک به عنوان کود در بهبود ساختار و میکروارگانیسم‌های خاک نقش دارند (Ozdamar Unlu *et al*., 2011) و کاربرد این مواد منجر به تحریک ساقه و رشد ریشه در گیاه می‌شود (Cimrin and Yilmaz, 2005).

اثر متقابل تنش کادمیم و اسید هیومیک بر وزن تر و خشک ریشه معنی دار نبود (جدول ٣).

وزن ژل: بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش کادمیم بر وزن ژل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٣). صفت مذکور در سطح ٦ میلی گرم در کیلوگرم کادمیم کاهش محسوسی یافته و به کمترین میزان خود در بین سایر سطوح کادمیم رسید، اما گیاهان پرورش یافته در سطح دوم تنش (٤ میلی گرم در کیلوگرم) بیشترین وزن ژل را با میانگین ٢٥٦/٧٩ گرم به خود اختصاص دادند (جدول ٤).

در این مطالعه وزن ژل به طور معنی داری ($p\leq0/01$) تحت تأثیر کاربرد اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ٣). محلول پاشی ٣ در هزار با افزایش ٩/٤ درصدی نسبت به شاهد بیشترین مقدار ژل را دارا بود (جدول ٤).

با توجه به این واقعیت که مواد هیومیک باعث افزایش بهره وری آب در گیاه و بهبود تغذیه مواد معدنی (Delfine *et al*., 2005; Morard *et al*., 2011) می‌شود می‌توان نتیجه حاضر را توجیه کرد.

اثر متقابل تنش کادمیم و اسید هیومیک بر وزن ژل معنی دار نبود (جدول ٣).

قندهای محلول گلوکز، مانوز و زایلوز: نتایج تجزیه واریانس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]

جدول ٤- مقایسه میانگین وزن تر و خشک ریشه، وزن ژل و غلظت قندهای گلوکز، مانوز و زایلوز تحت تنش کادمیم و محلول پاشی اسید هیومیک

تیمار	وزن تر ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	وزن ژل (گرم در بوته	گلوکز (میلی گرم در گرم وزن خشک شاخساره)	مانوز (میلی گرم در گرم وزن خشک شاخساره)	زایلوز (میلی گرم در گرم وزن خشک شاخساره)
سطوح کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم)						
شاهد	۲۵/۹۶^{c}	۷/۲۵^{c}	۲۲٤/۵۲^{b}	۱۸۲/۹٤^{b}	۷٦/۱۲^{c}	۹٦/۷۰^{b}
٤	٤۷/۳۱^{a}	۱۰/۳۷^{a}	۲۵٦/۷۹^{a}	۲۰۷/۳۵^{a}	۹۲/۱۵^{b}	۹٦/٦۸^{b}
٦	۳۲/٤۷^{b}	۹/۵۲^{b}	۱۸٦/۰۸^{c}	۲۰۱/۱۱^{ab}	۹۹/۸٦^{a}	۱۲۰/۱٤^{a}
اسید هیومیک (گرم بر لیتر)						
شاهد	۳۵/۰۱^{a}	۸/۹۸^{a}	۲۱۵/۲۳^{b}	۲۰۸/٦^{a}	۸۹/۹^{a}	۱۰٤/٦^{a}
۰/۵	۳۵/۰٤^{a}	۸/۹۹^{a}	۲۱٦/۱۵^{b}	۱۹٦/۷^{a}	۸۹/۹^{a}	۱۰٤/۸^{a}
۱/۵	۳۵/۲۸^{a}	۹/۰۵^{a}	۲۲۰/۸٤^{ab}	۱۹٤/۷^{a}	۸۹/۷^{a}	۱۰٤/۵^{a}
۳	۳۵/٦٦^{a}	۹/۱۷^{a}	۲۳۷/٦٤^{a}	۱۸۸/۵^{a}	۸۷/۹^{a}	۱۰۳/۹^{a}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD است.

داده‌ها نشان داد که اثر تنش کادمیم بر غلظت قندهای محلول گلوکز ($p\leq0/05$)، مانوز و زایلوز ($p\leq0/01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). اندازه‌گیری غلظت این قندها نشان داد گر چه غلظت هر سه آنها در سطوح بالاتر کادمیم افزایش می‌یابند، ولی به دلیل حساسیت بیشتر مانوز و زایلوز به تنش کادمیم افزایش آن‌ها بیشتر از گلوکز بود. غلظت ٦ میلی گرم در کیلوگرم کادمیم نسبت به شاهد باعث افزایش معنی‌دار ۲۳/۸ و ۱۹/۵ درصد به ترتیب در مانوز و زایلوز) گردید (جدول ٤). به نظر می‌رسد کادمیم با کاهش انتقال آب به برگ‌ها و در نتیجه اختلال در سرعت تعرق برگ منجر به بروز تغییرات فراساختاری اندامک‌های سلول و تغییر در رفتار آنزیم‌های کلیدی چند مسیر متابولسیمی از جمله متابولیسم قند می‌شود و با کاهش انتقال آب به برگ‌ها و به دنبال تجمع کادمیم در سلول‌ها، محتوی قندهای احیاءکننده در گیاه افزایش می‌یابد. این پدیده احتمالا مکانیسم سازشی گیاه برای حفظ پتانسیل اسمزی در شرایط سمیت با کادمیم است. علاوه بر نقش قندها در تنظیم فشار اسمزی تصور می‌شود با افزایش قندهای حل شونده گیاه بتواند ذخیره کربوهیدراتی خود را برای حفظ متابولیسم پایه سلول در شرایط محیطی تحت تنش در حد مطلوب نگه دارد (Verma and Dubey, 2001). در همین راستا و در تحقیقی که سلطانی و همکاران (۱۳۸۵) روی اثرات کادمیم بر گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) داشتند مشاهده شد که در غلظت ٦۰۰ و ۸۰۰ میکرومولار کادمیم، مقدار قندهای احیاءکننده در ریشه و برگ افزایش قابل توجهی نسبت به گیاه شاهد نشان می‌دهد. در موضوعی مشابه Rahimi-Dehgolan و همکاران (۲۰۱۲) ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی صبرزرد را در آبیاری با آب شور بررسی کردند و اعلام کردند که میزان غلظت گلوکز، زایلوز و مانوز در ژل برگ با افزایش شوری تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافته که با نتایج ما مطابقت دارد. در این تحقیق نیز کادمیم باعث افزایش غلظت هر سه نوع قندهای محلول مورد بررسی شده است که نشان دهنده نوعی سازگاری و تعدیل اسمزی به عنوان یکی از مکانیسم‌های مقاومت در مقابل تنش می‌باشد. در این آزمایش محلول پاشی اسید هیومیک تاثیر معنی داری بر میزان قندهای محلول نداشت (جدول ٤).

کاربرد اسید هیومیک و اثر متقابل تنش کادمیم و اسید هیومیک بر غلظت قندهای محلول گلوکز، مانوز و زایلوز معنی‌دار نبود (جدول ۳).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]

نتیجه گیری:

نتایج نشان داد اثر کادمیم در سطح ٤ میلی گرم در کیلوگرم نه تنها رشد گیاه را کاهش نداده است بلکه رشد را به طور معنی داری افزایش داده است. بنابراین طبق نتایج حاصله می‌توان صبرزرد را گیاهی مقاوم در برابر کادمیم و مناسب جهت گیاه پالایی معرفی کرد. اما در تیمار ٦ میلی گرم در کیلوگرم تمامی صفات مورد مطالعه کاهش یافتند. کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول پاشی بر روی شاخساره گیاه در بالاترین سطح (۳ در هزار) منجر به افزایش وزن تر و خشک گیاه گردید، پس می‌توان آن را برای تقویت گیاه توصیه کرد.

منابع:

بهتاش، ف.، طباطبایی، ج. و ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۹) اثر کادمیم و سیلیسیم بر رشد برخی ویژگی‌های : فیزیولوژیکی چغندر لبویی. مجله دانش کشاورز پایدار ۲: ۵۲– ٦۷.

داوودی فرد، م.، حبیبی، د. و داوودی فرد، ف. (۱۳۹۱) بررسی اثر تنش شوری بر پایداری غشاء سیتوپلاسمی، میزان کلروفیل، و اجزاء عملکرد درگندم تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک. مجله زراعت و اصلاح نباتات ۸: ۷۱– ۸٦.

سلطانی، ف.، قربانلی، م.، منوچهری کلانتری، خ. (۱۳۸۵). اثر کادمیم بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، قندها و مالون دی آلدئید در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.). مجله زیست شناسی ایران ۱۹: ۱۳٦–۱٤٥.

Ahmad, Y. M., Shahlaby, E. A. and Shnan, N. T. (2011) The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). African Journal of Biotechnology 10: 1988-1996.

Anjum, N. A., Umar, S., Ahmad, A., Iqbal, M. and Khan, N. A. (2008) Ontogenic variation in response of *Brassica campestris* L. to Cadmium toxicity. Journal of Plant Interaction 3: 189- 198.

Bakry, B. A., Elewa, T. A., El- kramany, M. F., and Wali, A. (2013) Effect of humic and ascorbic acids foliar application on yield and yield components of two Wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. International Journal of Agronomy and Plant Production 4: 1125-1133.

Chen, Y. X., He, Y. F. and Luo, Y. M. (2003) Physiological mechanism of plant root exposed to cadmium. Chemosphere 50: 789 – 793.

Cimrin, K. M. and Yilmaz, I. (2005) Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science 55: 58-63

Daur, I., and Bakhashwain, A. A. (2013) Effect of humic asid on growth and quality of maize fodder production. Pakistan Journal of Botany 45: 21-25.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.

Dubios, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebert, P. A. and Smith. F. (1956) Colorimetric method for determination of suger and related substances. Animal Chemistry 28: 6- 350.

El-Nemr, M. A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A. M., and Fawzy, Z. F. (2012) Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6: 630-637.

El-Sherbeny, S. E., Hendawy, S. F., Youssef, A. A., Naguib, N. Y. and Hussein, M. S. (2012) Response of Turnip (*Brassica rapa)* Plants to Minerals or Organic Fertilizers Treatments. Journal of Applied Sciences Research 8: 628-634.

Gad El-Hak, S. H., Ahmed, A. M., and Moustafa, Y. M. M. (2012) Effect of foliar application with two antioxidants and humic acid on growth, yield and yield components of peas (*Pisum sativum L.*). Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants 4: 318-328.

Goncalves, J. F., Tabaldi, L. A. (2009). Cadmium induced oxidative stress in two potato cultivars. Biometal 22: 779 – 792.

Goncalves, A., Jamile F., and Maldaner, J. (2009) Cadmium and mineral nutrient accumulation in potato plantlets grown under cadmium stress in two different experimental culture conditions. Plant Physiology and Biochemistry 47: 814 – 821.

Hoagland, D. R., Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular 347. Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley.

Hou, W., Chen, X., Guanling, S., Wang Q. and Chang, C. (2007) Effects of copper and cadmium on heavy metal Polluted waterbody restoration by duckweed (*Lemna minor*). Plant Physiology and Biochemistry 45: 62 – 69.

Huang, Y. Z., Wei, K., Yang, J. and Dai, F. (2007) Interaction of salinity and Cadmium stresses on

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]

Popova, L. P., Maslenkova, L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G. and Janda, T. (2009) Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry 47: 224 – 231.

Rahimi-Dehgolan, R., TahmasebiSarvestani, Z., Rezazadeh, S. A. and Dolatabadian, A. (2012) Morphological and physiological characters of *Aloe vera* subjected to saline water irrigation. Journal of Herbs Spices & Medicinal Plants 18:222-230.

Rai, S., Shamra, D., Arora, S. S., Sharma, M. and Chopra, A. K. (2011) Concentration of the heavy metals in Aloe vara L. (*Aloe barnadensis* Miller) Leaves collected from different geographical locations of India. Scholar Research Library 2: 575-579.

Rajpar, I., Bhatti, M. B., Zia-Ul-Hassan., Shah, A. N and Tunio, S. D. (2011) Humic asid improves growth, yield and oil content of *brassica compestris* L. Pakistan Journal of Agricultural Engineering and Veterinary Sciences 27: 125-133.

Rodriguz, E., Darias-Martin, J. and Romero, C. D. (2010) *Aloe vera* as a functional ingredient in foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 50: 305- 326.

Shafi, M., Guoping, Zh., Bakht, J., Amankhan, M. and Dawoodkhan, M. (2010) Effect of cadmium and salinity stresses on root morphology of wheat. Journal of Botany 42: 2747- 2754.

Sifola, M. I. and Postiglion, L. (2002) The effect of increasing NaCl in irrigation water on growth, gas exchange and yield of tobacco burley type. Field Crop Research 74: 81- 91.

Turan, M. A., Asik, B. B., Katkat, A. V. and Celik, H. (2011) The effects of soil-applied humic substances to the dry weight and mineral nutrient uptake of maize plants under soil salinity conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 39: 171-177.

Verma, S. and Dubey, R. S. (2001) Effect of Cadmium on soluble sugars and enzymes of their metabolism in rice. Biologia Plantarum 44: 117- 123.

mineral nutrients, Sodium and Cadmium accumulation in four barley genotypes. Journal of Zhejiang University Science 8: 476- 487.

Jin, Z. M., Wang, C. H., Liu, Z. P. and Gong, W. J. (2007) Physiological and ecological characters studies on *Aloe vera* under soil salinity and seawater irrigation. Process Biochemistry 42: 710- 714.

Mart, I. (2007) Fertilizers, organic fertilizers, plant and agricultural fertilizers. Agro and Food Business Newsletter, pp. 216.

Mauromicale, G., Angela, M. G. L., and Monaco, A. L. (2011) The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato. Scientia Horticulturae 129: 189-196.

Mishra, S., Srivastava, S., Tripathi, R.D., Govidarajan, R., Kuriakose, S. V., Prasad M. N. (2006) Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Bacopa monnier* L. Journal of Plant Physiology and Biochemistry 44: 25 – 37.

Moghbeli, E., Fathallahi, S., Salari, H., Ahmadi, G., Saliqehdar, F., Safari, A. and Hosseini Grouh, M. (2012) Effects of salinity stress on growth and yield of *Aloe vera* L. Journal of Medicinal Plants Research 6: 3272- 3277.

Mohamed, A., Bakry, A., Soliman, Y. R. A. and Moussa, S. A. M. (2009) Importance of micronutrients, organic manure and bio-fertilizer for improving maize yield and its components grown in desert sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5: 16-23.

Morard, P., Eyheraguibel, B., Morard, M. and Silvestre, J. (2011) Direct effects of humic-like substance on growth, water, and mineral nutrition of various species. Journal of Plant Nutrition 34: 46-59.

Nik, S.J., Meyer, J. and Watts, R. (2011). Cadmium toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 17: 21-34.

Ozdamar Unlu, H., Unlu, H., Karakurt, Y. and Padem, H. (2011) Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. Scientific Research and Essays 6: 2800-2803.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.10.4]