اثر محلول‌پاشی اکسین، سیتوکنین و جیبرلین بر خصوصیات مرفولوژیک ذرت (*Zea mays* L.) تحت تنش سرب

راضیه منصوری صحبت آباد[۱]، عبدالرزاق دانش شهرکی[۲]، حمیدرضا متقیان[۳]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشگاه شهرکرد
[۲] و [۳] به ترتیب استادیار گروه زراعت و گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اکسین، سیتوکنین و جیبرلین بر خصوصیات مورفولوژیک ذرت تحت تنش سرب یک آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار به صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد. تیمارها شامل شاهد و محلول‌پاشی با هورمون‌های اکسین با غلظت‌های ۱، ۱۰و ۱۰۰ میکرومولار، جیبرلین با غلظت‌های ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میکرومولار و سیتوکنین با غلظت‌های ۰/۵، ۵ و ۵۰ میکرومولار بود. نتایج نشان داد که کاربرد این تنظیم‌کننده‌های رشد سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن خشک کل، سطح برگ، حجم ریشه، طول ریشه و وزن خشک ریشه شد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که امکان استفاده از مواد تنظیم‌کننده‌رشد به منظور تخفیف اثرات محدودکننده تنش سرب در گیاه وجود دارد. با توجه به نتایج به منظور افزایش تولید ماده خشک ذرت تحت تنش سرب محلول‌پاشی اکسین با غلظت ۱۰ میکرومولار توصیه می‌گردد.

واژه های کلیدی: آلودگی خاک، تنظیم‌کننده‌های رشد، فلزات سنگین، ماده خشک

مقدمه

آلودگی خاک به فلزات سنگین یکی از عمده‌ترین عوامل تهدیدکننده محیطزیست و سلامت انسان است. چنانچه غلظت فلزات سنگین در خاک بیشتر از حد مجاز شود، نه تنها برای رشد گیاه و تولید محصول محدودیت ایجاد می‌نماید، بلکه با ورود به زنجیره غذایی اثرات جبران‌ناپذیر و مخربی بر سلامت انسان وارد می‌نماید (جیوان و سینگ، ۲۰۱۱). از طرفی ورود و تجمع فلزات سنگین و سمی در گیاهان، به واسطه‌ای تداخل در فعالیت‌های متابولیکی و عملکرد فیزیولوژیکی گیاه، منجر به بروز تنش در سیستم‌های گیاهی می‌شود. فلزات سنگین سبب آسیب غشایی، بهم ریختگی ساختار اندامک‌ها، اختلال در عملکرد فیزیولوژیکی گیاهان و در نهایت سبب جلوگیری از رشد گیاه و همچنین عقب‌افتادگی رشد آن می‌شود (لانگ و همکاران، ۲۰۰۳).

سرب از جمله فلزات سنگینی می‌باشد که دارای پتانسیل آلودگی برای گیاهان و سایر موجودات زنده است و به دلیل انباشت زیاد در بخش سطحی خاک به راحتی در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد (پارسادوست و همکاران، ۲۰۰۷). با این حال نتایج برخی مطالعات نشان داده است که استفاده از مواد تنظیم‌کننده‌رشد گیاه، سبب خنثی کردن اثرات منفی تنش فلزات سنگین در گیاهان در حال رشد و افزایش مقدار زیست‌توده بخش هوایی می‌شوند (اوزینیدو و همکاران، ۲۰۰۵). از جمله مواد تنظیم‌کننده‌رشد می‌توان به هورمون اکسین (IAA) اشاره نمود. بررسی‌ها نشان می‌دهد اکسین در تقسیم سلولی دخالت دارد و سبب طویل شدن سلول و رشد، بلوغ و ایجاد اعضای جدید می‌شود. اکسین نقش مهمی در تروپیسم دارد و به‌طور مستقیم در جذب و انتقال کاتیونها از جمله کلسیم و منیزیم و غیره دخالت دارد (ومرال و همکاران، ۲۰۱۱). لیفادزی و همکاران (۲۰۰۶)، جهت افزایش رشد ریشه آفتابگردان از IAA استفاده کردند و مشاهده نمودند که میزان تجمع سرب و کادمیم در برگ‌های این گیاه افزایش یافت.

سیتوکنین‌ها نیز دسته دیگری از مواد تنظیم‌کننده‌رشد گیاه هستند که در تقسیم و تمایز سلولی نقش عمده‌ای دارند. همچنین باعث تحریک تشکیل جوانه، پیدایش بخش هوایی، رشد جوانه‌های جانبی و گسترش برگ و سنتز کلروفیل می‌شوند

به علاوه پیری برگ را به تاخیر انداخته و باعث افزایش مقاومت به شوری، دمای پایین و خشکی شده و در برخی گونه‌ها باعث القا بازشدن روزنه‌ها می‌شوند (دود و همکاران، ۲۰۰۳). مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد سیتوکنین باعث افزایش میزان زیست‌توده و تعرق در گیاه شد و در نتیجه جذب فلزات سنگین موجود در محلول خاک را افزایش داد (تاسی و همکاران، ۲۰۰۸).

جیبرلین‌ها (GA) نیز گروه دیگری از هورمون‌های گیاهی هستند که می‌توانند سبب بهبود رشد گیاه، افزایش جذب یون و افزایش انتقالات در گیاه و همچنین سبب استفاده بهتر از مواد مغذی در شرایط تنش‌های غیر زنده می‌شود و در جوانه‌زنی بذر، به ساقه رفتن، گسترش برگ و گل و جلوگیری از تجزیه کلروفیل، افزایش ثبات میکروتوبول‌ها در برابر دپلیمریزاسیون در اندام‌های گیاهی شود (مایاامپودیا و برنارد لوگو، ۲۰۰۶). استعمال خارجی جیبرلین سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی در گیاه ذرت می‌شود و شاخص‌های تحمل گیاه را نسبت به آلودگی به نیکل افزایش می‌دهد. جیبرلین در تجمع نیکل در ریشه نقش داشته و سبب کاهش حضور آن در اندام‌هوایی گیاه می‌گردد (شفیق و همکاران، ۲۰۱۷).

علی‌رغم مطالعات زیادی که در رابطه با اثرات موادتنظیم‌کننده‌رشد بر گیاهان انجام شده است، تعیین مناسب‌ترین هورمون، غلظت، روش و زمان صحیح استفاده از آن به منظور بهبود رشد گیاه بویژه در شرایط تنش فلزات سنگین هنوز نیازمند بررسی‌های بیشتری است. به منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف اکسین، سیتوکنین و جیبرلین بر خصوصیات مرفولوژیک گیاه ذرت *(Zea mays L.)* تحت شرایط آلودگی خاک به سرب این تحقیق طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، محلول‌پاشی با هورمون‌های اکسین با غلظت‌های ۱، ۱۰و ۱۰۰ میکرومولار، جیبرلین با غلظت‌های ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میکرومولار و سیتوکنین (6-furfurylaminopurine) با غلظت‌های ۰/۵، ۵ و ۵۰ میکرومولار بودند. خاک مورد نظر از عمق ۳۰-۰ سانتی متری اراضی حاشیه معدن سرب و روی باما (اصفهان) تهیه شد (برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است). جهت کاشت از رقم سینگل کراس ۷۰۴ ذرت (Zea *mays* L.) استفاده شد. در هر گلدان ۵ کیلویی ۳ عدد بذر کاشته شد. جهت اعمال تیمارها ۲۲ روز پس از کشت، محلول‌پاشی صورت گرفت. محلول‌پاشی تیمارها مجدداً با همان غلظت‌ها ۲ بار دیگر با فاصله هر ۱۵ روز یک بار برای هورمون‌های اکسین و جیبرلین و با فواصل ۵ روز یکبار برای سیتوکنین انجام گرفت (هادی و همکاران، ۲۰۱۰). گیاهان به مدت ۷۰ روز در شرایط گلخانه‌ای با میانگین دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد رشد یافتند. آبیاری ۲ روز۱ بار انجام گشت و در هر نوبت به میزان ۳۰۰ میلی‌لیتر آب به هر گلدان داده شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مورد آزمایش

نیتروژن کل (٪)	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب ($mgKg^{-1}$)	سرب قابل جذب ($mgKg^{-1}$)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	Ec (dSm^{-1})	pH	بافت خاک
۰/۰۳	۰/۳۱	۸/۹	۲۴/۴۲	۲۸/۵	۳۹	۳۲/۵	۱/۵۷	۷/۹۲	لومی

جهت جلوگیری از شسته شدن فلزات سنگین و کاهش غلظت آن در ناحیه ریشه، در زیر هر گلدان یک عدد زیر گلدانی قرار گرفت. پس از برداشت بوته‌های ذرت در ابتدای مرحله‌ی گلدهی، بخش‌های هوایی و ریشه‌ها برداشت شده و به منظور زدودن خاک و آلودگی‌های سطحی به خوبی در آب مقطر شسته شدند.ارتفاع بوته با متر اندازه‌گیری شد و قبل از تعیین وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی (وزن خشک کل)، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد درون آون خشک گردید. جهت اندازه‌گیری سطح برگ از نرم‌افزار Image J استفاده شد. تعیین مجموع طول ریشه به روش تقاطع

شبکه‌ای صورت گرفت(تننت، ۱۹۷۵). جهت تعیین حجم ریشه ۴۰۰ میلی‌لیتر آب در یک استوانه مدرج ۵۰۰ میلی لیتر ریخته و ریشه‌ها را در آن غوطه ور گردید. با توجه به تغییرات حجم آب، حجم ریشه محاسبه شد. تجزیه تحلیل دادها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت، رسم نمودارها با نرم افزار Excel صورت گرفت و مقایسه میانگین دادها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی اکسین، سیتوکنین و جیبرلین بر ارتفاع بوته، سطح برگ، طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک کل و وزن خشک ریشه معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) غلظت‌های مختلف ایندول‌استیک‌اسید اثرات متفاوتی در گیاه ایجاد کردند. به طوری که ایندول‌استیک‌اسید با غلظت ۱۰ میکرومولار بیشترین اثر افزایشی را بر صفات مربوط به ریشه از جمله طول ریشه، حجم ریشه و وزن خشک ریشه داشت. در حالی که ایندول‌استیک‌اسید با غلظت ۱ میکرومولار در بخش اندام‌هوایی بر صفات مورد مطالعه از جمله ارتفاع بوته و سطح برگ نسبت به سایر غلظت‌های این تیمار اثر افزایشی بیشتری داشت. در خصوص وزن خشک کل (وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه) هر دو غلظت ۱ و ۱۰ میکرومولار اثرات مشابه‌ای بر گیاه ایجاد کردند. با توجه به نتایج این پژوهش، با افزایش غلظت ایندول‌استیک‌اسید اثر افزایشی این تنظیم‌کننده‌رشد کاهش پیدا کرد. علاوه بر این با توجه به مشاهدات انجام شده ایندول‌استیک‌اسید بر پارامترهای رشد ریشه اثرات افزایشی بیشتری دارد.

جدول ۲- جدول مقایسه میانگین اثر محلول پاشی بر صفات مرفولوژیک در گیاه ذرت

تیمارها	ارتفاع بوته (cm)	سطح برگ (cm^2)	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (m^3)	وزن خشک کل($g.pod^{-1}$)	وزن خشک ریشه ($g.pod^{-1}$)
شاهد	۵۱/۰۰^{cd}	۹۹۹/۸۹^{c}	۵۸۵۶۳/۱۷^{bc}	۳۶/۳۳^{d}	۱۴/۲۰^{d}	۴/۸۹^{de}
جیبرلین ۱۵۰ میکرو مولار	۵۴/۷۶^{bc}	۱۱۰۲/۶۷^{abc}	۵۷۲۱۰/۱۳^{bc}	۳۹/۲۵^{bcd}	۱۵/۴۳^{bc}	۴/۸۶^{de}
جیبرلین ۳۰۰ میکرو مولار	۶۴/۵۰^{a}	۱۰۶۵/۳۲^{bc}	۵۹۰۲۷/۴۶^{bc}	۳۷/۶۲^{cd}	۱۵/۸۶^{abc}	۵/۰۷^{bcde}
جیبرلین ۴۵۰ میکرو مولار	۵۴/۴۱^{bc}	۱۱۱۸/۷۸^{ab}	۶۲۶۵۷/۱۰^{b}	۴۰/۳۷^{bcd}	۱۵/۵۳^{abc}	۵/۵۲^{abcd}
اکسین ۱ میکرومولار	۵۸/۳۴^{ab}	۱۱۸۹/۷۰^{a}	۶۰۸۱۸/۷۹^{bc}	۴۰/۸۷^{bcd}	۱۵/۹۹^{ab}	۴/۹۱^{cde}
اکسین ۱۰ میکرومولار	۵۷/۳۳^{bc}	۱۱۴۰/۶۹^{ab}	۷۶۰۱۸/۱۶^{a}	۴۶/۲۵^{a}	۱۶/۴۰^{a}	۵/۸۳^{a}
اکسین ۱۰۰ میکرومولار	۵۴/۳۷^{bc}	۱۱۸۶/۰۱^{a}	۴۷۰۳۹/۳۹^{d}	۴۲/۵۰^{ab}	۱۵/۷۳^{abc}	۵/۷۷^{ab}
سیتوکنین ۰/۵ میکرومولار	۵۵/۹۰^{bc}	۱۱۶۵/۴۳^{ab}	۶۱۵۱۲/۱۷^{bc}	۴۳/۷۵^{ab}	۱۵/۳۳^{bc}	۵/۶۰^{abc}
سیتوکنین ۵ میکرومولار	۵۲/۶۶^{bcd}	۱۱۹۴/۸۱^{a}	۵۵۵۳۰/۹۳^{c}	۴۱/۷۵^{abc}	۱۵/۸۹^{abc}	۵/۵۳^{abcd}
سیتوکنین ۵۰ میکرومولار	۴۶/۰۶^{d}	۱۱۹۲/۹۴^{a}	۴۵۳۱۴/۴۸^{d}	۳۹/۵۰^{bcd}	۱۴/۹۸^{cd}	۴/۷۶^{e}

در هر ستون میانگین‌ها دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

بیشترین ارتفاع بوته نسبت به شاهد و سایر تیمارهای اعمال شده در تیمار محلول‌پاشی جیبرلین با غلظت ۳۰۰ میکرومولار به دست آمد. اثر مثبت جیبرلین بر ارتفاع بوته، به افزایش فاصله بین میانگره‌ها نسبت داده می‌شود. مصرف غلظت ۳۰۰ میکرومولار جیبرلین همچنین با افزایش معنی‌دار وزن خشک کل اندام هوایی در گیاه همراه بود. با توجه به جدول ۲، غلظت ۴۵۰ میکرومولار جیبرلین اثرات افزایشی بر طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک ریشه و به نسبت کمتری بر سطح برگ داشته است ولی غلظت ۱۵۰ میکرومولار جیبرلین اثراتی نزدیک به حالت شاهد از خود نشان داد.

خصوصیات مرفولوژیک مورد بررسی گیاه تحت تیمار غلظت‌های مختلف سیتوکنین نیز قرار گرفت. طی این تحقیق مشاهده شد که کاربردی‌ترین غلظت مورد استفاده از بین غلظت‌های محلول‌پاشی شده از سیتوکنین، غلظت ۰/۵ میکرومولار از این تنظیم‌کننده‌رشد بوده است که موجب افزایش معنی‌داری حجم ریشه، وزن خشک ریشه، سطح برگ و وزن خشک کل

شد. گیاهان تیمار شده با سیتوکنین نسبت به سایر تیمارهای اعمال شده‌ی جیبرلین و اکسین از ارتفاع بوته کمتری برخوردار بودند و با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت.

نتایج این تحقیق نشان داد که تنظیم‌کننده‌های رشد در بهبود رشد گیاه در شرایط آلودگی خاک به فلزات سنگینی همچون سرب می‌توانند نقش کاربردی داشته باشند و اثرات سوء ناشی از سرب را در گیاه کاهش دهند. با توجه به اینکه فلز سرب سبب کاهش رشد در گیاه می‌شود. با اعمال تیمار تنظیم‌کننده‌های رشد اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، رشد گیاه بهبود یافت که در این میان اکسین با غلظت ۱۰ میکرومولار نسبت به سایر تیمارهای اعمال شده اثر افزایشی بیشتری بر رشد گیاه ذرت داشت به طوریکه با اعمال این تیمار افزایش ۱۵/۴۹ درصدی وزن خشک کل اندام‌هوایی و افزایش ۱۹/۲۲ درصدی وزن خشک ریشه را به دنبال داشته است.

منابع

Dodd IC. 2003. Hormonal interactions and stomatal responses. Journal Plant Growth Regul, 22: 32-46.

Hadi F., Bano A., and Fuller M.P. 2010. The improved phytoremediation of lead (Pb) and the growth of maize (Zea mays L.): the role of plant growth regulators (GA3 and IAA) and EDTA alone and in combinations. Chemosphere, 80: 457- 462.

Jiwan S. and Singh K.A. 2011. Effects of heavy metals on soil, plants, human health and aquatic life. International Journal of Research in Chemistry and Environment. Chem. Environ, 1:15-21.

Liphadzi M.S., Kirkham M.B. and Paulsen G.M. 2006. Auxin-enhanced root growth for phytoremediation of sewage-sludge amended soil. Environmental Technology, 27: 695- 704.

Long X.X., Yang X.E., Ni W.Z., Ye Z.Q., He Z.L., Calvert D.V. and Stoffella J.P. 2003. Assessing zinc thresholds for phyto toxicity and potential dietary toxicity in selected vegetable crops. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 34(9-10): 1421-1434.

Maya-Ampudia V. and Bernal-Lugo I. 2006. Redox-sensitive target detection in gibberellic acid-induced barley aleurone layer. Free Radical Biology and Medicine, 40: 1362– 1368

Ouzounidou G. and Ilias I. 2005. Hormone Induced Protection of Sunflower Photosynthetic Apparatus Against Copper Toxicity. Biologia Plantarum, 49: 223- 228.

Parsadoost, F., Bahreininejad, B., Safarisanjani, A., and Kaboli, M. 2007. Phytoremediation of lead with native rangeland plants in Irankooh polluted soils. Pajuhesh. Sazandegi, 75: 54-63.

Shafigh M., Ghasemi-Fasaei R., and Ronaghi A. 2017. Influence of Plant Growth Regulators and Humic Substance on the Phytoremediation of Nickel in a Ni-Polluted Soil. Journal of Water and Soil, 31(1):144-155.

Tassi E., Pouget J., Petruzzelli G. and Barbafieri M. 2008. The effects of exogenous plant growth regulators in the phytoextraction of heavy metals. Chemosphere, 71: 66- 73.

Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersects method of estimating root length. Journal Ecology. 63: 995-1001

Werner T., Motyka V., Strnad M. and Schmulling T. 2001. Regulation of plant growth by cytokinin. Plant Biology. 98: 10487- 10492.

The effect of foliar application of auxin, cytokinin and gibberellic acid on morphological characteristics of maize (*Zea mays L.*) under lead stress

R. Mansouri Sohbatabad[1], A Danesh shahraki[2], H. R. Motaghian[3]
[1] MSc student of Agroecology, Shahrekord University
[2] Assistant Professors, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University
[3] Assistant Professors, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University

Abstract

To evaluate the effect of foliar application of auxin, cytokinin and gibberellic acid on morphological characteristics of maize (*Zea mays* L.) under lead stress, an experiment was conducted using a completely randomized block design with 4 replications as pod culture at Research greenhouse of Shahrekord University. Experimental treatments were consisted of control (spraying with distilled water) and spraying with different hormones such as auxin at concentrations of 1, 10 and 100, gibberellic acid at concentrations of 150, 300 and 450 and cytokinin at concentrations of 0.5, 5 and 50 µM. The results showed that the application of these plant growth regulators had a significant effect on studied traits and increased the plant height, total dry weight, leaf area, root volume, root length and root dry weight. Overall, these results show that there is the possibility to

utilization of the plant growth regulators to relieve the adverse effects of lead stress in plants. According to these results, in order to increase of maize dry matter under lead stress foliar application of auxin at concentration of 10 µM is recommended.

Keywords: Soil pollution, Plant growth regulators, Heavy metals, Dry mater production