

اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر کاهش خسارت علف‌کش‌های انتخابی در گیاه سیر (*Allium sativum* L.)

سمیه ناصری اسفندقه^۱، سید محمد جواد آروین^۲ و نادیا بهره مند^{۳*}

^۱ گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان و^۲

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۱۱/۰۶۱۰)

چکیده

غلظت نامناسب علف‌کش، عدم کنترل علف هرز و صدمه شدید به گیاه را در پی خواهد داشت. تنظیم کننده‌های رشد گیاهی می‌توانند در کاهش خسارت علف‌کش‌ها نقش داشته باشند. به همین منظور دو آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۹۱ انجام شد. آزمایش اول به صورت طرح کاملا تصادفی شامل علف‌کش‌های انتخابی، هالوکسی‌فوپ (۰، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۱ درصد)، اکسی‌فلورفن (۰، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۱ درصد) و ستوکسیدیم (۰، ۰/۶، ۰/۸، ۱ و ۱/۵ درصد)، هر کدام با پنج سطح در سه تکرار انجام شد. آزمایش دوم به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دوفاکتور تنظیم کننده‌های رشد و علف‌کش بود. تنظیم کننده شامل سالیسیلیک‌اسید (۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی مولار) متیل‌جاسمونات (۰، ۵ و ۱۰ میکرومولار) و براسینواستروئید (۰، ۱ و ۲ میکرومولار) به صورت خیساندن بذر و علف‌کش به شکل محلول پاشی با غلظت پایین (غلظت ۰/۳ و ۰/۴ درصد هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن و غلظت ۰/۶ و ۰/۸ درصد ستوکسیدیم) و غلظت بالا (غلظت ۰/۵ درصد هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن و غلظت ۱ درصد ستوکسیدیم) انتخاب شدند. نتایج نشان داد در آزمایش اول هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن تا غلظت ۰/۴ و ستوکسیدیم تا ۰/۸ درصد بر رشد، زیست توده، رنگیزه‌های فتوسنتزی، نشت یونی و آنزیم‌های اکسیداتیو اثر سوئی نداشت. در آزمایش دوم علف‌کش با غلظت بالا به طرز معنی‌داری، ویژگی‌های زیست توده و رشد را کاهش داده است ($P \leq 0.05$). ترکیب تنظیم کننده با علف‌کش اثرات منفی علف‌کش بر گیاه را تخفیف داد. بر طبق نتایج این تحقیق، سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۰/۲۵ میلی‌مولار، متیل‌جاسمونات ۵ و براسینواستروئید ۱ میکرومولار موثرتر بودند.

کلمات کلیدی: تنظیم کننده رشد گیاهی، سیر، علف‌کش انتخابی، خسارت

مقدمه

ارزش غذایی خاصی به سیر داده است. اثرات کاهش دهنده فشار خون و کسترول، ضد دیابت و سرطان، افزایش اشتها و ضد عفونی‌کنندگی در سیر به اثبات رسیده است (Hickey, 2012). توانایی اندک گیاه سیر در رقابت با علف‌های هرز و عدم کنترل به موقع، به کاهش شدید عملکرد گیاه منجر می‌شود. در

سیر با نام علمی آلیوم ساتیوم (*Allium sativum*) گیاهی دایمی با منشا آسیایی یکی از سبزیهای خانواده آلیاسه (*Alliaceae*) است که به صورت یکساله در فصول خنک سال کشت و کار می‌شود. وجود ید، سیلیس فراوان و ویتامین‌های گروه ب

خسارت علف‌کش در گیاه جو (Walia *et al.*, 2007) گزارش شده است. سالیسیلیک‌اسید نقش محوری در تنظیم مراحل مختلف رشد و تکامل گیاه، جذب یون، فتوستتوز و مقابله با تنش دارد (El-Tayeb, 2005). سالیسیلیک‌اسید در گیاه ماش (Singh *et al.*, 2012)، گندم (Liang *et al.*, 2012) و نخود سبز (singh *et al.*, 2016) اثرات منفی علف‌کش را کاهش داده است. این پژوهش با هدف بررسی نقش تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در کاهش خسارت ناشی از غلظت بالای علف‌کش‌های انتخابی در گیاه سیر انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر علف‌کش‌های انتخابی و اثر تنظیم‌کننده‌های رشد بر کاهش خسارت علف‌کش دو آزمایش جداگانه در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. آزمایشات گلدانی در سال اول به صورت طرح کاملاً تصادفی با علف‌کش‌های انتخابی در پنج سطح، هالوکسی‌فوپ (۰، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۱ درصد)، اکسی‌فلورفن (۰، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۱ درصد) و ستوکسیدیم (۰، ۰/۶، ۰/۸، ۱ و ۱/۵ درصد) و در سال دوم آزمایش فاکتوریل با دو عامل علف‌کش (غلظت پایین و بالا) و تنظیم‌کننده‌های رشد شامل سالیسیلیک‌اسید (۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌مولار)، متیل‌جاسمونات (۰، ۵ و ۱۰ میکرومولار) و براسینواستروئید (۰، ۱ و ۲ میکرومولار) به صورت خیساندن بذر قبل از کاشت بود. یک حبه رقم محلی سیر شهاداد در گلدان‌های حاوی خاک و شن (به نسبت ۱ به ۲) کاشته شد. علف‌کش‌ها در مرحله ۲-۳ برگ روی گیاه پاشیده و ۳۵ روز بعد از محلول‌پاشی از هر تیمار سه تکرار و هر تکرار ۱۰ گلدان، برای اندازه‌گیری صفات انتخاب شدند. در آزمایش اول وزن تر و خشک ساقه، وزن سوخ و ریشه، طول ساقه و ریشه، تعداد برگ، میزان رنگیزه‌های فتوستتزی، نشت یونی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز و در آزمایش دوم وزن تر و خشک ساقه، وزن سوخ و ریشه، طول ساقه و ریشه و تعداد برگ اندازه‌گیری شدند. غلظت کلروفیل و کاروتنوئید با روش

سطوح کم کنترل دستی و در سطوح وسیع علف‌کش استفاده می‌شود. علف‌کش‌های انتخابی سیر چنانچه در غلظت مناسب به کار رود نتیجه مطلوبی خواهد داشت (Rao *et al.*, 2014). غلظت بالا یا شیوه نادرست سمپاشی اثرات مخربی بر گیاه خواهد داشت. انتخابی بودن علف‌کش امری نسبی است نه مطلق و بدان معنی است که علف‌کش فقط در شرایط معینی نسبت به گیاه خاصی به صورت انتخابی عمل می‌کند که حاصل برهمکنش گیاه، علف‌کش و محیط است (Ashton, 1987). علف‌کش‌های انتخابی سیر شامل هالوکسی‌فوپ با نام تجاری گالانت (پس‌رویشی، کنترل‌کننده علف هرز باریک برگ یکساله و چند ساله)، اکسی‌فلورفن (تماسی، پیش‌رویشی و پس‌رویشی کنترل‌کننده باریک برگ و پهن برگ) و ستوکسیدیم (سیستمیک، کنترل‌کننده علف هرز باریک برگ) می‌باشند (Rao *et al.*, 2014). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در تکمیل فعالیت‌های نموی و پاسخ گیاهان به محیط به خصوص در شرایط تنش اهمیت بسزایی دارند (Varhney *et al.*, 2015). براسینواستروئید با افزایش تقسیم و رشد سلول، تغییر در ساختمان و نفوذپذیری غشا، پمپ پروتون، ساخت پروتئین و اسیدهای نوکلئیک، افزایش جذب آب، افزایش فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیداسیون و افزایش فتوستتوز، رشد را بهبود می‌دهند. حفاظت از گیاه در مقابل انواع تنش‌های محیطی با کاربرد براسینواستروئید گزارش شده است (Clouse, 2002). در گیاه برنج براسینواستروئیدها در کاهش خسارت خشکی (Farooq *et al.*, 2009) و در باقلا در کاهش خسارت علف‌کش موثر بوده است (Pinol and Simon, 2009). جاسمونات‌ها به عنوان ترکیبات تسریع‌کننده پیری، بازدارنده رشد و محرک متابولیسم ثانویه شناخته شده‌اند. ممانعت از باز شدن روزنه‌ها، دخالت در تقسیم سلولی و تنظیم اسمزی از وظایف جاسمونات‌هاست (Amin ; Balbi and Devoto, 2008) (et al., 2008) افزایش زیست توده در فلفل شیرین با کاربرد جاسمونات در شرایط تنش مشاهده شده است (Korkmaz, 2005). این ترکیبات در سازگاری با تنش‌ها به عنوان ملکول‌های پیام‌رسان عمل می‌کنند. اثر متیل‌جاسمونات در کاهش

(Esperanza *et al.*, 2016). وزن تر و خشک ساقه در گیاه گندم با کاربرد علف‌کش با غلظت بالا کاهش یافته است (Liang *et al.*, 2012).

وزن تر و خشک سوخ (پیاز): بر طبق نتایج وزن تر سوخ

تحت اثر تمام غلظت‌های هالوکسی‌فوپ، اکسی‌فلورفن ۰/۵ و ۱ درصد و ستوکسیدیم ۱ و ۱/۵ درصد کاهش یافت. هالوکسی‌فوپ با تمام غلظت‌ها، اکسی‌فلورفن ۰/۵ و ۱ درصد و ستوکسیدیم ۱ و ۱/۵ درصد به ترتیب وزن خشک سوخ را نیز کاهش دادند (جدول ۱). به عبارتی غیر از هالوکسی‌فوپ، سایر علف‌کش‌ها در غلظت پایین‌تر وزن تر و خشک قسمت خوراکی گیاه سیر اثر کاهشی نداشته‌اند. این امر حساسیت بیشتر این قسمت از گیاه سیر را نسبت به علف‌کش هالوکسی‌فوپ نشان می‌دهد (Varhney *et al.*, 2015) کاربرد این علف‌کش به علت کاهش کمیت و مقدار ماده خشک قسمت خوراکی گیاه سیر، حتی در غلظت‌های پایین، در مقایسه با سایر علف‌کش‌های بررسی شده در این تحقیق مناسب به نظر نمی‌رسد.

وزن تر و خشک ریشه: هالوکسی‌فوپ در غلظت ۰/۵ و ۱

درصد، اکسی‌فلورفن ۱ و ستوکسیدیم ۱ و ۱/۵ درصد وزن تر ریشه را کاهش دادند. وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد در غلظت‌های هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن ۰/۵ و ۱ درصد و ستوکسیدیم ۱ و ۱/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۱). از نتایج آشکار است که ریشه گیاه در مقایسه با اندام هوایی و قسمت خوراکی حساسیت کمتری نسبت به هر سه علف‌کش داشته است. قابل ذکر است علف‌کش اکسی‌فلورفن که با غلظت مشابه هالوکسی‌فوپ به کار رفته در غلظت بالا، نسبت به هالوکسی‌فوپ نتیجه بهتری بر وزن تر ریشه گیاه داشته که ممکن است حاصل تماسی بودن نوع علف‌کش باشد. علف‌کش سیستمیک در تمام پیکر گیاه انتقال می‌یابد (Rao *et al.*, 2014). علف‌کش با غلظت بالا سبب کاهش وزن تر و خشک ریشه در گیاه نخودسبز شده است (singh *et al.*, 2016).

طول ریشه: نتایج نشان داد غیر از اکسی‌فلورفن ۱ درصد

که طول ریشه را نسبت به گیاه شاهد کاهش داده، غلظت‌های

Kumar Lichtender (1987)، میزان نشت یونی از روش (2011) و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گلیاکول پراکسیداز به ترتیب با روش Velikova (1981) و Plewa (1991) انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزارهای SAS و MSTATC، مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و رسم نمودار با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک ساقه: نتایج حاصل از آزمایش اول نشان داد، علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ و ستوکسیدیم در تمام سطوح به کار رفته و اکسی‌فلورفن در دو سطح ۰/۵ و ۱ درصد وزن تر ساقه را در مقایسه با شاهد از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد کاهش دادند. وزن خشک ساقه در همه سطوح هالوکسی‌فوپ، غیر از غلظت ۰/۳ درصد و اکسی‌فلورفن ۱ درصد و تمام سطوح ستوکسیدیم کاهش و با شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱). وزن اندام هوایی گیاه حتی در غلظت‌های پایین علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ و ستوکسیدیم کاهش یافته است. علف‌کش‌های نامبرده با ممانعت از ساخت اسیدهای چرب و صدمه به غشاء سلول و کلروپلاست، می‌توانند به گیاه خسارت بزنند (Hajebi *et al.*, 2016). البته با وجودی که هر دو علف‌کش از نوع سیستمیک بوده و به سایر اندام‌های گیاه نیز منتقل می‌شوند اما تماس بیشتر با اندام هوایی و کاهش غلظت علف‌کش در حین انتقال در گیاه سبب واکنش بیشتر اندام هوایی گیاه شده است (Rao *et al.*, 2014). اثر منفی غلظت بالا علف‌کش بر گیاه، می‌تواند با کاهش کارایی فتوسنتز، ممانعت از تقسیم سلولی، تنش اکسیداتیو و فعال نمودن سیستم دفاعی گیاه همراه باشد که به نوع گیاه، میزان انتخابی بودن علف‌کش، غلظت به کار رفته و سایر موارد بستگی دارد (Prasad *et al.*, 2016). کاهش زیست توده و رشد در مواجهه با غلظت بالای علف‌کش می‌تواند ناشی از کاهش فتوسنتز گیاه به دلایل متعددی از قبیل ممانعت از ساخت یا تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی، اختلال در عمل روزنه‌ها، کاهش کارایی مصرف آب و کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن باشد

جدول ۱ - اثر محلول پاشی علفکش‌های انتخابی بر زیست توده و رشد گیاه سیر در آزمایش اول.

| علفکش | وزن تر ساقه | وزن تر سوخ | وزن تر ریشه | طول ریشه | وزن خشک | وزن خشک | وزن خشک |
|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | | ساقه | سوخ | ریشه |
| (گرم) | | | | | | | |
| C | ۲/۸۲ ^a | ۲/۱۷ ^a | ۶/۱۷ ^a | ۲۸/۱۰ ^a | ۰/۴۸ ^a | ۰/۵۰ ^a | ۰/۳۹ ^{ab} |
| H3 | ۲/۳۱ ^{cde} | ۱/۹۸ ^{ab} | ۵/۳۷ ^{ab} | ۲۶/۹۲ ^{ab} | ۰/۴۲ ^{abc} | ۰/۴۱ ^{bc} | ۰/۳۶ ^{abc} |
| H4 | ۲/۲۴ ^{de} | ۱/۹۴ ^{ab} | ۴/۹۱ ^{a-d} | ۲۶/۵۵ ^{ab} | ۰/۴۰ ^{bcd} | ۰/۳۹ ^{bcd} | ۰/۳۴ ^{bcd} |
| H5 | ۲/۲۲ ^{de} | ۱/۷۹ ^{bcd} | ۴/۷۴ ^{bcd} | ۲۴/۳۶ ^{ab} | ۰/۴۰ ^{bcd} | ۰/۳۷ ^{bcd} | ۰/۳۰ ^{def} |
| H10 | ۱/۹۸ ^{ef} | ۱/۵۳ ^{de} | ۳/۷۶ ^e | ۲۳/۹۵ ^{ab} | ۰/۳۷ ^{cde} | ۰/۳۶ ^{cd} | ۰/۲۳ ^g |
| O3 | ۲/۶۵ ^{abc} | ۱/۸۸ ^{abc} | ۵/۲۹ ^{ab} | ۲۷/۹۲ ^a | ۰/۴۵ ^{ab} | ۰/۴۲ ^{bc} | ۰/۳۹ ^{ab} |
| O4 | ۲/۷۱ ^{ab} | ۱/۹۳ ^{ab} | ۵/۱۰ ^{abc} | ۲۶/۴۲ ^{ab} | ۰/۴۶ ^{ab} | ۰/۴۴ ^{ab} | ۰/۴۰ ^a |
| O5 | ۲/۴۱ ^{bcd} | ۱/۸۴ ^{bcd} | ۵/۰۳ ^{abc} | ۲۵/۱۰ ^{ab} | ۰/۴۲ ^{abc} | ۰/۴۰ ^{bcd} | ۰/۳۱ ^{cde} |
| O10 | ۱/۹۳ ^{ef} | ۱/۵۹ ^{ce} | ۴/۲۸ ^{cde} | ۲۳/۳۶ ^b | ۰/۳۴ ^{de} | ۰/۳۸ ^{bcd} | ۰/۲۵ ^{fg} |
| S6 | ۲/۱۰ ^{def} | ۱/۸۵ ^{abc} | ۵/۱۷ ^{ab} | ۲۶/۸۰ ^{ab} | ۰/۳۳ ^e | ۰/۴۲ ^{ab} | ۰/۳۴ ^{bcd} |
| S8 | ۲/۱۰ ^{def} | ۱/۸۸ ^{abc} | ۵/۲۸ ^{ab} | ۲۷/۶۰ ^a | ۰/۳۴ ^{de} | ۰/۴۲ ^{ab} | ۰/۳۴ ^{bcd} |
| S10 | ۱/۹۶ ^{ef} | ۱/۷۰ ^{bcd} | ۴/۶۰ ^{a-d} | ۲۶/۴۷ ^{ab} | ۰/۳۳ ^e | ۰/۳۵ ^{cd} | ۰/۲۷ ^{efg} |
| S15 | ۱/۷۸ ^f | ۱/۳۷ ^e | ۴/۱۲ ^{de} | ۲۵/۷۲ ^{ab} | ۰/۳۱ ^e | ۰/۳۳ ^d | ۰/۲۵ ^{fg} |

حروف غیر مشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

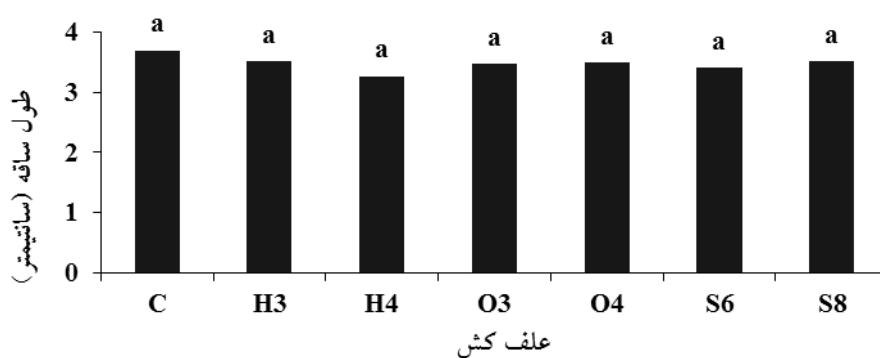
C: شاهد، H3-H10: هالوکسی‌فوپ (۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۱ درصد به ترتیب)، O3-O10: اکسی‌فلورفن (۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۱ درصد به ترتیب) و S8-S15: ستوکسیدیم (۰/۶، ۰/۸، ۱ و ۱/۵ درصد به ترتیب).

طول ساقه با شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آماری نشان ندادند (شکل ۱). برخلاف طول ریشه، طول ساقه تحت تأثیر غلظت بالای هر سه نوع علفکش در غلظت بالا قرار گرفت. رشد شاخساره گیاه معمولاً حاصل تقسیم و بزرگ شدن سلول است (Singh et al., 2008). علفکش مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد اندام‌های گیاه اثر می‌گذارد (Roa et al., 2014).

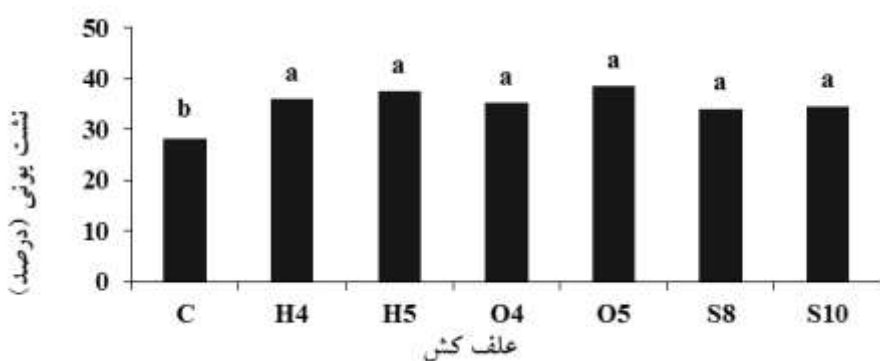
اثر علفکش بر نشت یونی: هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن ۰/۴ و ۰/۵ درصد و ستوکسیدیم ۰/۶ و ۰/۸ درصد، در مقایسه با شاهد میزان نشت یونی را افزایش داد (شکل ۲). علفکش می‌تواند ساختار غشا سلول یا اندامک‌های آن را تغییر دهد (Singh et al., 2008). نشت یونی حاصل صدمه به غشاهای زیستی است (Boulahia et al., 2016). اکسی‌فلورفن با پراکسیداسیون چربی‌ها، سبب تخریب غشاها

علفکش هالوکسی‌فوپ و ستوکسیدیم با اینکه قابل انتقال در گیاه بوده بر صفت طول ریشه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). احتمالاً افزایش طول ریشه، بعد از کاربرد علفکش صرفاً حاصل افزایش اندازه سلول بوده نه تعداد سلول‌ها و گرنه انتظار می‌رفت علفکش‌های هالوکسی‌فوپ و ستوکسیدیم که در تقسیم سلولی دخالت دارند اثراتی بر طول ریشه گیاه بگذارند (Varhney et al., 2015). ظاهراً اکسی‌فلورفن با وجود تماسی بودنش به طور غیرمستقیم بر ریشه اثر گذاشته است. شاید ممانعت از عمل آنزیم پروتوپورفیرینوژن اکسیداز، کاهش فتوسنتز و به طبع آن کاهش توجیه مناسبی باشد (Ananieva et al., 2002). نتایج با گزارشات بررسی گیاه گندم همخوانی دارد (Liang et al., 2012).

طول ساقه: غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۴ درصد هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن و ستوکسیدیم با غلظت ۰/۶ و ۰/۸ درصد از نظر



شکل ۱ - اثر هالوکسی فوپ، اکسی فلورفن و ستوکسیدیم بر طول ساقه در آزمایش اول، حروف غیرمشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند (LSD=1.85). C: شاهد، H3- H4: هالوکسی فوپ ۰/۳ و ۰/۴ درصد، O3-O4: اکسی فلورفن ۰/۳ و ۰/۴ درصد، S8- S10: ستوکسیدیم ۰/۸ و ۱ درصد.



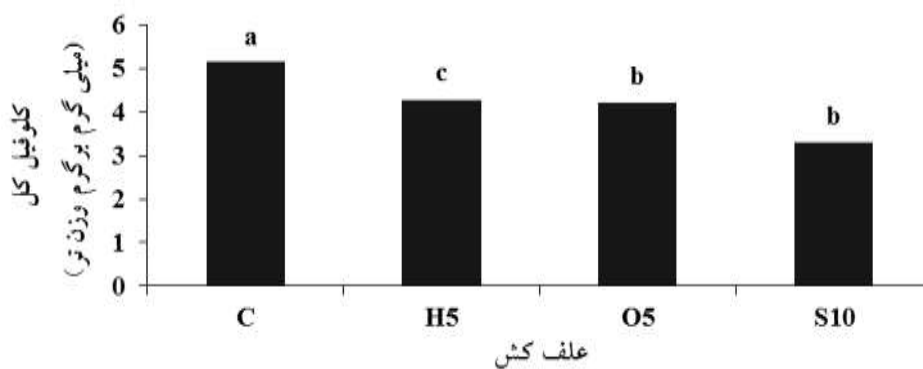
شکل ۲ - اثر هالوکسی فوپ، اکسی فلورفن و ستوکسیدیم بر نشت یونی در آزمایش اول، حروف غیرمشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند (LSD= 7.45). C: شاهد، H3- H4: هالوکسی فوپ ۰/۴ و ۰/۵ درصد، O3-O4: اکسی فلورفن ۰/۴ و ۰/۵ درصد، S8- S10: ستوکسیدیم ۰/۸ و ۱ درصد.

اکسیداز، کاهش پیش ساخت‌ها و یا تجزیه رنگیزه‌هاست (Ananieva et al., 2002). کاروتنوئیدها علاوه بر جذب نور و انتقال آن به کلروفیل به عنوان یک آنتی اکسیدانت نقش حفاظتی در برابر تنش اکسیداسیونی در گیاه دارند (Esperanza et al., 2016). مصرف اکسی فلورفن در غلظت بالا سبب کاهش کاروتنوئید در گیاه برنج شده است (Park and Jung, 2016).

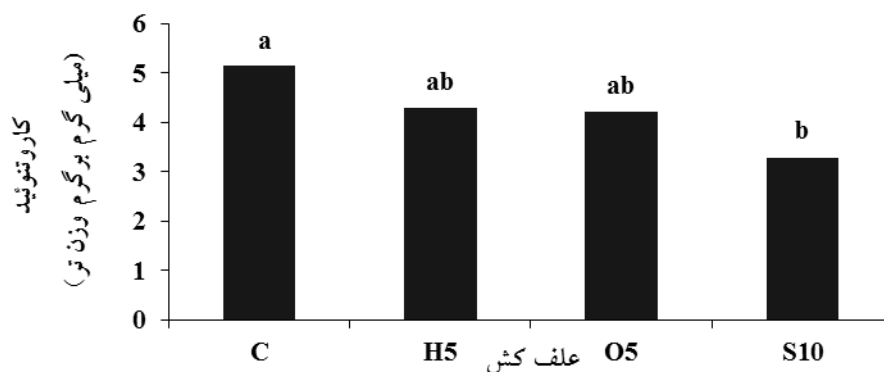
اثر علف‌کش بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت (کاتالاز و گایاکول پراکسیداز): هالوکسی فوپ و اکسی فلورفن تا غلظت ۰/۴ درصد و ستوکسیدیم تا ۰/۸ درصد، تأثیر معنی داری بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز نداشتند (شکل ۵ و ۶). این مطلب می‌تواند بیانگر عدم فعالیت سیستم دفاعی گیاه سیر در غلظت‌های بکار رفته علف‌کش باشد

در گیاه می‌شود (Park and Jung, 2016). برخی علف‌کش‌ها از ساخت اسیدهای چرب ممانعت می‌کنند (wang et al., 2016). افزایش نشت یونی تحت تنش علف‌کش در گیاه گندم گزارش شده است (Liang et al., 2012).

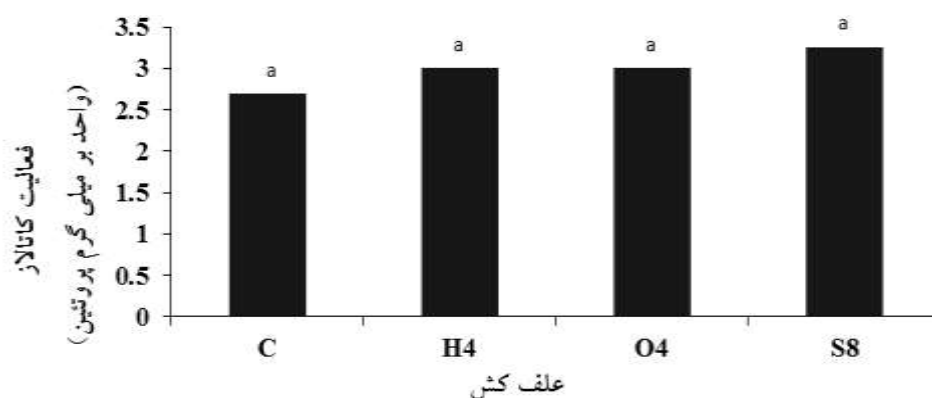
اثر علف‌کش بر رنگیزه‌های فتوسنتزی: کاهش معنی دار کلروفیل a و b و کل در غلظت ۰/۵ درصد هالوکسی فوپ و اکسی فلورفن و ستوکسیدیم ۱ درصد مشاهده شد (شکل ۳). برخلاف کلروفیل، کاروتنوئید در سطوح ذکر شده مربوط به هالوکسی فوپ و اکسی فلورفن (غلظت ۰/۵ درصد) با شاهد تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۳ و ۴). اثرات بازدارنده علف‌کش در کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید)، با ممانعت از عمل آنزیم پروتوپورفیرینوژن



شکل ۳ - اثر هالوکسی فوپ، اکسی فلورفن و ستوکسیدیم بر کلروفیل کل در آزمایش اول، حروف غیرمشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند (LSD=1.12). C: شاهد، H5: هالوکسی فوپ ۰/۵ درصد، O5: اکسی فلورفن ۰/۵ درصد، S10: ستوکسیدیم ۱ درصد.



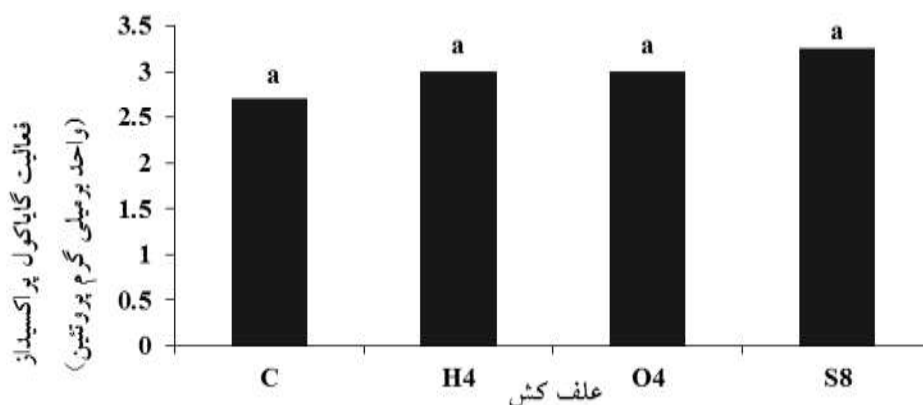
شکل ۴ - اثر هالوکسی فوپ، اکسی فلورفن و ستوکسیدیم بر کاروتنوئید در آزمایش اول، حروف غیرمشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند (LSD= 1.37). C: شاهد، H5: هالوکسی فوپ ۰/۵ درصد، O5: اکسی فلورفن ۰/۵ درصد، S10: ستوکسیدیم ۱ درصد.



شکل ۵ - اثر هالوکسی فوپ، اکسی فلورفن و ستوکسیدیم بر فعالیت کاتالاز در آزمایش اول، حروف غیرمشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند (LSD= 0.98). C: شاهد، H4: هالوکسی فوپ ۰/۴ درصد، O4: اکسی فلورفن ۰/۴ درصد، S8: ستوکسیدیم ۰/۸ درصد.

سیستم دفاعی گیاه هستند که در تنش های اکسیداسیونی به

(Popova et al., 2003). آنزیم های آنتی اکسیدانت جز اصلی



شکل ۶ - اثر هالوکسی‌فوپ، اکسی‌فلورفن و ستوکسیدیم بر فعالیت گایاکول پراکسیداز در آزمایش اول، حروف غم‌شابه بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند (LSD= 0.92). C: شاهد، H4: هالوکسی‌فوپ ۰/۴ درصد، O4: اکسی‌فلورفن ۰/۴ درصد، S8: ستوکسیدیم ۰/۸ درصد.

با غلظت پایین، نسبت به شاهد کاهش نشان دادند، در سایر شاخص‌های زیست توده و رشد مثل وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، طول ساقه و غیره، علف‌کش با غلظت پایین اثر سوئی نداشت. غلظت صحیح علف‌کش، خسارتی در گیاه زراعی ایجاد نمی‌کند (Liang *et al.*, 2012).

اثر سالیسیلیک اسید بر زیست توده و رشد: غلظت ۰/۲۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید بر صفات وزن تر و خشک ساقه و وزن تر ریشه اثر معنی‌داری داشت و سبب افزایش این صفات نسبت به شاهد شد (جدول ۲). وزن تر سوخ با هر دو غلظت و وزن خشک ریشه با غلظت ۰/۵ میلی مولار نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول ۲). ظاهراً به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید با غلظت‌های بکار رفته در این تحقیق بر زیست توده گیاه سیر (وزن تر و خشک اندام هوایی، سوخ و ریشه) نسبت به شاخص‌های رشد مثل طول ریشه یا تعداد برگ اثر بیشتری داشته است. افزایش شاخص‌های زیست توده (حاصل افزایش در میزان فتوسنتز خالص و افزایش بازده کربوکسیلاسیون) با کاربرد سالیسیلیک اسید با افزایش کلروفیل، انتقال ترکیبات فتوسنتزی و ممانعت از اکسید شدن اکسین توسط ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت آنزیم‌های نترات ریداکتاز و کربنیک آنهیدراز می‌باشد (Fariduddin *et al.*, 2003). به عنوان یک نتیجه نهایی، غلظت ۰/۲۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید قادر است کمیت قسمت خوراکی گیاه سیر را افزایش دهد اما

طرق مختلفی گونه‌های فعال اکسیژن (عامل تخریب مولکول‌های زیستی مهم از قبیل پروتئین‌ها و چربی‌ها) را مهار می‌نمایند (wang *et al.*, 2016). تنش علف‌کش‌ها جزء تنش‌های غیرزنده است که با انتقال الکترون‌های تولید شده در گیاه به ملکول اکسیژن، سبب تولید رادیکال آزاد و خسارت به گیاه می‌شود (prasad *et al.*, 2016). علف‌کش‌هایی که بر فتوسیستم‌های یک و دو و کار آنزیم پرتوپورفیرینوژن اکسیداز اثر و تنش اکسیداسیونی را ایجاد می‌کنند (Ananieva *et al.*, 2002). آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، تولید رادیکال آزاد و پراکسید چربی‌ها را کاهش می‌دهند (Largo-Gosens *et al.*, 2016). آنزیم کاتالاز با تجزیه پراکسید هیدروژن و گایاکول پراکسیداز با مصرف این ترکیب توسط گایاکول تنش اکسیداسیونی را کاهش می‌دهند (prasad *et al.*, 2016). فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت با کاربرد علف‌کش در گیاه لفل افزایش نشان داده است (Hajebi *et al.*, 2016).

اثر علف‌کش بر زیست توده و رشد: نتایج حاکی از آن است که بطور کلی علف‌کش با غلظت پایین در مقایسه با شاهد اثر منفی بر هیچکدام از صفات بررسی شده نداشت (جدول ۲). نتایج حاصل از آزمایش اول تحقیق حاضر این مطلب نیز تأیید می‌کند زیرا غیر از وزن تر و خشک اندام هوایی که در غلظت‌های پایین دو علف‌کش هالوکسی‌فوپ و ستوکسیدیم و وزن تر و خشک سوخ تحت تأثیر هالوکسی‌فوپ

جدول ۲- اثر تنظیم کننده های رشد و علف کش با غلظت پایین بر رشد و زیست توده گیاه سیر در آزمایش دوم .

| تعداد برگ | وزن خشک ریشه | وزن خشک ساقه | طول ریشه (سانتی متر) | وزن تر ریشه | وزن تر ساقه | تیمار | |
|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| | | | | | | وزن تر ساقه | وزن تر ریشه |
| | | | | | | (گرم) | (گرم) |
| ۵/۰۰ ^{ab} | ۰/۳۲ ^d | ۱/۲۲ ^{fgh} | ۱۹/۲۰ ^{cd} | ۴/۰۱ ^f | ۳/۹۶ ^{gh} | ۳/۳۸ ^f | C |
| ۴/۳۵ ^b | ۰/۳۰ ^{de} | ۱/۰۲ ^h | ۱۹/۲۰ ^d | ۴/۱۰ ^f | ۳/۷۷ ^h | ۳/۴۳ ^f | H |
| ۴/۶۶ ^{ab} | ۰/۳۳ ^d | ۱/۲۰ ^{gh} | ۲۱/۷۰ ^{bc} | ۵/۵۰ ^b | ۵/۸۶ ^{abc} | ۴/۵۵ ^{cd} | AS1 |
| ۴/۴۰ ^b | ۰/۲۷ ^f | ۱/۰۴ ^{gh} | ۲۲/۳۰ ^{abc} | ۴/۴۵ ^{ef} | ۵/۲۳ ^{de} | ۴/۷۹ ^{bc} | AS1+H |
| ۴/۶۶ ^{ab} | ۰/۳۷ ^b | ۱/۲۵ ^{efg} | ۲۱/۳۰ ^{bc} | ۴/۵۹ ^{def} | ۴/۷۰ ^{ef} | ۳/۸۶ ^{ef} | AS2 |
| ۴/۶۹ ^{ab} | ۰/۳۳ ^{cd} | ۱/۴۳ ^{def} | ۲۳/۱۰ ^{ab} | ۴/۵۰ ^{def} | ۵/۵۹ ^{bcd} | ۴/۴۷ ^{cd} | AS2+H |
| ۴/۵۰ ^{ab} | ۰/۴۳ ^a | ۱/۸۳ ^b | ۲۴/۱۰ ^a | ۶/۹۰ ^a | ۵/۴۳ ^{bcd} | ۴/۶۸ ^{bcd} | MJ1 |
| ۵/۱۱ ^a | ۰/۳۸ ^b | ۲/۴۷ ^a | ۲۲/۱۰ ^{bc} | ۵/۴۸ ^b | ۶/۱۳ ^a | ۴/۹۵ ^{bc} | MJ1+H |
| ۴/۵۰ ^{ab} | ۰/۲۲ ^g | ۱/۵۸ ^{cd} | ۱۹/۵۰ ^{cd} | ۳/۲۰ ^g | ۴/۴۳ ^{fg} | ۳/۴۶ ^f | MJ2 |
| ۴/۵۰ ^{ab} | ۰/۳۷ ^b | ۲/۲۵ ^a | ۲۱/۳۴ ^{bc} | ۵/۱۰ ^{bcd} | ۶/۰۰ ^{ab} | ۴/۵۶ ^{cd} | MJ2+H |
| ۵/۰۰ ^{ab} | ۰/۲۶ ^f | ۱/۴۶ ^{de} | ۲۳/۳۰ ^{ab} | ۳/۲۲ ^g | ۵/۳۵ ^{cd} | ۴/۲۷ ^e | BR1 |
| ۴/۸۵ ^{ab} | ۰/۳۶ ^{bc} | ۱/۷۳ ^{bc} | ۲۲/۹۰ ^{ab} | ۴/۷۸ ^{cde} | ۶/۱۰ ^a | ۵/۴۴ ^a | BR1+H |
| ۴/۳۳ ^b | ۰/۳۰ ^{de} | ۰/۷۰ ⁱ | ۲۲/۲۰ ^{abc} | ۴/۲۰ ^{ef} | ۳/۹۹ ^{gh} | ۴/۵۸ ^{cd} | BR2 |
| ۴/۵۹ ^{ab} | ۰/۳۶ ^{bc} | ۱/۷۸ ^{bc} | ۲۰/۶۰ ^{bcd} | ۵/۳۰ ^{bc} | ۵/۴۷ ^{bcd} | ۵/۱۰ ^{ab} | BR2+H |

حروف غیر مشابه بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند. C: شاهد، H: علف کش، SA1 و SA2: سالیسیلیک اسید ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی مولار، MJ1 و MJ2: متیل جاسمونات ۵ و ۱۰ میکرو مولار، BR1 و BR2: برازینواستروئید ۱ و ۲ میکرومولار.

طویل شدن سلول اثر دارد (Balbi and Devoto, 2008). رشد و زیست توده در گیاه فلفل دلمه ای مشابه تحقیق حاضر تحت تأثیر متیل جاسمونات افزایش یافت (Korkmaz, 2005). افزایش وزن خشک اندام هوایی سویا با کاربرد متیل جاسمونات گزارش شده است (کرامت و دانشمند، ۱۳۹۱).

اثر براسینواستروئید بر زیست توده و رشد: غلظت ۱ میکرو مولار تنظیم کننده رشد براسینواستروئید سبب افزایش معنی دار وزن تر و خشک ساقه شد. در مورد صفات وزن تر ساقه و وزن تر و خشک ریشه، غلظت ۲ میکرومولار آن مؤثرتر بود (جدول ۲). یقیناً پاسخ اندام های مختلف گیاه به تنظیم کننده های رشد گیاهی یکسان نیست (Kim et al., 2005). احتمالاً اندام هوایی جایگاه فتوسنتز هست افزایش غلظت براسینواستروئید نتیجه بهتری نسبت به قسمت خوراکی گیاه داشته است (Haya et al., 2012). نتیجه قابل ذکر از این مطلب این است

افزایش غلظت سبب کاهش عملکرد گیاه می شود. افزایش عملکرد گیاه با کاربرد سالیسیلیک اسید گزارش شده است (Amin et al., 2008)

اثر متیل جاسمونات بر زیست توده و رشد: متیل جاسمونات ۵ میکرومولار در مقایسه با شاهد سبب افزایش وزن تر و خشک ساقه، وزن تر ساقه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه شد. وزن خشک ساقه با هر دو غلظت متیل جاسمونات نسبت به شاهد افزایش یافت ولی غلظت کمتر آن مؤثرتر بود. در نهایت می توان اعلام کرد متیل جاسمونات ۵ میکرومولار هم کمیت و هم مقدار ماده خشک را در قسمت خوراکی گیاه سیر افزایش داده و این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی دار است (جدول ۲). حفاظت از کلروفیل و هدایت روزنه ای توسط متیل جاسمونات (Popova et al., 2003). متیل جاسمونات همزمان بر تقسیم و

ایجاد کرده است (Senaratna *et al.*, 2000).

ترکیب متیل‌جاسمونات و علف‌کش با غلظت پایین: هر دو غلظت متیل‌جاسمونات سبب افزایش وزن تر و خشک ساقه، سوخ و ریشه در مقایسه با تیمار علف‌کش به تنهایی شد ولی غلظت کمتر مناسب‌تر بود (جدول ۲). بنظر می‌رسد در حالت ترکیب تنظیم‌کننده و علف‌کش، متیل‌جاسمونات در مقایسه با سالیسیلیک اسید در افزایش کمیت و ماده خشک سوخ نقش مؤثرتری ایفا کرده در حالی که مصرف تنهایی دو تنظیم‌کننده نتیجه عکس داشته و سالیسیلیک در افزایش عملکرد مؤثرتر از متیل‌جاسمونات بوده که نشان می‌دهد در حالت تنش علف‌کش در گیاه سیر، به نسبت سالیسیلیک اسید بهتر عمل می‌کند. نقش متیل‌جاسمونات در کاهش خسارت غشاء سلول و افزایش آنتی‌اکسیدانت‌ها ثابت شده است (Popova *et al.*, 2003). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از قبیل کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز در گیاه سویا تحت تأثیر متیل‌جاسمونات گزارش شده است (کرامت و دانشمند، ۱۳۹۱). در گیاه جو متیل‌جاسمونات اثرات مخرب علف‌کش را با حفاظت از کلروفیل و کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها کاهش داده است (Popova *et al.*, 2003).

ترکیب براسینواستروئید و علف‌کش با غلظت پایین: هر دو غلظت براسینواستروئید در ترکیب با علف‌کش وزن تر و خشک ساقه، سوخ و ریشه را در مقایسه با تیمار علف‌کش به تنهایی افزایش داد ولی در نهایت براسینواستروئید ۱ میکرومولار آن سبب افزایش عملکرد گیاه سیر در ترکیب با علف‌کش شده است (جدول ۲). نتیجه قابل توجهی که از این قسمت حاصل شد براسینواستروئید در حالت ترکیب با علف‌کش در مقایسه با سالیسیلیک اسید مؤثرتر بود اما در حالت کاربرد تنهایی، سالیسیلیک اسید اثرات بهتری در افزایش کمیت و کیفیت قسمت خوراکی سیر نشان داد. براسینواستروئیدها ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در شرایط تنش افزایش می‌دهد (Soares *et al.*, 2016). در گوجه فرنگی براسینواستروئید سبب افزایش مقاومت به تنش شده است (Haya *et al.*, 2012). در گیاه ذرت محلول پاشی براسینواستروئید در شرایط تنش از

که کمیت و مقدار ماده خشک در قسمت خوراکی گیاه سیر با غلظت ۱ میکرومولار براسینواستروئید حاصل شده است. براسینواستروئید با افزایش فعالیت آنزیم رویسکو و سایر آنزیم‌های چرخه کالوین و افزایش کلروفیل فتوسنتز را افزایش می‌دهد (Haya *et al.*, 2012). افزایش وزن تر و خشک در گیاه ذرت با کاربرد براسینواستروئید گزارش شده است (Walia *et al.*, 2007). شاید افزایش مشاهده شده طول ریشه گیاه در غلظت کمتر براسینواستروئید با دخالت در جذب مواد غذایی از خاک، دلیل دیگر افزایش عملکرد گیاه باشد. براسینواستروئید توسعه سلول (نرم کردن دیواره سلول) را در غشا سلولی کنترل می‌کند (Bajguz, 2009).

ترکیب سالیسیلیک اسید و علف‌کش با غلظت پایین: در تیمارهای ترکیبی سالیسیلیک اسید و علف‌کش با غلظت پایین در مقایسه با تیمار علف‌کش به تنهایی هر دو غلظت سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن تر و خشک ساقه، و وزن تر سوخ شدند و نهایتاً غلظت کمتر آن اثرات بهتری داشت (جدول ۲). سالیسیلیک اسید نقش محوری در تنظیم مراحل مختلف رشد و تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و مقابله با تنش دارد (El-Tayeb, 2005). نقش سالیسیلیک اسید به عنوان یک ملکول پیام رسان در پاسخ گیاه به انواع تنش‌ها تأیید شده است (Senaratna *et al.*, 2000). سالیسیلیک اسید با تأثیر بر پراکسید هیدروژن گیاه را در برابر تنش محافظت می‌کند. کاهش خسارت به غشا ممکن است از طریق القا یکسری پروتئین‌های خاص و به دنبال آن تولید آنتی‌اکسیدانت‌ها باشد که اسیدهای چرب غیراشباع را افزایش و بر کل فیزیولوژی گیاه اثر می‌گذارد (Rademacher, 2015). گزارش شده سالیسیلیک اسید اثرات مخرب علف‌کش پاراکوات را کاهش داده است (Ananieva *et al.*, 2002). در گیاه جو و ماش نقش سالیسیلیک اسید در کاهش اثرات مخرب علف‌کش بر جوانه زنی، رشد دانهال، طول ریشه چه، رنگیزه‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مشاهده شده است (Popova *et al.*, 2003; Singh *et al.*, 2008). کاربرد سالیسیلیک اسید از طریق تیمار بذری مقاومت به تنش‌های مختلف را در گیاه لوبیا و گوجه فرنگی

جدول ۳ - اثر تنظیم کننده های رشد و علف کش با غلظت بالا بر رشد و زیست توده گیاه سیر در آزمایش دوم.

| تیمار | وزن تر ساقه | وزن تر سوخ | وزن تر ریشه | وزن خشک ساقه | وزن خشک سوخ | وزن خشک ریشه | طول ریشه | |
|-------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | | | | | | | (سانتی متر) | (گرم) |
| C | ۲/۱۴ ^{cd} | ۸/۳۰ ^g | ۵/۹۲ ^{bcd} | ۰/۳۷ ^d | ۴/۱۳ ^e | ۰/۵۰ ^{ab} | ۲۰/۵۰ ^{abc} | ۷/۱۰ ^{fgh} |
| H | ۱/۵۷ ^e | ۶/۸۵ ^h | ۳/۶۲ ^f | ۰/۲۸ ^e | ۳/۴۱ ^f | ۰/۳۰ ^b | ۱۵/۸۸ ^e | ۶/۳۶ ⁱ |
| AS1 | ۳/۹۵ ^a | ۱۲/۳۸ ^b | ۶/۷۷ ^{ab} | ۰/۶۷ ^a | ۶/۳۴ ^{ab} | ۰/۶۱ ^{ab} | ۲۲/۱۶ ^{ab} | ۸/۷۵ ^a |
| AS1+H | ۲/۶۲ ^{bc} | ۸/۴۱ ^g | ۴/۸۱ ^e | ۰/۴۶ ^c | ۴/۱۰ ^e | ۰/۴۲ ^{ab} | ۲۰/۸۶ ^{abc} | ۸/۳۵ ^{abc} |
| AS2 | ۳/۷۳ ^a | ۱۳/۸۱ ^a | ۷/۵۶ ^a | ۰/۶۸ ^a | ۶/۵۱ ^a | ۰/۷۰ ^a | ۲۲/۴۱ ^{ab} | ۶/۷۵ ^{ghi} |
| AS2+H | ۲/۷۱ ^b | ۸/۹۷ ^g | ۵/۳۵ ^{cde} | ۰/۴۷ ^c | ۴/۴۵ ^e | ۰/۴۶ ^{ab} | ۲۰/۳۳ ^{abc} | ۷/۹۶ ^{cd} |
| MJ1 | ۳/۵۰ ^a | ۱۲/۲۲ ^{bc} | ۶/۲۱ ^{bc} | ۰/۶۳ ^{ab} | ۶/۴۵ ^a | ۰/۶۳ ^{ab} | ۲۴/۶۶ ^a | ۷/۲۵ ^{fg} |
| MJ1+H | ۲/۷۲ ^a | ۹/۷۹ ^{ef} | ۴/۹۸ ^e | ۰/۵۰ ^c | ۵/۰۱ ^d | ۰/۴۳ ^{ab} | ۱۷/۹۶ ^{cde} | ۷/۴۲ ^{ef} |
| MJ2 | ۲/۷۶ ^b | ۱۱/۰۳ ^{cd} | ۵/۱۰ ^{de} | ۰/۳۶ ^d | ۵/۸۸ ^{bc} | ۰/۴۴ ^{ab} | ۱۸/۰۰ ^{cde} | ۶/۶۶ ^{hi} |
| MJ2+H | ۲/۸۰ ^b | ۱۰/۶۰ ^{de} | ۵/۹۱ ^{bcd} | ۰/۴۶ ^c | ۵/۵۳ ^c | ۰/۵۳ ^{ab} | ۱۹/۵۸ ^{bcd} | ۷/۷۹ ^{de} |
| BR1 | ۳/۶۸ ^a | ۱۳/۳۵ ^{ab} | ۶/۳۴ ^b | ۰/۶۰ ^b | ۵/۵۳ ^c | ۰/۵۵ ^{ab} | ۱۹/۵۰ ^{bcd} | ۸/۶۶ ^{ab} |
| BR1+H | ۲/۷۶ ^b | ۱۰/۷۹ ^{de} | ۴/۵۸ ^e | ۰/۴۸ ^c | ۵/۴۷ ^{cd} | ۰/۳۹ ^{ab} | ۱۸/۷۶ ^{cde} | ۸/۴۱ ^{abc} |
| BR2 | ۲/۲۰ ^{cd} | ۱۰/۲۳ ^{de} | ۵/۰۰ ^{de} | ۰/۳۸ ^d | ۵/۵۰ ^c | ۰/۳۱ ^{ab} | ۱۹/۱۰ ^{cd} | ۸/۶۶ ^{ab} |
| BR2+H | ۱/۹۶ ^{de} | ۸/۹۰ ^{fg} | ۴/۹۸ ^e | ۰/۳۵ ^d | ۴/۴۵ ^e | ۰/۲۵ ^b | ۱۶/۷۰ ^{de} | ۸/۲۰ ^{bcd} |

حروف غیر مشابه بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند. C: شاهد، H: علف کش، SA1 و SA2: سالیسیلیک اسید ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی مولار، MJ1 و MJ2: متیل جاسمونات ۵ و ۱۰ میکرو مولار، BR1 و BR2: برازینواستروئید ۱ و ۲ میکرومولار.

است. رشد و زیست توده گیاه تحت تأثیر غلظت بالای علف کش کاهش می یابد (Jiang et al., 2016). علف کش در شرایط خاصی نسبت به گیاه به صورت انتخابی عمل می کند که حاصل برهمکنش گیاه، علف کش و محیط است. استفاده از غلظت مناسب، شیوه صحیح سمپاشی و شرایط محیطی انتخابی بودن علف کش را تحت تأثیر قرار می دهند (Fernandez, 2017).

اثر سالیسیلیک اسید بر زیست توده و رشد: سالیسیلیک اسید در هر دو غلظت برصفت وزنی تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک سوخ، وزن تر ریشه، از لحاظ آماری نسبت به شاهد اثر افزایشی داشت (جدول ۳). در مقایسه بین دو غلظت استفاده شده، اثر غلظت بیشتر (۰/۵ میلی مولار) بر وزن تر و خشک سوخ مؤثرتر بود. به عبارتی کمیت و مقدار ماده خشک سوخ با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، وضعیت بهتری داشت. افزایش شاخص های زیست توده (حاصل افزایش در

کاهش وزن خشک، میزان کلروفیل، میزان آب، سرعت فتوسنتز و در نهایت رشد گیاه جلوگیری می کند (Walia et al., 2007). برازینواستروئید بر خصوصیات الکتریکی، نفوذپذیری، پایداری و آنزیم های غشائی تأثیر می گذارد (Bajguz, 2009). کاهش خسارت علف کش در گیاه باقلا با محلول پاشی برازینواستروئید گزارش شده است (Pinol and Simon, 2009).

اثر علف کش بر زیست توده و رشد: کلیه صفات غیر از وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد تحت تأثیر غلظت بالای علف کش کاهش یافت (جدول ۳). در آزمایش اول تحقیق حاضر مشخص شد هر سه علف کش در غلظت بالا رشد و وزن اندام های مختلف گیاه سیر را کاهش داد. البته عدم تأثیر علف کش با غلظت بالا بر وزن خشک ریشه احتمال دارد به دلیلی که ریشه محل تبادل و ذخیره عناصر غذایی هست واکنش متفاوتی نسبت به کاربرد علف کش با غلظت بالا نشان داده

برابر خسارت علف‌کش رشد و زیست توده را به طرق مختلفی تعدیل می‌سازند (Varhney *et al.*, 2015). در تأیید نتایج قبلی سالیسیلیک اسید با هر دو غلظت به طور یکسان عملکرد سوخ را در شرایط تنش علف‌کش افزایش داده است. سالیسیلیک اسید در گیاه ماش (Liang *et al.*, 2012)، گندم (Singh *et al.*, 2016) و نخود سبز (singh *et al.*, 2016) اثرات منفی علف‌کش را کاهش داده است.

ترکیب متیل‌جاسمونات و علف‌کش با غلظت بالا:

متیل‌جاسمونات در ترکیب با علف‌کش در هر دو غلظت وزن تر و خشک ساقه و وزن تر سوخ را در حالی که غلظت بیشتر برتری داشت افزایش داد (جدول ۳). بنظر میرسد با افزایش تنش گیاه به غلظت بیشتر پاسخ بهتری داده است (Ogwen *et al.*, 2008). متیل‌جاسمونات خسارت علف‌کش در گیاه جو (Walia *et al.*, 2007) را کاهش داده است.

ترکیب براسینواستروئید و علف‌کش با غلظت بالا: در

مقایسه با تیمار علف‌کش به تنهایی، براسینواستروئید با غلظت کمتر وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک سوخ را افزایش داد (جدول ۳). در نهایت می‌توان اعلام کرد در تحقیق حاضر براسینواستروئید با غلظت کمتر اثر رونق بخشی در افزایش عملکرد گیاه داشته است (جدول ۳). حفاظت براسینواستروئید از گیاه در مقابل تنش‌های محیطی گزارش شده است (Bajguz, 2009). اثرات براسینواستروئید در کاهش خسارت علف‌کش در باقلا گزارش شده است (and Simon, 2009 Pinol).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق علف‌کش‌های انتخابی هالوکسی فوپ و اکسی فلورفن تا غلظت ۴ در هزار و ستوکسیدیم تا غلظت ۸ در هزار تأثیر سوئی بر رشد و نمو گیاه سیر نداشت. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر ویژگی‌های رشد اثر افزایشی داشته و اثرات منفی علف‌کش در غلظت بالا را تخفیف دادند. بطور کلی سالیسیلیک اسید ۰/۲۵ میلی‌مولار، متیل‌جاسمونات ۵ میکرو مولار و براسینواستروئید ۱ میکرومولار مؤثرترین تیمارها بودند.

میزان فتوسنتز خالص و افزایش بازده کربوکسیلاسیون) تحت اثر سالیسیلیک اسید با افزایش کلروفیل، انتقال ترکیبات فتوسنتزی و ممانعت از اکسید شدن اکسین توسط ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت آنزیم‌های نترات ریداکتاز و کربنیک آنهیدراز همراه می‌باشد (Fariduddin *et al.*, 2003).

اثر متیل‌جاسمونات بر زیست توده و رشد:

متیل‌جاسمونات در هر دو غلظت بکار رفته سبب افزایش وزن تر ساقه، و وزن تر و خشک سوخ نسبت به گیاه شاهد شد. در مقایسه دو غلظت، غلظت کمتر آن (۵ میکرومولار) موثرتر واقع شد. نکته قابل توجه، نقش متیل‌جاسمونات با غلظت ۵ میکرومولار در افزایش کمیت و مقدار ماده سوخ می‌باشد. جاسمونات‌ها به عنوان ترکیبات تسریع‌کننده پیری، بازدارنده رشد و محرک متابولیسم ثانویه شناخته شده‌اند. ممانعت از بازشدن روزنه‌ها، دخالت در تقسیم سلولی و تنظیم اسمزی از وظایف جاسمونات هاست (Balbi and Devoto, 2008).

اثر براسینواستروئید بر زیست توده و رشد:

براسینواستروئید در هر دو غلظت بکار رفته وزن تر و خشک سوخ و طول ساقه را نسبت به گیاه شاهد افزایش داد. اما در مقایسه دو غلظت، غلظت کمتر موثرتر بود. با بیان ساده تر می‌توان گفت در نهایت، کمیت و ماده خشک در قسمت خوراکی با کاربرد براسینواستروئید ۱ میکرو مولار در این تحقیق افزایش یافته است. براسینواستروئید با افزایش تقسیم و رشد سلول، تغییر در ساختمان و نفوذپذیری غشا، پمپ پروتون، ساخت پروتئین و اسیدهای نوکلئیک، افزایش جذب آب، افزایش فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیداسیون و افزایش فتوسنتز، رشد را افزایش می‌دهد (Bajguz, 2009). افزایش ارتفاع گیاه خردل و افزایش زیست توده در گیاه باقلا تحت تأثیر براسینواستروئید با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Hayat *et al.*, 2001; Talaat and Abdallah, 2010).

ترکیب سالیسیلیک اسید و علف‌کش با غلظت بالا: در

مقایسه ترکیب تنظیم‌کننده و علف‌کش با کاربرد علف‌کش به تنهایی، هر دو غلظت سالیسیلیک اسید، وزن تر و خشک و طول ساقه را افزایش داد. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در

منابع

کرامت، ب. و دانشمند، ف. (۱۳۹۱) نقش دوگانه متیل جاسمونات بر عملکردهای فیزیولوژیک در گیاه سویا (*Glycine max* L.). فرآیند و کارکرد گیاهی ۳۷-۲۵: ۱

- Amin, A. A., Rashad, E. S. M. and Gharib, F. A. E. (2008) Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. *Australian Journal Of Basic and Applied Sciences* 2(2):252-261.
- Ananieva, E. A., Alexieva, V. S and Popova, L. P. (2002) Treatment with salicylic acid decreases the effects of paraquat on photosynthesis. *Journal of Plant Physiology* 159(7): 685-693.
- Anuradha, S. and Rao, S. S. R. (2007) The effect of brassinosteroids on radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings growing under cadmium stress. *Plant Soil and Environment* 53(11):465-472
- Bajguz, A. and Hayat, S. (2009) Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. *Plant Physiology and Biochemistry* 47(1):1-8.
- Balbi, V. and Devoto, A. (2008) Jasmonate signalling network in *Arabidopsis thaliana*: crucial regulatory nodes and new physiological scenarios. *New Phytologist* 177(2):301-318.
- Boulahia, K., Carol, P., Planchais, S. and Abrous-Belbachir, O. (2016) *Phaseolus vulgaris* L. Seedlings Exposed to Prometryn Herbicide Contaminated Soil Trigger an Oxidative Stress Response. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64(16):3150-3160.
- El-Tayeb, M. A. (2005) Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45(3):215-224.
- Esperanza, M., Seoane, M., Rioboo, C., Herrero, C. and Cid, A. (2016) Early alterations on photosynthesis-related parameters in *Chlamydomonas reinhardtii* cells exposed to atrazine: A multiple approach study. *Science of the Total Environment* 554:237-245.
- Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. (2003) Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41(2): 281-284.
- Farooq, M., Wahid, A. and Basr, S.M.A. (2009) Improving water relations and gas exchange with brassinosteroids in rice under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195(4):262-269.
- Fernandez, P., Alcantara, R., Osuna, M. D., Vila-Aiub, M. M. and Prado, R. D. (2017) Forward selection for multiple resistance across the non-selective glyphosate, glufosinate and oxyfluorfen herbicides in *Lolium* weed species. *Pest management science* 73(5): 936-944.
- Jiang, L., Yang, Y., Jia, L. X., Lin, J. L., Liu, Y., Pan, B. and Lin, Y. (2016) Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide simetryne in soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 127:87-94.
- Hajebi, A., Das, T.K., Arora, A., Singh, S.B. and Hajebi, F. (2016) Herbicides tank-mixes effects on weeds and productivity and profitability of chilli (*Capsicum annuum* L.) under conventional and zero tillage. *Scientia Horticulturae* 198:191-196.
- Hayat, S., Ahmad, A., Mobin, M., Hussain, A. and Fariduddin, Q. (2001) Photosynthetic rate, growth, and yield of mustard plants sprayed with 28-homobrassinolide. *Photosynthetica* 38(3):469-471.
- Hayat, S., Alyemeni, M. N. and Hasan, S. A. (2012) Foliar spray of brassinosteroid enhances yield and quality of *Solanum lycopersicum* under cadmium stress. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3): 325-335.
- Kallel, F., Driss, D., Chaari, F., Belghith, L., Bouaziz, F., Ghorbel, R. and Chaabouni, S.E. (2014) Garlic (*Allium sativum* L.) husk waste as a potential source of phenolic compounds: influence of extracting solvents on its antimicrobial and antioxidant properties. *Industrial Crops and Products* 62: 34-41.
- Kim, S. K., Kim, J. T., Jang, S. W., Lee, S. C., Lee, B. H. and Lee, I. J. (2005) Exogenous effect of gibberellins and jasmonate on tuber enlargement of *Dioscorea opposita*. *Agronomy Research* 3(1):39 44.
- Korkmaz, A. (2005) Inclusion of acetyl salicylic acid and methyl jasmonate into the priming solution improves low-temperature germination and emergence of sweet pepper. *HortScience* 40(1):197-200.
- Kumar, S. and Dey, P. (2011) Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae* 127(3):318-324.
- Lagunas, L. L. M. and Castaigne, F. (2008) Effect of temperature cycling on allinase activity in garlic. *Food Chemistry* 111(1): 56-60.
- Largo-Gosens, A., de Castro, M., Alonso-Simon, A., Garcia-Angulo, P., Acebes, J. L., Encina, A. and Alvarez, J.M. (2016) Quinlorac-habituation of bean (*Phaseolus vulgaris*) cultured cells is related to an increase in their antioxidant capacity. *Plant Physiology and Biochemistry* 133:146-156
- Liang, L., Lu, Y. L. and Yang, H. (2012) Toxicology of isoproturon to the food crop wheat as affected by salicylic acid. *Environmental Science and Pollution Research* 19(6):2044-2054.

- Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology* 148:350-382.
- Ogwen, J. O., Song, X. S., Shi, K., Hu, W. H., Mao, W. H., Zhou, Y. H., Yu, J. Q. and Nogues, S. (2008) Brassinosteroids alleviate heat-induced inhibition of photosynthesis by increasing carboxylation efficiency and enhancing antioxidant systems in *Lycopersicon esculentum*. *Journal of Plant Growth Regulation* 27:49-57.
- Park, J. H. and Jung, S. (2017) Perturbations of carotenoid and tetrapyrrole biosynthetic pathways result in differential alterations in chloroplast function and plastid signaling. *Biochemical and biophysical research communications* 482: 672-677.
- Pinol, R. and Simon, E. (2009) Effect of 24-epibrassinolide on chlorophyll fluorescence and photosynthetic CO₂ assimilation in *Vicia faba* plants treated with the photosynthesis-inhibiting herbicide terbutryn. *Journal of Plant Growth Regulation* 28:97-105.
- Plewa, M.J., Smith, S.R. and Wagner, E.D. (1991) Diethylthiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. *Mutation research /fundamental and molecular mechanisms of mutagenesis* 247: 57-64.
- Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Z. H. (2003) Salicylic acid and methyl jasmonate-induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulgarian Journal Plant Physiology* 133:152.
- Prasad, S. M., Kumar, S., Parihar, P. and Singh, R. (2016) Interactive effects of herbicide and enhanced UV-B on growth, oxidative damage and the ascorbate-glutathione cycle in two *Azolla* species. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 133: 341-349.
- Rademacher, W. (2015) Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation* 34(4): 845-872.
- Rao, K. M., Singh, P. K., Maying, B. and Ryingkhun, H. B. K. (2014) Integrated Weed Management in Vegetable Production. *Indian Horticulture Journal* 4(1): 67-69.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. (2000) Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30(2):157-161.
- Sharma, P. and Bhardwaj, R. (2007) Effect of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth and heavy metal uptake in *Brassica juncea* L. *General and Applied Plant Physiology* 33(1-2) : 59-73.
- Singh, H., Singh, N. B., Singh, A., Hussain, I. and Yadav, V. (2016) Physiological and biochemical effects of salicylic acid on *Pisum sativum* exposed to isoproturon. *Archives of Agronomy and Soil Science* 62(10) 1-12.
- Singh, N. B., Yadav, K. and Amist, N. (2012) Mitigating effects of salicylic acid against herbicidal stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 8(4): 27-35
- Soares, C., de Sousa, A., Pinto, A., Azenha, M., eixeira, J. T., Azevedo, R. A. and Fidalgo, F. (2016) Effect of 24-epibrassinolide on ROS content, antioxidant system, lipid peroxidation and Ni uptake in *Solanum nigrum* L. under Ni stress. *Environmental and Experimental Botany* 122:115-125.
- Talaat, N. B and Abdallah, A.M. (2010) Effect of 28-homobrassinolide and 24-epibrassinolide on the growth, productivity and nutritional value of two faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars. *Archives of Agronomy and Soil Science* 56(6):649-669.
- Varhney, S., Khan, M. I. R., Masood, A., Per, T. S., Rasheed, F. and Khan, N. A. (2015) Contribution of Plant Growth Regulators in Mitigation of Herbicidal Stress. *Journal of Plant Biochemistry and Physiology* 3: 2-12.
- Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. *Plant Science* 151(1):59-66.
- Walia, H., Wilson, C., Condamine, P., Liu, X., Ismail, A. M. and Close, T. J. (2007) Large-scale expression profiling and physiological characterization of jasmonic acid-mediated adaptation of barley to salinity stress. *Plant, Cell and Environment* 30(4):410-421.
- Wang, H. H., Tao, F. E., Peng, X. X., Yan, M. L., Zhou, P. L. and Tang, X. K. (2009) Ameliorative effects of brassinosteroid on excess manganese-induced oxidative stress in *Zea mays* L. leaves. *Agricultural Sciences in China* 8(9):1063-1074.
- Wang, J., Lv, M., Islam, F., Gill, R. A., Yang, C., Ali, B., Yan, G. and Zhou, W. (2016) Salicylic acid mediates antioxidant defense system and ABA pathway related gene expression in *Oryza sativa* against quinclorac toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 133: 146-156.