

اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر کاهش خسارت علف‌کش‌های (*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، ^۲ پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان و ^۳ گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۱۱/۰۶)

چکیده

غلاظت 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 کاملاً تصادفی شامل علف‌کش‌های انتخابی، هالوکسی‌فوپ (۰/۰۴، ۰/۰۳ و ۰/۰۵ درصد)، اکسی‌فلورفن (۰/۰۳، ۰/۰۴، ۰/۰۵ و ۰/۰۶ درصد) و ستوكسیدیم (۰/۰۸، ۰/۰۹ و ۰/۱۰ درصد)، هر کدام با پنج سطح در سه تکرار انجام شد. آزمایش دوم به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دوفاکتور تنظیم کننده‌های رشد و علف‌کش بود. تنظیم کننده شامل سالیسیلیک‌اسید (۰/۰۵ و ۰/۰۶ میلی مولار) متیل جاسمونات (۰/۰۵ و ۰/۱۰ میکرومولار) و براسینو استروئید (۰/۰۱ و ۰/۰۲ میکرومولار) به صورت خیساندن بذر و علف‌کش به شکل محلول پاشی با غلاظت پایین (غلاظت ۰/۰۳ و ۰/۰۴ درصد هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن و غلاظت ۰/۰۶ و ۰/۰۸ درصد ستوكسیدیم) و غلاظت بالا (غلاظت ۰/۰۵ درصد هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن و غلاظت ۰/۰۶ درصد ستوكسیدیم) انتخاب شدند. نتایج نشان داد در آزمایش اول هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن تا غلاظت ۰/۰۴ و ستوكسیدیم تا ۰/۰۸ درصد بر رشد، زیست توده، رنگیزه‌های فتوستنتزی، نشت یونی و آنزیم‌های اکسیداتیو اثر سوئی نداشت. در آزمایش دوم علف‌کش با غلاظت 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. برطبق نتایج این تحقیق، سالیسیلیک‌اسید با غلاظت ۰/۰۵ میلی مولار، متیل جاسمونات ۰/۰۵ و براسینو استروئید ۰/۰۱ میکرومولار موثرتر بودند.

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

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

مقدمه

سیر با نام علمی آلیوم ساتیوم (*Allium sativum*) گیاهی دائمی 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. سالیسیلیک اسید نقش محوری در تنظیم مراحل مختلف رشد و تکامل گیاه، جذب یون، فتوستز و مقابله با تنفس دارد (El-Tayeb, 2005). سالیسیلیک اسید در گیاه ماش تنفس (Singh *et al.*, 2012)، گندم (Liang *et al.*, 2012) و نخود (singh *et al.*, 2016) اثرات منفی علفکش را کاهش داده است. این پژوهش با هدف بررسی نقش تنظیم کننده‌های 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 تنظیم کننده‌های 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، هالوکسی فوب (۰، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ درصد)، اکسی‌فلورفن (۰، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ درصد) و ستوکسیدیم (۰، ۰/۸، ۰/۶، ۰/۵ و ۰/۴ درصد) و در سال دوم آزمایش فاکتوریل با دو عامل علفکش (غلظت پایین و بالا) و تنظیم کننده‌های رشد شامل سالیسیلیک اسید (۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی مولار)، متیل جاسمونات (۰، ۰/۵ و ۰/۱ میکرومولار) و براسینو استروئید (۰، ۰/۱ و ۰/۲ میکرومولار) به صورت خیساندن بذر قبل از کاشت بود. یک حبه رقم محلی سیر شهداد در گلدان‌های حاوی خاک و شن (به نسبت ۱ به ۲) کاشته شد. علفکش‌ها در مرحله ۲-۳ برگی روی گیاه پاشیده و ۳۵ روز بعد از محلول پاشی از هر تیمار سه تکرار و هر تکرار ۱۰ گلدان، برای اندازه گیری صفات انتخاب شدند. در آزمایش اول وزن تر و خشک ساقه، وزن سوخ و ریشه، طول ساقه و ریشه، تعداد برگ، میزان رنگیزه‌های فتوستزی، 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 اندازه گیری شدند. غلظت کلروفیل و کاروتونوئید با روش

سطوح کم کترل 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 هالوکسی‌فوب با نام تجاری گالانت (پس‌رویشی، کترل کننده علف هرز باریک برگ یکساله و چند ساله)، اکسی‌فلورفن (تماسی، پیش‌رویشی و پس‌رویشی کترل کننده باریک برگ و پهنه برگ) و ستوکسیدیم (سیستمیک، کترل کننده علف هرز باریک برگ) می‌باشند (Rao *et al.*, 2014). تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در تکمیل فعالیت‌های نموی و پاسخ گیاهان به محیط به خصوص در شرایط تنفس اهمیت بسزایی دارند (Varhney *et al.*, 2015). براسینو استروئید با افزایش تقسیم و رشد سلول، تغییر در ساختمان و نفوذپذیری غشا، پمپ پروتون، ساخت پروٹین و اسیدهای نوکلئیک، افزایش جذب آب، افزایش فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیداسیون و افزایش فتوستز، رشد را بهبود می‌دهند. حفاظت از گیاه در مقابل انواع تنفس‌های محیطی با کاربرد براسینو استروئید گزارش شده است (Clouse, 2002). در گیاه برج براسینو استروئیدها 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 تسريع کننده پیری، بازدارنده رشد و محرك متابولیسم ثانویه شناخته شده‌اند. ممانعت از بازشدن روزنده‌ها، 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 Korkmaz (2005). این ترکیبات در شرایط تنفس مشاهده شده است (Korkmaz, 2005). این ترکیبات در سازگاری با تنفس‌ها به عنوان ملکول‌های پیام‌رسان عمل می‌کنند. اثربخشی جاسمونات 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 هالوکسی‌فوب، اکسی‌فلورفن ۰/۵ و ۱ درصد و ستوكسیدیم ۱ و ۱/۵ درصد کاهش یافت. هالوکسی‌فوب با تمام غلظت‌ها، اکسی‌فلورفن ۰/۵ و ۱ درصد و ستوكسیدیم ۱/۵ درصد به ترتیب وزن خشک سوخ را نیز کاهش دادند (جدول ۱). به عبارتی غیر از هالوکسی‌فوب، سایر علف‌کش‌ها در غلظت پایین‌بر وزن تر و خشک قسمت خوراکی گیاه سیر اثر کاهشی نداشته‌اند. این امر حساسیت بیشتر این قسمت از گیاه سیر را نسبت به علف‌کش هالوکسی‌فوب 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: هالوکسی‌فوب در غلظت ۰/۵ و ۱ درصد، اکسی‌فلورفن ۱ و ستوكسیدیم ۱ و ۱/۵ درصد وزن تر ریشه را کاهش دادند. وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد در غلظت‌های هالوکسی‌فوب و اکسی‌فلورفن ۰/۵ و ۱ درصد و ستوكسیدیم 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 هالوکسی‌فوب به کار رفته در غلظت بالا، نسبت به هالوکسی‌فوب نتیجه بهتری بر وزن تر ریشه گیاه داشته که ممکن است حاصل تماسی بودن نوع علف‌کش باشد. علف‌کش سیستمیک در تمام پیکر گیاه انتقال می‌باشد (Rao *et al.*, 2014).

علف‌کش با غلظت بالا سبب کاهش وزن تر و خشک ریشه در گیاه نخودسیز 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 (1987)، میزان نشت یونی از روش Lichtender (2011) و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول 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 هالوکسی‌فوب و ستوكسیدیم 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 هالوکسی‌فوب، غیراز غلظت ۰/۳ درصد و اکسی‌فلورفن ۱ درصد و تمام سطوح ستوكسیدیم کاهش و با شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱). وزن اندام هوایی گیاه حتی در غلظت‌های پایین علف‌کش‌های هالوکسی‌فوب و ستوكسیدیم 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 فتوستتر، ممانعت از تقسیم سلولی، تنفس 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 فتوستتر گیاه به دلایل متعددی از قبیل ممانعت از ساخت یا تخریب رنگیزه‌های فتوستزری، اختلال در عمل روزنه‌ها، کاهش کارایی مصرف آب و کاهش ثبیت دی اکسید کربن باشد

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

	وزن خشک علف‌کش	وزن خشک ساقه	وزن سوخت ساقه	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن تر سوخت	علف‌کش
	(گرم)						
C	۲/۸۲ ^a	۲/۱۷ ^a	۷/۱۷ ^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}	۲۶/۳۶ ^{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}	۰/۲۲ ^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}	۰/۴۷ ^{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	۰/۴۳ ^{ab}	۰/۳۴ ^{bcd}
S8	۲/۱۰ ^{def}	۱/۸۸ ^{abc}	۵/۲۸ ^{ab}	۲۷/۶۰ ^a	۰/۳۴ ^{de}	۰/۴۳ ^{ab}	۰/۳۴ ^{bcd}
S10	۱/۹۷ ^{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.

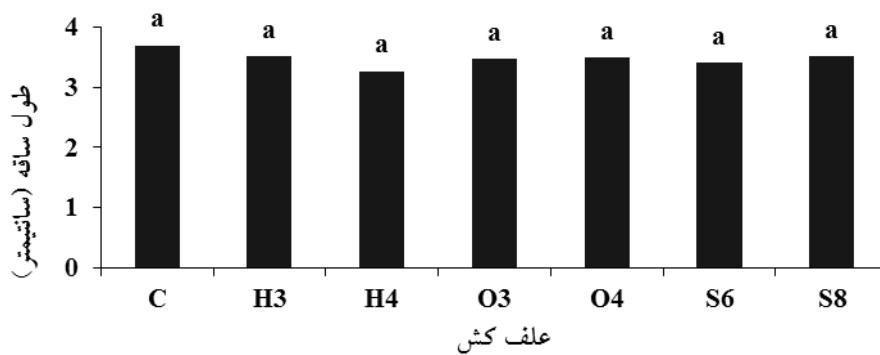
C: شاهد، H3-H10: هالوکسی‌فوپ (۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ درصد به ترتیب)، O3-O10: اکسی‌فلورفن (۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۸ درصد به ترتیب) و S8-S15: ستوكسیدیم (۰/۶، ۰/۷، ۰/۸ و ۱/۵ درصد به ترتیب).

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).

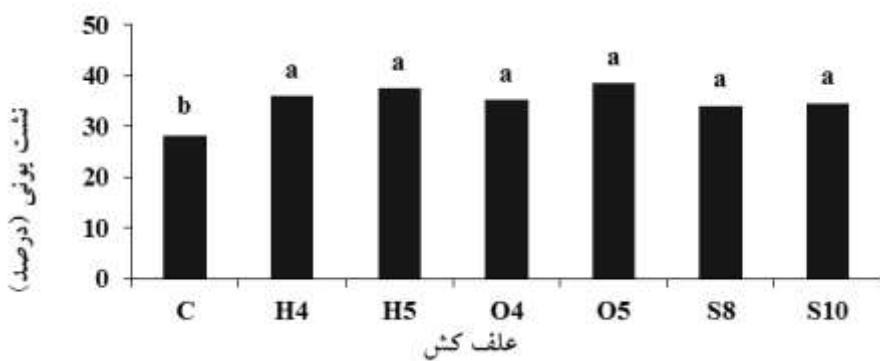
اثر علف‌کش بر نشت یونی: هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن ۰/۴ و ۰/۵ درصد و ستوكسیدیم ۰/۶ و ۰/۸ درصد، در مقایسه با شاهد میزان نشت یونی را افزایش داد (شکل ۲). علف‌کش می‌تواند ساختار غشا سلول یا اندامک‌های آن را تغییر دهد (Singh *et al.*, 2008). نشت یونی حاصل صدمه به غشاهای زیستی است (Boulahia *et al.*, 2016).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

علف‌کش هالوکسی‌فوپ و ستوكسیدیم 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 ستوكسیدیم که در تقسیم سلولی دخالت دارند اثراتی بر طول ریشه گیاه بگذارند (Varhney *et al.*, 2015). ظاهرآ اکسی‌فلورفن با وجود تماسی بودنش به طور غیرمستقیم بر ریشه اثر گذاشته است. شاید ممانعت از عمل آنزیم پروتوبورفیرینوژن 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 ستوكسیدیم با غلظت ۰/۶ و ۰/۸ درصد از نظر



شکل ۱ - اثر هالوکسی‌فوپ، اکسی‌فلورفن و ستوکسیدیم بر طول ساقه در آزمایش اول، حروف غیر مشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند (LSD=1.85). C: شاهد، H3-H4: هالوکسی‌فوپ ۰/۳ و ۰/۴ درصد، O3-O4: اکسی‌فلورفن ۰/۳ و ۰/۴ درصد، S8-S10: ستوگسیدیم ۰/۸ و ۱ درصد.



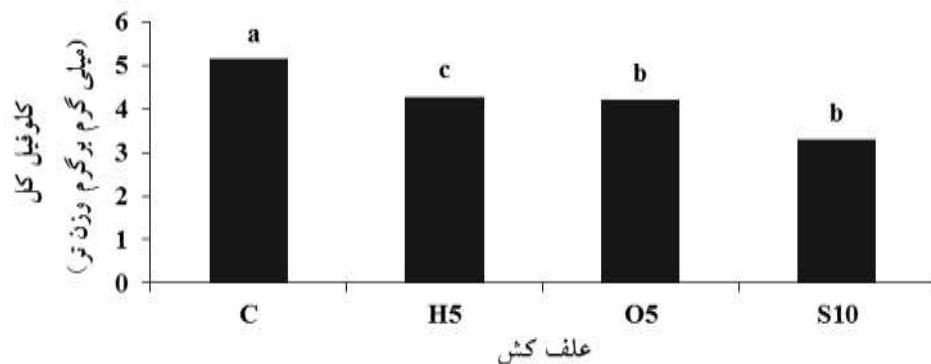
شکل ۲ - اثر هالوکسی‌فوپ، اکسی‌فلورفن و ستوکسیدیم بر نشت یونی در آزمایش اول، حروف غیر مشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند (LSD=7.45). C: شاهد، H3-H4: هالوکسی‌فوپ ۰/۴ و ۰/۵ درصد، O3-O4: اکسی‌فلورفن ۰/۴ و ۰/۵ درصد، S8-S10: ستوگسیدیم ۰/۸ و ۱ درصد.

اکسیداز، کاهش پیش ساخت‌ها و یا تجزیه رنگیزه‌هاست (Ananieva *et al.*, 2002). کاروتینوئیدها 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 اکسی‌فلورفن در غلاظت بالا سبب کاهش کاروتینوئید در گیاه برنج شده است (Park and Jung, 2016).

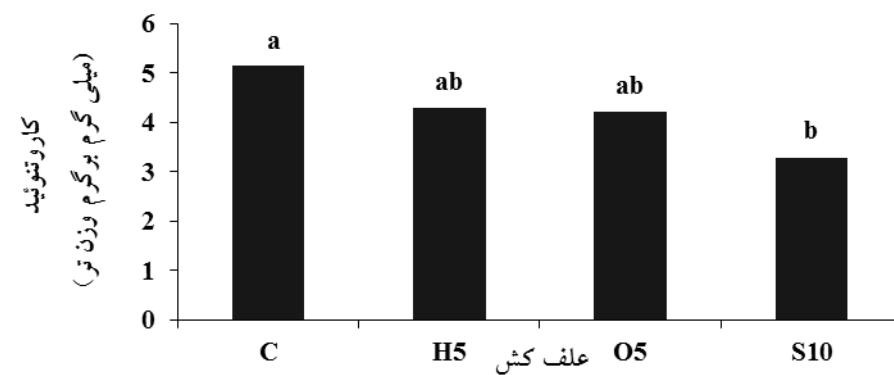
اثر علفکش بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت (کاتالاز و گایاکول پراکسیداز): هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن تا غلاظت ۰/۴ درصد و ستوکسیدیم تا ۰/۸ درصد، تأثیر معنی‌داری بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز نداشتند (شکل ۵ و ۶). این مطلب می‌تواند بیانگر عدم فعالیت سیستم دفاعی گیاه سیر در غلاظت‌های بکار 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).

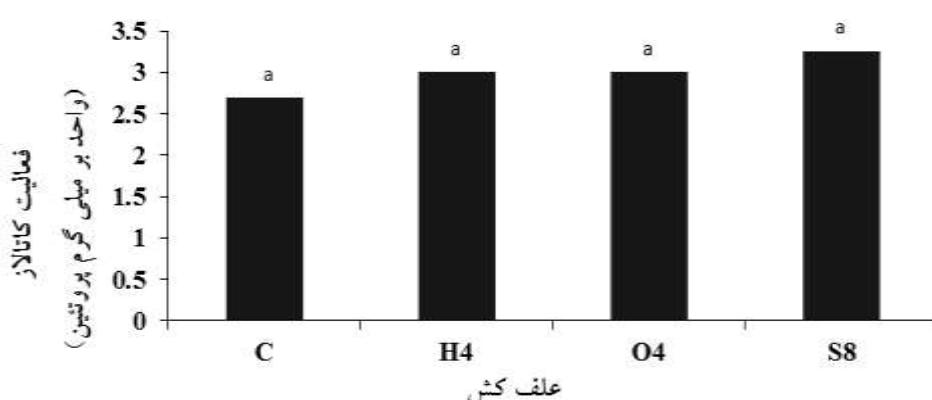
اثر علفکش بر رنگیزه‌های فتوستتری: کاهش معنی‌دار کلروفیل a, b و کل در غلاظت ۰/۵ درصد هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن و ستوکسیدیم ۱ درصد مشاهده شد (شکل ۳). برخلاف کلروفیل، کاروتینوئید در سطوح ذکر شده مربوط به هالوکسی‌فوپ و اکسی‌فلورفن (غلاظت ۰/۵ درصد) با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳ و ۴). اثرات بازدارنده علفکش در کاهش رنگیزه‌های فتوستتری (کلروفیل و کاروتینوئید)، با ممانعت از عمل آنزیم پروتوبورفیرینوژن



شکل ۳ - اثر هالوکسیفوپ، اکسیفلورفن و ستوگسیدیم بر کلروفیل کل در آزمایش اول، حروف غیر مشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند ($LSD=1.12$). C: شاهد، H5: هالوکسیفوپ ۰/۵ درصد، O5: اکسیفلورفن ۰/۵ درصد، S10: ستوگسیدیم ۱ درصد.

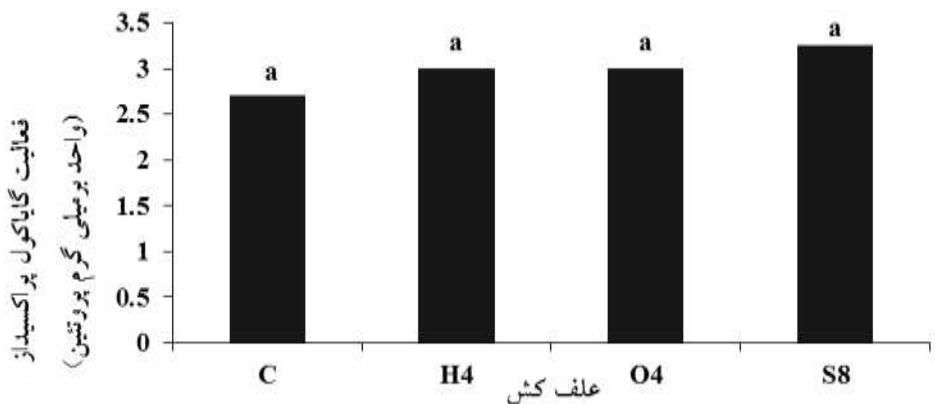


شکل ۴ - اثر هالوکسیفوپ، اکسیفلورفن و ستوگسیدیم بر کاروتینوئید در آزمایش اول، حروف غیر مشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند ($LSD=1.37$). C: شاهد، H5: هالوکسیفوپ ۰/۵ درصد، O5: اکسیفلورفن ۰/۵ درصد، S10: ستوگسیدیم ۱ درصد.



شکل ۵ - اثر هالوکسیفوپ، اکسیفلورفن و ستوگسیدیم بر فعالیت کاتالاز در آزمایش اول، حروف غیر مشابه بر اساس آزمون ال اس دی دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند ($LSD=0.98$). C: شاهد، H4: هالوکسیفوپ ۰/۴ درصد، O4: اکسیفلورفن ۰/۴ درصد، S8: ستوگسیدیم ۰/۸ درصد.

سیستم دفاعی گیاه هستند که در تشنهای اکسیداسیونی به آنزیمهای آنتی اکسیدانت جز اصلی (Popova *et al.*, 2003).



شکل ۶ - اثر هالوکسی فوب، اکسی فلورفن و ستوکسیدیم بر فعالیت گایاکول پراکسیداز درآزمایش اول، حروف غرمسایه بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند ($LSD = 0.92$). C: شاهد، H4: هالوکسی فوب $0/4$ درصد، O4: اکسی فلورفن $0/4$ درصد، S8: ستوکسیدیم $0/8$ 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 $0/25$ 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 ترسوخ با هر دو غلظت و وزن خشک ریشه با غلظت $0/5$ میلی مولار نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول ۲). ظاهرًا 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 فتوستز خالص و افزایش بازده کربوکسیلاسیون) با کاربرد سالیسیلیک اسید با افزایش کلروفیل، انتقال ترکیبات فتوستزی و ممانعت از اکسید شدن اکسین توسط ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت آنزیم‌های نیترات ریداکتاز و کربنیک آنهیدراز می‌باشد (Fariduddin *et al.*, 2003).

به عنوان یک نتیجه نهایی، غلظت $0/25$ 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 تنש‌های 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 پروتوبورفیرینوژن اکسیداز اثر و تنش اکسیداسیونی را ایجاد می‌کنند (Ananieva *et al.*, 2002). آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، تولید رادیکال آزاد و Largo-Gosens *et al.*, 2016) پراکسید چربی‌ها را کاهش می‌دهند (prasad *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 فلفل 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 تائید می‌کند زیرا غیر از وزن تر و خشک اندام هوایی که در غلظت‌های پایین دو علفکش هالوکسی فوب و ستوکسیدیم و وزن تر و خشک سوخ تحت تأثیر هالوکسی فوب

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

تعداد	وزن خشک	وزن خشک	ساقه	وزن تر ساقه	وزن تر سوخ	وزن تر	وزن تر ساقه	تیمار
	برگ	ریشه	سوخ	ریشه	سوخ	ریشه	ریشه	
	(گرم)	(سانتی متر)						
C	۲/۳۸ ^f	۲/۹۶ ^{gh}	۴/۰۱ ^f	۱۹/۲۰ ^{cd}	۰/۵۵ ^{fg}	۱/۲۲ ^{fg}	۰/۳۲ ^d	۵/۰۰ ^{ab}
H	۳/۴۳ ^f	۳/۷۷ ^h	۴/۱۰ ^f	۱۹/۲۰ ^d	۰/۵۰ ^g	۱/۰۲ ^h	۰/۳۰ ^{de}	۴/۳۵ ^b
AS1	۴/۵۵ ^{cd}	۵/۸۶ ^{abc}	۵/۰۰ ^b	۲۱/۷۰ ^{bc}	۰/۶۶ ^{bcd}	۱/۲۰ ^{gh}	۰/۳۳ ^d	۴/۶۲ ^{ab}
AS1+H	۴/۷۹ ^{bc}	۵/۲۳ ^{de}	۴/۴۵ ^{ef}	۲۲/۳۰ ^{abc}	۰/۶۳ ^{cd}	۱/۰۴ ^{gh}	۰/۲۷ ^f	۴/۴۰ ^b
AS2	۳/۸۶ ^{ef}	۴/۷۰ ^{ef}	۴/۰۹ ^{def}	۲۱/۳۰ ^{bc}	۰/۵۳ ^{fg}	۱/۲۵ ^{efg}	۰/۳۷ ^b	۴/۶۶ ^{ab}
AS2+H	۴/۴۷ ^{cd}	۵/۰۹ ^{bcd}	۴/۰۰ ^{def}	۲۳/۱۰ ^{ab}	۰/۶۱ ^{de}	۱/۴۳ ^{def}	۰/۳۳ ^{cd}	۴/۶۹ ^{ab}
MJ1	۴/۶۸ ^{bcd}	۵/۴۳ ^{bcd}	۷/۹۰ ^a	۲۴/۱۰ ^a	۰/۶۹ ^{abc}	۱/۸۳ ^b	۰/۴۳ ^a	۴/۵۰ ^{ab}
MJ1+H	۴/۹۵ ^{bc}	۷/۱۳ ^a	۵/۴۸ ^b	۲۲/۱۰ ^{bc}	۰/۷۳ ^{ab}	۲/۴۷ ^a	۰/۳۸ ^b	۵/۱۱ ^a
MJ2	۳/۴۶ ^f	۴/۴۳ ^{fg}	۳/۲۰ ^g	۱۹/۵۰ ^{cd}	۰/۵۱ ^g	۱/۵۸ ^{cd}	۰/۲۲ ^g	۴/۵۰ ^{ab}
MJ2+H	۴/۵۶ ^{cd}	۷/۰۰ ^{ab}	۵/۱۰ ^{bcd}	۲۱/۳۴ ^{bc}	۰/۶۶ ^{bcd}	۲/۲۵ ^a	۰/۳۷ ^b	۴/۵۰ ^{ab}
BR1	۴/۲۷ ^e	۵/۳۵ ^{cd}	۳/۲۲ ^g	۲۲/۳۰ ^{ab}	۰/۶۲ ^{cde}	۱/۴۶ ^{de}	۰/۲۶ ^f	۵/۰۰ ^{ab}
BR1+H	۵/۴۴ ^a	۷/۱۰ ^a	۴/۷۸ ^{cde}	۲۲/۹۰ ^{ab}	۰/۷۵ ^a	۱/۷۸ ^{bc}	۰/۳۶ ^{bc}	۴/۸۵ ^{ab}
BR2	۴/۵۸ ^{cd}	۳/۹۹ ^{gh}	۴/۲۰ ^{ef}	۲۲/۲۰ ^{abc}	۰/۵۹ ^{def}	۰/۷۰ ⁱ	۰/۳۰ ^{de}	۴/۳۳ ^b
BR2+H	۵/۱۰ ^{ab}	۵/۴۷ ^{bcd}	۵/۳۰ ^{bc}	۲۰/۶۰ ^{bcd}	۰/۷۱ ^{ab}	۱/۷۸ ^{bc}	۰/۳۶ ^{bc}	۴/۵۹ ^{ab}

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

طويل 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 میکرومولار هم ترتیبی کننده رشد براسینواستروئید سبب افزایش معنی دار وزن تروخشک سوخ 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 فتوستتر هست افزایش غلظت براسینواستروئید نتیجه بهتری نسبت به قسمت خوراکی گیاه داشته است (Haya *et al.*, 2012).

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 سوخ، وزن تروخشک ریشه و طول ریشه شد. وزن خشک سوخ با هر دو غلظت متیل جاسمونات نسبت به شاهد افزایش یافت ولی غلظت کمتر آن موثر تر 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 روزنهای توسط متیل جاسمونات (Popova *et al.*, 2003).

ایجاد کرده است (Senaratna *et al.*, 2000). ترکیب متیل جاسمونات و علف کش با غلظت پایین: هر دو غلظت متیل جاسمونات سبب افزایش وزن تر و خشک ساقه، سوخ و ریشه در مقایسه با تیمار علف کش به تنهایی شد ولی غلظت کمتر مناسب تر بود (جدول ۲). بنظر می رسد در حالت ترکیب تنظیم کننده و علف کش، متیل جاسمونات در مقایسه با سالیسیلیک اسید در افزایش کمیت و ماده خشک سوخ نقش مؤثر تری ایفا کرده در حالی که مصرف تنهایی دو تنظیم کننده نتیجه عکس داشته و سالیسیلیک در افزایش عملکرد موثر تر از متیل جاسمونات بوده که نشان می دهد در حالت تنش علف کش در گیاه سیر، به نسبت سالیسیلیک اسید بهتر عمل می کند. نقش متیل جاسمونات در کاهش خسارت غشاء سلول و افزایش آنتی اکسیدانت ها ثابت شده است (Popova *et al.*, 2003). افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت از قبیل کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز در گیاه سویا تحت تأثیر متیل جاسمونات گزارش شده است (کرامت و دانشمند، ۱۳۹۱). در گیاه جو متیل جاسمونات اثرات مخرب علف کش را با حفاظت از کلروفیل و کاهش پراکسیداسیون چربی ها کاهش داده است (Popova *et al.*, 2003).

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

که کمیت و مقدار ماده خشک در قسمت خوراکی گیاه سیر با غلظت ۱ میکرومولار براسینو استروئید حاصل شده است. براسینو استروئید با افزایش فعالیت آنزیم رو بیسکو و سایر آنزیم های چرخه کالوین و افزایش کلروفیل فتوستتر را افزایش می دهد (Haya *et al.*, 2012). افزایش وزن تر و خشک در گیاه ذرت با کاربرد براسینو استروئید گزارش شده است (Walia *et al.*, 2007). شاید افزایش مشاهده شده طول ریشه گیاه در غلظت کمتر براسینو استروئید با دخالت در جذب مواد غذایی از خاک، دلیل دیگر افزایش عملکرد گیاه باشد. براسینو استروئید توسعه سلول (نم کردن دیواره سلول) را در غشا سلولی کترل می کند (Bajguz, 2009).

ترکیب سالیسیلیک اسید و علف کش با غلظت پایین: در تیمارهای ترکیبی سالیسیلیک اسید و علف کش با غلظت پایین در مقایسه با تیمار علف کش 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، فتوستتر و مقابله با تنش دارد (El-Tayeb, 2005). نقش سالیسیلیک اسید به عنوان یک ملکول پیام رسان در پاسخ گیاه به انواع تنش ها تائید شده است (Senaratna *et al.*, 2000). سالیسیلیک اسید با تأثیر بر پراکسید هیدروژن گیاه را در برابر تنش محافظت می کند. کاهش خسارت به غشا ممکن است از طریق القایکسری پروتئین های خاص و به دنبال آن تولید آنتی اکسیدانت ها باشد که اسیدهای چرب غیر اشباع را افزایش و بر کل فیزیولوژی گیاه اثر می گذارد (Rademacher, 2015). گزارش شده سالیسیلیک اسید اثرات مخرب علف کش پاراکوات را کاهش داده است (Ananieva *et al.*, 2002). در گیاه جو و ماش نقش سالیسیلیک اسید در کاهش اثرات مخرب علف کش برجوانه زنی، رشد دانه ها، طول ریشه چه، رنگیزه ها و آنزیم های آنتی اکسیدانت مشاهده شده است (Popova *et al.*, 2003; Singh *et al.*, 2008). کاربرد سالیسیلیک اسید از طریق تیمار بذری مقاومت به تنش های مختلف را در گیاه لوپیا و گوجه فرنگی

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

تیمار	وزن تر ساقه	وزن تر سوخ	وزن تر	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک سوخ	وزن خشک ریشه	طول ساقه	طول ریشه	(سانسی 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	۷/۳۶ ⁱ		
AS1	۳/۹۵ ^a	۱۲/۳۸ ^b	۷/۷۷ ^{ab}	۰/۶۷ ^a	۷/۳۴ ^{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	۷/۵۱ ^a	۰/۷۰ ^a	۲۲/۴۱ ^{ab}	۷/۷۵ ^{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}	۷/۲۱ ^{bc}	۰/۶۳ ^{ab}	۷/۴۵ ^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}	۷/۶۶ ^{hi}		
MJ2+H	۲/۸۰ ^b	۱۰/۷۰ ^{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}	۷/۳۴ ^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: علفکش، H: شاهد، 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: برازینو استروئید ۱ و ۲ میکرومولار.

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

اثر سالیسیلیک اسید بر زیست توده و رشد: سالیسیلیک اسید در هر دو غلظت بر صفات وزن 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 فتوستز و در نهایت رشد گیاه جلوگیری می کند (Walia *et al.*, 2007). براسینو استروئید بر خصوصیات الکتریکی، نفوذپذیری، پایداری و آنزیم های غشاء تأثیر می گذارد (Bajguz, 2009). کاهش خسارت علفکش در گیاه باقلا با محلول پاشی براسینو استروئید گزارش شده است (Pinol and Simon, 2009).

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

برابر خسارت علفکش رشد و زیست توده را به طرق مختلفی تعديل می‌سازند (Varhney *et al.*, 2015). در تأیید نتایج قبلی سالیسیلیک اسید با هر دو غلظت به طور یکسان عملکرد سوخت را در شرایط تنفس علفکش افزایش داده است. سالیسیلیک اسید در گیاه ماش (Liang *et al.*, 2012 Singh *et al.*, 2012) گندم (Fariduddin *et al.*, 2003) و گیاه ماش (Singh *et al.*, 2016) اثرات منفی علفکش را نخود سبز (Walia *et al.*, 2007) اثراًت منفی علفکش را کاهش داده است.

ترکیب متیل جاسمونات و علفکش با غلظت بالا:
متیل جاسمونات در ترکیب با علفکش در هر دو غلظت وزن ترو خشک ساقه و وزن ترسوخت را در حالی که غلظت بیشتر برتری داشت افزایش داد (جدول ۳). بنظر میرسد با افزایش تنفس Ogweno *et al.*, (2008) گیاه به غلظت بیشتر پاسخ بهتری داده است (Walia *et al.*, 2007) متیل جاسمونات خسارت علفکش در گیاه جو (Balbi and Devoto, 2008).

ترکیب براسینواستروئید و علفکش با غلظت بالا: در مقایسه با تیمار علفکش به تنها یکی، براسینواستروئید با غلظت کمتر وزن ترو خشک ساقه و وزن ترو خشک سوخت 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 تنفس‌های محیطی گزارش شده است (Bajguz, 2009) (and Simon, 2009 Pinol). اثرات براسینواستروئید در کاهش خسارت علفکش در باقلا گزارش شده است (Pinol, 2009).

نتیجه‌گیری

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

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

اثر متیل جاسمونات بر زیست توده و رشد:
متیل جاسمونات در هر دو غلظت بکار رفته سبب افزایش وزن تر ساقه، وزن ترو خشک سوخت نسبت به گیاه شاهد شد. در مقایسه دو غلظت، غلظت کمتر آن (۵ میکرومولار) موثرتر واقع شد. نکته قابل توجه، نقش متیل جاسمونات با غلظت ۵ میکرومولار در افزایش کمیت و مقدار ماده سوخت می‌باشد. جاسمونات‌ها به عنوان ترکیبات تسريع کننده پیری، بازدارنده رشد و محرك متابولیسم ثانویه شناخته شده اند. ممانعت از بازشدن روزنها، 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 ترو خشک سوخت 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 میکرومولار 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 فتوسترن، رشد را افزایش می‌دهد (Bajguz, 2009). افزایش ارتفاع گیاه خردل و افزایش زیست توده در گیاه باقلا تحت تأثیر براسینواستروئید با نتایج همخوانی دارد (Hayat *et al.*, 2001; Talaat and Abdallah, 2010).

ترکیب سالیسیلیک اسید و علفکش با غلظت بالا: در مقایسه ترکیب تنظیم کننده و علفکش با کاربرد علفکش به تنها یکی، هر دو غلظت سالیسیلیک اسید، وزن ترو خشک و طول ساقه را افزایش داد. تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در

منابع

کرامت، ب. و دانشمند، ف. (۱۳۹۱) نقش دوگانه متیل جاسمونات بر عملکردهای فیزیولوژیک در گیاه سویا (*Glycine max* L.). *فرایند و کارکرد گیاهی* ۱: ۳۵-۳۷

- 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) Quinclorac-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.
- Ogweno, 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) Diethyldithiocarbamate 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.