Journal of Weed Ecology
Vol. 1, No. 1, Spring and Summer 2013, Page 31-40

دو فصلنامه بوم شناسی علف‌های هرز
جلد۱، شماره۱، بهار و تابستان۱۳۹۲، ص ۳۱-۴۰

استفاده از منحنی‌های دُز- پاسخ در بیان اثر دگرآسیبی گل‌برگ زعفران (*Crocus sativus* L.) بر خصوصیات جوانه زنی چند گیاه زراعی و علف هرز

نسیم نوریان[۱]، محمدحسن هادی‌زاده[۲]، محمدرضا طاهریان[۳]، مجید عباسپور[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۸/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۵

چکیده

به منظور تعیین اثر دگرآسیبی گلبرگ زعفران بر جوانه زنی و رشد اولیه سورگم، گندم، سوروف و تاج خروس، با استفاده از منحنی‌های دز-پاسخ آزمایشی با غلظت‌های صفر،۱۰، ۳۰، ٦۰ و ۱۰۰ درصد از عصاره آبی یک درصد در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. صفات مورد ارزیابی شامل درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و طول ساقه چه بود. روند کاهش طول ریشه چه در سه گیاه سورگوم، گندم و سوروف از معادله لگاریتمی- لجیستیک و در تاج خروس از معادله گامپرتز پیروی کرد. ترتیب کاهش حساسیت بر مبنای EC50 طول ریشه چه به صورت تاج خروس، سورگوم، سوروف و گندم بود. روند تغییرات طول ساقه چه به جز سورگوم که تابع معادله لگاریتمی- لجیستیک بود در گندم و سوروف و تاج خروس از معادله غیر خطی شامل پارامتر هورمسیس پیروی کرد که حاکی از اثرهای تحریک کنندگی مواد دگر آسیب در مقادیر کمتراز ۵۰٪ غلظت بود. حداکثر طول ساقه در گندم، سوروف و تاج خروس به ترتیب در غلظت‌های ۱۰/۷٦، ۱۲/۲۳، ۱٤/۰۲ درصد احراز شد. درصد جوانه زنی به جز در مورد تاج خروس برای بیشترین غلظت عصاره در موارد دیگر تحت تاثیر قرار نگرفت.

واژه‌های کلیدی: برین-کوزین، گامپرتز، لگاریتمی- لجیستیک، مدل، ویبول، هورمسیس

[۱]. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد
[۲]. استادیاران بخش تحقیقات گیاه پزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
[۳]. عضو هیئت علمی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور
* نویسنده مسئول: Mhhadizadeh@iripp.ir

مقدمه

سطح زیر کشت زعفران (*Crocus sativus*) در استان‌های خراسان رشد قابل ملاحظه‌ای یافته به طوری که بین سال‌های ۱۳٦۲ تا ۱۳۸٤ حدود ۱۰ برابر گزارش شده است (۲). تجربه کشاورزان زعفران کار حاکی از وجود مواد موثر است که در درجه اول خود زعفران و در مرحله بعد سایر گیاهان حساس را می‌تواند زیر تاثیر خود قرار دهد. آزمایش‌های علمی فرضیه وجود مواد دگرآسیب[1] را برای زعفران مطرح کرده‌اند. دوره اقتصادی باردهی زعفران معمولا ۸ سال است و پس از آن عملکرد کم می‌شود (۵ و ٦). اصطلاح خستگی خاک[2] به عنوان یکی از مشکلات کشاورزی به طور مشخص دلالت بر کاهش کمی و کیفی عملکرد یک گونه زراعی در اثر کشت پیوسته در یک زمین دارد که ناشی از عوامل مختلفی از جمله ترشح مواد فنولی از ریشه گیاهان و اثر آن‌ها بر جمعیت میکروبی مفید خاک است (۳۵). در مواردی که گیاه با تنش و کمبود مواد غذایی یا حمله عوامل بیماری زا مواجه است ممکن است خودآسیبی بروز کند تا با کم کردن تراکم گیاهی بهترین راه‌کار در زنده ماندن گیاهان باقی مانده در تولید نسل اتخاذ شود (۲۰).

مواد دگرآسیب متعلق به گروه‌های شیمیایی متفاوتی هستند که در مورد بعضی از گیاهان مانند قیاق و اویارسلام (۳٦)، چاودار (۱۷)، یولاف (۲۵) و استخدوس (۲۷) به خوبی تعیین هویت شده‌اند. اسماعیلی و همکاران (۲٤) یازده ترکیب را در غده‌های بیدار و خواب زعفران تشخیص دادند که ژنستیک اسید[3] بیشترین مقدار را داشت. اثرات دگر آسیبی بعضی از این ترکیبات مانند گلیکوکونژوگیت[4] بر رشد ریشه‌های توتون به اثبات رسیده است (۲٦).

مطالعه تاثیر مواد دگر آسیب بر علف‌های هرز می‌تواند پایه مطالعات ساخت علف‌کش‌های جدید از آن‌ها را فراهم کند(۱٤ و ۳۹). احتمالاً در آینده با به کارگیری توان مواد دگرآسیب، مصرف علف‌کش‌های سنتزی کاهش یافته و علف‌کش‌های زیستی با ایمنی بیشتر جایگزین آن‌ها خواهند شد(۳۳). کاربرد مواد دگرآسیب در اختلاط با علف کش‌های صنعتی می‌تواند باعث کاهش میزان مصرف علف کش‌ها شود (۲۲). با توجه به اینکه مواد دگرآسیب در اصل متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که در نظام دفاعی گیاه در برابر گیاهان رقیب شرکت می‌کنند طبیعی است در مقادیر مختلف می‌توانند کارکرد متفاوتی داشته باشند. مطالعات اخیر در زمینه اکولوژی تهاجم، نقش دگرآسیبی را در موفقیت گیاهان مهاجم بررسی و در مواردی ثابت کرده‌اند (۱۸ و ۲۱). پوتنام و تنگ (۳٤) بیان کردند که ترشح چندین ترکیب شیمیایی از مواد دگر آسیب به طور همزمان کارکرد سمی آن‌ها را به شکل اثرات افزایشی یا هم افزایی تشکیل می‌دهد. آنچه مسلم است با افزایش تنش‌های محیطی غلظت مواد دگرآسیب در اندام‌ها زیاد می‌شود و حتی در بقایای گیاهان زیر تنش میزان مواد دگرآسیب بیشتر از گیاهانی است که در شرایط عادی رشد کرده‌اند (۹).

در مورد تاثیر مواد دگرآسیب موجود در اندام‌های مختلف زعفران مطالعات مختلفی انجام شده است. نتایج یک آزمایش نشان داد که بنه زعفران بر گندم، چاودار، ماش و لوبیا اثر دگرآسیبی ولی برگ‌های آن اثرتحریک کنندگی دارد (۱). مطالعه عطایی و هاشم لوئیان (۱۰)

[1] Allelopathy
[2] Soil sickness
[3] Gentisic acid
[4] Glycoconjugate

حاکی از اثر تحریک کنندگی عصاره کلاله (۲/۵ گرم در لیتر) زعفران بر رشد ریشه چه و ساقه چه ماش بود. عباسی (۸) با مطالعه اثر مواد دگرآسیب موجود در عصاره آبی بنه زعفران (در سه غلظت ۰/۵ تا ۳درصد) بر ویژگی‌های رشد اولیه گندم، جو، ذرت، کلزا، پنبه و سویا نشان داد که طول ریشه چه حساسیت بیشتری نسبت به سایر صفات مورد اندازه گیری داشت. اثرهای متفاوت عصاره برگ وبنه زعفران بر رشد گیاهچه‌های تاج خروس، سلمه تره، شلمی و گچ دوست طی آزمایشاتی نشان داده شد (۳ و ٤). حسینی و ریزوی(۲۸) اثر مواد دگرآسیب زعفران را در گندم تأیید کردند. تاتاری و همکاران (۳۸)، با تهیه عصاره آبی ۵ درصد از گلبرگ زعفران اثر تحریک کنندگی آن را بر گندم در بعضی غلظت‌ها گزارش کردند. هم‌چنین عباسی علی کمر و همکاران (۷)، نیز اثرهای مشابهی را در مورد تحریک کنندگی و بازدارندگی عصاره آبی (۱٪) گلبرگ زعفران بر گندم که در غلظت‌های مختلف از محلول پایه تهیه شده بود، مشاهده کردند. اسکندری تربقان و همکاران(۲۳)، با تهیه محلول رقیق ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از عصاره آبی یک درصد گلبرگ‌های زعفران نشان دادند که بیشترین طول محور ریشه چه پنبه از محلول ۷۵٪ و طول محور ساقه چه از محلول ۵۰ درصد حاصل شد. روش‌های آزمایشگاهی بررسی دگرآسیبی که مبتنی بر تعیین اثرهای عصاره آبی است به عنوان مطالعات مقدماتی گزینش توان دگرآسیبی اهمیت دارد، ولی برای کاربردی کردن آن‌ها در مزرعه به مطالعات دقیق‌تر و با جزئیات بیشتری نیاز است. رایج‌ترین روش زیست سنجی به این منظور استفاده از آزمون جوانه زنی کاغذ صافی در ظروف پتری است (۳۰).

برای بیان اثرهای دگرآسیبی در مطالعات پیشین کمتر از روش منحنی‌های دُز-پاسخ استفاده شده است، ولی به دلیل پشتوانه ریاضی قوی در نشان دادن اثرهای زیستی، مطالعات اخیر بر کاربرد آن تاکید دارند (۳۱). این منحنی‌ها می‌توانند علاوه بر اثرات منفی به خوبی اثرات تحریک کنندگی ترکیبات ثانویه گیاهی را نشان دهند. مورد اخیر به پدیده هورمسیس[1] معروف است و مطالعات زیادی در مورد مدل‌های ریاضی مناسب برای بیان آن انجام شده‌اند (۱۱، ۱۳، ۱٦، ۱۹ و ۳۱). این پدیده ابتدا در مطالعات مربوط به تنظیم کننده‌های رشد شامل علف کش‌ها و یا حتی داروها مشاهده شد (۱۹)، ولی سپس در مورد مواد شیمیایی ترشح شده از اندام‌های زنده گیاهی یا بقایای گیاهی در حال پوسیدن و از سطح بوته تا سطح‌های بیوشیمیایی در سلول‌ها مشاهده و مورد مطالعه قرار گرفت (۹). مدل‌های لُگ-لجیستیک[2] به طور وسیعی برای بیان پاسخ زیستی به مواد دگرآسیب مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی قادر به بیان اثرات تحریک کنندگی در مقادیر کم غلظت مواد نیستند (۳۲). ریتز و استراییبگ (۳۷)، با معرفی بسته دی-آر-سی (drc) در پروژه نرم افزار آماری آر (R) مدل‌های مناسب دوز-پاسخ را برای وضعیت‌های مختلف از جمله وجود اثر هورمسیس به خوبی معرفی کرده‌اند. انتخاب پارامتر یا صفتی که تغییرات آن در برابر مواد دگرآسیب بررسی می‌شود از نظر حساسیت زیست سنجی دارای اهمیت است (۲۹). سرعت جوانه زنی نسبت به شاهد، طول ریشه یا محور ریشه چه[3]، طول محور ساقه‌چه[4] و وزن تر گیاهچه از مواردی است که در آزمایشات مختلف معیار اندازه گیری در برابر اثر مواد دگرآسیب قرار گرفته است (۱۷ و ۳۰).

هدف از انجام این پژوهش نشان دادن اثر بازدارندگی یا تحریک کنندگی عصاره آبی گلبرگ‌های زعفران بر چند علف هرز و گیاه زراعی به کمک مدل‌های ریاضی دز-پاسخ است.

[1] Hormesis
[2] Log-Logistic
[3] Radicle
[4] Coleoptile

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین اثر دگرآسیبی گل برگ زعفران بر جوانه زنی و رشد سورگم (*Sorghum bicolor*)، گندم (*Triticumaestivum*)، سوروف (*Echinochloa crus-gali*) و تاج خروس (*Amaranthus retroflexsus*)، گل برگ‌های گیاه، زعفران پس از جمع آوری از روستای شهر کهنه نیشابور، خشک و آسیاب شدند. برای تهیه عصاره آبی ۱ درصد، ده گرم پودر گل به ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شده و به مدت ٢٤ ساعت در هم‌زن افقی با ۱۱۰ دور در دقیقه قرار گرفت. پس از گذراندن از کاغذ صافی غلظت‌های ۱۰، ۳۰، ٦۰و ۱۰۰ درصد از آن تهیه گردید و یک تیمار شاهد (آب مقطر) نیز در نظر گرفته شد. ضد عفونی بذور به مدت ۳ دقیقه با آب ژاول ۱درصد، شستشو با آب مقطر انجام شد و ۲۵ عدد بذر از هر گونه در چهار تکرار بین دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره ۱در ظرف‌های پتری به قطر ۹۰ میلی متر قرار داده شد. سپس ۵ میلی لیتر از غلظت هر عصاره به آن‌ها افزوده شد، و در دستگاه ژرمیناتور با شرایط حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد و تاریکی قرار گرفتند. پس از ۸ روز درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه بذور جوانه زده اندازه گیری شد. بذوری جوانه زده محسوب شدند که طول محور ساقه چه حداقل ۲ میلی متر بود. برای تعیین پاسخ صفات اندازه گیری شده به غلظت‌های مختلف عصاره آبی از معادلات پیشنهادی دز-پاسخ به کمک نرم افزار آر[1] (R) استفاده گردید(۳۷). معادلات پیشنهادی در زیر آورده شده‌اند:

معادله سه پارامتری لگاریتم-لجیستیک

$$f(x) = d/(1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))) \qquad [1]$$

معادله چهار پارامتری گامپرتز

$$f(x) = c +[(d-c)(\exp(-\exp(b(x-e))))] \qquad [2]$$

معادله پنج پارامتری نوع a ریتز- سدرگرین- استریبیگ

$$f(x) = c + [d-c+f\exp(-1/x^{(\alpha)})]/[1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))] \qquad [3]$$

$$\alpha=1$$

معادله چهار پارامتری معادله لگاریتم- لجیستیک

$$f(x) = c +[(d-c)/(1+\exp(b(\log(x)-\log(e))))] \qquad [4]$$

معادله چهار پارامتری هورمسیس برین- کوزین

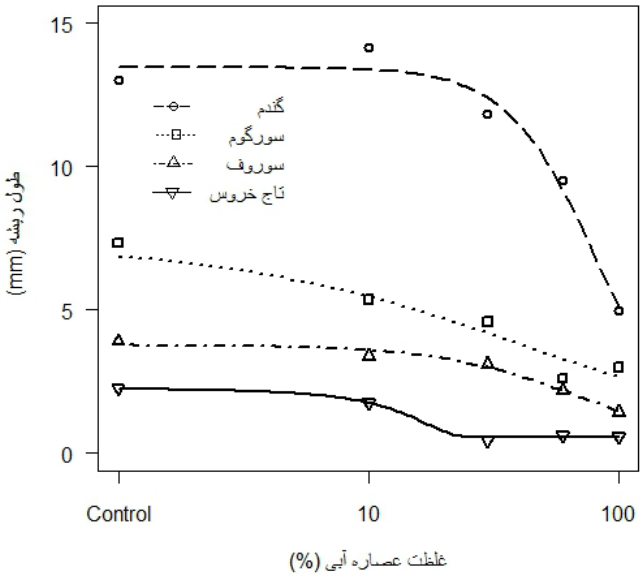
$$f(x) = (d-fx)/(1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))) \qquad [5]$$

که در تمام معادلات x معادل غلظت محلول وc، d، b، e و f پارامترهای معادله هستند. در معادلات ۳ و ۵، b و e معنی بیولوژیک مستقیم ندارند و پارامتر f معادل اندازه هورمسیس است.

نتایج و بحث

طول ریشه چه. اثر عصاره آبی گل برگ زعفران بر طول ریشه چه چهار گیاه مورد آزمون در شکل ۱ نشان داده شده است. روند کاهش طول ریشه چه در سه گیاه سورگوم، گندم و سوروف از معادله لگاریتمی- لجیستیک با سه پارامتر پیروی کرد، ولی در مورد تاج خروس معادله گامپرتز با چهار پارامتر بیان بهتری ارایه کرد (جدول ۱). چنان‌که از جدول ۱ مشخص است حساسیت تاج خروس بر مبنای پارامتر EC50 (غلظتی که ۵۰ درصد پاسخ را باعث می‌شود) از سه گیاه دیگر بیشتر و ترتیب حساسیت گیاهان به صورت تاج خروس، سورگوم، سوروف و گندم بود. تفاوت مدل سه پارامتر با چهار پارامتر در نبودن پارامتر مجانب پایین است که در محدوده غلظت‌های مورد آزمون معنی دار نیست.

[1].R version 2.12.1 (2010-12-16), Copyright (C) 2010 The R Foundation for Statistical Computing, ISBN 3-900051-07-0



شکل ۱. پاسخ طول ریشه چه گیاهان آزمون به درصد افزایش غلظت عصاره آبی گل برگ زعفران

جدول ۱. پارامترها و خطای معیار معادلات برازش یافته اثر مواد دگرآسیب گل برگ زعفران بر طول ریشه چه گیاهان آزمون.

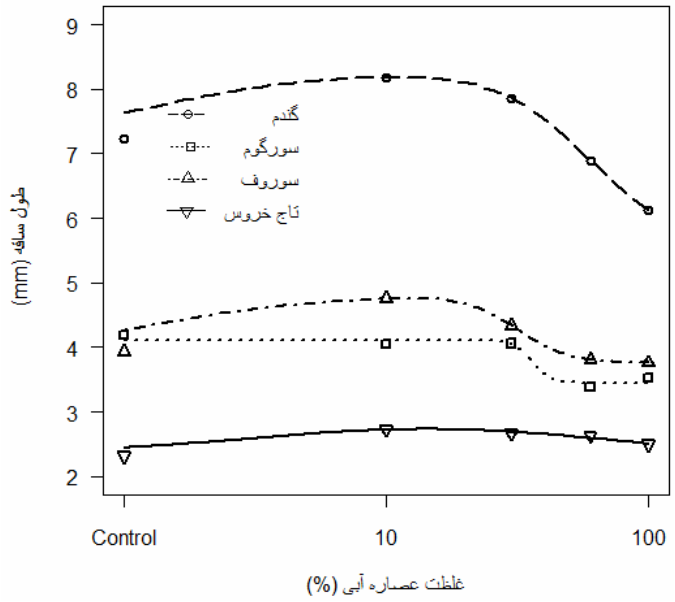
پارامتر معادله	سورگوم¥		گندم¥		سوروف¥		تاج خروس§	
	مقدار	خطای استاندارد	مقدار	خطای استاندارد	مقدار	خطای استاندارد	مقدار	خطای استاندارد
b(شیب)	۰/۷۱	**۰/۱۵۶	۲/۴۳	**۰/۵۴۴	۱/۴۸	**۰/۴۰۲	۰/۱۶	۰/۲۳۲
c (مجانب پایین)	–	–	–	–	–	–	۰/۵۵	**۰/۰۴۵
d (مجانب بالا)	۷/۳۳	**۰/۳۸۲	۱۳/۴۶	**۰/۴۷۸	۳/۷۷	**۰/۱۸۶	۲/۴۱	**۰/۴۷۰
e (EC50)	۴۴/۳۵	**۱۰/۰۴۰	۸۲/۰۰	**۵/۷۹۱	۷۳/۸۹	**۸/۷۴۶	۱۵/۲۱	**۴/۱۳۳

** و * به ترتیب معنی دار بودن پارامتر را در سطح ۱ درصد و ۵ درصد نشان می دهد.¥ معادله سه پارامتری لگاریتم-لجیستیک، x معادل غلظت محلول است $f(x) = d/(1+\exp(b(\log(x)-\log(e))))$ §. معادله چهار پارامتری گامپرتز $f(x) = c +[(d-c)(\exp(-\exp(b(x-e))))]$

طول ساقه چه. روند کاهش طول ساقه چه در دو گیاه گندم و سوروف از معادله پنج پارامتری نوع a سدرگرین-ریتز-استریبیگ (۳۷)، پیروی کرد که در آن پارامتر اندازه هورمسیس نشان دهنده اثرهای تحریک کنندگی مواد دگر آسیب در مقادیر زیر ۵۰ درصد غلظت بود (شکل ۲ و جدول ۲). حداکثر طول ساقه در گندم، سوروف و تاج خروس به ترتیب در غلظت‌های ۱۰/۷۶، ۱۲/۲۳ و ۱۴/۰۲ احراز شد. مقادیر EC50 برای طول ساقه گندم و سوروف به ترتیب ۸۲/۳۶ و ۵۴/۱۶ بدست آمد، ولی برای تاج خروس قابل محاسبه نبود. اثر هورمسیس در غلظت‌های ۴۹/۴۷ و ۴۵/۳۵ درصد برای گندم و سوروف ناپدید شد. تاثیر ماده دگرآسیب بر طول ساقه چه سورگوم از معادله لگاریتمی-لجیستیک چهار پارامتری پیروی کرد، ولی در مورد تاج خروس معادله سه پارامتر بیان بهتری داشت.

وجود اثر تحریک کنندگی عصاره آبی گلبرگ‌های زعفران در آزمایش‌های دیگر نیز مشاهده شد. برای مثال

تاتاری و همکاران (۳۸)، با تهیه عصاره آبی از گلبرگ زعفران (۵ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) اثر آن را بر گندم بررسی کردند. نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد وزن خشک و طول گیاه چه‌های گندم در حضور عصاره آبی ۵ درصد تهیه شده بیشترین کاهش را داشت، ولی با رقیق کردن عصاره مورد صفات مورد اشاره افزایش یافت. بیشترین وزن خشک گندم از عصاره رقیق شده تا ۷۵٪ حاصل شد که حتی بیشتر از آب مقطر بود. نگارندگان نتیجه گرفتند که این موضوع احتمالا به دلیل اثر تحریک کنندگی عصاره آبی گلبرک زعفران در غلظت های پایین بود. عباسی علی کمر و همکاران (۷)، اثر بازدارندگی عصاره آبی (۱٪) گلبرگ زعفران بر طول محورساقه چه (کلئوپتیل) گندم بدون این‌که بر وزن گیاه چه موثر باشد گزارش کردند. با رقیق کردن عصاره به میزان ۵۰ تا ۷۵ درصد اثر تحریک کنندگی بر طول ساقه چه نسبت به شاهد آب مقطر مشاهده شد. آن‌ها بیان کردند که گیاه چه های با طول بیشتر محور ساقه چه و ریشه چه دارای مزیت رشدی در شرایط تنش رطوبتی هستند. اسکندری تربقان و همکاران(۲۳)، نیز با تهیه محلول رقیق ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از عصاره آبی یک درصد گلبرگ های زعفران نشان دادند که بیشترین طول محور ریشه چه پنبه *(Gossypium hirsutum)* از محلول ۷۵٪ و طول محور ساقه چه از محلول ۵۰ درصد حاصل شد ولی درصد جوانه زنی زیر تاثیر قرار نگرفت.



شکل ۲. پاسخ طول ریشه چه گیاهان آزمون به درصد افزایش غلظت عصاره آبی گل برگ زعفران

جدول ۲. پارامترها و خطای معیار معادلات برازش یافته اثر مواد دگرآسیب گل برگ زعفران بر طول ساقه چه گیاهان آزمون.

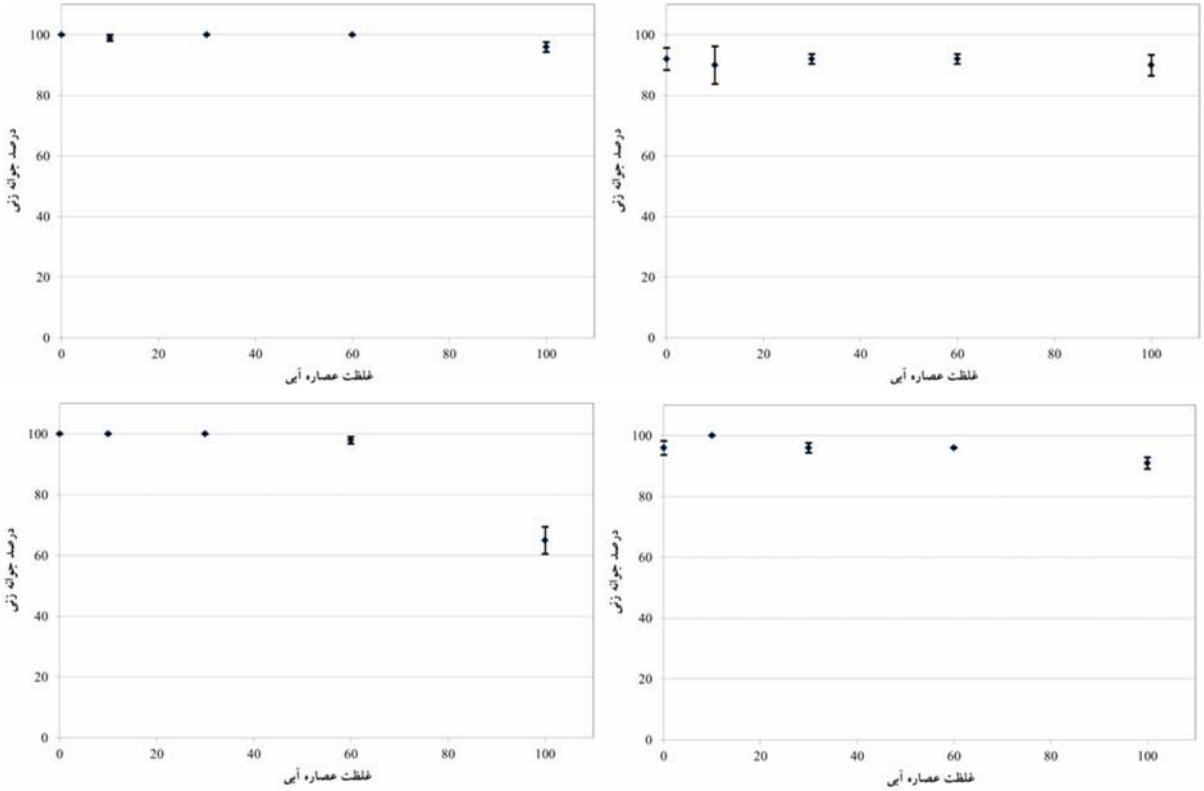
پارامتر معادله	سورگوم¥		گندم§		سوروف§		تاج خروس£	
	مقدار	خطای استاندارد	مقدار	خطای استاندارد	مقدار	خطای استاندارد	مقدار	خطای استاندارد
b(شیب)	۱۲/٦٥	۲۸/۰۰	۲/٥۰	۱/۸۰۳	٤/٤۳	٦/۰۲۱	۱/۰۸	**۰/۰۸۳
c (مجانب پایین)	۳/٤٥	**۰/۱۱٤	٥/٥۳	**۱/۲٥٤	۳/۷٥	۰/۱۷۳	–	–
d (مجانب بالا)	٤/۱۱	**۰/۱۱۳	۷/۲۲	**۰/۲۱۲	۳/۹۲	**۰/۱۳۷	۲/۳۱	**۰/۰۹۷
e (EC50)	۳٥/۸۳	*۱٥/٥۸۷	٥۹/۱٦	*۲٤/٦٦۲	۳۱/۳۲	**٥/۲۰۱	۷/۷۲	۱٤/۲۹۸
f (هورمسیس)	–	–	۱/۰۹	*۰/۳۸٤	۰/۹۱	**۰/۲۲٤	۰/٤۰	۰/۷۲٥

§از فرم پنج پارامتری نوع a معادله ریتز-سدرگرین-استریبیگ پیروی کردند که bوe معنی بیولوژیک مستقیم ندارند و α=1،پارامتر f معادل اندازه هورمسیس است $f(x) = c + [d-c+fexp(-1/x^{(\alpha)})]/[1+exp(b(log(x)-log(e)))]$. ¥از فرم چهار پارامتری معادله لگاریتم-لجیستیک پیروی کرد $f(x) = c +[(d-c)/(1+exp(b(log(x)-log(e))))]$. £ از فرم چهار پارامتری هورمسیس معادله برین-کوزین پیروی کرد.

درصد جوانه زنی. اثر عصاره آبی گلبرگ زعفران بر درصد جوانه زنی گندم، سورگوم و سوروف معنی دار نبود. ولی بیشترین غلظت عصاره آبی گلبرگ زعفران باعث کاهش معنی دار درصد جوانه زنی بذرهای گندم، سوروف و تاج خروس شد. بیشترین کاهش درصد جوانه زنی مربوط به تاج خروس بود که در بیشترین غلظت عصاره، ٤۰ درصد کاهش در جوانه زنی مشاهده شد. درصد جوانه زنی نسبت به سایر صفات مورد ارزیابی حساسیت کمتری را نشان داد.

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از منحنی های دز-پاسخ در بیان اثر دگر آسیبی، توانست اطلاعات مفیدی از روند تغییرات صفات مورد اندازه گیری نسبت به ترکیبات موجود در عصاره آبی گلبرگ زعفران ارایه دهد. این تغییرات لزوما کاهشی نبود، بلکه در محدوده مشخصی از غلظت عصاره، افزایش اندازه صفت که در پژوهش فعلی طول ساقه چه بود، مشاهده شد. اثبات آن نیز به کمک پارامتر هورمسیس در معادلات برازش یافته پیشنهادی انجام شد. حساسیت صفات مورد اندازه گیری، حساسیت گیاهان آزمون، میزان غلظت عصاره و شرایط محیطی آزمایش همگی در چنین پاسخی نقش داشته و به همین دلیل بعضی محققان در صدد استاندارد کردن آزمایش‌های زیست سنجی مطالعات دگرآسیبی و تعریف پروتکل‌های مشخص برآمده اند تا با تعریف شرایط استاندارد نسبت به تکرار پذیری نتایج آزمایش‌های اطمینان حاصل شود (۱۲).

تعیین هویت و مقدار مواد موثره دگرآسیب به کمک روش‌های تجزیه دستگاهی مانند کروماتوگرافی گاز و کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا و تطبیق و تعمیم منحنی‌های دز-پاسخ به آن‌ها می‌تواند نشان دهد که کدام ماده یا مواد مسؤول اصلی دگرآسیبی بوده و توان آن‌ها در چه محدوده‌ای از مقادیر قرار می‌گیرد (۱۵).



شکل ۲. درصد جوانه زنی سورگوم (الف)، گندم (ب)، سوروف (ج) و تاج خروس (د) در برابر غلظت عصاره آبی گل برگ زعفران، میله‌ها بر روی هر مشاهده نشانگر خطای معیار است.

منابع

۱- اقبالی، ش.، م.ح. راشد محصل، م. نصیری محلاتی و ا. کازرونی منفرد. ۱۳۸۷. اثر آللوپاتیک بقایای اندام‌های هوایی و کورم زعفران بر رشد گندم، چاودار، ماش و لوبیا. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ٦، شماره ۲: ۲۳٤-۲۲۷.

۲- بذرافشان، ج. و ع. ابراهیم زاده. ۱۳۸۵. تحلیلی بر انتشار فضایی-مکانی زعفران در ایران و عوامل موثر بر آن، مطالعه موردی خراسان. مجله جغرافیا و توسعه، شماره پاییز و زمستان. ۸٤-٦۱.

۳- راشد محصل، م.ح.، ج. قرخلو و م. راستگو. ۱۳۸۸. اثرات آللوپاتیک عصاره برگ و بنه زعفران بر رشد گیاه‌چه تاج خروس(*Amaranthus retroflexus*) و سلمه تره(*Chenopodium album*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۷، شماره ۱: ٦۱-۵۳.

٤- راشد محصل، م.ح.، گ. عزیزی و ل. علیمرادی. ۱۳۸٤. بررسی اثرات آللوپاتیک عصاره زعفران (*Crocus sativus*) بر جوانه‌زنی علف‌های‌هرز شلمبیک(*Rapistrumrugosum*) و گچ‌دوست(*Gypsophila pilosa*). مجموعه مقالات اولین همایش علوم علف‌های‌هرز ایران، بهمن‌ماه .۱۳۸٤. ۲٦۱-.۲۵۷

۵- صادقی، ب. ۱۳۷۲. اثر وزن بنه در گل آوری زعفران، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، مرکز خراسان.

٦- نادری درباغشاهی، م.ر.، س.م. خواجه باشی، س.ع. بنی طباء وس.م. دهدشتی. ۱۳۸۷. اثر روش، تراکم و عمق کاشت بر عملکرد و مدت بهره برداری از مزرعه زعفران زراعی(*Crocus sativus* L.) در منطقه اصفهان. نهال و بذر، جلد ۲٤، شماره ٤: ٦۵۷-٦٤۳.

7- Abbasi-Alikamar, R., M. Eskandari, M. Tatari and M. Ahmadi. 2006. The effect of water extract of saffron's petals on germination and seedling growth of wheat (cultivar: Azar2). Acta Hort. 209-214.

8- Abbassi F. 2005. Allelopathic effects of saffron corms on germination of several important crops. Allelopathy Congress 21-26 August, Charles Sturt University, WaggaWagga, NSW, Australia.

9- An, M. 2005. Mathematical modeling of dose-response relationship (hormesis) in allelopathy and its application. Nonlinearity Biol. Toxicol. Med. 3(2): 153-172.

10- Ataei, A. and B. Hashemloian. 2006. The Study of Increasing Roots Shoots and Hairy Roots Production by Different Extracts of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Mungbean (Vignaradiata) Seedlings. Acta Hort. (ISHS) 739:215-221. http://www.actahort.org/books/739/739_27.htm.

11- Belz, R.G., N. Cedergreen and H. Sørensen. 2008. Hormesis in mixtures - Can it be predicted? Sci. of the Total Environ. 404(1): 77-87.

12- Belz, R.G. and K. Hurle. 2004. A novel laboratory screening bioassay for crop seedling allelopathy. J.U Chem. Ecol. 30(1): 175-198.

13- Belz, R.G., K. Hurle and S.O. Duke. 2005. Dose-response-a challenge for allelopathy? Nonlinearity Biol.Toxicol. Med. 3(2): 173-211.

14- Bhowmik, P.C. and Inderjit. 2003. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Prot. 22:661-671.

15- Blair, A.C., L.A. Weston, S.J. Nissen, G.R. Brunk and R.A. Hufbauer. 2009. The importance of analytical techniques in allelopathy studies with the reported allelochemical catechin as an example. Biol. Invasions. 11: 325-332.

16- Brain, P. and R. Cousens. 1989. An equation to describe dose responses where there is stimulation of growth at low doses. Weed Res. 29:93–96.

17- Brooks, A.M. 2008. Allelopathy in Rye (*Secale cereale*). M.S., Thesis, North Carolina State University. 125pp.

18- Callaway, R.M. and W.M. Ridenour. 2004. Novel weapons: Invasive success and the evolution of increased competitive ability. Front. Ecol. Environ. 2: 436-443.

19- Cedergreen, N., J.C. Streibig, P. Kudsk, S.K. Mathiassen and S.O. Duke. 2007. The occurrence of hormesis in plants and algae. Dose-Response, 5: 150-162.

20- Chou, C.H. 1989. The role of allelopathy in phytochemical ecology. In: C.H. Chou, C.H. and Waller, G.R. (Eds.) Phytochemical Ecology: Allelochemical Mycotoxins and Insect Pheromones and Allomones. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series No. 9, Taipei, ROC, 19–38.

21- Dorning, M. and D. Cipollini. 2006. Leaf and root extracts of the invasive shrub, (*loniceramaackii)*, inhibit seed germination of three herbs with no autotoxic effects. Plant Ecol. 184: 287-296.

22- Einhellig, F.A. and G.R. Leather. 1988. Potentials for exploiting allelopathy to enhance crop production. J. of Chem. Ecol. 14(10): 1829-1844.

23- Eskandari-Torbaghan, M., R. Abbasi-Alikamar and A. Astaraei. 2007. Effect of saffron (Crocus sativus L.) petals on germination and primary growth of cotton (*Gossypiumhirsutum* L.). Acta Hort. 739: 87.

24- Esmaeili, N., H. Ebrahimzadeh, K. Abdi and S. Safarian. 2011. Determination of some phenolic compounds in (*Crocus sativus* L.) corms and its antioxidant activities study. Pharmacogn.Mag. 7(25): 74.

25- Fay, P.K. and W.B. Duke. 1977. An assessment of allelopathic potential in (*Avena)* germ-plasm. Weed Sci. 25(3):224-228.

26- Fernández, J.A., J. Escribano, A. Piqueras and J. Medina. 2000. A glycoconjugate from corms of saffron plant (*Crocus sativus* L.) inhibits root growth and affects in vitro cell viability. J. Exp. Bot. 51(345): 731.

27- Haig, T., T. Haig, A. Seal, J. Pratley, M. An and H. Wu. 2009. Lavender as a source of novel plant compounds for the development of a natural herbicide. J. of Chem. Ecol. 35(9): 1129-1136.

28- Hosseini, M. and S.J.H. Rizvi. 2007. A Preliminary investigation on possible role of allelopathy in saffron (*Crocussativus* L.). Acta Hort. (ISHS). 739:75-79. http://www.actahort.org/books/739/739_8.htm.

29- Inderjit and E.T. Nilsen. 2003. Bioassays and field studies for allelopathyin terrestrial plants: progress and problems. Crit. Rev. Pl.Sci. 22, 221–238.

30- Leather, G.R. and F.A. Einhellig. 1988. Bioassay of naturally occurring allelochemicals for phytotoxicity. J. Chem. Ecol. 14:1821–1828.

31- Liu, Y., X. Chen, S.Duan,Y.Feng and M. An. 2011. Mathematical modeling of plant allelopathic hormesis based on ecological-limiting-factor models. Dose Response 9:117-29.

32- Liu de, L. and M. An. 2005. Implementation of card: curve-fitting allelochemical response data. Nonlinearity Biol.Toxicol. Med. 3(2): 235-244

33- Macías, F.A., J.M.G. Molinillo, R.M. Varela and J.C.G. Galindo. 2007. Allelopathy—a natural alternative for weed control. Pest Manag. Sci. 63:327-348.

34- Putnam, A.R. and C.S. Tang. 1986. The science of allelopathy. John Wiley & Sons, New York, 317 pp.

35- Qu, X. and J. Wang. 2008. Effect of amendments with different phenolic acids on soil microbial biomass, activity, and community diversity. App. Soil Ecol. 39: 172-179.

36- Rice, E.L. 1995. Biological control of weed and plant diseases. University of Oklahoma Press: Norman and London.

37- Ritz, C. and J.C. Streibig. 2005. Bioassay analysis using R. J. Statist. Software, Vol. 12, Issue5.

38- Tatari, M., A. Hosseini, M. Ahmadi and R.A. Alikamar. 2010. Effect of saffron petal water extract on wheat germination, seedling growth and establishment. Acta Hort. 850: 243-246.

39- Weston, L.A. and Iderjit. 2007. Allelopathy: A potential tool in the development of strategies for biorational weed management, in Upadhyaya, M.K and R.E. Blackshaw (eds) Non-chemical weed management: Principles, concepts and technology. 65-67. CABI Publishing. 239pp.