

بهره‌گیری از ویژگی‌های دگرآسیبی گیاهان زراعی برای کنترل علف‌های ناخواسته^۱

فرود صالحی^۲ و امیرھوشنگ جلالی^۳

چکیده

برخی از گیاهان با ترشح ترکیب‌های شیمیایی به‌ویژه ماده‌های آلویشیمیایی، بر رشد گیاهان دیگر تأثیر می‌گذارند که این فرایند، دگرآسیبی^۴ نامیده می‌شود. شماری از ترکیب‌های دگرآسیب^۵ در گونه‌های گیاهی مختلف گزارش شده است. مهمترین گروه‌های آلویشیمیایی در گیاهان زراعی اصلی شامل ترکیب‌های فنولیک، بنزوکسازینوئید، سورگولون، گلوکوزینولات، ترپن‌ها، آلکالوئیدها و مومیلاکتون‌ها است. این قابلیت دگرآسیبی محصول‌های زراعی به چندین روش می‌تواند برای کنترل علف‌های ناخواسته (هرز) در کشتزار مورد بهره‌برداری قرارگیرد. این موضوع ممکن است با مشخص کردن فعالیت دگرآسیبی محصول‌های زراعی برای کنترل علف‌های ناخواسته به چندین روش صورت پذیرد. این روش‌ها می‌توانند موجب رشد رقم‌های زراعی شوند که دارای قابلیت دگرآسیبی هستند. راه‌های دیگر شامل کشت مخلوط یک محصول زراعی با داشتن قابلیت دگرآسیبی با محصول زراعی بدون این ویژگی، کشت یک گیاه دارای فعالیت دگرآسیبی در تناوب زراعی، استفاده از پسماند محصول دارای ویژگی دگرآسیبی به‌عنوان خاکپوش و بهره‌گیری از گیاه دگرآسیب به‌عنوان گیاه پوششی برای کنترل علف‌های ناخواسته می‌باشد. با توجه به افزایش دغدغه‌های محیط‌زیستی ناشی از مصرف سم‌های شیمیایی، تجاری‌سازی ترکیب‌های دگرآسیب برای کنترل علف‌های ناخواسته مورد علاقه پژوهشگران است.

واژه‌های کلیدی: دگرآسیبی، گیاهان زراعی دگرآسیب، علف‌های ناخواسته، ماده‌های آلویشیمیایی.

مقدمه

دشواری‌های تکامل مقاومت به علفکش در علف‌های ناخواسته، آلودگی محیط‌زیستی و توسعه کشاورزی ارگانیک، اهمیت روش‌های غیرمتعارف مدیریت علف‌های ناخواسته را برجسته کرده است. پدیده دگرآسیبی، اگر به درستی بهره‌برداری شود، می‌تواند نقش زیادی در مدیریت علف‌های ناخواسته کشتزارها داشته باشد. واژه *allelopathy* از دو واژه یونانی *allelon* و *pathos* به‌ترتیب به معنای دیگری و رنج بردن گرفته شده است (Rizvi et al., 1992). به همین

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۸/۷

۲- پست الکترونیک نویسنده مسئول: f.salehi@areeo.ac.ir

۳- به‌ترتیب، دانشیاران پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان.

دلیل، در فارسی دگرآسیبی گفته می‌شود. از دید مفهومی، دگرآسیبی به معنای هر گونه اثر مستقیم یا غیرمستقیم زیانبار یا سودمند یک گیاه با تولید ترکیب‌های شیمیایی است که به محیط زیست موجود دیگری وارد می‌کند (Rice, 1984). پدیده دگرآسیبی شامل تولید متابولیت‌های ثانویه است. متابولیت‌های ثانویه ممکن است از گیاهان، قارچ‌ها، باکتری‌ها و جلبک‌ها به وجود آیند. متابولیت‌های ثانویه به عنوان ماده‌های آلوشیمیایی نامیده می‌شوند و در رشد و عملکرد بوم‌نظام‌های زیستی و کشاورزی نقش دارند (IAS, 1996). دگرآسیبی همچنین شامل تبادل متابولیت‌های ثانویه میان گونه‌های مختلف گیاهی (و حتی برهمکنش‌های درون گونه‌ای)، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و حشره‌ها و گیاهان و ویروس‌ها می‌شود. به غیر از متابولیت‌های ثانویه در گیاهان، ماده‌های تجزیه شده از آن‌ها نیز دارای فعالیت زیستی بوده و در منابع علمی همواره به عنوان ماده‌های آلوشیمیایی شناخته شده‌اند.

متابولیت‌های ثانویه به طور طبیعی توسط گیاهان زنده ساخته می‌شوند. با این حال، غلظت ماده‌های آلوشیمیایی در بافت‌های گیاهی ممکن است به طور چشمگیری متفاوت باشد. فعالیت دگرآسیبی گونه‌های گیاهی دارای ویژگی دگرآسیبی در شرایط تنش افزایش می‌یابد (Song et al., 2008). انتظار می‌رود که کاشت گیاهان دگرآسیب در شرایط تنش نازیوا (مانند کمبود ماده‌های غذایی، خشکی و مانند این‌ها) یا زیوا (برای نمونه، آلودگی علف‌های ناخواسته یا آسیب‌های ناشی از آفت‌ها یا بیماری‌ها) موجب تولید و ترشح ماده‌های آلوشیمیایی در غلظت‌های بیشتر شود (Fang et al., 2010). ماده‌های آلوشیمیایی در دفاع گیاهان در برابر تنش‌ها، به ویژه تنش‌های زیوا، یعنی حمله بیماری‌ها (بیمارگرها)، آفت‌ها یا آلودگی علف‌های ناخواسته، نقش مهمی دارند. گیاهان می‌توانند از ماده‌های آلوشیمیایی برای ارتباط با محیط پیرامونشان استفاده کنند. این موضوع با ترشح ماده‌های آلوشیمیایی از ریشه‌های گیاه، متصادف شدن از قسمت‌های هوایی گیاه، شستشو از بافت‌های زنده و ترشح ماده‌های آلوشیمیایی از تخمیر پسماند گیاهی حاصل می‌شود (Scognamiglio et al., 2013).

ماده‌های آلوشیمیایی در گونه‌های زراعی

نوع و غلظت ماده‌های آلوشیمیایی با توجه به گونه گیاهی و رقم‌های آن‌ها متفاوت است (Burgos et al., 1999) (جدول ۱). ماده‌های آلوشیمیایی ممکن است شامل ترکیب‌های فنولی، گلوکوزینولات‌ها، بنزوکسازینوئیدها، کینون‌ها، آلکالوئیدها، ترپن‌ها، فلاونوئیدها، کومارین‌ها، اسیدهای چرب زنجیره بلند، گلیکوزید هیدروکسامیک اسید، تانن‌ها و مانند این‌ها باشند (Muzell Trezzi et al., 2016).

فنول‌ها رایج‌ترین گروه ماده‌های آلوشیمیایی شامل اسیدهای فنولیک مانند فرولیک، سیناپیک، کافئیک، کوئوماریک و مانند این‌ها هستند که در گیاهانی مانند چاودار^۱، گندم^۲، سورگوم^۳ و مانند این‌ها وجود دارند و می‌توانند علف‌های ناخواسته‌ای مانند علف خرچنگ^۴، خرفه^۵، سوروف^۶، یولاف وحشی^۷، تاج‌خروس ریشه قرمز^۸ و به‌ویژه علف‌های پهن‌برگ را کنترل کنند (Mushtaq & Fauconnier, 2024).

گلوکوزینولات‌ها در گیاهان تیره کلم‌سانان (شب‌بوسانان)^۹ وجود دارند. پس از خرد شدن پسماند، گلوکوزینولات توسط مایروزیناز به ایزوتیوسیانات‌ها و مشتق‌های فعال تبدیل می‌شود و علف‌های ناخواسته‌ای مانند اویارسلام ارغوانی^{۱۰}، تاج‌خروس

1. *Secale cereale* L. 2. *Triticum aestivum* L. 3. *Sorghum bicolor* Moench (L.) 4. *Digitaria ciliaris* L.
5. *Portulacaceae oleracea* L. 6. *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv 7. *Avena fatua* L. 8. *Amaranthus retroflexus* L.
9. *Brassicaceae* (Cruciferae) 10. *Cyperus rotundus* L.

ریشه قرمز، سوروف، فالاریس^۱ و انواع دیگر را کنترل می‌کنند. در پژوهشی، استفاده از آن موجب کاهش ۹۳ درصدی جمعیت اویارسلام ارغوانی و کاهش نیاز به علفکش گلایفوسیت شده است (Dayan et al., 2021; Tseu & Dias, 2021). بنزوکسازینوئیدها گروه مهمی از ماده‌های آللویشیمیایی هستند که از گونه‌های گیاهی مختلف گزارش شده‌اند (Makowska et al., 2015). این متابولیت‌های ثانویه به‌ویژه در برخی از غلات (برای نمونه در ذرت^۲، گندم و چاودار)، مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های زیوا (بیماری‌ها و آفت‌ها) را تحریک کرده و در سم‌زدایی علفکش و بیان فعالیت دگرآسیبی به گیاهان کمک می‌کنند (Niemeyer, 1988). تنش‌های زیوا یا نازیوا می‌تواند موجب تولید بنزوکسازینوئید در گیاهان شود (Zheng et al., 2010).

کینون‌ها در برخی از گیاهان ترپنوئیدی مانند سورگوم تولید می‌شوند. سورگوم با تولید سورگولئون در ریشه‌هایش علف‌های ناخواسته مانند تاج‌خروس، سوروف و علف خرچنگ را کنترل می‌کند. آلکالوئیدها کمتر در بررسی‌های دگرآسیبی گیاهان زراعی گزارش شده‌اند، اما برخی از گیاهان مانند شاهدانه^۳ دارای آلکالوئید هستند، اما بررسی‌های کاربردی کمتری در این زمینه منتشر شده است (Cheng et al., 2020).

ترپن‌ها و ترکیب‌های ترپنوئیدی در برنج^۴ تولید می‌شوند. برنج مومیلاکتون‌های A و B را دارد که رشد سوروف را مهار می‌کنند. همچنین، ترکیب تریسین (یک فلاونوئید) در تولید اثر ضد علف ناخواسته نقش دارد. سورگوم نیز ترپن‌هایی تولید می‌کند (مانند دیورین) که همراه با سورگولئون برای مهار سایر گونه‌های علف ناخواسته به کار می‌رود (Serra et al. 2025; Rahaman et al., 2022).

در برگ‌ها یا پسماند سبب‌زمینی شیرین^۵ کومارین و اسیدهای آمیسین و کلوجنیک تولید می‌شود. این ترکیب‌ها رشد علف‌های ناخواسته‌ای مانند آرتمسیا^۶ و حتی غلات را کاهش می‌دهند. همچنین، کاهش رشد لوبیا چشم بلبلی^۷ در تناوب زراعی با آن نیز گزارش شده است (Scavo & Mauromicale, 2021). فلاونوئیدها در برنج، کلزا^۸ و برخی لگوم‌ها وجود دارند. این ترکیب‌ها در برخی از بررسی‌ها موجب کاهش تندش و رشد علف ناخواسته شده‌اند (Serra et al., 2025; Rahaman et al., 2022).

غلظت ماده‌های آللویشیمیایی در میان گیاهان زراعی و رقم‌های آن‌ها متفاوت است. در چاودار، مقدار کل ۲-۴ دی هیدروکسی ۱-۴-بنزوکسازین-۳-یک^۹ و بنزوکسازولین-۲-یک^{۱۰} (در مرحله ساقه‌دهی) در محدوده ۱۳۷ تا ۱۴۶۹ میکروگرم در گرم وزن خشک گیاه بود (Burgos et al., 1999). مهمترین ترکیب‌های آللویشیمیایی در گندم، ترکیب‌های فنولی و بنزوکسازینوئیدها هستند (Wu et al., 2000b). ریشه‌های گندم دارای مقدار بیشتری ماده‌های آللویشیمیایی نسبت به بخش هوایی آن است (Wu et al., 2000a, 2000b, 2001). ریشه‌های مویین گیاهان سورگوم ماده‌ی آللویشیمیایی با فعالیت زیستی زیاد (سورگولئون) ترشح می‌کنند. غلظت این ماده‌ی آللویشیمیایی در سورگوم تا بیش از ۴۰ میکروگرم در گرم وزن خشک گیاه می‌رسد (Uddin et al., 2010). سورگولئون به‌صورت فراورده فرموله شده، ساخته شده است و در کنترل علف‌های ناخواسته بسیار کاراست (Uddin et al., 2014). آفتابگردان^{۱۱} دارای بیش از ۵۰ ترکیب از ۱۰ کلاس شیمیایی در عصاره‌های دگرآسیبی خود است که فلاونوئیدها، دیترپن‌ها و لاکتون‌های سسکوئی‌ترین مهمترین آن‌ها هستند (El Marsni et al., 2015).

- | | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1. <i>Phalaris paradoxa</i> L. | 2. <i>Zea mays</i> L. | 3. <i>Canabis sativa</i> L. | 4. <i>Oryza sativa</i> L. |
| 5. <i>Ipomoea batatas</i> L. | 6. <i>Artemisia argyi</i> L. | 7. <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp | 8. <i>Brassica napus</i> L. |
| 9. 2,4-Dihydroxy- 1,4 benzoxazin- 3-one (DIBOA) | 10. Benzoxazolin-2-one (BOA) | 11. <i>Helianthus annuus</i> L. | |

مومیلاکتون‌ها ماده‌های آلوشیمیایی مهمی هستند که در فعالیت آلوپاتیک گیاه برنج نقش دارند (Schmelz *et al.*, 2014). گیاهان تیره کلم‌سانان (شب‌بوسانان) در غلظت‌های بالای گلوکوزینولات یکتا هستند که ایزوتیوسیانات، فرآورده هیدرولیز شده گلوکوزینولات است (Mithen, 2001). جو^۱ دارای ترکیب‌های فنولیک و آلکالوئیدها به عنوان ماده‌های آلوشیمیایی است (Hura *et al.*, 2006).

جدول ۱- گروه‌های آلوشیمیایی مهم گزارش شده در گیاهان مهم زراعی.

گیاه زراعی	نوع و گروه ماده آلوشیمیایی	منبع
گندم	بنزوکسازینوئیدها (ترکیب‌های فنولیک)	Zheng <i>et al.</i> , 2010
گیاهان تیره کلم‌سانان (شب‌بوسانان)	گلوکوزینولات‌ها (ترکیب‌های فنولیک)	Al-Sherif <i>et al.</i> , 2013
ذرت	بنزوکسازینوئیدها (ترکیب‌های فنولیک)	Qi <i>et al.</i> , 2015
برنج	مومیلاکتون‌ها (ترکیب‌های فنولیک)	Schmelz <i>et al.</i> , 2014
چاودار	بنزوکسازینوئیدها (ترکیب‌های فنولیک)	Rice <i>et al.</i> , 2012, Burgos <i>et al.</i> , 1999
جو	آلکالوئیدها (ترکیب‌های فنولیک)	Hura <i>et al.</i> , 2006
سورگوم	سورگولئون (ترکیب‌های فنولیک)	Uddin <i>et al.</i> , 2010, Alsaadawi & Dayan, 2009
آفتابگردان	ترپن‌ها (ترکیب‌های فنولیک)	Farhoudi & Lee, 2015, El Marsni <i>et al.</i> , 2015

شیوه عمل ماده‌های آلوشیمیایی

بسیاری از ترکیب‌های آلوشیمیایی ممکن است شیوه عمل نامشخص (با کشف نشده) و یا بیش از یک سازوکار داشته باشند. اثر دگرآسیبی و یا اثر فیزیولوژیکی ناشی از ماده‌های آلوشیمیایی ممکن است در صورت کاربرد ترکیبی، حالت هم‌افزایی داشته باشد. گرچه سازوکار اولیه کارکرد ماده‌های آلوشیمیایی شناخته شده نیست. بااین حال، برخی از فعالیت‌های فیزیولوژیکی دارای ماده‌های آلوشیمیایی مانند جلوگیری از تندش بذر، رشد ریشه یا رشد گیاهچه هستند (جدول ۲). سورگولئون از تولید ATP^۲ در فتوسیستم II جلوگیری می‌کند. در حالی که بنزوئیک اسید و سینامیک اسید موجب اختلال در فعالیت‌های یاخته می‌شوند. تأثیرهای دیگر ترکیب‌های فنولی شامل کاهش فتوسنتز، جذب عنصرهای معدنی، جریان کربن، محتوای کلروفیل و فعالیت هورمون‌های گیاهی می‌باشد (Einhellig, 1995). ترکیب‌های فنولی ممکن است موجب اختلال در غشای یاخته‌ای، جلوگیری از تقسیم یاخته‌ای، فتوسنتز، ساخت پروتئین‌ها و هورمون‌ها، تنفس و کاهش جذب عنصرهای غذایی توسط گیاهان شوند (Li *et al.*, 2010). بیشتر ماده‌های آلوشیمیایی، ساختار و تقسیم یاخته‌ای، فعالیت غشای یاخته، تنفس، فتوسنتز و جذب عنصرهای غذایی در گیاهان را مختل می‌کنند (Gniazdowska & Bogatek, 2005). اسیدهای هیدروکسامیک می‌توانند فعالیت‌های آنزیمی و عملکرد یاخته‌ای در گیاهان را از کار می‌اندازند (Venturelli *et al.*, 2015). تعیین دقیق شیوه عمل فعالیت‌های مختلف

1. *Hordeum vulgare* L.

2. Adenosine triphosphate

ماده‌های آللویشیمیایی به منظور فرمولاسیون آن‌ها به عنوان محصول تجاری ضروری است. از این‌رو، فعالیت‌های بین رشته‌ای لازم است تا سازوکار عمل و اثربخشی ماده‌های آللویشیمیایی مهم را مستند سازد.

جدول ۲- شیوه عمل برخی از ماده‌های آللویشیمیایی مختلف.

ماده آللویشیمیایی	شیوه عمل یا اثر فیزیولوژیکی	منشا	منبع
سورگولتون	جلوگیری از وظیفه‌های میتوکندری و سیستم نوری دو کاهش باززایی یاخته‌های نوک	سورگوم	Alsaadawi & Dayan, 2009 Einhellig <i>et al.</i> , 1993
بنزوکسازینوئیدها	ریشه، طولیل شدن ریشه و شمار ریشه‌های جانبی	چاودار	Burgos <i>et al.</i> , 2004
بنزوکسازینوئیدها	کاهش ساخت کلروفیل	چاودار	Barnes & Putnam, 1987
ترکیبات فنولی	جلوگیری از تقسیم یاخته، فتوسنتز، تنفس و جذب عنصرهای معدنی، تخریب غشای یاخته‌ای، هورمون‌ها و ساخت پروتئین‌ها	چند گونه گیاهی	Li <i>et al.</i> , 2010

کنترل علف‌های ناخواسته

می‌توان از قابلیت دگرآسیبی گونه‌های زراعی برای کنترل علف‌های ناخواسته در محصول‌های زراعی دیگر بهره‌گیری کرد (Jabran & Farooq, 2013). استخراج ماده‌های آللویشیمیایی از گونه‌های زراعی و تشکیل فرآورده حمل‌شدنی، بسیار سخت و پرهزینه است (Scognamiglio *et al.*, 2013). از این‌رو، برخی از پژوهشگران، تشکیل محلول‌های دگرآسیبی با ترشح ماده‌های آللویشیمیایی از گونه‌های گیاهی را پیشنهاد داده‌اند (Aliki *et al.*, 2014). چنین محلول‌های دگرآسیبی ممکن است به منظور جلوگیری از رشد، روی علف‌های ناخواسته پاشیده شوند (Khaliq *et al.*, 2012). با این وجود، دانستن ماده‌های تشکیل‌دهنده فعال (ماده‌های آللویشیمیایی) در محلول، غلظت آن‌ها و شیوه عمل، مدت فعالیت زیستی و ثبات آن‌ها مهم است. راهکار عملی این است که قابلیت دگرآسیبی گونه‌های زراعی با هدف سرکوب علف‌های ناخواسته دستکاری شود (Jabran *et al.*, 2015). راهکارهای زیادی وجود دارد که توسط آن‌ها می‌توان به‌طور طبیعی با فعالیت دگرآسیبی گیاهان زراعی، علف‌های ناخواسته را در شرایط کشتزار سرکوب کرد. به‌طور معمول، چنین فن‌هایی نیاز به تغییر عمده در وضعیت کاشت گیاهان و/یا صرف هزینه‌های زیاد ندارد. عامل مهم دیگر، چگونگی رشد رقم‌های زراعی است که می‌توان از ویژگی دگرآسیبی آن‌ها استفاده کرد. اگر چنین فن‌هایی با دیگر روش‌های کنترل علف‌های ناخواسته ترکیب شوند، مدیریت پایدار علف‌های ناخواسته به‌دست خواهد آمد. دیگر روش‌های مهم برای دستکاری قابلیت دگرآسیبی محصول‌های زراعی برای کنترل علف‌های ناخواسته می‌تواند شامل استفاده از محصول‌های زراعی دگرآسیبی به عنوان گیاه پوششی، استفاده از پسماند گیاهی محصول‌های زراعی دگرآسیبی به عنوان خاک‌پوش، استفاده از محصول‌های زراعی دگرآسیب در کشت مخلوط با محصول‌های زراعی

غیردگرآسیب و همچنین تناوب زراعی شامل گیاهان زراعی دگرآسیبی در تناوب با گیاهان زراعی غیردگرآسیب در هر سامانه کاشت باشد. برخی رقم‌های گیاهی دارای ویژگی دگرآسیبی هستند، به این معنی که می‌توانند ماده‌های شیمیایی ویژه‌ای تولید کنند که بر رشد گیاهان دیگر، به‌ویژه علف‌های ناخواسته، تأثیر منفی بگذارد. این ویژگی می‌تواند در مدیریت غیرشیمیایی علف‌های ناخواسته استفاده شود (Khamare et al., 2022; Motmainna et al., 2023; Pedrol & Puig, 2024).

استفاده از گیاهان زراعی پوششی دگرآسیب به‌عنوان روش مدیریت زیستی در کشاورزی، به‌معنی بهره‌گیری از ویژگی دگرآسیبی این گیاهان برای کنترل علف‌های ناخواسته و بهبود حاصلخیزی خاک است. این گیاهان با ترشح برخی از ترکیب‌های شیمیایی، رشد و توسعه علف‌های ناخواسته را مهار می‌کنند و همچنین می‌توانند ماده‌های مغذی را به خاک بازگردانند و به بهبود ساختار خاک کمک کنند. ترکیب‌های دگرآسیبی ترشح شده از این گیاهان، رشد و توسعه علف‌های ناخواسته را مهار می‌کنند. برخی از گیاهان پوششی می‌توانند تأثیر منفی بر گیاهان زراعی داشته باشند، بنابراین باید آن گروه از گیاهان پوششی را برگزید که با گیاهان زراعی در تناوب کشت، سازگاری داشته باشند. چمن چند ساله^۱، شبدر^۲، چاودار، گندم و یولاف^۳ نمونه‌هایی از گیاهان پوششی دگرآسیب هستند (Khamare et al., 2022; Wang & Li, 2022; Motmainna et al., 2023; Gerhards & Schappert, 2024; Pedrol & Puig, 2024). گیاهان پوششی مانند گندم، چاودار، سورگوم یا جو تا ارتفاع ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر رشد می‌کنند و سپس با یک علفکش تماسی خشک می‌شوند (Khamare et al., 2022; Gerhards & Schappert, 2024; Pedrol & Puig, 2024). خاکپوش دگرآسیب، نوعی خاکپوش است که از ماده‌هایی ساخته شده است که هنگام تجزیه، ماده‌های شیمیایی آزاد می‌کند که بر رشد گیاهان دیگر تأثیر می‌گذارد. این ماده‌های شیمیایی می‌توانند رشد علف‌های ناخواسته را مهار کنند یا به عنوان یک نوع دفاع طبیعی برای گیاهان عمل کنند. برای نمونه، برخی از خاکپوش‌های آلی مانند کاه و برگ‌های خرد شده، دارای ماده‌هایی هستند که می‌توانند رشد علف‌های ناخواسته را مهار کنند. همچنین، برخی از گیاهان مانند درختان گردو^۴، دارای ماده‌هایی هستند که می‌توانند روی گیاهان دیگر تأثیر بگذارند (Khamare et al., 2022; Motmainna et al., 2023; Pedrol & Puig, 2024).

کشت مخلوط گیاهان زراعی، به ویژه هنگامی که یک گیاه دگرآسیب (که با ترشح ماده‌های شیمیایی بر رشد گیاهان دیگر تأثیر می‌گذارد) با یک گیاه غیردگرآسیب کشت شود، می‌تواند سودمندی‌ها و کاستی‌هایی داشته باشد. این نوع کشت می‌تواند به کنترل علف‌های ناخواسته و کاهش نیاز به علفکش‌ها کمک کند، اما ممکن است رقابت بر سر منابع و اثرهای منفی دگرآسیبی نیز وجود داشته باشد (Khamare et al., 2022; Motmainna et al., 2023; Pedrol & Puig, 2024).

برخی از تجربه‌های موفق استفاده از ترکیب‌های دگرآسیب در کنترل علف‌های ناخواسته

۱- آفتابگردان

آفتابگردان یکی از مهمترین محصولات زراعی روغنی در جهان است. ترپن‌های موجود در آفتابگردان نقش مهمی در دفاع گیاه در شرایط تنش داشته‌اند (Gershenzon & Dudareva, 2007). کاه آفتابگردان از راه فعالیت دگرآسیبی، بر رشد

جامعه‌های میکروبی و قارچی محیط خاک تأثیر می‌گذارد (Staman et al., 2001). استفاده از خاکپوش‌های دگرآسیب آفتابگردان راهی برای بهره‌برداری از ویژگی دگرآسیبی آفتابگردان برای کنترل علف‌های ناخواسته است. در پژوهشی عصاره حاصل از پسماند آفتابگردان در مقایسه با شاهد (آب)، طول محور زیر لپه، وزن محور زیر لپه، وزن ریشه، تندش بذر و طول ریشه‌چه جو وحشی را به ترتیب به مقدار ۴۴، ۵۷۸، ۶۱، ۶۸۶ و ۷۹٪ کاهش داد (Ashrafi et al., 2008). به نظر می‌رسد رقم‌های متفاوت یک گیاه زراعی نیز قابلیت‌های دگرآسیبی متفاوتی دارند. برای نمونه، 'مگاسان' یک رقم آفتابگردان دگرآسیب از ایران بود که چند علف ناخواسته را سرکوب کرد (Nikneshan et al., 2011). ثابت شده است که تولید ماده‌های آللوپاتی در رقم‌های آفتابگردان اسپانیایی نیز چشمگیر است (El Marsni et al., 2011).

آفتابگردان با استفاده از آزادسازی مستقیم ترکیب‌های دگرآسیب از ریشه و برگ در خاک، تأثیر سمی دارد و تندش و رشد اولیه علف‌های ناخواسته را مهار می‌کند. همچنین، پوشاندن سطح خاک با پسماند آن یا افزودن آن‌ها به خاک موجب کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌ها می‌شود (کاهش ۶۰ تا ۸۷ درصدی در تراکم و ۳۴ تا ۸۱ درصدی در زیست‌توده در گیاهان تاتوره^۱، سوروف و سلمه‌تره^۲). بررسی پسماند آفتابگردان در کشتزار گندم، نشان داد ترکیب آفتابگردان با سایر گونه‌ها می‌تواند تراکم علف‌های ناخواسته را تا ۸۷٪ و زیست‌توده آن‌ها را تا ۸۱٪ کاهش دهد. همچنین، عملکرد گندم افزایش یافت (Abbas et al., 2021; Janusauskaite, 2023). پژوهش‌های میدانی در عراق روی دو رقم آفتابگردان نشان داد که ریشه‌های آن‌ها به‌ویژه در رقم‌های با تراکم بیشتر، فنول تا حدود ۶۸٪ کاهش تراکم و ۶۱٪ کاهش زیست‌توده علف‌های همراه را به‌دنبال داشت (Rashid et al., 2021; Janusauskaite, 2023).

۲- گندم

گندم یکی از محصول‌های اصلی در بیشتر استان‌های ایران است. در بررسی Labbafi et al., (2010) فعالیت چهار رقم گندم دگرآسیب روی چهار گونه علف ناخواسته شامل چاودار، یولاف، پیچک صحرایی^۳ و ماشک^۴ ارزیابی شد و نشان دادند که فعالیت دگرآسیبی گندم با رقم گندم و شمار گیاهچه‌های تولید شده از بذر گندم مرتبط است. همچنین، طول کل بوته و ریشه گونه‌های علف ناخواسته در حضور رقم‌های گندم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. آن‌ها همچنین گزارش کردند که مقدار مهار رشد علف‌های ناخواسته به شمار گیاهچه گندم بستگی دارد. آن‌ها نشان دادند که طول بوته کامل (۳۰/۲۲٪) و ریشه (۵۷/۷۴٪) پیچک صحرایی و طول ساقه (۱۳/۲۴٪) چاودار از موردهایی بودند که بیشترین حساسیت را به تأثیرهای دگرآسیبی داشتند.

گندم با تولید و ترشح ترکیب‌های شیمیایی بنزوکسازینوئیدها و اسیدهای فنولی به صورت ترشح‌های ریشه‌ای، با ورود پسماند برگ‌ها به خاک یا آبکشی پسماند گیاهی، روی علف‌های ناخواسته اثر دگرآسیبی دارد (Hussain et al., 2022). بررسی‌های تجربی نشان داده‌اند که گندم می‌تواند رشد و تندش بذر چند گونه مهم علف ناخواسته از جمله چچم^۵، خرفه، تاج خروس^۶ و مرغ^۷ را کاهش چشمگیری دهد (González-García et al., 2025). بررسی در سال ۲۰۲۳ روی چهار رقم گندم نشان داد رقم 'Maurizio' بیشترین تأثیر کنترل را بر نوعی چچم و خرفه به ویژه به سبب ترشح بالای بنزوکسازینوئیدها از ریشه‌ها دارد (Vieites-Álvarez et al., 2023).

۳- جو

در پژوهشی، رقم‌های جو از نظر اثرهای دگرآسیبی به سه گروه رقم‌های بسیار دگرآسیب، به نسبت دگرآسیب و با قابلیت دگرآسیبی پایین دسته‌بندی شدند. در میان ترکیب‌های فنولی، اثر تجمعی چهار ترکیب (اسیدهای وانیلیک، کلونیک، پوماریک و فرولیک) در میانگین تندش بذر علف‌های ناخواسته بسیار زیاد بود (Asghari & Tewari, 2007). تعامل دگرآسیبی بین جو و خردل سفید^۱ موجب کاهش مقدار تندش، طول ریشه‌چه، زیست‌توده و سطح برگ خردل سفید از راه فعالیت دگرآسیبی جو شد (Liu & Lovett, 1993). در یونان، از ۵۰ رقم جو مورد ارزیابی برای توان ذاتی دگرآسیبی، رقم 'آتینایدا' در کاهش رشد علف‌های ناخواسته‌ای مانند سوروف (دژگال)، فالاریس و دم‌رواهی^۲ موثر بود (Vasilakoglou et al., 2009). جو، ترکیب‌های بنزوکسازینون‌ها (به‌ویژه DIBOA و BOA) را تولید می‌کند که از راه ریشه‌ها، برگ‌ها و پسماند گیاهی وارد خاک می‌شوند و انتشار آن‌ها، تندش و رشد اولیه علف‌های ناخواسته را مهار می‌کند. علف‌های ناخواسته‌ای مانند سلمه‌تره و تاج‌خروس ریشه قرمز بسیار به ترکیب‌های دگرآسیب پاسخ نشان داده‌اند (Scavo & Mauromicale, 2021).

۴- سورگوم

سورگوم بیشتر در ناحیه‌های نیمه‌خشک، گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان کاشته می‌شود. سورگولئون ماده دگرآسیب مهمی است که در ریشه‌های سورگوم تولید می‌شود (Jabran & Farooq, 2013). استفاده از فرمولاسیون ۴۰۰ گرم ماده موثره در هکتار سورگولئون به صورت کاربرد پس‌رویشی توانست بیش از ۹۰ تا ۱۰۰٪ علف‌های ناخواسته پهن‌برگ (بارهنگ چینی^۳، تاج‌خروس ریشه قرمز، خردل سفید و خرفه) را کنترل کند. در مقایسه با علف‌های ناخواسته، بیشتر گیاهان زراعی کاربرد پیش یا پس‌رویشی سورگولئون را تحمل کردند که به معنی کنترل گزینشی علف‌های ناخواسته در گیاهان زراعی توسط سورگولئون است (Uddin et al., 2014).

۵- برنج

برنج یکی از مهمترین محصولات دانه‌ای در جهان است (Kumar et al., 2016). ماده‌های آللوپاتی در برنج ممکن است شامل مومیلکتون‌ها، ترکیب‌های فنولی و ترکیب‌های برخی از دسته‌های شیمیایی دیگر باشند (Jabran & Farooq, 2013). پژوهشی در جمهوری کره نشان داد که برنج دگرآسیب موجب جلوگیری از رشد علف‌های ناخواسته سوروف (دژگال)، مستور خوابیده^۴ و یونجه^۵ شد (Chon & Kim, 2004). فعالیت دگرآسیبی ۲۷ نژادگان^۶ برنج علیه علف‌های ناخواسته‌ای مانند سوروف (دژگال)، و قاشق‌واش^۷ ارزیابی شد. هفت نژادگان برنج با بیشترین قابلیت دگرآسیبی توانستند موجب کاهش ۹۰ درصدی در رشد علف‌های ناخواسته شوند (Seal & Pratley, 2010). در ایران، ۱۵ رقم برنج برای فعالیت دگرآسیبی و محتوای فنولی بررسی شدند. رقم برنج 'دینورادو' دارای بیشترین فعالیت دگرآسیبی بود و رقم‌های 'دم‌سرخ' و 'دالار' به ترتیب در رتبه‌های بعد قرار گرفتند (Berendji et al., 2008).

برنج دگرآسیب از راه ریشه و پسماندهای خود (پوسته، کاه و کلش) ترکیب‌های شیمیایی آللوپاتی مانند مومیلکتون‌های A و B، اسیدهای فنولیک، تریسین و بنزوکسازولین‌ها را آزاد می‌کند. این ترکیب‌ها موجب مهار تندش و رشد ریشه و ساقه علف‌های ناخواسته می‌شوند (Li et al., 2024). همچنین، گزارش‌هایی از کنترل خرفه و

1. *Sinapis alba* L. 2. *Alopecurus myosuroides* Huds 3. *Plantago asiatica* L. 4. *Eclipta prostrata* L.
5. *Medicago sativa* L. 6. Genotype 7. *Heteroranthra limosa* (Sw.) Willd

چشم توسط برنج و سایر غلات نشانگر تأثیر ضد علف ناخواسته‌ای آن‌ها است. برنج با افزایش ترشح BOA و DIBOA رشد این گونه‌ها را سرکوب می‌کند (González-García *et al.*, 2025).

۶- چاودار

از کاه چاودار می‌توان برای خاکپوش و کنترل علف‌های ناخواسته یا برای تغذیه جانوران یا بستر آن‌ها استفاده کرد (Schulz *et al.*, 2013). ماده‌های آللوپاتیایی اصلی در چاودار، هیدروکسامیک اسید و ترکیب‌های فنولی هستند (Teasdale *et al.*, 2012). به نظر می‌رسد که ریشه‌های چاودار دارای ترکیب‌های آللوپاتیایی بنزوکسازینوئید مانند DIMBOA و DIBOA هستند (Wilkes *et al.*, 1999). با استفاده از چاودار به عنوان گیاه پوششی، ۵۰٪ کنترل علف‌های ناخواسته در ذرت به دست آمد (Malik *et al.*, 2008). گیاه پوششی چاودار توانست اویارسلام زرد^۱ را چهار هفته پس از رویش ذرت سرکوب کند (Bezuidenhout *et al.*, 2012). محصول پوششی چاودار می‌تواند به تقریب ۵۰٪ از علف‌های ناخواسته ذرت را در ابتدای فصل در کشت بدون شخم کنترل کند (Burgos & Talbert, 1996). در سامانه بدون خاک‌ورزی، اگر تراکم علف ناخواسته کم (۲۰ تا ۴۰ بوته در متر مربع) باشد، چاودار می‌تواند سلمه‌تره را کنترل کند (Zasada *et al.*, 1997).

ماده‌های دگرآسیب چاودار از تندش و رشد اولیه علف‌های ناخواسته جلوگیری می‌کنند. این ترکیب‌ها از برگ و ریشه‌های چاودار به خاک آزاد می‌شوند. با استفاده از خاکپوش پسماند چاودار، تراکم علف‌های ناخواسته‌ای مانند تاج‌خروس ریشه قرمز، یولاف وحشی، مرغ و دم روباهی ۴۳ تا ۸۸٪ کاهش یافت. ترکیب چاودار و شبدر به عنوان خاکپوش، می‌تواند موجب افزایش قابلیت دگرآسیبی در کنترل علف‌های ناخواسته شود (Godar *et al.*, 2024).

۷- گیاهان تیره کلم‌سانان (شب‌بوسانان)

برخی از گیاهان تیره کلم‌سانان (شب‌بوسانان) دارای فعالیت دگرآسیبی هستند. شماری از گیاهان این تیره (به‌ویژه گیاهان جنس کلم‌سانان یا شب‌بوسانان) به‌عنوان سبزی، گیاهان علوفه‌ای یا محصول‌های روغنی زراعی کشت می‌شوند. گلوکوزینولات‌ها و ترکیب‌های فنولی مهمترین ماده‌های آللوپاتیایی هستند که توسط گیاهان تیره کلم‌سانان (شب‌بوسانان) ساخته می‌شوند. از ترب^۲ برای کنترل علف‌های ناخواسته در کشتزار پنبه^۳ در ترکیه استفاده می‌شود. در ترکیه، کشاورزان ترب را تا مرحله رویشی رشد می‌دهند و سپس آن را در کشتزار، یعنی پیش از کاشت پنبه، با خاک مخلوط می‌کنند. این عملیات به کنترل علف‌های ناخواسته در فصل طولانی رشد پنبه، کمک می‌کند. همچنین از قابلیت دگرآسیبی ترب برای کنترل قیاق^۴ در پنبه استفاده شده است (Uludag *et al.*, 2006). گیاهان پوششی خردل سفید و ترب در سرکوب علف‌های ناخواسته مانند سلمه‌تره و دانه قناری^۵ در شرایط کشتزار مفید بوده‌اند (Kunz *et al.*, 2016).

گیاهان تیره کلم‌سانان یا شب‌بوسانان (مانند انواع کلزا، خردل و ترب) به دلیل داشتن گلوکوزینولات‌ها در بافت‌های خود شناخته شده‌اند. وقتی بافت این گیاهان آسیب می‌بیند (با تجزیه پسماند یا برش)، این ترکیب‌ها توسط آنزیم میروزیماز تجزیه می‌شوند و ماده‌های ثانویه‌ای مانند ایزوتیوسیانات‌ها، نیتریل‌ها و تیوسیانات‌ها تولید می‌کنند که می‌توانند رشد و تندش بذر علف‌های ناخواسته را مهار کنند. همچنین، ترکیب‌های فنولی مانند وانیلیک اسید، کافئیک

1. *Cyperus esculentus* L.
4. *Sorghum halepense* (L.) Pers

2. *Raphanus sativus* L.
5. *Stellaria media* (L.) Vill.

3. *Gossypium hirsutum* L.

اسید، سیترینیک اسید و مانند این‌ها نقش مهمی در این سازوکار دارند و با مهار زیست‌ساخت پروتئین، نوکلئیک اسید و آنزیم‌ها فعالیت می‌کنند. به بیان دیگر تندش را به تأخیر می‌اندازند یا مهار می‌کنند، طول ریشه و ساقه را کاهش می‌دهند و ویژگی‌های فتوشیمیایی و آنزیمی گیاه ناخواسته را مختل می‌سازند. خردل سفید و ترب تندش برخی از علف‌های ناخواسته را تا ۷۵٪ کاهش دادند. کاهش زیست‌توده علف‌های ناخواسته در حضور کلزا و خردل هندی ۵۰ تا ۹۰٪ گزارش شده است (Shahzad et al., 2019).

نتیجه‌گیری

در گیاهان زراعی چندین گونه مهم وجود دارند که دارای توان ذاتی دگرآسیبی قوی هستند. این توان دگرآسیبی گونه‌های زراعی را می‌توان در قالب شیوه‌های مختلف برای کنترل علف‌های ناخواسته در شرایط کشتزار به کار برد. مهمترین این فن‌ها عبارتند از کاشت رقم‌های زراعی با فعالیت دگرآسیبی علیه علف‌های ناخواسته، بهره‌گیری از پسماند گیاهان زراعی دگرآسیب برای خاکپوش، محصول‌های زراعی دگرآسیب به‌عنوان گیاهان پوششی، کشت مخلوط گیاهان زراعی دگرآسیب با گونه‌های زراعی غیردگرآسیب، بهره‌گیری از گیاهان زراعی دگرآسیب در تناوب زراعی و استفاده از ماده‌های آلویشیمیایی گیاهان زراعی دگرآسیب به‌عنوان علفکش.

در صورت پرکردن برخی از شکاف‌های موجود در دانش کنونی، ماده‌های آلویشیمیایی می‌توانند با علفکش‌های طبیعی فرموله شوند. برای نمونه، مهمترین کار در آینده شامل تعریف دقیق شیوه عمل انواع مختلف ماده‌های آلویشیمیایی است. این کار به‌عنوان اولین گام برای فرمولاسیون ماده‌های آلویشیمیایی از منابع گیاهی در قالب فرآورده‌های تجاری کنترل علف‌های ناخواسته، قابل پیگیری است.

افزون براین، پژوهش‌های آینده باید با توجه به تأثیرهای محیط زیستی و بوم‌شناختی ماده‌های آلویشیمیایی (بر سلامت انسان، جانوران و میکروارگانیسم‌ها در خاک)، بهبود روش‌های واکاوی برای شناسایی و تعیین مقدار ماده‌های آلویشیمیایی، استفاده ترکیبی از ماده‌های آلویشیمیایی یا ماده‌های آلویشیمیایی با دیگر روش‌های کنترل علف‌های ناخواسته، پایش انتقال و تجزیه ماده‌های آلویشیمیایی در خاک (اثر خاک‌های گوناگون بر این فرایندها) و بررسی‌های استفاده از دگرآسیبی برای کنترل علف‌های ناخواسته در سامانه‌های کشاورزی باشد. البته، برای گزینش ماده‌های آلویشیمیایی کار بیشتری مورد نیاز است. این کارها می‌تواند فرصتی برای استفاده از ماده‌های دگرآسیب برای کنترل علف‌های ناخواسته گزینشی در محصول‌های زراعی را فراهم کند.

منابع

- Abbas, T., Ahmad, A., Kamal, A., Nawaz, D., Jamil, M. et al. (2021). Ways to use allelopathic potential for weed management: a Review. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 5. Retrieved from: <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2021.09.020>.
- Aliki, H.M., Reade, J.P. & Back, M.A. (2014). Effects of concentrations of *Brassica napus* (L.) water extracts on the germination and growth of weed species. *Allelopathy Journal*, 34, 287-298.
- Alsaadawi, I.S. & Dayan, F.E. (2009). Potentials and prospects of sorghum allelopathy in agroecosystems. *Allelopathy Journal*, 24, 255-270.

- Al-Sherif, E., Hegazy, A., Gomaa, N. & Hassan, M. (2013). Allelopathic effect of black mustard tissues and root exudates on some crops and weeds. *Planta Daninha*, 31, 11–19.
- Asghari, J. & Tewari, J.P. (2007). Allelopathic potentials of eight barley cultivars on *Brassica jucea* (L.) Czern. and *Setaria viridis* (L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 9, 165–176.
- Ashrafi, Y.Z., Sadeghi, S., Mashhadi, R.H. & Hassan, A.M. (2008). Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 4, 219–229.
- Barnes, J.P. & Putnam, A.R. (1987). Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). *Journal of Chemical Ecology*, 13, 889–906.
- Berendji, S., Asghari, J.B. & Matin, A.A. (2008). Allelopathic potential of rice (*Oryza sativa*) varieties on seedling growth of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Journal of Plant Interactions*, 3, 175–180.
- Bezuidenhout, S., Reinhardt, C. & Whitwell, M. (2012). Cover crops of oats, stooling rye and three annual ryegrass cultivars influence maize and *Cyperus esculentus* growth. *Weed Research*, 52, 153–160.
- Burgos, N.R. & Talbert, R.E. (1996). Weed control and sweet corn (*Zea mays* var. *rugosa*) response in a no-till system with cover crops. *Weed Science*, 44, 355–361.
- Burgos, N.R., Talbert, R.E. & Mattice, J.D. (1999). Cultivar and age differences in the production of allelochemicals by *Secale cereale*. *Weed Science*, 47, 481–485.
- Burgos, N., Talbert, R., Kim, K. & Kuk, Y. (2004). Growth inhibition and root ultrastructure of cucumber seedlings exposed to allelochemicals from rye (*Secale cereale*). *Journal of Chemical Ecology*, 30, 671–689.
- Cheng, F., Cheng, Z., Meng, H., Tang, X. & Zhang, G. (2020). Allelopathy and allelochemicals of rice – A review of recent progress. *Agronomy*, 10(4), 561. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040561>.
- Chon, S.U. & Kim, Y.M. (2004). Herbicidal potential and quantification of suspected allelochemicals from four grass crop extracts. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190, 145–150.
- Dayan, F.E., Duke, S.O. & Belz, R.G. (2021). Sorgholeone and other allelochemicals from *Sorghum bicolor*: Physiology and potential for weed management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(4), 1189–1200. Retrieved from: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06473>.
- Einhellig, F.A. (1995). Mechanism of action of allelochemicals in allelopathy. In: *Allelopathy: Vol. 582. ACS Symposium Series* (pp. 96–116). Washington, DC: American Chemical Society.
- Einhellig, F.A., Rasmussen, J.A., Hejl, A.M. & Souza, I.F. (1993). Effects of root exudate sorgoleone on photosynthesis. *Journal of Chemical Ecology*, 19, 369–375.
- El Marsni, Z., Casas, L., Mantell, C., Rodriguez, M., Torres, A., Macias, F., Martinez de la Ossa, E.J., Molinillo, J.M.G. & Varela R.M. (2011). Potential allelopathic of the fractions obtained from sunflower leaves using supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 60, 28–37.
- El Marsni, Z., Torres, A., Varela, R.M., Molinillo, J.M., Casas, L., Mantell, C., Martinez de la Ossa, E.J. & Macias, F.A. (2015). Isolation of bioactive compounds from sunflower leaves (*Helianthus annuus* L.) extracted with supercritical carbon dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 6410–6421.
- Fang, C.X., He, H.B., Wang, Q.S., Qiu, L., Wang, H.B., Zhuang, Y.E., Xiong, J. & Lin, W.X. (2010). Genomic analysis of allelopathic response to low nitrogen and barnyardgrass competition in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Growth Regulation*, 61, 277–286.
- Farhoudi, R. & Lee, D.J. (2015). Allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annuus*) water extracts to reduce the pendimethalin herbicide dose to control *Chenopodium album* in corn (*Zea mays*). *Allelopathy Journal*, 35, 97–108.

- Gerhards, R. & Schappert, C. (2024). Weed suppression by cover crops: A field evaluation of allelopathic potential in different cereal and legume mixtures. *Weed Research*, 64(1), 12–23. Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/wre.12627>.
- Gershenzon, J. & Dudareva, N. (2007). The function of terpene natural products in the natural world. *Nature Chemical Biology*, 3, 408–414.
- Gniazdowska, A. & Bogatek, R. (2005). Allelopathic interactions between plants. Multi site action of allelochemicals. *Acta Physiologiae Plantarum*, 27, 395–407.
- Godar, A.S., Norsworthy, J.K. & Barber, L. T. (2024). Effect of cereal rye cover crop termination timings on weed control and corn yield under a two-pass herbicide program. *Frontiers in Agronomy, Sec. Weed Management*, 6, 2024. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1419228>.
- González-García, E., Sánchez-Moreiras, A.M. & Vieites-Álvarez¹, Y. (2025). Allelopathic potential and chemical profile of wheat, rice and barley against the herbicide-resistant weeds *Portulaca oleracea* L. and *Lolium rigidum* Gaud. *BMC Plant Biology*, 25, 624. Retrieved from: <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06634-3>.
- Hura, T., Dubert, F., Dąbkowska, T., Stupnicka-Rodzynekiewicz, E., Stokłosa, A. & Lepiarczyk, A. (2006). Quantitative analysis of phenolics in selected crop species and biological activity of these compounds evaluated by sensitivity of *Echinochloa crus-galli*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 28, 537–545.
- Hussain, M.I., Vieites-Álvarez, Y., Otero, P., Prieto, M.A., Simal-Gandara, J., Reigosa, M.J. & Sánchez-Moreiras A. M. (2022). Weed pressure determines the chemical profile of wheat (*Triticum aestivum* L.) and its allelochemicals potential. *Pest Management Science*, 78(4):1605–1619. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/ps.6779>.
- IAS (International, Allelopathy and Society). (1996). *Constitution. Drawn up during the First World Congress on Allelopathy: A science for the future*, Cadiz, Spain.
- Jabran, K. & Farooq, M. (2013). Implications of potential allelopathic crops in agricultural systems. In Z. A. Cheema, M. Farooq, & A. Wahid (Eds.), *Allelopathy* (pp. 349–385). Berlin: Springer.
- Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V. & Chauhan, B.S. (2015). Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72, 57–65.
- Janusauskaite, D. (2023). The allelopathic activity of aqueous extracts of *Helianthus annuus* L., grown in Boreal conditions, on germination, development, and physiological indices of *Pisum sativum* L. *Plants*, 12(9), 1920. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/plants12091920>.
- Khaliq, A., Matloob, A., Tanweer, A. & Khan, M.B. (2012). Naturally occurring phytotoxins in allelopathic plants help reduce herbicide dose in wheat. *Natural Product Research*, 26, 1156–1160.
- Khamare, Y., Chen, J. & Marble, S.C. (2022). Allelopathy and its application as a weed management tool: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1-17. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034649>
- Kumar, A., Sengupta, B., Dasgupta, D., Mandal, T. & Datta, S. (2016). Recovery of value added products from rice husk ash to explore an economic way for recycle and reuse of agricultural waste. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 15, 47–65.
- Kunz, C., Sturm, D., Varnholt, D., Walker, F. & Gerhards, R. (2016). Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. *Plant, Soil and Environment*, 62, 60–66.
- Labbafi, M.R., Hejazi, A., Maighany, F., Khalaj, H. & Mehrafarin, A. (2010). Evaluation of allelopathic potential of Iranian wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars against weeds. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1, 355–361.
- Li, J., Wang, T., Fan, Y., Chen, S., Ye, X., Wang, Y. & Cheng, C. (2024). Inductive effect of exogenous abscisic acid on the weed-suppressive activity of allelopathic and non-allelopathic rice accessions at the root level. *Agronomy*, 14, 2297. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/agronomy14102297>

- Li, Z.H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.D. & Jiang, D.A. (2010). Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15, 8933–8952.
- Liu, D.L. & Lovett, J. (1993). Biologically active secondary metabolites of barley. I. Developing techniques and assessing allelopathy in barley. *Journal of Chemical Ecology*, 19, 2217–2230.
- Makowska, B., Bakera, B. & Rakoczy-Trojanowska, M. (2015). The genetic background of benzoxazinoid biosynthesis in cereals. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(176), 1–12.
- Malik, M.S., Norsworthy, J.K., Culpepper, A.S., Riley, M.B. & Bridges Jr., W. (2008). Use of wild radish (*Raphanus raphanistrum*) and rye cover crops for weed suppression in sweet corn. *Weed Science*, 56, 588–595.
- Mithen, R. (2001). Glucosinolates—biochemistry, genetics and biological activity. *Plant Growth Regulation*, 34, 91–103.
- Motmainna, M., Juraimi, A.S., Ahmad-Hamdani, M.S., Hasan, M., Yeasmin, S., Anwar, M.P. & Mominul Islam, A.K.M. (2023). Allelopathic potential of tropical plants: a review. *Agronomy*, 13(8), 2063. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/agronomy13082063>
- Mushtaq, W. & Fauconnier, M.L. (2024). Phenolic profiling unravelling allelopathic encounters in agroecology. *Plant Stress*, 13, 100523. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100523>
- Muzell Trezzi, M., Vidal, R.A., Balbinot Junior, A.A., von Hertwig Bittencourt, H. & da Silva Souza Filho, A.P. (2016). Allelopathy: driving mechanisms governing its activity in agriculture. *Journal of Plant Interactions*, 11, 53–60.
- Niemeyer, H.M. (1988). Hydroxamic acids (4-hydroxy-1, 4-benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the Gramineae. *Phytochemistry*, 27, 3349–3358.
- Nikneshan, P., Karimmojeni, H., Moghanibashi, M. & al-Sadat-Hosseini, N. (2011). Allelopathic potential of sunflower on weed management in safflower and wheat. *Australian Journal of Crop Science*, 5(11), 1434–1440.
- Pedrol, N. & Puig, C.G. (2024). Application of Allelopathy in Sustainable Agriculture. *Agronomy*, 2024, 14, 1362. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/agronomy14071362>.
- Qi, Y.Z., Zhen, W.C. & Li, H.Y. (2015). Allelopathy of decomposed maize straw products on three soil-born diseases of wheat and the analysis by GC-MS. *Journal of Integrative Agriculture*, 14, 88–97.
- Rahaman, F., Juraimi, A., Rafii, M., Uddin, K., Hassan, L., Chowdhury, A., Karim, S., Rezaul, M., Rini, B., Oladosu, Y., Bashar, H. M. & Hossain, A. (2022). Allelopathic potential in rice - a biochemical tool for plant defence against weeds. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1072723. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1072723>
- Rashid, H., Tahir, N., Zamin, M., Shehzad, N., Ullah, A., Zainub, B. & Azam, F. (2021). Integration of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Conard Moench.], sunflower (*Helianthus annuus* L.) and parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.) allelopathy for weed management in maize under different tillage regimes. *Sarhad Journal of Agriculture*, 37. Retrieved from: <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.4.1323.1333>.
- Rice, E. L. (1984). *Allelopathy*. 2nd Edition, Academic Press, New York, 422 p.
- Rice, C.P., Cai, G. & Teasdale, J.R. (2012). Concentrations and allelopathic effects of benzoxazinoid compounds in soil treated with rye (*Secale cereale*) cover crop. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 4471–4479.
- Rizvi, S., Haque, H., Singh, V. & Rizvi, V. (1992). A discipline called allelopathy. In *Allelopathy* (pp. 1–10). Berlin: Springer.
- Scavo, A. & Mauromicale, G. (2021). Crop allelopathy for sustainable weed management in agroecosystems: Knowing the present with a view to the future. *Agronomy*, 11(11), 2104. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/agronomy11112104>
- Schmelz, E.A., Huffaker, A., Sims, J.W., Christensen, S.A., Lu, X. *et al.* (2014). Biosynthesis, elicitation and roles of monocot terpenoid phytoalexins. *The Plant Journal*, 79, 659–678.

- Schulz, M., Marocco, A., Tabaglio, V., Macias, F.A. & Molinillo, J.M. (2013). Benzoxazinoids in rye allelopathy-from discovery to application in sustainable weed control and organic farming. *Journal of Chemical Ecology*, 39, 154–174.
- Scognamiglio, M., D'Abrosca, B., Esposito, A., Pacifico, S., Monaco, P. & Fiorentino, A. (2013). Plant growth inhibitors: allelopathic role or phytotoxic effects? Focus on Mediterranean biomes. *Phytochemistry Reviews*, 12, 803–830.
- Seal, A. & Pratley, J. (2010). The specificity of allelopathy in rice (*Oryza sativa*). *Weed Research*, 50, 303–311.
- Serra, A. A., Gomes, M. M. A., Ferreira, R. R., dos Santos, J. B. & Coelho, C. M. M. (2025). Allelopathic potential of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes on weed control. *BMC Plant Biology*, 25, Article 113. Retrieved from: <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06634-3>
- Shahzad, B., Ur Rehman, S., Bajwa, A., Hussain, S., Rehman, A., Alam, S., Abbas, T., Ali, A., Shah, L., Adkins, S. & Li, P. (2019). Utilizing the allelopathic potential of brassica species for sustainable crop production: a review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38. Retrieved from: [10.1007/s00344-018-9798-7](https://doi.org/10.1007/s00344-018-9798-7)
- Song, B., Xiong, J., Fang, C., Qiu, L., Lin, R., Liang, Y. & Lin, W. (2008). Allelopathic enhancement and differential gene expression in rice under low nitrogen treatment. *Journal of Chemical Ecology*, 34, 688–695.
- Staman, K., Blum, U., Louws, F. & Robertson, D. (2001). Can simultaneous inhibition of seedling growth and stimulation of rhizosphere bacterial populations provide evidence for phytotoxin transfer from plant residues in the bulk soil to the rhizosphere of sensitive species? *Journal of Chemical Ecology*, 27, 807–829.
- Teasdale, J.R., Rice, C.P., Cai, G. & Mangum, R.W. (2012). Expression of allelopathy in the soil environment: Soil concentration and activity of benzoxazinoid compounds released by rye cover crop residue. *Plant Ecology*, 213, 1893–1905.
- Tseu, R. & Dias, T. (2021). Glucosinolate-rich brassica green manures for weed control in sustainable farming systems. *Sustainability*, 13(2), 789. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su13020789>
- Uddin, M.R., Park, K.W., Kim, Y.K., Park, S.U. & Pyon, J.Y. (2010). Enhancing sorgoleone levels in grain sorghum root exudates. *Journal of Chemical Ecology*, 36, 914–922.
- Uddin, M.R., Park, S.U., Dayan, F.E. & Pyon, J.Y. (2014). Herbicidal activity of formulated sorgoleone, a natural product of sorghum root exudate. *Pest Management Science*, 70, 252–257.
- Uludag, A., Uremis, I., Arslan, M. & Gozcu, D. (2006). Allelopathy studies in weed science in Turkey—A review. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 20, 419–426.
- Vasilakoglou, I., Dhima, K., Lithourgidis, A. & Eleftherohorinos, I. (2009). Allelopathic potential of 50 barley cultivars and the herbicidal effects of barley extract. *Allelopathy Journal*, 24.
- Vieites-Álvarez, Y., Otero, P., Prieto, M.A., Simal-Gandara, J., Reigosa, M.J., Sánchez-Moreiras, A. M. & Hussain, M.I. (2023). Testing the role of allelochemicals in different wheat cultivars to sustainably manage weeds. *Pest Management Science*, 79(7), 2625–2638. Retrieved from: <https://doi.org/1002/ps.7444>
- Venturelli, S., Belz, R.G., Kamper, A., Berger, A., von Horn, K. et al. (2015). Plants release precursors of histone deacetylase inhibitors to suppress growth of competitors. *The Plant Cell*, 27, 3175–3189.
- Wang, J. & Li, X. (2022). Cover crops and their allelopathic effects on weed suppression: A review. *Plants*, 11(12), 1549. <https://doi.org/10.3390/plants11121549>.
- Wilkes, M.A., Marshall, D.R. & Copeland, L. (1999). Hydroxamic acids in cereal roots inhibit the growth of take-all. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1831–1836.
- Wu, H., Haig, T., Pratley, J., Lemerle, D. & An, M. (2000a). Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): Variation of phenolic acids in root tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5321–5325.

- Wu, H., Haig, T., Pratley, J., Lemerle, D. & An, M. (2000b). Distribution and exudation of allelochemicals in wheat *Triticum aestivum*. *Journal of Chemical Ecology*, 26, 2141–2154.
- Wu, H., Haig, T., Pratley, J., Lemerle, D. & An, M. (2001). Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): Production and exudation of 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazin-3-one. *Journal of Chemical Ecology*, 27, 1691–1700.
- Zasada, I.A., Linker, H.M. & Coble, H.D. (1997). Initial weed densities affect no-tillage weed management with a rye (*Secale cereale*) cover crop. *Weed Technology*, 11, 473–477.
- Zheng, Y., Liu, X., Dong, F., Li, J., Gong, Y. & Zhu, G. (2010). Biological induction of DIMBOA in wheat seedlings by weeds. *Allelopathy Journal*, 25, 433-440.

Using of Allelopathic Properties of Agronomic Plants for Weed Control

Salehi, F.¹ and Jalali, A.H.²

Plants affect the growth of other plants through the use of certain chemical compounds (allelochemicals), a process known as allelopathy. Presence of allelopathic compounds have also been reported in various plant species. The most important allelochemical groups in major crops include phenolics, benzoxazoles, sorgoleon, glucosinolates, terpenes, alkaloids, and mumilactones. The allelopathic potential of crops can be used for weed control in the field. This may become possible by characterizing the allelopathic activities of crops and their application methods for weed control. These methods include the development of slow-growing crop cultivars with allelopathic potential, intercropping a crop with allelopathic potential with a crop without this feature, growing another crop with allelopathic activity in the field, using crop residues with allelopathic properties as mulch, and using an allelopathic crop as a cover crop. Given the increasing environmental risks caused by chemical pesticides, the commercialization of allelopathic compounds for weed control is an attractive branch of research.

Key words: Allelochemicals, Allelopathic crops, Allopathy, Weeds.

1. Corresponding author's Email: f.salehi@areeo.ac.ir

2. Associate Research Professors, Crop and Horticultural Science Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, respectively.