

درک صدا در گیاهان

Sound Perception in Plants

بهاره شاه محمدی

دکترای گیاه‌پزشکی گرایش حشره‌شناسی کشاورزی

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

Shahmohamadi.b72@ut.ac.ir

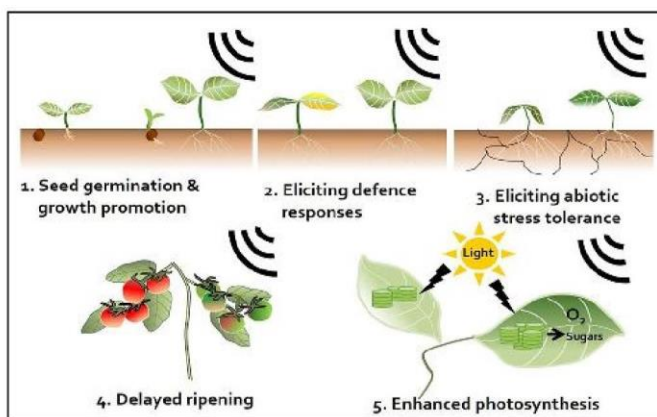
چکیده

دریافت صدا توسط گیاهان و توانایی پاسخ به آن اهمیت زیادی برای بقا و زنده‌مانی آن‌ها دارد. گیاهان با درک صدای گرده‌افشان‌ها به‌ویژه زنبورها، نشانه‌هایی به آن‌ها می‌دهند که به‌طرف گیاه جذب شده و همچنین شیرینی شهد خود را برای جذب هرچه بیشتر گرده‌افشان‌ها، افزایش می‌دهند؛ که این امر در پراکنده شدن بذرها و زنده‌مانی گیاه نقش اساسی را بازی می‌کند. در آزمایشی مشخص شده است که اگر برای گیاهان صدای ضبط شده خورده شدن برگ توسط گیاه‌خوار پیش از حمله گیاه‌خوار به گیاه پخش شود، گیاه واکنش دفاعی بیشتر و بهتری خواهد داشت. از آنجایی که کنترل حشرات گیاه‌خوار به‌عنوان آفت، برای انسان‌ها بسیار حائز اهمیت است، از این واکنش گیاه به درک صدا می‌توان برای کنترل بهتر آفات بهره جست.

کلمات کلیدی: صدا- گیاهان- گرده‌افشانی- گیرنده مکانیکی- شهد- زنده‌مانی

مقدمه

آزمایشی روی گیاه آرابیدوپسیس^۲ نشان داد که این گیاه بین صدای جویده شدن برگ توسط لارو پروانه خون‌آشام و ارتعاشات باد تمایز قائل می‌شود و بعد از شنیدن صدای ضبط شده خورده شدن برگ، مواد سمی بیشتری تولید می‌کند. Heidi M. Appel دانشمند اسپانیایی حوزه محیط‌زیست می‌گوید که برگ، یک آشکارساز حساس به لرزش است. همچنین Michael Schone زیست‌شناس آلمانی اظهار داشته است که گیاهان ممکن است اندامی داشته باشند که صدا را درک کند. ارتعاشات صدا می‌تواند باعث پاسخ گیاه از طریق گیرنده‌های مکانیکی شود. این گیرنده‌ها می‌توانند خیلی نازک با ساختار مویی شکل بوده و شبیه به یک غشا عمل کنند (Kait et al., ۲۰۱۹).



شکل ۱- مزایای درک صدا توسط گیاهان: ۱- افزایش جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه ۲- افزایش کارایی سیستم دفاعی ۳- افزایش مقاومت به خشکی ۴- دیررسی میوه ۵- افزایش میزان فتوسنتز

آیا گیاهان می‌توانند بشنوند؟ آن‌ها چه صدایی را برای گوش دادن ترجیح می‌دهند؟ محیط اطراف گیاهان شامل صداهایی است که حاوی اطلاعات هستند و توسط عوامل زیستی و غیر زیستی تولید می‌شوند. توانایی پاسخ به این صداها می‌تواند ارزش سازگاری زیادی برای گیاهان داشته باشد؛ زیرا صداها سریع منتقل شده و به‌طور طبیعی در محیط اطراف گیاه وجود دارد و اطلاعات مهمی از حضور گرده‌افشان‌ها، گیاه‌خوارها قارچ‌خوارها، شرایط آب و هوایی و منابع ضروری از جمله آب را به گیاه می‌رسانند. محرک‌های صدا در طول زمان نقش مهمی بازی می‌کنند و پاسخ‌های متفاوتی مانند تحریک جوانه‌زنی بذر، رشد گیاه، تأخیر در رسیدن میوه، افزایش مقاومت آن‌ها به استرس خشکی، تغییر هورمون‌های درون‌زاد و سیستم دفاعی، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها و متابولیسم در گیاهان مختلف القا می‌کنند (شکل ۱). پدیده فیتوآکوستیک^۱ که از ترکیب دو واژه «فیتو» که اشاره به گیاه دارد و «آکوستیک» به معنای صداشناسی ساخته شده است، به نحوه تولید و تشخیص صدا در گیاهان می‌پردازد. گیاهان با تغییر در بیان ژن‌ها (فرآیندی که در آن از اطلاعات ژن استفاده می‌شود تا یک محصول کاربردی از آن به دست آید) سبب تغییر مقاومت در برابر بیماری‌ها و همچنین تغییر در ترکیب شهدشان می‌شوند و از این طریق به صداها پاسخ می‌دهند. گیاهان ممکن است بتوانند صدای آب‌های جاری و حشرات را بشنوند. در گذشته دانشمندان ادعا می‌کردند موسیقی می‌تواند به رویش گیاه کمک کند. امروزه تحقیقات جدید نشان می‌دهند که گیاه قادر به تشخیص صدای جریان آب در پمپ‌ها و یا صدای بال زدن حشرات بالدار مانند صدای وزوز زنبورها است. در سال ۲۰۱۴

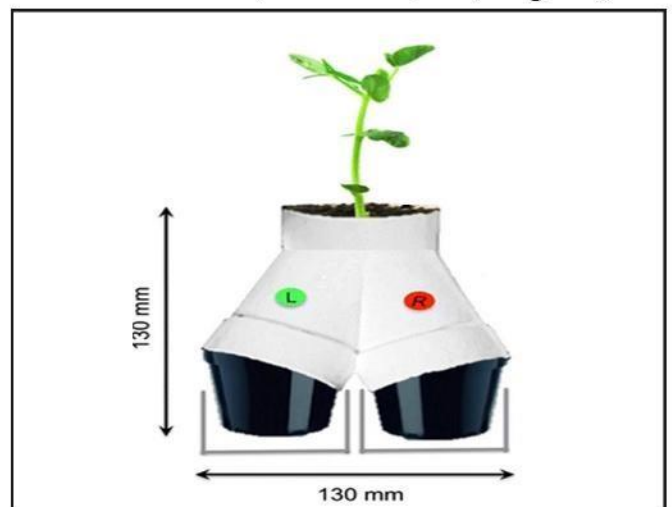
گیرنده‌های صدا در گیاهان

۱) گیرنده مکانیکی

محققان نشان دادند که گیاه آرابیدوپسیس قرار گرفته شده در معرض لارو پروانه خون‌آشام، با فعالیت مجموعه‌ای از گیرنده‌های مکانیکی، سطح گلوکوزینولات و آنتوسیانین را برای دفاع در برابر خورده شدن افزایش می‌دهد (Appel et al., ۲۰۱۴). این دو ماده ذکر شده در نقش استتار و حفاظت گیاه در برابر گیاه‌خوارانی که به طیف رنگی قرمز نابینا هستند، عمل می‌کنند. تحقیقات نشان داده‌اند گیاهان می‌توانند به لرزش‌هایی در مقیاس میکرومتری پاسخ دهند که این توانایی سبب مقاومت گیاهان به بیماری‌ها می‌شود (Chebab et al., ۲۰۰۸).

۲) صدای تولید شده در خاک و آب

اگرچه امواج صوتی به‌طور عمده از طریق هوا منتقل و سبب ارتباطات صوتی می‌شوند اما صدا می‌تواند از طریق خاک هم منتقل شود. به عنوان مثال صدای جاری شدن آب‌های زیرزمینی بیشتر از طریق خاک عبور می‌کند و می‌تواند پیامدهای مهمی برای گیاه داشته باشد. در تحقیقات جدید در دانشگاه استرالیا، دانه‌های نخود فرنگی را در رأس یک ظرف Y شکل قرار دادند که یک بازوی آن به یک ظرف آب و بازوی دیگر آن به یک ظرف حاوی خاک خشک متصل بود (شکل ۲). نتایج نشان داد که ریشه به‌طرف منبع آب رشد می‌کند (Gagliano et al., ۲۰۱۹). در مطالعه دیگر آمده است که گیاه آرابیدوپسیس به سمت صدایی با بسامد ۲۰۰ کیلو هرتز که بسامد صدای جریان آب است، رشد می‌کند (Moreno et al., ۲۰۱۷).



شکل ۲- ظرف Y شکل مورد استفاده در آزمایش

۳) صداهای هوازاد

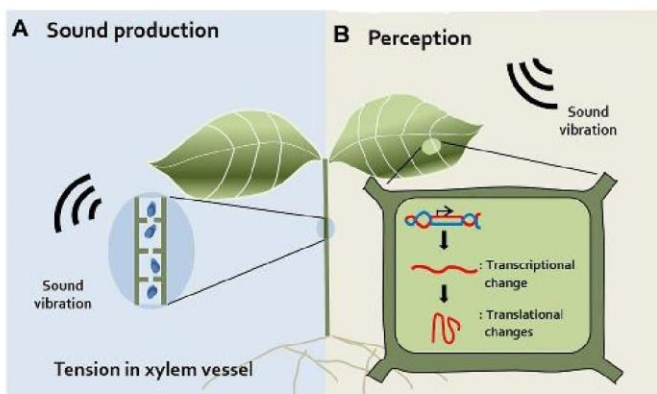
شواهد نشان می‌دهند گیاهان می‌توانند به صداهایی که از طریق هوا منتقل می‌شوند نیز پاسخ دهند. نمونه‌های مطالعه روی پاسخ گیاهان به صداهای هوازاد به شرح زیر است (جدول ۱). گزارش شده که گیاه آرابیدوپسیس در پاسخ به این صداها الگوی بیان ژن و همچنین تولید پروتئین خود را تغییر می‌دهد به‌طوری‌که با ۱ ساعت در معرض قرارگیری ۱۵۰ ژن تحت تأثیر قرار گرفتند. همچنین مشاهده شده زمانی که این گیاه در معرض صداهایی با بسامد ۱۰۰۰ هرتز به مدت ۱۰ روز قرار می‌گیرد توانایی تحمل بیماری‌هایی که ممکن است توسط باکتری‌ها ایجاد گردد، در آن افزایش می‌یابد (Gosh et al., ۲۰۱۶). قرارگیری هر دو گیاه آرابیدوپسیس و برنج به مدت یک ساعت در معرض صداهایی با بسامدهای ۰/۸، ۱/۱ و ۱/۵ کیلوهرتز، سبب بهبود مقاومت آن‌ها به خشکی می‌شود (Jeong et al., ۲۰۱۴). همچنین گیاه یونجه وقتی به مدت دو ساعت تحت بسامد ۱۰۰۰ هرتز قرار می‌گیرد، ترکیبات آسکوربیک اسید که در سیستم دفاعی گیاه نقش اساسی دارند، تقریباً به میزان ۵۰ درصد در آن‌ها افزایش می‌یابد (Kim et al., ۲۰۱۷).

منبع	پاسخ گیاه	طول مدت	بسامد (هرتز)	مرحله رشدی	نام گیاه
kaits et al., 2019	تولید شهد شیرین‌تر	۳ دقیقه	صدای ضبط شده زنبور	گلدهی	گل باعجال
Gosh et al., 2016	افزایش بیان پروتئین و ژن وابسته به فتوسنتز	یک ساعت	۵۰۰	مرحله جوانه‌زنی	آرابیدوپسیس
Kim et al., 2015	دیررسی میوه	۶ ساعت	۱۰۰۰	میوه	گوجه‌فرنگی
Hassaneh et al., 2014	افزایش محصول	۳ ساعت	۱۰۰-۱۰۰۰	مرحله جوانه‌زنی	بنبیه
Hassaneh et al., 2014	افزایش محصول	۳ ساعت	۱۰۰-۱۰۰۰	مرحله جوانه‌زنی	خیار
Hassaneh et al., 2014	افزایش محصول	۳ ساعت	۱۰۰-۱۰۰	مرحله جوانه‌زنی	کلم
Hassaneh et al., 2014	افزایش محصول	۱ ساعت	۱۰۰-۱۰۰۰	مرحله جوانه‌زنی	اسفناج
Jeong et al., 2014	مقاومت به تنش خشکی	۱ ساعت	۸۰۰-۱۰۰۰	مرحله جوانه‌زنی	برنج
Qi et al., 2009	افزایش فتوسنتز	۳ ساعت	نامشخص	مرحله جوانه‌زنی	توت‌فرنگی
Bacu et al., ۲۰۰۴	تغییر سطح هورمون‌ها	۱ ساعت	۱۴۰۰	مرحله کالوس بالغ	داودی

جدول ۱- پاسخ گیاهان مختلف به صداهای هوازاد

سازگاری ریخت‌شناختی گیاهان نسبت به صدا

در نتیجه تشکیل حفره در آوند چوبی گیاه باشد. بدین گونه که این حفره سبب تشکیل حباب‌هایی شده و با فروپاشی و از بین رفتن این حباب‌ها امواج صوتی تولید می‌گردد (Simon et al., ۲۰۱۱). این پدیده در سال ۱۹۶۶ ثبت شده است (شکل ۴) (Milburn., ۱۹۶۶).



شکل ۴- A- نحوه تولید صدا در آوند چوبی، B- نحوه درک صدا و تغییر در الگوی بیان ژن و تولید پروتئین

نتیجه‌گیری

با توجه به رشد روزافزون جمعیت انسان‌ها، تولید غذای سالم اهمیت زیادی پیدا کرده است. از آنجایی که ۳۵ درصد از غذای انسان وابسته به گرده‌افشان‌هاست، درک صدای گرده‌افشان‌ها توسط گیاهان اهمیت زیادی برای انسان دارد و می‌توان برای تولید شهد شیرین‌تر در گیاه به‌منظور جذاب‌تر شدن آن برای گرده‌افشان‌ها، قبل از حضور آن‌ها، صدای ضبط‌شده بال زدن آن‌ها را برای گیاه بازپخش کرد. از طرفی دیگر از آنجایی که دیده شده گیاهانی که در معرض صدای ضبط‌شده جویده شدن برگ توسط لارو پروانه خون‌آشام قرار می‌گیرند نسبت به گیاهان سالم مواد سمی بیشتری تولید می‌کنند، می‌توان از این موضوع برای کنترل بهتر آفات بهره جست. بدین صورت که با پخش صدای جویده شدن برگ برای گیاه پیش از حمله آفت، مقاومت آن را با القای تولید مواد دفاعی افزایش داد.

گل‌هایی به شکل کاسه مانند و بزرگ می‌توانند شبیه به گوش خارجی پستانداران عمل کنند و سبب تقویت صدا و پیدا کردن دامنه‌های بسامدها گردند. در بعضی از موارد خاص، گرده‌افشانی توسط خفاش‌ها نمونه‌های خارق‌العاده برای سازگاری‌های ریخت‌شناختی گیاه است به‌ویژه سازگاری‌هایی مربوط به انعکاس صدا و پژواک مشخص در پاسخ به نشانه‌های دریافتی از خفاش‌ها، شناخته شده است و بخش‌های زیادی از گیاهان هستند که پژواک مشخصی تولید می‌کنند که برای تشخیص موقعیت‌های جغرافیایی آن‌ها توسط خفاش موثر است. این سازگاری نوعی رابطه همزیستی برای دو طرف محسوب می‌شود که هر دو از آن سود می‌برند. به‌طور مثال دو گونه از خفاش‌های آمریکای مرکزی به طرف برگ‌های دیسکی شکل نوعی انگور جنگلی که پژواک‌های بلندی از زوایای مختلف برگ تولید می‌کنند (شکل ۳)، جذب می‌شوند (Simon et al., ۲۰۱۱).



شکل ۳- برگ دیسکی شکل که پژواک‌های بلند از زوایای مختلف خود تولید می‌کند

انتشار صدا توسط گیاهان

گیاهان محدوده وسیعی از صداها را منتشر می‌کنند. صداهای تولید شده به هنگام جدا شدن برگ‌ها تحت تأثیر باد یا شکسته شدن شاخه‌های تحت فشار از جمله این صداهای انتشار یافته‌اند. گزارش شده است که گیاهان تحت استرس خشکی اصواتی را منتشر می‌کنند که می‌توانند