

اصول فنی و مدیریت مصرف مواد محرک رشد گیاهی در زراعت سیب زمینی

رحیم مطلبی فرد^{۱*}

^۱ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

* نویسنده مسئول: آدرس پست الکترونیکی: (Email: motalebifard@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۴

تاریخ انجام اصلاحات: ۱۳۹۷/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۷

چکیده

سیب زمینی یکی از محصولات زراعی مهم کشور است و در سبد غذایی جامعه ایرانی جایگاه ویژه دارد. استفاده از انواع کودها باعث افزایش تولید محصولات زراعی می شود ولی در کنار تأثیر مثبت این کودها، مشکلاتی هم در سلامت محصولات و مسائل زیست محیطی حادث می گردد. برای تعدیل اثرهای نامطلوب کودهای شیمیایی، استفاده از مواد محرک رشد در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است. مواد محرک رشد موادی هستند که در مقادیر کم مصرف، نقش بارزی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت دارند. مواد محرک رشد در چهار دسته عمدۀ اسید هیومیک، اسیدهای آمینه، عصاره های جلبک و ریزجانداران محرک رشد تقسیم بندی می شوند. استفاده از مواد محرک رشد باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی می شوند و در شرایط بروز تنش های زیستی و غیر زیستی اهمیتشان بیشتر می گردد. باید توجه نمود که مواد محرک رشد جایگزین کودهای شیمیایی نیستند و در تعامل و همراهی با کودهای شیمیایی و آلی بیشترین اثر را دارا هستند.

واژگان کلیدی: اسید هیومیک، اسیدهای آمینه، باکتری های محرک رشد، سیب زمینی، عصاره جلبک

مقدمه:

برای ساخت محرک‌های رشد گیاهی از موادی با فرمول، ترکیب و ماهیت متفاوت استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان ریزجانداران، عناصر کم‌مصرف، آنزیم‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و عصاره جلبک‌ها اشاره کرد؛ ولی محرک‌های رشدی که خیلی مرسوم هستند دارای سه گروه عمده ترکیبات هوموسی، عصاره‌های جلبک و ترکیبات دارای اسید آمینه می‌باشند که به خاک یا گیاه اضافه می‌شوند تا فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهی را تنظیم یا تقویت نمایند. ترکیبات هوموسی و عصاره‌های جلبک دارای مقادیر مشخصی از هورمون‌های رشد گیاهی از جمله اکسین، جیبرلین بوده و فیزیولوژی محصولات زراعی را در مقادیر کم مصرف متأثر می‌سازند.

ترکیبات هوموسی، متابولیسم و مورفولوژی گیاهی را با عمل بر روی مکانیسم‌های بیوشیمیایی و فرآیندهای فیزیولوژیکی تحت تأثیر قرار می‌دهد. این فرآیندها شامل افزایش رشد و جذب عناصر غذایی از طریق تحت تأثیر قرار دادن مسیرهای گلیکولیز و تنفس و تأثیر مستقیم در بیان ژنها و انتقال عناصری مانند نیترات می‌باشد. عصاره جلبک دریایی دارای مقادیر مشخصی از هورمون‌های رشد گیاهی از جمله اکسین، جیبرلین بوده و فیزیولوژی محصولات زراعی را در مقادیر کم مصرف متأثر می‌سازند و بدین شکل باعث تحریک رشد گیاهان مخصوصاً در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود.

سیب‌زمینی جزو مهمترین محصولات زراعی دنیا می‌باشد و بعد از ذرت، گندم و برنج چهارمین محصول از نظر تولید محصول در دنیا می‌باشد (۵). در ایران هم سیب‌زمینی با حدود ۵ میلیون تن تولید بعد از گندم، نیشکر، گوجه‌فرنگی و یونجه بیشترین مقدار تولید را به خود اختصاص داده است. ضریب تبدیل انرژی در محصول سیب‌زمینی بسیار مطلوب می‌باشد و با مصرف یک واحد آب، بیشترین ماده خشک را در بین محصولات زراعی عمده کشور تولید می‌نماید به طوری که با استفاده از ۱/۳ درصد سطح زیر کشت کل اراضی کشور و حدود ۲/۵ درصد اراضی آبی کشور، حدود ۷ درصد کل تولیدات زراعی به محصول سیب‌زمینی اختصاص دارد (۱).

سیب‌زمینی به علت توسعه ریشه‌های سطحی و کم پشت (۹) به شدت به مدیریت مناسب تغذیه گیاهی حساس است. این شرایط ریشه باعث شده است کارایی جذب عناصر غذایی در این محصول پایین باشد. برای بهبود کارایی جذب عناصر غذایی و کاهش آلودگی زیست محیطی، طیف وسیعی از ترکیبات مختلف که توانایی تقویت رشد و توسعه گیاهان را در مقادیر کم مصرف از طریق محلول‌پاشی برگ یا خاک دارا هستند مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیبات تحت عناوینی مانند تنظیم‌کننده رشد گیاهی، تقویت‌کننده متابولیسم گیاهی و یا بطور کلی محرک‌های رشد گیاهی شناخته می‌شوند.

ضرورت و اهمیت

استفاده از اسید هیومیک سبب بهبود خصوصیات فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می شود و در تولید محصولات زراعی مانند سیب زمینی حائز اهمیت فراوان است. قابلیت های ویژه اسید هیومیک به مواردی از جمله قابلیت بالای آن در تنظیم نیتروژن، افزایش میزان آنزیم ها در گیاه، بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه، مقاوم کردن گیاه در برابر آفت ها و نیز افزایش رشد گیاه باز می گردد.

مصرف دو مرحله ای اسید هیومیک در مرحله رشد رویشی و در اوایل مرحله چهارم یا همان پر شدن غده ها باعث رشد مناسب و پر شدن کافی غده ها و افزایش عملکرد در سیب زمینی خواهد شد. علاوه بر اسید هیومیک از اسیدهای آمینه هم به عنوان مواد محرک رشد مخصوصاً در مراحل از دوره رشد که نیاز به تولید متابولیت ها بسیار بالاست می توان استفاده نمود. اسیدهای آمینه در تمام واکنش های اصلی گیاه اعم از ساختاری، آنزیمی، متابولیکی و انتقالی شرکت دارند و باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش های محیطی، تأثیر بر روزه های هوایی، تقویت سیستم ایمنی گیاه، افزایش دوره ماندگاری محصول بعد از برداشت، افزایش سرعت رسیدگی محصول و افزایش جذب عناصر ریزمغذی گردیده و در کل کیفیت و کمیت محصول را بهبود می بخشد (۷).

عصاره های جلبک دریایی جزو مواد محرک رشد گیاهی یا بیواستیمولنتس^۱ طبقه بندی می شوند. این مواد

کارایی جذب عناصر غذایی را بهبود بخشیده و باعث کاهش آلودگی زیست محیطی می شوند. استفاده از مواد محرک رشد گیاهی علاوه بر بهبود عملکرد در شرایط معمولی، در شرایط بروز تنش های محیطی از طریق تحریک رشد گیاه سبب پایداری رشد سیب زمینی شود.

تنش های غیرزیستی^۲ مانند خشکی، شوری و سرما عملکرد بسیاری از گیاهان مانند سیب زمینی را کاهش داده و تولیدات گیاهی را در سراسر دنیا محدود می کنند. در ایران هم خطر بروز سرمازدگی در کشت های زودهنگام سیب زمینی وجود دارد و خسارات زیادی را به کشاورزان وارد می نماید. مسئله کمبود آب و کاهش دسترسی به آب هم بر کسی پوشیده نیست؛ اکثر کشت ها مانند سیب زمینی هر ساله مقادیر متفاوت کم آبیاری را متحمل می شوند. در چنین شرایطی مواد محرک رشد می توانند در شرایط وقوع تنش های محیطی به گیاه کمک کنند. در جدول ۱ خلاصه ای از نحوه تاثیر مواد محرک رشد در تولید محصولات کشاورزی ارایه شده است

بسیاری از تنش های غیرزیستی مانند سرما و خشکی باعث اثرات ثانویه ای مانند تنش های اکسایشی^۳ می شوند و در نهایت سبب تجمع گونه های احیایی اکسیژن^۴ مانند سوپراکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال های هیدروکسیل ($OH\cdot$) می شوند.

1 - Biostimulants

2 - Abiotic

3 - Oxidative stress

4 - Reactive oxygen species

جدول ۱- تأثیر مواد محرک رشد در تولید محصولات کشاورزی (۷)

انواع مواد محرک رشد	اسید هیومیک	عصاره جلبک	اسیدهای آمینه	باکتریهای محرک رشد (PGPR)
مکانیسم سلولی	فعال سازی پمپ‌های پروتونی غشایی، افزایش رشد سلول و دیواره سلولی	افزایش بیان ژنهای مؤثر در انتقال عناصر کم‌مصرف	تحریک فعالیت آنزیم‌ها، بیان ژن‌ها و حفاظت از فلاونوئیدها در شرایط تنش	آزاد سازی اکسین و افزایش مسیر پیام‌رسانی اکسین در تغییر مورفولوژیکی ریشه
کارکرد فیزیولوژیکی	افزایش رشد طولی و وزن ریشه	افزایش غلظت و انتقال عناصر کم‌مصرف از ریشه به بخش هوایی	مراقبت از فلاونوئیدها در مقابل اشعه UV و تنش اکسایشی	افزایش حجم ریشه‌های جانبی و سطح تارهای کشنده
کارکرد کشاورزی و باغبانی	افزایش ظرفیت تغذیه ریشه و بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی	بهبود ترکیبات معدنی بافتهای گیاهی	افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی	افزایش ظرفیت تغذیه ریشه و بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی
فواید اقتصادی و زیست‌محیطی	افزایش عملکرد گیاهان و کاهش مصرف کود و آلودگی محیط زیست	افزایش ارزش غذایی (غنی‌سازی) بافتهای گیاهی با عناصر کم-مصرف	عملکرد بالای محصولات کشاورزی در شرایط تنش-های زیستی و غیر زیستی	افزایش عملکرد گیاهان و کاهش مصرف کود و آلودگی محیط زیست

این گونه‌های احیایی اکسیژن باعث تخریب اسیدهای نوکلئیک، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها شده و باعث بروز نشانه‌های سلولی غیر معمول می‌شوند و مجموعه این عوامل خسارت تنش را تشدید می‌کنند. گزارش‌هایی وجود دارد که عصاره جلبک دریایی و اسیدهای آمینه در مقاومت به تنش مؤثر هستند. عصاره جلبک‌های دریایی دارای ترکیبات بتئین^۱ هستند که به عنوان ترکیبات نیتروژنه حد واسط در افزایش مقاومت به تنش‌های گیاهی نقش دارند (۳)؛ همچنین یکی از آنزیم‌های مهم در مقابله با تنش اکسایشی سوپراکسید دیسموتاز است و عصاره جلبک دریایی باعث افزایش فعالیت این آنزیم می‌شود.

جلبک دریایی در روابط آبی گیاه هم نقش اساسی دارد. تأثیر عصاره جلبک دریایی و ترکیبات هوموسی در مقاومت به سرما همچنین به وجود هورمون سیتوکینین در این مواد بر می‌گردد چرا که سیتوکینین در رویش^۲ و ممانعت از تولید گونه‌های احیایی اکسیژن نقش زیادی دارد. همچنین عصاره جلبک دریایی در افزایش جذب پتاسیم نقش ایفا می‌کند و پتاسیم در مقاومت به تنش نقش دارد (۸).

¹ - Betaine

²- Scavenging

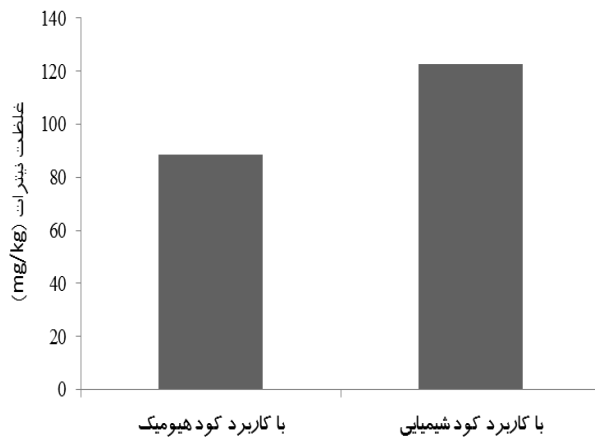
یافته است. این کودها به توسعه سیستم ریشه گیاهان کمک می‌کنند. معمولاً این ریزجانداران باعث تولید ترکیباتی مانند جیبرلین، سیتوکینین و اکسین، تسهیل جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر، نیتروژن و عناصر ریزمغذی از خاک و کاهش یا جلوگیری از بروز بیماری‌ها در گیاهان می‌شوند. تفاوت کودهای زیستی با کودهای آلی و شیمیایی در این است که آنها به طور مستقیم هیچ عنصر غذایی را برای گیاه تأمین نمی‌کنند.

برخی از این ریزجانداران شامل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه نظیر آزوسپیریلوم، ازتوباکتر، سودوموناس فلورسنس و چندین گونه باسیل گرم مثبت هستند که اثرات مثبتی بر بهبود رشد گیاه دارند. ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در محیط ریزوسفر ریشه هستند که توانایی سنتز و استخراج بعضی مواد فعال زیستی را دارند که رشد ریشه را افزایش می‌دهند. گونه‌های مختلف باکتری سودوموناس در کنترل عوامل بیماری‌زا نقش دارند و رشد را توسط مکانیسم‌های مختلفی شامل تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که سطح اتیلن گیاه را تنظیم می‌کنند، تحریک می‌کنند. همچنین مصرف کودهای زیستی با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش کم‌آبایی تأثیر مفیدی در کاهش خسارت‌های شرایط تنش‌زا دارند. محققان مختلف در بررسی اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف دریافتند که استفاده از کودهای

بنابراین به نظر می‌رسد مصرف ترکیبات محرک رشد در شرایط بروز سرما و کمبود آب بتواند در پایداری و افزایش عملکرد سیب‌زمینی مؤثر باشند و کیفیت آن را افزایش دهند. همچنین هدف از محلول پاشی این ترکیبات در دوره زایشی و پرشدن غده‌ها تنها رفع کمبود عناصر غذایی نیست. عملکرد زیاد در ارقام پر محصول در ارتباط با عملکرد بیولوژیکی آنها است. اثر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در توزیع آسیمیلات در مدت مشخص در شاخ و برگ به مراتب بیش از ریشه‌ها منعکس می‌شود. با توجه به اینکه آهنگ جذب مواد غذایی در محصولات زراعی مانند سیب‌زمینی پس از گلدهی کاهش می‌یابد. تحرک اندوخته‌های بخش هوایی که شامل تولیدات مازاد مربوط به فتوسنتز پیش از دوره زایشی است، تا اندازه زیادی در عملکرد سیب‌زمینی سهیم است. با توجه به موارد بیان شده، ممکن است کاربرد مواد محرک رشد گیاه شرایط را در جهت تولید و عملکرد بالا مهیا سازند. در مجموع اینطور می‌توان نتیجه گرفت که مواد محرک رشد گیاهی قادر هستند عملکرد سیب‌زمینی و کیفیت آن را بهبود ببخشند و این ویژگی در مقادیر کم مصرف این ترکیبات تحقق می‌یابد.

کودهای زیستی متشکل از ریزجاندارهای مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی همانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این ریزجاندارها معمولاً در اطراف ریشه مستقر و گیاه را در جذب یاری می‌دهند. نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده، عملکرد کمی و کیفی گیاهانی که این نوع کودهای زیستی را دریافت کرده‌اند در شرایط متفاوت محیطی بهبود

سیستم آبیاری حل شده و مصرف گردد. مرحله دوم بهتر است در زمان پرشدن غده‌ها انجام گیرد. استفاده صحیح از اسید هیومیک علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود رشد گیاه در شرایط تحت تنش می‌تواند به کاهش غلظت نیترات در سیب‌زمینی نیز منجر گردد (شکل ۱).



شکل ۱- تاثیر اسید هیومیک بر کاهش نیترات غده سیب‌زمینی (۴)

۳- از آنجا که استفاده از محلول‌های اسید آمینه همراه عناصر غذایی می‌تواند باعث بهبود کمی و کیفی عملکرد محصول گردد لذا قبل از گلدهی مصرف اسید آمینه همراه پتاسیم، به صورت محلول‌پاشی و یا همراه آب آبیاری توصیه می‌گردد؛ همچنین در شرایط تنش سرمایی یا خشکی، کاربرد اسیدهای آمینه نقش مهمی می‌تواند داشته باشد. در چنین شرایطی یک لیتر کود اسید آمینه در ۴۰۰ لیتر آب حل شده و ترجیحاً اول صبح بر روی برگ‌ها محلول‌پاشی شود.

۴- در مورد استفاده از عصاره جلبک در زراعت سیب‌زمینی بررسی در ایران انجام نشده است. ولی در بعضی مطالعات خارجی، آغشته نمودن نمودن بذور سیب‌زمینی با محلول ۰/۵ لیتر عصاره جلبک در هزار لیتر آب توصیه شده است (۶).

زیستی در شرایط تنش خشکی، توانست اثرات مخرب تنش خشکی را تعدیل نماید و موجب بهبود رشد و عملکرد گردد (۲). کودهای زیستی از طریق افزایش توسعه ریشه، تولید ترشحات حل‌کننده فسفات و کاهش اسیدیته خاک به جذب بهتر آب و مواد غذایی در گیاه کمک نموده و نهایتاً منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌شوند.

دستورالعمل کاربردی

۱- استفاده از کودهای زیستی مانند تثبیت‌کننده‌های نیتروژن، حل‌کننده‌های فسفر یا باکتری‌های محرک رشد ریشه (PGPR) بهتر است به صورت بذر مال انجام گیرد. برای این کار مقدار مناسب (مطابق دستورالعمل روی بسته) از کود زیستی مورد نظر ابتدا رقیق شده و روی تمام بذور سیب‌زمینی مورد نظر مه‌پاش گردیده و سایه‌خشک شده و بعد از خشک شدن بذور آماده شده، قابل کشت با دستگاه بذر کار خواهند بود. توجه گردد که بذور آماده شده خیلی در معرض نور آفتاب قرار نگیرد و نگهداری بیش از ۲۴ ساعت بذور آغشته شده با کودهای زیستی توصیه نمی‌شود.

۲- از اسید هیومیک می‌توان هم به صورت بذر مال و هم از طریق سیستم آبیاری استفاده کرد. برای بذر مال کردن بذور سیب زمینی در مزرعه ای به مساحت یک هکتار با اسید هیومیک بهتر است ده لیتر از این ماده با شرایط ذکر شده در بند یک با بذور آماده شده مخلوط و مصرف گردد. در هر مرحله در حین رشد هم می‌توان از اسید هیومیک (در هر نوبت حداقل ۵ لیتر) استفاده نمود. مرحله اول در زمان فارو یا خاکدهی پای بوته می‌باشد و باید اسید هیومیک از طریق

- ۱- آمارنامه کشاورزی استان همدان. ۱۳۹۵. سازمان جهاد کشاورزی استان همدان. همدان، ایران.
- ۲- بصیرت، م. و مطلبی فرد، ر. ۱۳۹۵. راهنمای تغذیه گیاهی در سیب زمینی. نشریه فنی شماره ۵۴۵ موسسه تحقیقات خاک و آب، نشر موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 3- Blunden G., Cripps, A.L., Gordon, S.M., Mason, T.G. and Turner, C.H. 1986. The characterization and quantitative estimation of betaines in commercial seaweed extracts. *Bot. Mar.* 29: 155-160.
- 4- Fazlzadeh M., Serajaman, R., Rostamy, R., Rezaei, M., Shahriari, R. and Sadeghi, H. 2016. Comparing the Effect of Conventional Inorganic and Humic Fertilizers' Use on Nitrate Levels of Potatoes: A Case Study of Agricultural Lands in Ardabil City. *Journal of Health*, 8 (4): 416-424.
- 5- Food Policy Research Institute. 2017. Global Food Policy Report 2017. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. <https://doi.org/10.2499/9780896292529>
- 6- Haider M.W., Ayyub, C.M., Pervez, M.A., Asad, H.U., Manan, A., Raza, S.A. and Ashraf, I. 2012. Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Soil Environ.* 31:157-162.
- 7- Jardin, P.D. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hort.*, 196: 3-14.
- مواد محرک رشد به تنهایی جوابگوی نیاز غذایی سیب زمینی نیستند. یک هکتار سیب زمینی با شاخ و برگ و عملکردی در حدود ۴۰ تن در هکتار نیازمند حدود ۲۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص، ۵۰ کیلوگرم فسفر خالص، ۲۸۰ کیلوگرم پتاسیم خالص و حدود یک یا کمتر از یک کیلوگرم از عناصر کم مصرف را بوده و در عملکردهای بیشتر، مقادیر جذب عناصر مذکور به همان نسبت افزایش خواهند یافت.
- بنابراین باید توجه گردد که مواد محرک رشد به تنهایی قادر نیستند نیاز محصول پر نیازی مانند سیب زمینی به این عناصر را تأمین نمایند. پس این مواد در کنار مصرف متناسب و بهینه کودهای آلی و شیمیایی می توانند به گیاه کمک نمایند؛ به طوری که استفاده متناسب و متعادل از کودهای آلی، شیمیایی، بیولوژیکی و محرک رشد بهترین کلید و گزینه در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت سیب زمینی است.
- یکی از مهمترین مشکلات در کشت سیب زمینی کاهش شدید عملکرد و کیفیت در شرایط دشوار یا وقوع تنش های زیستی و غیر زیستی است که در نتیجه استفاده از دستورالعمل ذکر شده در این مقاله از کاهش شدید رشد و عملکرد جلوگیری نموده و به دلیل دارا بودن مقادیر متناسب هورمون های رشد طبیعی در باز تولید و برگشت گیاه به شرایط عادی مؤثر خواهد بود.

- 8- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M. and Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Reg.*, 28(4), 386-399.
- 9- Ierna, A. and Mauromicale, G. 2012. Tuber yield and irrigation water productivity in early potatoes as affected by irrigation regime. *Agric. Water Manag.* 115: 276-284