سارا کبیرنتاج
کارشناس بیوتکنولوژی مرکز تحقیقات کاربردی
و تولید بذرشرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

جلبک ها، منبع تجدید ناپذیر در کشاورزی

Algae, a renewable resource in agriculture

مقدمه:

رشد بهینه گیاه و بهره‌وری کشاورزی مستقیماً به در دسترس بودن مواد مغذی در مقادیر متعادل بستگی دارد. در کشورهای در حال توسعه، عملکرد کشاورزی به طبیعت و نوع خاک بستگی دارد، زیرا اکثر کشاورزان متعلق به اقشار فقیر جامعه نمی‌توانند کودهای شیمیایی خریداری کنند. حاصلخیزی از دست رفته خاک‌های کشاورزی را می‌توان با استفاده از ارقام گیاهی اصلاح شده و شیوه‌های مدیریت مواد مغذی بازیابی کرد. در چنین مواردی استفاده از منابع زیستی طبیعی فراوان موجود جهت افزایش مواد مغذی و به کار بردن روش‌های بالقوه انتقال مواد مغذی بیولوژیکی پیشنهاد می‌شود. در این میان کودهای زیستی نقش اصلی را ایفا می‌کنند چرا که به دلیل مقرون به صرفه و تجدید پذیر بودن و سازگار بودن با محیط زیست می‌توانند به طور کلی جایگزین یا تقویت کننده کودهای شیمیایی پرهزینه و انرژی بر کنونی شوند. کودهای زیستی عمدتاً سلول‌های زنده و/یا مرده با ارگانیسم‌های مفید هستند که در سیستم‌های گیاهی و خاکی اعمال می‌شوند. آنها به سرعت ریزوسفر را اشال می کنند و در نتیجه رشد و نمو گیاه را افزایش داده، اشکال معدنی غیرقابل دسترس را از طریق فرآیندهایی مانند تثبیت نیتروژن و حل شدن فسفات به مواد مغذی در دسترس تبدیل می‌کنند. این موجودات در نهایت به بخش پایداری از بخش ریشه تبدیل می‌شوند که عملکرد کشاورزی را تسریع می‌کند و همچنین از سیستم‌های کشاورزی در برابر هزاران آفات و عوامل بیماری‌زا محافظت می‌کند. کودهای زیستی معمولی همانطور که قبلا ذکر شد با میکروب‌های زنده سروکار دارند، بنابراین فعالیت رشد و تبدیل مواد مغذی نیز تا حد زیادی به محیط اطراف بستگی دارد و بنابراین می‌تواند ناسازگاری بالایی در فعالیت‌های خود داشته باشد. کودهای زیستی جلبکی گزارش شده (مبتنی بر زیست توده جلبکی غیرفعال)، مخلوط زیست توده پایدار با مواد مغذی غنی هستند که دارای محرک‌های رشد فعال با ویتامین‌های مغذی، ریز عناصر و هورمون‌ها هستند که نتایج امیدوارکننده‌ای را نشان می‌دهند (Mahapatra et al, 2018).

اصطلاح جلبک به مجموعه‌ای از ارگانیسم‌های فتوسنتزی تولیدکننده O_2 با رنگدانه کلروفیل آ اشاره دارد که لزوماً اجداد مشترکی ندارند. ساختار جلبک‌ها از تک سلول‌های میکروسکوپی گرفته تا میکروارگانیسم‌های ماکروسکوپی و ساختارهای پیچیده علف-های دریایی که ممکن است تا طول ۶۰ متر رشد کنند، متغیر هستند. جلبک‌ها معمولاً به دو دسته ماکروجلبک و میکروجلبک تقسیم می‌شوند:

۱. میکروجلبک‌ها جلبک‌های میکروسکوپی هستند که تقریباً در تمام سطوح آبی و انواع خاک یافت می‌شوند
۲. ماکروجلبک‌ها جلبک‌های بزرگی هستند که معمولاً به عنوان علف‌های دریایی شناخته می‌شوند.

زیست توده جلبکی خود می‌تواند هم به عنوان ماده مغذی و هم به عنوان ماده حامل برای کودهای زیستی عمل کند، زیرا (پس از خشک شدن) ماندگاری بهتر و حساسیت حرارتی کمتری دارد و برای ذخیره سازی و حمل و نقل پایدارتر است و به عنوان یک

کود زیستی انتخاب بهتری است.جلبک با ترشح ترکیبات مفید و اگزوپلی‌ساکاریدها که به منبع کربن برای باکتری‌های خاک تبدیل می‌شوند، منجر به افزایش رشد باکتری‌های ریزوسفری شوند. عصاره‌های سلولی از سیانوباکتری‌ها و دیاتوم‌ها هنگامی که به صورت خشک به خاک‌های زراعی اعمال می‌شوند، پس از معدنی شدن، اثرات محرکی بر رشد باکتری تولید کننده سیدروفور ایجاد می‌کنند. این مکانیسم شامل فتولیز سیدروفور آهن است که باعث جذب آهن در شرایط مرطوب می‌شود و در نهایت باعث ایجاد ارتباط عصاره جلبک ها و باکتری‌ها می شود، جایی که مواد آلی آزاد شده توسط جلبک به عنوان غذا برای باکتری استفاده می‌شود. علاوه بر این، سیانوباکتری‌ها نقش مهمی در تبدیل ریز مغذی‌های خاک (آهن و منگنز) داشته و همچنین با تولید اسیدهای آلی که دارای توانایی‌های کلیدی کلاته کردن هستند، فراهمی زیستی ریزمغذی‌ها را برای گیاهان در حال رشد افزایش می‌دهند(Alvarez et al, 2021).

اثرات مفید جلبک ها بر حاصلخیزی خاک

میکروجلبک‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی (سیانوباکتری‌ها)

ریزجلبک‌ها جلبک‌های میکروسکوپی هستند که معمولا با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیستند. در حالی که علف‌های دریایی موجودات دریایی هستند، ریزجلبک‌ها فیتوپلانکتون‌هایی هستند که هم در سیستم‌های آب شیرین و هم در سیستم‌های دریایی یافت می‌شوند .ریزجلبک‌ها شامل انواع گونه‌های جلبک تک سلولی مانند ریزجلبک‌های سبز Chlorophyceae به عنوان مثال *Chlorella* sp ، دیاتوم‌ها، *Nannochloropsis* spp ، *Schizochytrium* spp و همینطور سیانوباکتری‌ها (جلبک‌های سبز آبی) مانند اسپیرولینا می‌باشند. کشت ریز جلبک قابل توجهی که در آمار فائو ثبت شده است در سال ۲۰۰۳ با ۱٦٤۸۳ تن اسپیرولینا (*Arthrospira*) کشت شده در چین آغاز شد. کشت جهانی ریزجلبک‌ها در سال ۲۰۱۰ به ۹۳۷٥٦ تن رسید، اما در سال ۲۰۱۹ به ٥٦٤٥٦ تن کاهش یافت که بیشتر منعکس کننده تغییر کشت اسپیرولینا در چین بود (Fao, 2021).

سیانوباکتری‌ها

سیانوباکتری‌ها از طرق مختلفی به بهبود وضعیت خاک و درنتیجه بهبود رشد گیاه کمک می‌کنند. تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط سیانوباکتری‌ها امریست که در درجه اول اهمیت سیانوباکتری‌های تثبت کننده ازت قرار دارد. از آنجاییکه نیتروژن (N_2) در جو با وجود فراوانی بالا، برای گیاهان قابل استفاده نیست بنابراین می‌بایست ابتدا به آمونیاک (NH_3) کاهش یابد. کاهش N_2 اتمسفر به NH_3 در طبیعت از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط میکروارگانیسم‌هایی به نام دیازوتروف بواسطه آنزیم نیتروژناز انجام می‌شود. برخی از سیانوباکتری‌ها N_2 را به صورت کاملا تخصصی به کمک سلول‌هایی به نام هتروسیت تثبیت می‌کنند. توانایی تثبیت N_2 سیانوباکتری‌ها اساس اهمیت اقتصادی آنها به عنوان منبع نیتروژن برای گیاهان زراعی است. هنگامی که N_2 اتمسفر تثبیت شد، یکی از مکانیسم‌های اصلی انتقال نیتروژن از سیانوباکتری ها به گیاهان از طریق تجمع زیست توده سیانوباکتری و در نتیجه افزایش نیتروژن تثبیت شده پس از مرگ آنها است. سیانوباکتری‌ها همچنین موجب افزایش فسفر و سایر ریزمغذی‌های در دسترس گیاه می‌شوند. فسفر دومین ماده غذایی محدود کننده مهم در کشاورزی پس از نیتروژن است. نزدیک به نیمی از خاک‌های کشاورزی دنیا دارای فسفر پایینی هستند که منجر به افزایش مصرف کودهای فسفر می‌شود. بیشتر

خاک‌ها حاوی فسفر به اشکال آلی یا معدنی هستند، اگرچه معمولاً به دلیل تمایل به تشکیل مولکول‌های آلی پیچیده یا نمک‌های معدنی نامحلول با کلسیم (Ca)، آهن (Fe) یا آلومینیوم برای جذب گیاه در دسترس نیستند. سیانوباکتری‌ها قادرند فسفات غیر آلی تثبیت شده را حل کنند. همچنین ریزجلبک‌ها می‌توانند در آزادسازی فسفر معدنی از ترکیبات فسفر آلی در خاک نقش داشته باشند. ریز جلبک‌ها همچنین در چرخه ریز مغذی ها نقش دارند. تلقیح خاک با فرمولاسیون مبتنی بر سیانوباکتری باعث افزایش محتوای آهن، روی، منگنز و مس خاک می شود. میکروارگانیسم‌های خاک مسئول فرآیندهای اساسی خاک هستند که حاصلخیزی خاک را حفظ می‌کنند و چرخه‌های بیوژئوشیمیایی جهانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از جمله تجمع، تخریب مواد آلی خاک و چرخه مواد مغذی. حفظ جوامع میکروبی قوی و پویا برای عملکرد اکوسیستم ضروری است و یک اولویت قابل توجه برای کشاورزی پایدار است زیرا تشدید کشاورزی، با استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، با کاهش تنوع میکروبی خاک و کیفیت خاک مرتبط است. سیستم‌های کشاورزی (از جمله کشاورزی ارگانیک) می‌توانند از جوامع میکروبی فعال و متنوع بهره ببرند که مواد مغذی موجود در گیاه را از بسترهای آلی آزاد می‌کنند و از محصولات پرمحصول حمایت می‌کنند (Alvarez et al, 2021).

ماکروجلبک ها

جلبک‌ها، به ویژه انواع ماکرو جزء مهمی از آبزی پروری جهانی هستند. میزان کشت ماکروجلبک‌ها در سال‌های اخیر بسیار افزایش داشته است بطوری که از ۲/۲ میلیون تن (مجموعا جمع آوری انواع وحشی و کشت شده) در سال ۱۹٦۲ به ۳٤/۷ میلیون تن (کشت شده) در سال ۲۰۱۹ رسیده است. طبق گزارش Fao در سال ۲۰۲۱، بیشترین میزان تولید در سال ۲۰۱۹ در آسیا و برابر با ۹۷/٤ % از تولید جهانی بوده است و بعد از آن به ترتیب قاره‌های آفریقا، آمریکا، اقیانوسیه و اروپا بیشترین تولید را داشته اند (Fao, 2021) .

ماکروجلبک‌ها کاربردهای متعددی در صنایع غذایی و غیرغذایی مانند افزودنی‌های غذایی، خوراک دام، داروسازی، مواد مغذی، لوازم آرایشی، منسوجات، کودهای زیستی/ محرک‌های زیستی، بسته‌بندی زیستی و سوخت‌های زیستی دارند. در صنعت کشاورزی، ماکروجلبک‌های دریایی به عنوان منبع عالی ترکیبات زیست فعال در نظر گرفته می‌شوند که دارای طیف گسترده ای از فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله ضد باکتری، ضد قارچ و خواص ضد ویروسی هستند. عصاره ماکروجلبک‌های دریایی نیز در روند کشاورزی به عنوان تهویه کننده خاک برای افزایش بهره‌وری محصول استفاده شده‌است. پلی ساکاریدهای استخراج شده از جلبک بزرگ نیز تأیید شده است که به عنوان شلاتورهای یون فلزی کامل استفاده می‌شوند. علاوه بر این، گزارش شده است که این پلی‌ساکاریدها غنی از گروه‌های عاملی هستند که توانایی اتصال به برخی عناصر میکرو با ارزش غذایی مهم گیاهی را دارند. آنها همچنین به عنوان محرک‌های گیاهی شناخته شده اند. آنها به عنوان محلول پاشی، افزایش رشد گیاه در یخبندان، خشکسالی و رویشگاه‌های نمک استفاده شده اند، مقاومت قابل توجهی در برابر قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها نشان دادند و همچنین عملکرد و بهره وری چندین محصول را بهبود بخشیدند(Hamed et al, 2017).

ماکروجلبک قهوه‌ایی

جلبک‌های دریایی قهوه‌ای کشت شده بیشتر به عنوان غذای انسان و همچنین خوراک حیوانات، کود زیستی یا محرک‌های زیستی؛ محصولات دارویی یا غذایی و بسته بندی زیستی زیست تجزیه پذیر مورد استفاده قرار می گیرد. در سال ۲۰۱۹، جلبک‌های دریایی قهوه‌ای ٤٧/٣٪ از کشت جلبک دریایی جهان را از نظر تناژ و ٥٢٪ از نظر ارزش را به خود اختصاص دادند (Fao, 2021).

ماکروجلبک قهوه‌ایی در صنعت کشاورزی کاربرد گسترده‌ایی دارد. این جلبک سرشار از نیتروژن، پتاسیم و فسفر است. ذخیره کربوهیدراتی این موجود منجر به بهبود هوادهی و ساختار خاک، به ویژه در خاک‌های رسی و خاصیت حفظ رطوبت می‌شود. همچنین به عنوان منبع تنظیم کننده های رشد طبیعی گیاهی استفاده می شودکه در نهایت منجر به افزایش فعالیت فتوسنتزی و رشد گیاه، و همینطور مقاومت در برابر یخ زدگی، خشکی، نمک، قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها می شوند. از گونه‌های مطرح این دسته از ماکروجلبک‌ها می‌توان به *Laminaria digitata* (Oarweed)، *Saccharina latissima* (Sugar Kelp) ، *Fucus vesiculosus* (Bladder wrack)، *Ascophyllum nodosum* (Knotted wrack)، *Ecklonia maxima* و *Stoechospermum marginatum* اشاره کرد (Chatterjee et al, 2017). برای مثال کمپانی Afrikelp با سابقه‌ای طولانی، عصاره جلبک دریایی که از ماکروجلبک *Ecklonia maxima* استخراج شده‌است را به عنوان محرک رشدی به فروش می‌رساند. این جلبک در سواحل جنوب غربی آفریقای جنوبی یافت می‌شود و عصاره منحصر به فرد آن حاوی محرک‌های زیستی ضروری است که باعث افزایش عملکرد، افزایش کیفیت و بهبود عملکرد رشد محصولات شما می‌شود. محرک‌های زیستی آفریکلپ، غنی از اکسین، می‌توانند به‌عنوان محلول‌پاشی، غوطه‌ورسازی یا آب‌پاشی و از طریق سیستم‌های آبیاری برای تحریک و حمایت از رشد ریشه و اندام هوایی و همچنین رشد میوه استفاده شوند.

ماکروجلبک قرمز

کشت جهانی جلبک دریایی قرمز از ۲۱۰۰۰ تن در سال ۱۹۵۰ به ۱۸/۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ افزایش یافت. رشد ۱۰/۳ درصدی سالانه اندکی کمتر از جلبک‌های دریایی قهوه‌ای بود، اما هنوز هم بسیار بیشتر از رشد ۷/۹ درصدی برای آبزی پروری جهان از همه گونه‌ها بود. دو گونه *Phymatolithon calcareum* و*Lithothamnion corallioide* دو گونه رایجی است که به دلیل محتوای بالای عناصر ریزمغذی مورد کشت و پرورش قرار می‌گیرد.(Fao, 2021).

منابع

1. Alvarez, AL., Weyers, SL., Goemann, HM., Peyton, BM., Gardner, RD. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. Algal Research.. 54. https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102200.
2. Chatterjee, S., Singh, C., Agrawal, S., Yadav, R., Rai, L.C. Rai. (2017). Chapter 10 - Role of Algae as a Biofertilizer,
3. Editor(s): Rajesh Prasad Rastogi, Datta Madamwar, Ashok Pandey, Algal Green Chemistry. Elsevier. Pages 189-200. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63784-0.00010-2.
4. Hamed, SM., Abdelrhman, AA., Abdel-Raouf, N., Ibraheem, I.B.M. 2017. Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. Beni-Suef University J. of Basic and Applied Sciences. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.08.002.
5. Mahapatra, DM., Chanakya, HN., Joshi, NV., Ramachandra, TV., Murthy, GS. (2018). Algae-Based Biofertilizers: A Biorefinery Approach. In: Panpatte, D., Jhala, Y., Shelat, H., Vyas, R. (eds) Microorganisms for

Green Revolution. Microorganisms for Sustainability, vol 7. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7146-1_10.

6. Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1229. Food and agriculture organization of the united nations Rome, 2021.