Karafan

Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University

Summer 2020, Vol. 17, No. 2, p. 23-34

Journal homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en

TVU

doi:10.48301/KSSA.2021.119206 20.1001.1.23829796.1399.17.2.2.6

Original Research

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

Seaweed Extract: Innovation for Organic Agriculture

Saeed Reza Yaghoobi[1*]

[1]Assistant Professor, Department of Agronomy, Samangan Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), North Khorasan Branch, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 04.26.2020
Revised: 08.23.2020
Accepted: 09.07.2020

Keyword:
Organic agriculture
Food security
Fertilizer
Brown seaweed
Growth stimulator

***Corresponding Author:**
Saeed Reza Yaghoobi
Email:
sr-yaghoobi@tvu.ac.ir

ABSTRACT

Due to the development of human societies, food security has become a priority. Technological advancements and introduction of chemical fertilizers and pesticides have provided sufficient quantities of food in recent decades, but food quality is questioned. Fertilizers from natural sources might be a practical solution. Coastal farmers in various countries have been applying seaweed for crop growth and development for many years. Nowadays, with technological development, some species of seaweed such as *Ascophyllum nodosum* are cultivated and processed as seaweed extract alone or mixed with other fertilizers to be used by farmers. Although seaweed extract contains small amounts of mineral nutrients, it has been applied widely as a growth stimulator for improving and accelerating crop growth and development and eliminating environmental stresses.

© 2020 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
تابستان ۱۳۹۹، دوره ۱۷، شماره ۲، ۳۴-۲۳
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2021.119206
20.1001.1.23829796.1399.17.2.2.6

مقاله پژوهشی
شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

عصاره جلبک دریایی، دستاوردی برای کشاورزی ارگانیک

سعیدرضا یعقوبی[۱*]

۱- استادیار، دپارتمان زراعت، دانشکده کشاورزی سمنگان، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان خراسان شمالی، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷
بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲
پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۷

کلید واژگان:
امنیت غذایی
کود
جلبک قهوه ای
محرک رشد
تولید

***نویسنده مسئول:** سعیدرضا یعقوبی
پست الکترونیکی:
sr-yaghoobi@tvu.ac.ir

چکیده

با توسعه جوامع بشری، ایجاد امنیت غذایی در اولویت قرار گرفته است. هر چند جامعه بشری با پیشرفت تکنولوژی و معرفی کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی توانسته باعث افزایش چشمگیر تولید غذا گردد ولی هنوز هم کیفیت غذا جزو مسائل پر اهمیت محسوب می‌شود. یک راهکار مناسب، کاربرد کودهای با منشأ آلی است. از سالیان طولانی، کشاورزان مناطق ساحلی، جلبک‌های دریایی را برای افزایش رشد گیاهان در مزارع خود استفاده می‌کردند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، برخی از گونه‌های جلبک‌های دریایی، تولید و فراوری شده‌اند و به‌صورت جداگانه یا مخلوط با سایر ترکیبات کودی، مورد استفاده تولیدکنندگان بخش کشاورزی قرار می‌گیرند. هرچند کود عصاره جلبک دریایی، عناصر غذایی ناچیزی دارد ولی به دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی به‌صورت طبیعی، به عنوان محرک رشد در بهبود و تسریع رشد و رفع عوارض حاصل از تنش‌های محیطی در گیاهان، کاربردهای فراوانی یافته است.

© 2020 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

کشاورزی، به‌عنوان مهم‌ترین عامل در تأمین غذا همیشه جایگاه خاصی در زندگی بشر داشته است. تولید غذا برای جمعیت در حال رشد جهان باعث شد دانشمندان، روش‌های جدیدی را برای افزایش عملکرد در کشاورزی ارائه کنند که کاربرد وسیع انواع کودها به‌ویژه کودهای شیمیایی، از آن جمله است. هرچند به‌واسطه مصرف کودهای شیمیایی، افزایش عملکرد چشمگیری در تولید محصولات کشاورزی حاصل شد ولی وقوع مشکلاتی مانند تجمع نیترات و سایر مواد شیمیایی در محصولات کشاورزی و کاهش کیفیت آنها باعث تغییر رویکرد به سمت کاربرد کودهای با منشأ زیستی با هدف تولید غذای سالم گردیده است که از آن جمله می‌توان به کمپوست و ورمی کمپوست، کودهای پلت شده یا گرانولِ طیور، کودهای حاوی اسیدهای آمینه، اسیدهای هیومیک و فولویک و عصاره‌های جلبک[1] دریایی اشاره کرد. عصاره جلبک‌های دریایی، امروزه به‌عنوان یکی از بهبوددهنده‌های رشد گیاهان، کاربرد وسیعی در سطح جهان یافته است. در ایران نیز این ترکیبات، بیشتر، با هدف بهبود رشد و نمو گیاهان زراعی و باغی و کاهش تأثیر تنش‌های محیطی بر آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تاریخچه کاربرد جلبک‌های دریایی در کشاورزی

در گذشته، در جوامع ساکن مناطق ساحلی برخی نواحی دنیا، کشاورزان از جلبک‌های دریایی به عنوان اصلاح‌کننده و کود گیاهی برای زراعت‌های خود بهره می‌جستند. برای مثال در کشور نروژ، جلبک‌های دریایی که بیشتر شامل جنس‌های Ascophyllum، Ecklonia و Fucus بودند، در فصل پاییز جمع‌آوری شده و در زمستان به همراه کود دامی یا بدون آن، تبدیل به کمپوست می‌شدند. کمپوست به دست آمده، در مزارع ذرت، سیب‌زمینی و سبزیجات استفاده می‌شد [۱]. استفاده از عصاره جلبک‌های دریایی در کشاورزی از حدود سال ۱۹۵۰ شروع شد و تا کنون به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است. تا کنون ترکیبات کودی محرک رشد زیستی[2] از گونه‌های مختلفی از جلبک دریایی مانند *Ascophyllum nodosum* [۲]، گونه‌های *Kappaphycus alvarezii* و *Gracilaria edulis* [۳; ۴]، *Sargassum wightii* [۵]، *Ulva fasciata* [۶]، *Sargassum myricocystum* [۷] و *Nizamuddinia zanardinii* [۸] به دست آمدند و مورد تحقیق و مطالعه قرار گرفتند. امروزه، کودهای محرک رشد، به موادی آلی یا میکروارگانیسم گفته می‌شود که باعث افزایش جذب عناصر غذایی، تحریک رشد، افزایش تحمل به تنش یا کیفیت محصول گردند. این مواد شامل عصاره‌های جلبک دریایی، پروتئین هیدرولیزات‌ها، اسیدهای هیومیک و فولویک و تمامی ترکیبات با منشأ طبیعی است که نقشی فراتر از تغذیه دارند و باعث افزایش رشد و کاهش تنش می‌گردند. کودهای محرک‌های رشد مورداستفاده در کشاورزی، تأثیرات متعدد و مختلفی روی رشد گیاه دارند و می‌توانند باعث پایداری و انعطاف‌پذیری بیشتر در کشاورزی شوند و به‌عنوان جایگزینی برای بسیاری از ترکیبات مورد کاربرد در کشاورزی که شیمیایی هستند مطرح شوند [۹].

انواع جلبک‌های دریایی

جلبک‌های دریایی، از اجزای اصلی اکوسیستم سواحل اقیانوس‌ها هستند. آن‌ها به صورت جلبک‌های دریایی تک‌سلولی یا پرسلولی در نواحی ساحلی اقیانوس‌های جهان که شرایط محیطی مناسبی برای رشد آنها دارند رشد و توسعه می‌یابند. تخمین‌زده می‌شود حدود ۹۰۰۰ گونه جلبک وجود داشته باشد که جلبک قهوه‌ای با حدود ۲۰۰۰ گونه، فراوان‌ترین آنها است و بیشتر در سواحل سنگی مناطق معتدل یافت می‌شود. جلبک‌های قهوه‌ای، بیشتر در کشاورزی کاربرد دارند که از بین آنها می‌توان به گونه *Ascophyllum nodosum* (شکل ۱) اشاره کرد [۱۰].

[1] Seaweed extract
[2] Biostimulant

شکل ۱. گونه *Ascophyllum nodosum*

ترکیبات عصاره جلبک دریایی

عصاره به دست آمده از جلبک‌های دریایی شامل ترکیبات مختلفی از پلی‌ساکاریدها، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها، فیتوکروم، عناصر معدنی و بسیاری از ترکیبات زیستی است [۸]. جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم دارای پلی‌ساکاریدهای Laminaran، Focoidan و Alginate می‌باشد که گستره وسیعی از آثار بیولوژیک را در پی دارد. باور بر این است که Laminaran در گیاهان، باعث تحریک پاسخ آنتی‌باکتریال می‌گردد. در عصاره حاصل از جلبک دریایی، عناصر معدنی و ریزمغذی‌ها نیز وجود دارند و هر چند مقدار آنها در مقایسه با کودهای شیمیایی، ناچیز است ولی قدرت جذب بسیار بالایی توسط گیاه دارند. با این حال، علت اصلی تأثیرگذاری عصاره جلبک دریایی، وجود طیف وسیعی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و هورمون‌ها است. سایتوکنین که یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است، در عصاره حاصل از جلبک‌های دریایی، به شکل مشتقات trans-zeatin و trans zeatin riboside و همچنین سایتوکنین آروماتیک بنزیل آمینو پورین[1] وجود دارد. عصاره جلبک دریایی دارای مقادیر زیادی اکسین و ترکیبات شبه‌اکسینی نیز می‌باشد. برای مثال، گونه آسکوفیلوم نودوسوم دارای ۵۰ میلی‌گرم اسید ایندول استیک در هر گرم ماده خشک می‌باشد. وجود هورمون اکسین در سایر گونه‌های جلبک‌های دریایی مانند *Ecklonia maxima* و *Porphyra perforate* نیز گزارش شده است. البته وجود ترکیبات بازدارنده رشد؛ مانند آبسزیک اسید نیز در عصاره جلبک دریایی گزارش شده است. یکی دیگر از ترکیبات موجود در عصاره جلبک دریایی، بتائین و ترکیبات شبه‌بتائین است که در گیاه، نقش مقاومت به تنش شوری و افزایش مقدار کلروفیل برگ را به عهده دارد. افزایش کلروفیل به واسطه تأثیر بتائین موجود در عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش عملکرد گیاه زراعی یا باغی می‌گردد [۱۰].

روش شناسی

تحقیق و کاربرد عصاره جلبک دریایی

افزایش رشد و نمو گیاهان

نتایج آزمایش‌های متعددی، نشان‌دهنده افزایش کمی و کیفی در تولیدات زراعی و باغی به واسطه مصرف کود عصاره جلبک دریایی بوده است. در آزمایشی، کاربرد عصاره جلبک دریایی گونه *Sargassum wightii* باعث افزایش عملکرد

[1] Benzylaminopurine

کیفی و کمی گوجه‌فرنگی و افزایش طول و حجم ریشه، غلظت کلروفیل آن گردید [۵]. در آزمایشی، تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای *Nizamuddinia zanardinii* که در سواحل چابهار رشد می‌کند به همراه کود اوره بر رشد و نمو گندم، ارزیابی گردید. نتایج نشان داد بیشترین میزان کربوهیدارت محلول دانه، وزن خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تیمار محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱۰ درصد به همراه کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دست آمد [۸]. سیبی و همکارن [۱۱] گزارش کردند که بیشترین وزن خشک ریشه با مصرف دو لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی در مرحله رشد رویشی گلرنگ به دست آمد. همچنین مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی، عملکرد بیولوژیک گلرنگ را بیش از ۵۴ درصد افزایش داد. ایشان تأکید کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی در مرحله زایشی گلرنگ، نسبت به مرحله رویشی، کارایی بالاتری دارد و عملکرد بیولوژیک را بیش از ۲۰ درصد افزایش داد. نتایج آزمایشی دیگر نشان داد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر خیار گلخانه‌ای رقم یلدا باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد میوه، قطر و طول میوه، سطح و تعداد برگ در بوته گردید [۳]. نتایج آزمایش سینگ و همکاران [۱۲] نشان دادند کاربرد ۷/۵ درصد عصاره جلبک دریایی گونه *Kappaphycus* و کاربرد ۵ درصد عصاره جلبک دریایی گونه *Gracilaria* به همراه کودهای متعارف، به ترتیب باعث افزایش ۳/۹۵ و ۴/۸۸ تن در هکتار در عملکرد سیب‌زمینی نسبت به کاربرد کودهای متعارف به تنهایی گردید. همچنین کاربرد عصاره‌های جلبک دریایی مزبور، تعداد غده‌های درشت را به ترتیب ۱۵/۸ و ۳۴/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. عمر و همکاران [۱۳] گزارش کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش کمی و کیفی بیشتری در میوه خرما در مقایسه با کاربرد نیترات‌پتاسیم گردید. کاربرد عصاره جلبک دریایی در پیاز، باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد و اندازه پیاز، درصد گوگرد و پروتئین در پیاز، غلظت کلروفیل و کارتنوئید برگ شد [۲]. کاربرد عصاره جلبک دریایی گونه *Sargassum myricocystum* کارایی بهتری نسبت به گونه‌های *Gracilaria edulis* و *Caulerpa racemosa* در افزایش عملکرد نخود سبز داشت و عملکرد آن را تا ۱۸ درصد افزایش داد [۱۴]. نتایج مطالعه آلیکو و همکاران [۱۵] نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱/۵ تا ۲ گرم در لیتر در گیاهان هندوانه و بامیه، باعث تسریع گل‌دهی و افزایش تعداد گل‌ها و در نتیجه، تعداد میوه بیشتر گردید. غلظت‌های پایین‌تر عصاره جلبک دریایی نیز بیشتر در زمان آغاز گل‌دهی مؤثر بودند. نتایج تحقیق پاپاچان و همکاران [۱۶] نشان داد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در درخت توت در غلظت نیم در هزار در ۲۱، ۲۸ و ۳۵ روز پس از هرس درخت باعث عملکرد برگ در هر درخت بیش از ۷۲ درصد، ارتفاع گیاه تا ۹۲ درصد و مقدار پروتئین بیش از ۶۷ درصد در مقایسه با شاهد شد. یافته‌های کولا و همکاران [۱۷] نشان داده است محلول‌پاشی محرک رشد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی به میزان هفت درصد و همچنین افزایش در میزان کلسیم در بافت گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد گردید. در آزمایش جوانمردی و ستار [۱۸] که تأثیرات عصاره جلبک دریایی و ترکیبات اسیدآمینه بر ارقام Guiza، EDU، M09، Golden cherry و Sweet million گوجه‌فرنگی ارزیابی گردید، کاربرد کود اسیدآمینه نسبت به عصاره جلبک دریایی، تأثیرات مثبت بیشتری به همراه داشت. ایشان گزارش کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی، تأثیر چندانی در میانگین طول، قطر و وزن میوه در ارقام گوجه‌فرنگی دارای میوه کوچک M09، Golden cherry و Sweet million در مقایسه با ارقام میوه درشت Guiza و EDU نداشته است.

کاهش تنش‌های زیستی و غیرزیستی

امروزه در کشاورزی سنتی و حتی مدرن ترکیبات مشتق شده از گیاهان و میکروارگانیسم‌ها برای جلوگیری و مقابله با بیماری‌ها و آفات گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۹]. عصاره جلبک دریایی نیز به عنوان نمونه‌ای از این ترکیبات به‌طور گسترده‌ای برای افزایش رشد و نمو و ارتقای کیفیت محصول و کاهش تنش‌های محیطی، استفاده می‌شود. هرچند چگونگی ارتباط بین ترکیبات موجود در عصاره جلبک‌های دریایی و مکانیسم‌های تأثیر در گیاهان، کمتر بررسی شده است [۹؛ ۱۰] ولی نتایج تحقیق Mansori و همکاران [۲۰] درباره تأثیر عصاره جلبک دریایی در گیاه مریم‌گلی (*Salvia*

officinalis L.) تحت تنش کم‌آبی، نشان داده است در شرایط تنش خشکی مقدار گلایسین- بتائین در این گیاه، افزایش یافت ولی با کاربرد جلبک دریایی از مقدار آنها کاسته شد. همچنین با کاربرد عصاره جلبک دریایی میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز[1] و آسکوربات پراکسیداز[2] در شرایط تنش افزایش معنی‌داری یافت. ایشان تأکید کردند کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌واسطه تسکین اثرات تنش خشکی و افزایش آنتی‌اکسیدانت تا باعث افزایش تحمل به تنش خشکی گردید. نتایج تحقیق فریونی و همکاران [۲۱] در مورد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱/۵ کیلوگرم در هکتار روی انگور رقم Pinot Noir در شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای در مرکز ایتالیا و رقم Cabernet Franc در اقلیم سرد ایالت میشیگان آمریکا نشان داد که کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث تجمع آنتوسیانین و افزایش ذخیره فنولیک در انگور گردید ولی تأثیری در تبادل گازی برگ‌ها، عملکرد و اندازه حبه‌های انگور نداشت.

نتایج آزمایش مناف [۲۲] نیز نشان داد کاربرد عصاره جلبک دریایی با غلظت چهار درصد در شوری ۵۰ میلی مولار نمک در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی، بالاترین مقدار رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، پرولین[3]، فنیل آلانین آمونیوم لیاز[4] و قند محلول کل را ایجاد کرد. نتایج آزمایش کوسیرا و همکاران [۲۳] نشان داد کاربرد عصاره جلبک دریایی *Ecklonia maxima* روی دو رقم لوبیای Aura و Toska، تغییری در ذخیره نشاسته، قند آزاد و پروتئین دانه ایجاد نکرد ولی باعث افزایش آنتوسیانین دانه شد.

عصاره جلبک دریایی قهوه‌ای، به‌طور وسیعی، درکشت گیاهان برای تحریک رشد و ارتقای تحمل آنها در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دمایی و کمبود عناصر غذایی، استفاده می‌شود [۲۴]. در تحقیقی دیگر، استفاده از عصاره جلبک دریایی گونه *Ulva fasciata* باعث افزایش جوانه‌زنی بذرها و افزایش عملکرد برنج گردید همچنین باعث افزایش مقاومت به سرما و بیماری و آفات در برنج نیز شد [۶]. نتایج آزمایش حق‌پرست و همکاران [۲۵] نشان داد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی روی ارقام نخود هاشم، محلی شاهرود (میامی) و ILC482، تأثیرات منفی تنش خشکی را به واسطه افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه کاهش دهد. نتایج تحقیق دی استاسیو و همکاران [۲۶] نشان داد کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش ۱۳ درصدی در عملکرد گوجه فرنگی شد. همچنین در شرایط تنش شوری کاربرد جلبک دریایی، هر چند در عملکرد گوجه‌فرنگی، تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد ولی باعث تجمع عناصر معدنی، آنتی‌اکسیدانت‌ها و اسیدهای آمینه ضروری در میوه گوجه‌فرنگی گردید. نتایج یک تحقیق در مورد کاهش تأثیر تنش کم‌آبی در گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) توسط عصاره جلبک دریایی نشان داد در شرایط تنش کم‌آبی، کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش رشد رویشی این گیاه به‌واسطه افزایش طول ساقه، شاخص سطح برگ و تعداد برگ گردید.

یافته‌ها

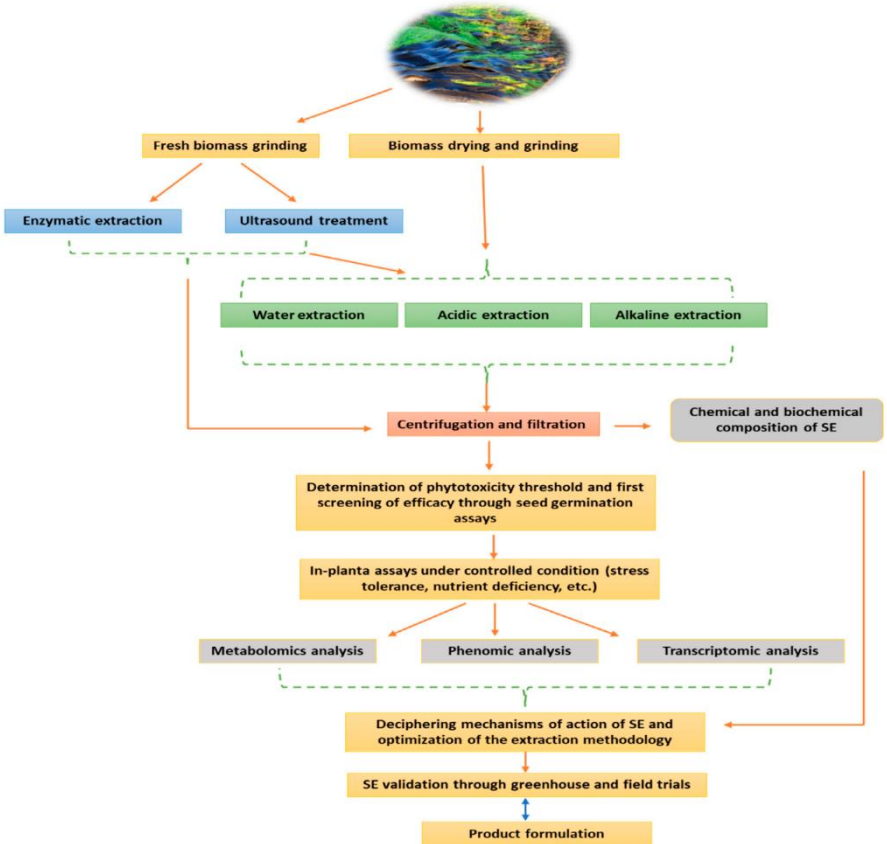
فرایند تولید کود عصاره جلبک دریایی

عصاره‌گیری در جلبک دریایی

بزرگ‌ترین معضل در تولید کود عصاره جلبک دریایی، فرایند عصاره‌گیری آن می‌باشد [۲۷]. باور بر این است که روش‌های عصاره‌گیری و فراوری باید دارای کارایی بالا، هزینه کم و کمترین آلودگی زیست محیطی باشد. در سال‌های اخیر، چندین روش برای فرایند عصاره‌گیری جلبک‌های دریایی پیشنهاد شده است که به روش

[1] Superoxide dismutase
[2] Ascorbate peroxidase
[3] Proline
[4] Phenylalanine ammonia lyase

عصاره‌گیری توسط امواج التراسونیک[1]، با کمک آنزیم‌ها[2]، سیال فوق بحرانی[3]، امواج میکروویو[4] و مایع تحت فشار[5] اشاره کرد که کمترین تأثیر منفی در عصاره نهایی خواهد داشت [۲۸]. در روش‌های قدیمی‌تر، عصاره‌گیری از روش‌های فیزیکی و نیز شیمیایی؛ شامل کاربرد حلال‌هایی مانند n-hexane و سایر الکل‌ها استفاده می‌شد که گاهی برای محیط‌زیست نیز خطرناک بود. از طرفی دیگر، در این روش‌ها مقدار بیشتری حلاّل مصرف می‌شد و نیاز به سپری شدن مدت زمان بیشتری برای عصاره‌گیری بود [۲۹]. در صنعت، عصاره‌گیری از طریق حرارت دادن به زیست توده جلبک دریایی همراه با هیدراکسید پتاسیم و سدیم در شرایط تحت فشار انجام می‌شود (شکل ۲) که البته مقدار محرک‌های رشد در این روش، بسیار کاهش می‌یابد و زنجیره‌های پلی‌ساکارید به قطعات کوچک‌تر شکسته می‌شوند و موادی به وجود می‌آیند که از ابتدا وجود نداشته‌اند [۳۰].

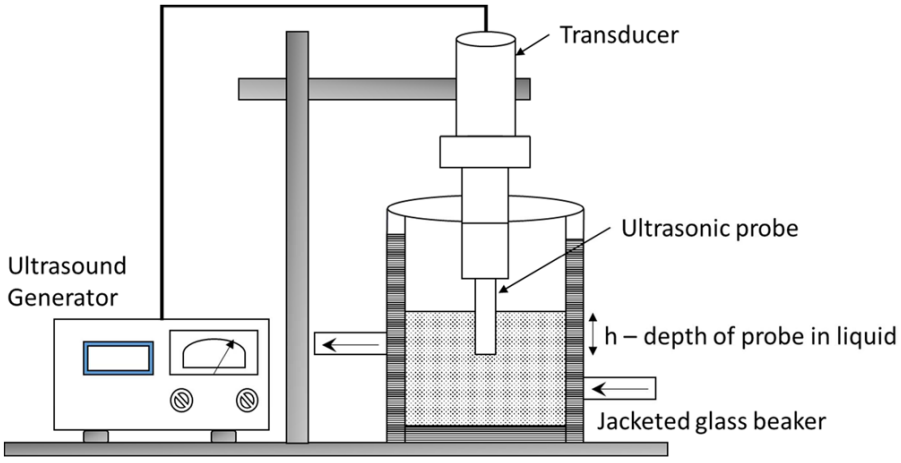


شکل ۲. فلوچارت فرایند عصاره‌گیری از زیست توده جلبک دریایی تا مرحله فرمولاسیون [۲۷]

[1] Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)
[2] Enzyme-Assisted Extraction (EAE)
[3] Supercritical Fluid Extraction (SFU)
[4] Microwave-Assisted Extraction (MAE)
[5] Pressurized Liquid Extraction (PLE)

جوامع امروزی، علاقمندی بیشتری نسبت به مصرف محصولات ارگانیک و جلوگیری از استفاده از هرگونه ماده شیمیایی در تولیدات کشاورزی نشان می‌دهند. هر چند برای تولید کود عصاره جلبک دریایی از یک منبع طبیعی استفاده می‌شود ولی در مراحل فراوری و تولید صنعتی از مواد شیمیایی مانند حلال‌ها نیز استفاده می‌شود. در برخی موارد، کاربرد حلال‌ها باعث صدمه به مولکول‌های زیستی موجود در عصاره جلبک دریایی و کاهش کارایی آن می‌گردد. روش خشک کردن انجمادی[1] به عنوان یک تکنیک مؤثر در کاهش تلفات مولکول‌های زیستی و کاهش کاربرد مواد شیمیایی، استفاده شده است [۳۰]. در روش خشک کردن انجمادی، در ابتدا، جلبک دریایی، جمع‌آوری و شستشو و به کابین خشک‌کن انجمادی، منتقل می‌شود. آب موجود در توده زیستی جلبک به واسطه کاهش فشار مخزن در شرایط انجماد، تصعید می‌شود و از محیط خارج و در پایان، توده زیستی باقی‌مانده، پودر می‌گردد. برای تولید ترکیب کودی، بسته به نوع محصول تولیدی، فرایند فرمولاسیون روی آن صورت می‌گیرد [۳۱]. هر چند بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده کودهای عصاره جلبک دریایی برای افزایش سود خود، از روش‌های کم‌هزینه‌تر استفاده می‌کنند ولی در این بین، تعدادی از شرکت‌ها نیز از تکنولوژی‌هایی مانند خشک کردن انجمادی استفاده می‌کنند که نه تنها مواد شیمیایی در تولید محصول استفاده نمی‌گردد بلکه ترکیبات فعال زیستی نیز به فرم اصلی خود باقی می‌مانند.

در روش عصاره‌گیری توسط امواج میکروویو، امواج رادیویی با فرکانس تا ۳۰۰ گیگاهرتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. انرژی امواج رادیویی توسط مولکول‌ها جذب می‌شود و باعث ایجاد حرارت می‌شود که در نهایت باعث تخریب پیوندهای هیدروژنی و تخریب غشاهای سلولی و نفوذ بیشتر حلّال به درون سلول می‌گردد و فرایند عصاره‌گیری، تسهیل می‌شود. روش عصاره‌گیری با امواج ماکروویو به دو روش بسته که در شرایط فشار و دمای بالا و روش باز بدون شرایط مذکور انجام می‌شود. در روش عصاره‌گیری با استفاده از امواج التراسونیک نیز از امواج صوتی با فرکانس بالای ۲۰ کیلوهرتز استفاده می‌شود (شکل ۳). بالعکس امواج رادیویی، امواج التراسونیک به صورت مکانیکی عمل می‌کنند و باعث ایجاد حباب‌های بسیار کوچک در بافت گیاهی و تخریب غشاهای سلولی و در نهایت، خروج مولکول‌های زیستی می‌شوند [۲۹].



شکل ۳. تصویر سیستم عصاره‌گیری توسط امواج التراسونیک [۲۹]

[1] Freeze- drying method

فرمولاسیون

فرمولاسیون؛ آمیختن ماده مؤثره با برخی از مواد به صورت مواد همراه است؛ به طوری که مخلوط به دست آمده دارای خصوصیات لازم و بهینه برای نگهداری، اثربخشی و مصرف باشد. مواد همراه می‌تواند شامل حلّال، سورفکتانت، دیسپرس‌کننده، امولسیون‌کننده، ایمن‌کننده، تشدیدکننده و سایر موادی باشد که بسته به نوع فرمولاسیون، مورد مصرف قرار می‌گیرد [۳۲]. فرمولاسیون در بخش کشاورزی، بیشتر در تولید سموم دفع آفاتی نباتی، کاربرد دارد ولی در ساخت برخی ترکیبات کودی نیز از روش فرمولاسیون استفاده می‌شود. عصاره جلبک دریایی به‌دست آمده را می‌توان مستقیماً به عنوان یک نوع محرک و بهبوددهنده رشد گیاه استفاده کرد ولی برخی شرکت‌های تولیدکننده مواد کودی، بسته به تکنولوژی تولید و همچنین توصیه‌های مصرف، ترکیب کودی را فرموله می‌کنند. کود عصاره جلبک دریایی، غالباً به دو شکل مایع یا پودر قابل حل در آب، تولید می‌گردد که عموماً مصرف آنها به صورت محلول‌پاشی یا همراه با آب‌یاری توصیه می‌شود. در برخی دیگر از کودها نیز عصاره جلبک دریایی مخلوط با کودهای حاوی عناصر غذایی پرمصرف یا ریزمغذی، تولید می‌گردد و در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

برای تأمین عناصر غذایی برای گیاهان زراعی و باغی، ترکیبات کودی شیمیایی یا آلی بسیار متعددی، استفاده می‌شود ولی گاهی اوقات، تأمین عناصر غذایی برای گیاهان به‌ویژه در شرایط تنش محیطی، چندان کارساز نیست. کاربرد کودهای بهبوددهنده و محرک رشد می‌تواند گیاه را به‌واسطه تسریع فعالیت‌های بیولوژیکی در زمان کمتری به حالت عادی برگرداند و از افت عملکرد بیشتر، جلوگیری کند. عصاره جلبک دریایی به دلیل منشأ طبیعی آن می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب کودی مناسب در زراعت ارگانیک مورد استفاده قرار گیرد.

References

[1] Rebours, C., Friis Pedersen, S., Øvsthus, I., & Roleda, M. (2014, Jul 07). *Seaweed-a resource for organic farming* Bioforsk Fokus, https://orgprints.org/id/eprint/25548/

[2] Hidangmayum, A., & Sharma, R. (2016). Effect of different concentrations of commercial seaweed liquid extract of Ascophyllum nodosum as a plant bio stimulant on growth, yield and biochemical constituents of onion (Allium cepa L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *6*(5), 658-663. https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue4/PartJ/6-4-99-800.pdf

[3] Abdollahi, K., Esmaeilpour, B., Khorram Del, S., Rastgoo, S., & Fath Al-Ulumi, S. (2014, August 20-21). The effect of foliar application of seaweed extract on some vegetative traits of greenhouse cucumber. Third National Congress of Organic and Conventional Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran. https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1043218.html

[4] Sharma, L., Banerjee, M., Malik, G. C., Gopalakrishnan, V. A. K., Zodape, S. T., & Ghosh, A. (2017). Sustainable agro-technology for enhancement of rice production in the red and lateritic soils using seaweed based biostimulants. *Journal of Cleaner Production*, *149*, 968-975. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.153

[5] Zodape, S., Gupta, A., Bhandari, S., Rawat, U., Chaudhary, D., Eswaran, K & ,.Chikara, J. (2011). Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). *Journal of Scientific & Industrial Research*, *70*(3), 215-219. http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/11089

[6] Sheela, S., Josephine, S., & Reginald Appavoo, M. (2017). Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) on different growth parameters, biochemical constituents and pigment production in a C4 plant, Oryza Sativa. *International Education and Research Journal*, *3*(7), 40-42. http://ierj.in/journal/index.php/ierj/article/view/1204

[7] Singh, S., Singh, M. K., Pal, S., Trivedi, K., Yesuraj, D., Singh, C., Gopalakrishnan, V. A., Muruganandham, C., Patidar, R., Kubavat, D., Zodape, S & ,. Ghosh, A. (2016). Sustainable enhancement in yield and quality of rain-fed maize through Gracilaria edulis and Kappaphycus alvarezii seaweed sap. *Journal of applied Phycology*, *28*(3). https://doi.org/10.1007/s10811-015-0680-8

[8] Ghafari Zadeh, A., Seyyed Nejad, S. M., & Gilani, A. (2015). Investigation the effect of different levels of urea fertilizer and brown seaweed extract on the physiological traits and grain yield of wheat. *crop physiology journal*, *7*(27), 69-83. http://cpj.iauahvaz.ac.ir/article-1-508-en.html

[9] Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *4*(1), 1-12. https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5

[10] Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, *28*(4), 386-399. https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x

[11] Sibi, M., Nezami, A., & Khazaie, H. R. (2016). The effect of concentration, time and applying instruction of seaweed extract on some morphological characteristics of rooextract on some morphological characteristics of root and shoots of safflower (Carthamustinctorius L.). *Crop Physiology Journal*, *8*(29), 5-21. http://cpj.iauahvaz.ac.ir/article-1-632-en.html

[12] Singh, S., Lal, S., Singh, R., & Zodape, S. (2017). Fertilizer Potential of Sea Weed (Kappaphycus and Gracilaria) Saps in Potato Crop. *Journal of AgriSearch*, *4*(1), 31-35. https://doi.org/10.21921/jas.v4i1.7416

[13] Omar, A. E.-D .K., Ahmed, M. A., & Al-Saif, A. M. (2017). Influences of Seaweed Extract and Potassium Nitrate Foliar Application on Yield and Fruit Quality of Date Palms (Phoenix dactylifera L. cv. Sukary). *Advances in Agricultural Science*, *5*(3), 16-22 https://www.semanticscholar.org/paper/Influences-of-Seaweed-Extract-and-Potassium-Nitrate-Omar-Ahmed/70b983b9d1ee6fddfb70b16b34b83efacbd3dee9

[14] Ambika, S., & Kandasamy, S. (2017). Organic seaweed nano powder effect on growth and yield attributes of pigeonpea. *Legume Research*, *40*(4), 731-734. https://doi.org/10.18805/lr.v0iOF.448

[15] Aliko, A. A., Manga, A., Haruna, H., & Abubakar, A. W. (2017). Effect of different concentrations of aqueous Ascophyllum nodosum extract on flowering and fruiting in some vegetables. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, *10*(1), 63-65. https://doi.org/10.4314/bajopas.v10i1.9

[16] Pappachan, A., Bariampan, L., & Trivedy, K. (2017). Effect of application of Ascophyllum nodosum extract on the yield and quality of Mulberry leaves. *Bioscience Discovery*, *8*(2), 235-240. https://jbsd.in/Vol%208%20No%202/Anil235-240.pdf

[17] Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., & Rouphael, Y. (2017). Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially

modulate fruit quality of greenhouse tomato. *HortScience*, *52*(9), 1214-1220. https://doi.org/10.21273/HORTSCI12200-17

[18] Javanmardi, J., & Sattar, H. (2016). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of five greenhouse tomato cultivars in response to fertilizers containing seaweed extract and amino acids. *Journal of Soil and Plant Interactions*, *7*(1), 121-130. https://doi.org/10.18869/acadpub.ejgcst.7.1.121

[19] Gwinn, K. D. (2018). Chapter 7 - Bioactive Natural Products in Plant Disease Control. In R. Atta ur (Ed.), *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 56, pp. 229-246). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64058-1.00007-8

[20] Mansori, M., Chernane, H., Latique, S., Benaliat, A., Hsissou, D., & El Kaoua, M. (2016). Effect of seaweed extract (Ulva rigida) on the water deficit tolerance of Salvia officinalis L. *Journal of applied Phycology*, *28*(2), 1363-1370. https://doi.org/10.1007/s10811-015-0671-9

[21] Frioni, T., Sabbatini, P., Tombesi, S., Norrie, J., Poni, S., Gatti, M., & Palliotti, A. (2018). Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed Ascophyllum nodosum on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. *Scientia Horticulturae*, *232*, 97-106. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.054

[22] Manaf, H. H. (2016). Beneficial effects of exogenous selenium, glycine betaine and seaweed extract on salt stressed cowpea plant. *Annals of Agricultural Sciences*, *61*(1), 41-48. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2016.04.003

[23] Kocira, A., Świeca, M., Kocira ,S., Złotek, U., & Jakubczyk, A. (2018). Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (Ecklonia maxima). *Saudi Journal of Biological Sciences*, *25*(3), 563-571. https//:doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.039

[24] Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, *196*, 39-48. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012

[25] Haghparast, M., Malekifarahani, S., Sinaki, J., & Zarei, G. (2012). Reducing the negative effects of drought stress on chickpeas with the use of humic acid and seaweed extract. *CROP PRODUCTION IN ENVIRONMENTAL STRESS*, *4*(1), 59-71. https://cpes.srbiau.ac.ir/article_2367.html?lang=en

[26] Di Stasio, E., Van Oosten, M. J., Silletti, S., Raimondi, G., Dell'Aversana, E., Carillo, P., & Maggio, A. (2018). Ascophyllum nodosum-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. *Journal of applied Phycology*, *30*(5), 2675-2686. https://doi.org/10.1007/s10811-018-1439-9

[27] El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & lyamlouli, K. (2020). Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil-Plant Systems. *Plants*, *9*(3), 359. https://doi.org/10.3390/plants9030359

[28] Michalak, I., & Chojnacka, K. (2014). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, *15*(2), 160-176. https://doi.org/10.1002/elsc.201400191

[29] Kadam, S. U., Tiwari, B. K., & O'Donnell, C. P. (2013). Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *61*(20), 4667-4675. https//:doi.org/10.1021/jf400819p

[30] Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of applied Phycology*, *23*(3), 371-393. https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4

[31] Badmus, U. O., Taggart, M. A., & Boyd, K. G. (2019). The effect of different drying methods on certain nutritionally important chemical constituents in edible brown seaweeds. *Journal of applied Phycology*, *31*(6), 3883-3897. https://doi.org/10.1007/s10811-019-01846-1

[32] Mousavi, M. R. (2016, March). *Pesticides and their use: Insecticides and acaricides*. Marzeh Danesh, Aab-e-Negah Publishing. https://www.adinehbook.com/gp/product/9649900995