

جوانه

JAVANEH



فصلنامه علمی تخصصی انجمن علمی دانشجویی زراعت و اصلاح نباتات
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
سال شانزدهم - شماره هفتم (دوره جدید - حرفه ای) - پاییز ۱۳۹۹





شناسنامه

شماره و تاریخ مجوز: ۱۳۲/۲۰۲۷/۲۶ | ۱۳۹۷/۷/۱۷

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی زراعت و اصلاح نباتات
زیر نظر امور فرهنگی و فوق برنامه پردیس کشاورزی و منابع
طبیعی دانشگاه تهران

مدیر مسئول: فاطمه قبادی

سردبیر: مهدی غفاری

دبیر هیئت تحریریه: فاطمه قبادی

استاد مشاور انجمن: دکتر مصطفی اویسی

استاد مشاور نشریه: دکتر محمدرضا بی‌همتا

دبیر انجمن: اشکان جلیلیان

ویراستار: ثریا نوید

طراحی جلد و صفحه آرائی: مجتبی تمدنی آرائی

همکاران این شماره:

سلمان میرزائی، ثریا نوید، زهرا ردائی الاملی، فاطمه آزادی،
هادی سالک معراجی، محسن ساسانی، مسعود احمدزاده،
محمدرضا جهانسوز، مهتاب بلادی، لیلا سلیمانپور، فرشید
نورالوندی، سحر افضلی، ولی اله محمدی،

این نشریه با حمایت بنیاد علمی آموزشی قلم چی منتشر
شده است.

سخن مدیر مسئول

به نام خداوند پاییز
پاییز، فصلنامه‌ای است بر سرآغاز کوششی که ثمره آن جوانه‌های بهاری ست!
شروعی است زود هنگام برای بذرها که خواب‌ها را طی کنند تا بیداری!
هرچند زرد و سرخ، همراه خزان، اما سرچشمه تلاشی است برای روییدن دوباره!

پس سلام بر پاییزی که طلعه‌ای است بر شروع دوباره زندگی!
خداوند مهربان را سپاس که شاهد رویش جوانه‌ای دیگر در فصل پاییز هستیم. لازم می‌دانم به رسم ادب از مسئولین پیشین جوانه و یاران همیشگی آن خانم لیلا سلیمانپور و خانم ثریا نوید کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم؛ به همراه دوستان و مسئولین محترم فعالیت‌های نشریه علمی دانشجویی جوانه را ادامه می‌دهیم.

تحقق امنیت ملی از شاه‌راه امنیت غذایی می‌گذرد و توسعه بخش کشاورزی از دغدغه‌های مهمی است که چشم‌امیدی به فعالیت‌های دانشگاه و دانشگاهیان دارد. انتقال دانش کشاورزی در بخش‌های مختلف و عملی ساختن دست‌آوردهای علمی از یک سو و یافتن راه‌حل مشکلات بخش کشاورزی در تحقیقات دانشگاهی از سوی دیگر می‌تواند نویدبخش به ثمر رسیدن تلاش‌های جامعه علمی باشد. در این راستا حفظ و پایداری منابع از نکات مهم و مغفول مانده در حوزه تولید و افزایش تولید است. داشتن نگاهی جامع و بلند مدت در بخش کشاورزی می‌تواند بسیاری از مشکلات موجود و همچنین بحران‌های پیش‌روی تولید را مرتفع سازد. همچنین باید به این نکته مهم توجه داشته باشیم که ما تنها ساکنین این کره خاکی نیستیم تا با رعایت حق حیات و حفظ منابع برای سایر موجودات و نیز آیندگان، زندگی بهتر و مفیدتری را تجربه کنیم.

در انتها از تمام همراهان گرامی از جمله استاد مشاور فرهیخته نشریه، سردبیر محترم، هیئت تحریریه گران‌قدر نشریه و همچنین معاونت محترم دانشجویی و فرهنگی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی که یاری‌رسان جوانه بودند سپاس‌گزارم.

امید است شما مخاطبان عزیز ما را از دیدگاه‌ها، پیشنهادات سازنده و نقدهای منصفانه خود بهره‌مند سازید.

با سپاس
فاطمه قبادی
مدیر مسئول

CONTENTS

فهرست مطالب

۰۱	بیوچار (Biochar)، روشی کارآمد جهت بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش عملکرد گیاهان زراعی
۰۸	مواد آلی خاک و اهمیت آن در کشاورزی
۱۳	مدل اپسیم (APSIM)، و کاربرد آن در کشاورزی
۱۷	کاربرد جلبک دریایی در کشاورزی
۲۲	تأثیر پوشش‌دهی بذر (Seed Coating)، بر ویژگی‌های مرتبط با عملکرد گیاهان زراعی
۲۸	گیاه‌پالایی (Phytoremediation) و سلامت محیط
۳۲	تجزیه واریانس در نرم‌افزار MSTATC
۳۶	توصیه اصولی علف‌کش
۵۰	معرفی گیاه تاجریزی
۵۱	معرفی گیاه ارزن وحشی، دم روباهی طلایی
۵۲	معرفی کتاب بیولوژی، فیزیولوژی و بیولوژی مولکولی علف‌های هرز
۵۴	طرح پژوهشی برگزیده دانشگاهی سال ۱۳۹۹ وزارت علوم
۵۶	معرفی دانشگاه واخنینگن هلند (Wageningen University & Research)
۶۲	گزارش مزرعه
۶۴	فراخوان

• بیوچار (Biochar)، روشی کارآمد جهت بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش عملکرد گیاهان زراعی

ثریا نوید | دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک کره زمین واقع شده است که در بیش از ۶۰ درصد از اراضی، میزان کربن آلی کمتر از یک درصد بوده و اغلب واکنش قلیایی یا آهکی است. افزودن مواد آلی به خاک بسته به خصوصیات آن‌ها، بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک اثر مثبت و متفاوتی می‌گذارد. بنابراین مواد آلی می‌توانند با بهینه کردن شرایط رشدی گیاه، تولید محصولات کشاورزی را از نظر کیفی و کمی افزایش دهند. اخیراً استفاده از بیوچار در زمین‌های کشاورزی، به‌عنوان منبع تأمین‌کننده مواد آلی برای رشد گیاه، بهبود خصوصیات خاک (از جمله: فعالیت آنزیمی، اسیدیته، ظرفیت تبادل کاتیونی، وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب و مقدار قابل جذب عناصر)، کاهش تغییرات آب‌وهوایی و افزایش تولید محصولات کشاورزی، مورد توجه محققین قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: پیرولیز، ترسیب کربن، تغییر اقلیم، عناصر غذایی، مواد آلی.

مقدمه

سال‌های اخیر، مصرف روزافزون کودهای شیمیایی، توسعه کشت متراکم، استفاده از ارقام پرمصرف، عدم برگشت بقایای گیاهی به خاک و سوزاندن آن‌ها، باعث کاهش بیش از حد معمول مقدار ماده آلی، قدرت باروری و حاصلخیزی خاک شده است. با توجه به نقش مواد آلی در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، مقدار بهینه کربن آلی در خاک برای دستیابی به تولید پایدار، حداقل بین دو تا سه درصد برآورد شده است. افزودن مواد آلی به خاک بسته به خصوصیات آن‌ها، بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از جمله: فعالیت آنزیمی، اسیدیته، ظرفیت تبادل کاتیونی، وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب و افزایش مقدار قابل جذب عناصر اثر مثبت و متفاوتی می‌گذارد. بنابراین مواد آلی می‌توانند با بهینه کردن شرایط رشدی گیاه، تولید محصولات را از نظر کیفی و کمی افزایش دهند.

بیوچار، فرآورده‌ی جانبی غنی از کربن است که از زیست توده بقایای محصولات کشاورزی، چوب، پسماند و غیره، در طی فرآیند پیرولیز (سوزاندن در یک محیط با اکسیژن کم یا بدون اکسیژن)، تولید می‌شود. استفاده از بیوچار به‌عنوان یک افزودنی خاک، به‌طور هم‌زمان به کاهش تغییرات آب‌وهوایی توسط انسان، بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصولات کشاورزی منجر می‌شود.

تاریخچه و اهمیت بیوچار

بیوچار (Biochar)، از ادغام دو واژه‌ی بیومس (Biomass)، به معنای زیست توده و چارکول (Charcoal) به معنای زغال، تشکیل شده است. این کلمه از قرن بیستم وارد ادبیات علمی جهان شده است، هرچند استفاده از این ترکیب به سال‌های قبل از کشف قاره آمریکا (تا پانصد سال قبل)، برمی‌گردد. بیوچار یک کلمه جدید برای بسیاری، اما یک فناوری سنتی در مناطق مختلف جهان می‌باشد، لذا اهمیت بیوچار در کشاورزی به‌تازگی کشف مجدد شده است.

مدت‌ها قبل از کشف قاره آمریکا توسط کریستف کلمب، قبایل بومی مناطق آمازون و مشخصاً منطقه‌ی تراپرتا از تکنیکی برای افزایش حاصل‌خیزی زمین‌هایشان استفاده می‌کردند (شکل ۱). مسلم است که آن‌ها از علوم شیمی و زیست‌شناسی اطلاعاتی نداشتند و این روش را با کمک آزمون و خطا یافته بودند. تکنیک آن‌ها شامل سوزاندن ضایعات کشاورزی بود، در حالی که روی آن‌ها را با خاک پوشانده بودند و در واقع بقایای گیاهی را در شرایط غیرهوازی می‌سوزاندند. آزمایش روی خاک‌های تراپرتا نشان داد که این خاک‌ها به شدت حاصل‌خیز بوده و این ترکیب توانست کیفیت و کمیت محصول را به شکل چشم‌گیری افزایش دهد. همچنین سبب شد که ساختار ترکیبی خاک و نگهدارندگی آب بهبود زیادی پیدا کند. نکته مهمی که باید به آن اشاره کرد

این است که خاک‌های منطقه تراپرتا

پس از گذشت قرن‌ها، هنوز غنی

بوده و کیفیت حاصل‌خیزی

خودش را حفظ کرده

است.

از طرف دیگر نیز گرچه خاک‌ها با سازوکارهای مختلف مانند: رسوب، جذب سطحی و واکنش‌های احیا، ظرفیت طبیعی برای کاهش تحرک فلزات دارند، ولی با افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک، این آلاینده‌ها می‌توانند متحرک شده و در نتیجه آلودگی‌هایی برای محصولات کشاورزی و آب‌های زیرزمینی ایجاد نمایند. بیشتر فلزات سنگین برخلاف آلاینده‌های آلی، دچار تجزیه بیولوژیکی یا شیمیایی نمی‌شوند. بنابراین مدت زمان طولانی در خاک باقی می‌مانند. نتیجه مستقیم انباشتگی فلزات سنگین در خاک، تهدید اکولوژیکی گیاهان و سایر جانداران در خاک‌های آلوده و در پی آن تهدید سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی است. به‌سازها از طریق ساز و کارهای جذب سطحی، واکنش‌های اسید و باز، رسوب، اکسایش و احیا، کمپلکس شدن، تبادل کاتیونی و هوموسی شدن، باعث غیرپویا شدن و تثبیت فلزات سنگین در خاک می‌شوند. به‌ساز مناسب، تحرک و فراهمی آلاینده‌ها را به سرعت کاهش داده و از آبشویی و جذب آن به وسیله گیاهان و جانداران خاک می‌کاهد. بنابراین، کاربرد بیوچار، با توجه به منافع بالقوه زراعی و زیست‌محیطی که دارد، به عنوان یک ماده اصلاح‌کننده خاک به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه سیاست‌گذاران در کشورهای توسعه یافته قرار گرفته است.

منابع ماده آلی در ایران

منابع مواد آلی در ایران تنوع زیادی دارد و شامل: بقایای گیاهی حاصل از فعالیت‌های زراعی، کودهای دامی و مرغی، گیاهان پوششی (کودهای سبز)، مواد حاصل از زباله‌های شهری پس از بازیافت آن‌ها، کمپوست حاصل از باگاس نیشکر، بقایای گیاهی، ضایعات کشت و صنعت‌های تولید قارچ خوراکی، کارخانجات دخانیات و چای خشک کنی، ضایعات کارخانجات قند و فاضلاب شهری و نیز سایر موارد مشابه می‌باشد. اگرچه از دیرباز استفاده از بقایای کشاورزی، دامی و شهری به عنوان یکی از راهکارهای تأمین این ماده گران‌بها می‌باشد، اما کاربرد مستقیم این مواد در زمین‌های کشاورزی می‌تواند تولید مواد سمی و پاتوژن‌ها را به همراه داشته باشد. بنابراین لازم است این مواد به محصولات پایدار و بی‌ضرر تبدیل شوند که استفاده از بیوچار در زمین‌های کشاورزی، به‌عنوان منبع تأمین‌کننده مواد آلی برای رشد گیاه و اصلاح‌کننده‌ای برای بهبود خصوصیات خاک رونق زیادی یافته است.





شکل ۲- مزایای بیوپچار

بیوپچار می‌تواند از هر زیست توده‌ای از جمله پسماندهای زراعی (کاه و کلش، شلتوک برنج، دامی، جنگلی (شاخ و برگ و چوب)، خانگی (تایر اتومبیل، لجن فاضلاب و غیره)، کودهای حیوانی و دامی ساخته شود. مواد اولیه تحت یک فرآیند به نام گرماکافت یا تجزیه حرارتی - شیمیایی که نتیجه آن یک بازآرایی در مولکول زیست توده می‌باشد، تبدیل به بیوپچار سیاه رنگ و سایر محصولات می‌شوند. بیوپچار، بسیار متفاوت از زغال سنگ معدنی است. منشأ زغال سنگ معدنی زیست توده است که توسط فرآیندهای زمین‌شناسی در طول دوره‌های زمین‌شناسی شکل گرفته است. برای تولید غیرطبیعی بیوپچار در مقادیر زیاد، معمولاً از دستگاه‌های بزرگی که برای این منظور ساخته می‌شوند، استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها دارای یک مخزن بزرگ می‌باشند که زیست توده در داخل آن ریخته شده و حرارت داده می‌شود. زیست توده مواد آلی در طی فرآیند گرماکافت، تبدیل به گاز زیستی، روغن زیستی و زغال زیستی (بیوپچار)، می‌شود. از گاز و روغن زیستی می‌توان برای تولید انرژی استفاده کرد. ولی بیوپچار به علت ویژگی‌های منحصر به فردی که دارد، به عنوان اصلاح کننده خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. دستگاه تولید بیوپچار دارای یک مخزن می‌باشد که زیست توده در داخل آن قرار داده می‌شود و بعد از خارج کردن اکسیژن، حرارت داده می‌شود و بدین ترتیب، زیست توده داخل مخزن تبدیل به بیوپچار شده و روغن و گاز زیستی تولید شده نیز از طریق خروجی‌هایی که بدین منظور در مخزن تعبیه شده‌اند، خارج می‌شوند. شرایط فرآیند گرماکافت مانند: حداکثر دمای گرماکافت، سرعت افزایش دما و مدت زمان ماندن در دمای حداکثر تأثیر زیادی بر ویژگی‌های بیوپچار و درصد ترکیب و عناصر بیوپچار می‌گذارد. فرآیند گرماکافت، باعث خارج شدن هیدروژن و اکسیژن از ساختمان زیست توده می‌شود. با کاهش نسبت هیدروژن به کربن و اکسیژن به کربن در ساختمان بیوپچار، درصد آروماتیسیته (Aromaticity)، کربن در بیوپچار افزایش می‌یابد.



شکل ۱- خاک‌های باستانی تراپرتا (خاک‌های سیاه) در جنگل‌های آمازون

مطالعه و تحقیق روی این خاک‌ها با توجه به ویژگی‌ها و منافعی که در کوتاه مدت و درازمدت در پی داشت، در قرن اخیر به طور چشمگیری افزایش یافت. بیوپچار یا زغال زیستی، زغال تهیه شده از زیست توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که به عنوان کود استفاده می‌شود. این ماده به صورت جامد بوده و سرشار از کربن است که می‌تواند آن را به مدت هزاران سال در خود نگاه دارد. بیوپچار شامل کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و خاکستر در مقادیر متنوع است. امروزه بیوپچار توسط فرآیند مدرنیزه شده پیرولیز (Pyrolysis)، یا گرماکافت تولید می‌شود. پیرولیز یک واژه یونانی می‌باشد که خود از ترکیب دو واژه pyro به معنای آتش و lysis به معنای جداسازی تشکیل شده است. لذا به فرآورده‌ی جانبی غنی از کربن پایدار وقتی که زیست توده در طی فرآیند گرماکافت در نتیجه سوزاندن مواد آلی در شرایط بدون اکسیژن و یا اکسیژن کم در دمای کمتر از ۷۰۰ درجه سلسیوس تولید می‌شود، بیوپچار گفته می‌شود. به طور کلی بیوپچار برای تحقق چهار هدف مدیریت ضایعات، کاهش تغییرات اقلیمی، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و تولید انرژی و همچنین بهبود خصوصیات خاک استفاده می‌شود (شکل ۲). تحقیقات نشان داده است که بیوپچار می‌تواند به عنوان یک ذخیره کربنی برای صدها تا هزاران سال در خاک باقی بماند و با ترسیب کربن و مدیریت خاک تأثیر عمده‌ای در کاهش گازهای گلخانه‌ای و بهبود پدیده گرمایش جهانی داشته باشد. طبق تعریفی دیگر، بیوپچار یک ماده پایدار غنی از کربن است که بسیار آهسته تجزیه می‌شود و هنگامی که به خاک اضافه گردد، می‌تواند کیفیت خاک را بهبود بخشد. بیوپچار به علت سرعت تجزیه پایین نسبت به سایر مواد آلی، ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسید کربن و متان که از ضایعات کشاورزی آزاد می‌شود را دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی ذخیره کند.

قبیل کاهش رشد گیاه و افزایش جریان زمینی که منجر به افزایش فرسایش خاک می‌شود، داشته باشد. واضح است که خاک مراتع و اراضی کشاورزی کشور با گذر زمان در اثر فرسایش و استفاده‌ی غیراصولی دچار تخریب شده و از حاصلخیزی آن‌ها به شدت کاسته شده و گسترش بیابان‌زایی در کشور شدت بیشتری نسبت به گذشته دارد. بنابراین ارائه‌ی راهکاری که بتواند علاوه بر ذخیره‌ی آب، در عرصه‌های طبیعی به تقویت پوشش گیاهی کمک کند و در محصولات زراعی سبب افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد شود، امری بسیار ضروری است.

افزودن مواد طبیعی به خاک جهت اصلاح و بهبود خاک، کاهش فرسایش، کاهش بیابان‌زایی و افزایش بهره‌وری مصرف آب از بهترین گزینه‌ها در این رابطه می‌تواند باشد. توانایی بالای بیوچار در حفظ آب و مواد غذایی به خصوصیات فیزیکی آن از قبیل ساختار متخلخل و سطح ویژه‌ی بالای آن برمی‌گردد. همین ویژگی باعث در دسترس بودن آب و مواد غذایی برای گیاه و جلوگیری از هدر رفت آب و آبشویی مواد مغذی می‌شود. ظرفیت نگهداری آب خاک، تحت تأثیر ترکیب آلی و معدنی خاک قرار می‌گیرد. با افزایش مواد آلی خاک، ظرفیت نگهداری آب خاک نیز افزایش می‌یابد. بیوچار دارای جرم مخصوص کم و تخلخل بالا است و شبیه به خزه اسفنگوم، وقتی خشک است به سختی می‌توان آن را مرطوب کرد، اما می‌تواند مقادیر زیادی آب را نگه دارد. ساختار مولکولی گسترده کربن‌های آروماتیک بیوچار باعث پایداری زیاد آن در خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شود. ترکیب ناهمگن بیوچار باعث می‌شود که برهم‌کنش با خاک، ویژگی‌های آب‌دوست،

آب‌گریز، اسیدی و بازی از خود نشان دهد.

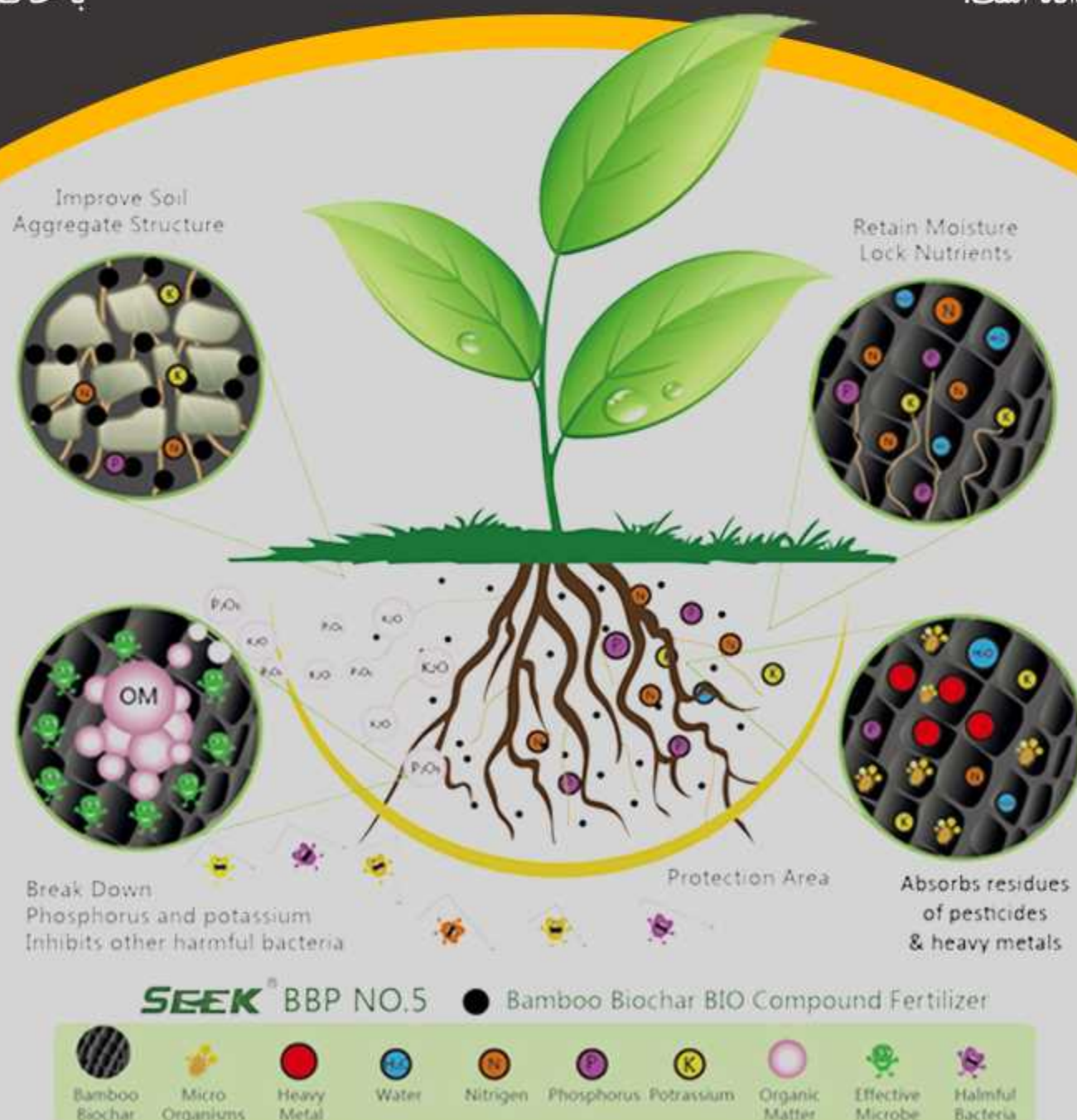
بنابراین، کربن آلی بیوچار ساختار آروماتیکی داشته و در برابر تجزیه‌های زیستی و غیر زیستی مقاومت بسیار زیادی دارد. با افزایش دما، درصد بیوچار و درصد کربن آن کاهش یافته ولی درصد آروماتیک بودن کربن افزایش می‌یابد و باعث افزایش مقاومت و پایداری زیستی بیوچار می‌شود. همچنین با افزایش دمای گرماکافت درصد تولید گاز زیستی، درصد تولید روغن زیستی تا حدی از دما (حدود ۵۰۰ درجه سلسیوس)، افزایش و سپس با افزایش دما کاهش می‌یابد. کاهش درصد روغن تولید شده در دمای بالاتر به علت تبدیل آن به گاز زیستی در دمای بالا می‌باشد. بنابراین، بیوچار تولید شده در دمای گرماکافت کم نسبت به دمای بالا، به علت دارا بودن درصد بیشتری از عناصر غذایی دارای ویژگی اصلاح‌کنندگی بهتری برای خاک می‌باشد. بیوچار تولید شده در دمای گرماکافت بالا، به علت مقاومت زیاد کربن در برابر تجزیه، دارای ظرفیت زیادی برای ترسیب کربن می‌باشد.

الف) تأثیر بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

- **توزیع اندازه ذرات و ساختمان خاک:** بیوچار بعد از افزوده شدن به خاک، بر اثر هوادهی و قرار گرفتن در معرض فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، با گذشت زمان به ذرات کوچک‌تر (اندازه سیلت و یا کوچک‌تر)، تبدیل شده و بدین ترتیب می‌تواند توزیع اندازه ذرات خاک را تغییر دهد. با افزایش کربن آلی، تخلخل، سطح ویژه و بهبود فعالیت میکروبی خاک، می‌تواند خاکدانه‌سازی را تحت تأثیر قرار داده و ساختمان خاک را بهبود بخشد.

- **نفوذ و نگهداری آب در خاک:** شرایط خشک حاکم بر کشور ایران باعث شده است که بیش از ۲۰ درصد از مساحت کشور معادل ۳۲/۵۸ میلیون هکتار را بیابان تشکیل دهند. سهم ایران از خشکی‌های جهان حدود ۱/۲ درصد است درحالی‌که ۲/۴ درصد از بیابان‌های جهان را در خود جای داده است.

آب‌گریزی خاک می‌تواند عوارض شدید جانبی از



محققان معتقدند که بیوچار باعث بهبود نفوذپذیری خاک می‌شود. بیوچار می‌تواند توزیع اندازه منافذ، ساختمان، تخلخل و چگالی ظاهری خاک را تغییر داده و الگوی نفوذپذیری و مسیر جریان‌های ترجیحی و ماتریس آب و محلول خاک را تغییر داده و باعث افزایش نفوذپذیری خاک شود. لازم به ذکر است که این اثر بیوچار کوتاه مدت می‌باشد، چون بعد از افزوده شدن به خاک، به سرعت به ذرات کوچکتر تبدیل می‌شود و ممکن است نفوذپذیری خاک را در بلندمدت کاهش دهد.

- سطح ویژه (Specific Surface Area): یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد بیوچار که بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد، سطح ویژه زیاد آن می‌باشد. سطح ویژه بیوچار بسیار متغیر بوده و گستره وسیعی دارد و به شدت تحت تأثیر زیست توده اولیه و شرایط تولید بیوچار قرار می‌گیرد. بیوچارهای ساخته شده از یک زیست توده یکسان، به علت متفاوت بودن شرایط تولید، ممکن است که دارای سطح ویژه متفاوتی باشند. سطح ویژه و توزیع منافذ ریز بیوچار با افزایش دمای گرمایافت افزایش می‌یابد و این دو ویژگی به هم مرتبط می‌باشند.

- فرسایش خاک: مواد آلی خاصیت آبگریزی دارند و در صورتی که به صورت پوشش بر روی سطح ذرات خاک قرار گیرند، ممکن است باعث افزایش دفع آب توسط ذرات خاک شده و فرسایش خاک را تشدید کنند. به عقیده محققین، مواد آلی قرار گرفته در سطوح ذرات خاک عامل اصلی دفع آب خاک می‌باشند. افزایش آب‌گریزی خاک، بعد از آتش‌سوزی در خاک‌ها به تولید ترکیب‌های آلی فرار و آب‌گریز مربوط می‌باشد. چنین ترکیب‌هایی در بیوچار نیز وجود دارد، ولی افزودن بیوچار به خاک نه تنها فرسایش‌پذیری خاک را افزایش نمی‌دهد، بلکه با بهبود ویژگی‌های مختلف خاک به ویژه ویژگی‌های فیزیکی خاک، خاکدانه‌سازی و ساختمان خاک را بهبود و فرسایش‌پذیری خاک را کاهش می‌دهد. در آتش‌سوزی بر اثر گرمای آتش، ترکیب آلی فرار خارج شده از زیست‌توده در بین سطوح ذرات خاک پخش شده و همانند پوشش در سطوح ذرات خاک قرار گرفته و آبگریزی خاک را افزایش می‌دهند. درحالی‌که بیوچار ترکیب آلی فرار در سطوح ذرات باقی می‌ماند و باعث افزایش آبگریزی خاک نمی‌شود. علاوه بر آن بیوچار نسبت به ذرات خاک تمایل بیشتری برای جذب انواع ترکیب‌های آلی دارد و در جذب چنین ترکیب‌هایی موفق‌تر از ذرات خاک عمل می‌کند.

ب) تأثیر بیوچار بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

- ظرفیت تبادل کاتیونی (Cations Exchange Capacity): بیوچار، نسبت به سایر مواد آلی خاک دارای سطح ویژه و بار منفی بیشتری می‌باشد که منجر به ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد بیوچار و توانایی آن در جذب و نگهداری انواع ترکیب‌های آلی و معدنی می‌شود. مطالعات نشان داد که بیوچار می‌تواند ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را تا ۵۰ درصد افزایش و با کاهش شستشوی عناصر غذایی، فراهمی آن‌ها را برای گیاه افزایش دهد. با افزوده شدن بیوچار به خاک، با اکسایش زیستی و غیر زیستی، گروه‌های عاملی کربوکسیلی سطح بیوچار افزایش و بار منفی زیادی در سطح بیوچار ایجاد می‌شود که باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شود. بیوچار تازه افزوده شده به خاک ممکن است در ابتدا ظرفیت تبادل آنیونی از خود نشان دهد، درحالی‌که بیوچار مسن‌تر، در اسیدپایه‌های بیش‌تر از سه، ظرفیت تبادل کاتیونی از خود نشان می‌دهد. تغییرات و پایداری بیوچار در خاک، تحت تأثیر وضعیت رطوبت خاک نیز قرار می‌گیرد و وضعیت رطوبت خاک ممکن است معدنی شدن و تصاعد کربن بیوچار را در شرایط مختلف خاک تحت تأثیر قرار دهد. بیوچار به‌طور بالقوه می‌تواند باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها به ویژه برای خاک‌های با هوادیدگی بالا، خاک‌های ماسه‌ای فقیر از نظر عناصر غذایی شود.

- فراهمی عناصر غذایی در خاک: نقش بیوپار در عناصر غذایی خاک، به نوع زیست‌توده اولیه بستگی دارد، زیرا که میزان عناصر موجود در زیست‌توده گیاهان مختلف متفاوت می‌باشد. در تحقیقات مختلف در خصوص نقش بیوپار در فراهمی عناصر غذایی، نتایج متفاوتی گزارش شده است؛ به‌طوری که با افزودن بیوپار به خاک، هم کاهش و هم افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک و جذب آن‌ها توسط گیاه گزارش شد. بیوپار به دو روش کلی بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی خاک تأثیر دارد: یکی افزودن و دیگری نگهداری عناصر غذایی.

معمولاً مقدار خاکستر بیوپارهای تولید شده از چوب، کمتر از بیوپارهای علفی می‌باشد که نشان می‌دهد مقدار عناصر غذایی زیست‌توده علفی بیشتر از چوب می‌باشد. مقدار نیتروژن کمتر در بیوپار چوبی نسبت به علفی، به نسبت C/N بالای چوب مربوط می‌شود که می‌تواند تا ۱۰۰۰ نیز برسد. خاکستر در بیوپار حاوی مواد مغذی گیاهی یا علفی، بیشتر کاتیون‌های بازی مانند: فسفر، کلسیم، پتاسیم، سدیم و منیزیم و عناصر کم مصرف روی و منگز می‌باشد و عناصر بیشتری نسبت به بیوپار چوبی دارند. با وجود این که معمولاً بیوپار علفی از نظر عناصر معدنی غنی‌تر از بیوپار چوبی می‌باشد، ولی تمام این عناصر برای گیاهان قابل استفاده نیستند. به عقیده محققین، بیوپار منبعی مستقیم برای عناصر پتاسیم، کلسیم، فسفر، روی و مس می‌باشد و فراهمی عناصر غذایی بر اثر افزودن بیوپار به خاک می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تغییر اسیدیته خاک و یا افزوده شدن مستقیم عنصر از بیوپار به خاک افزایش یابد.

عناصر معدنی موجود در زیست‌توده به استثنای نیتروژن عمدتاً در خاکستر بیوپار یافت می‌شود که در طی فرآیند گرماکافت، نسبت قابل توجهی از نیتروژن زیست‌توده از طریق تصاعد از دسترس خارج می‌شود. نیتروژن باقیمانده در بیوپار برای در دسترس قرار گرفتن گیاهان تمایل کمی دارد، چون یک جزء از آن درون ساختارهای کربنی آروماتیک قرار دارد. وقتی بیوپار به‌تنهایی به خاک افزوده می‌شود، به‌علت نسبت C/N زیاد (بیشتر از ۴۰۰)، ممکن است باعث غیرمتحرک شدن (Immobilization)، و کمبود نیتروژن در گیاهان شود. احتمالاً یکی از دلایل کاهش عملکرد گیاه پس از مصرف بیوپار در خاک، غیرمتحرک شدن نیتروژن می‌باشد. در برخی از تحقیقات نیز عدم کاهش نیتروژن خاک در اثر افزودن بیوپار به خاک گزارش شده است؛ چرا که کربن و نیتروژن قابل جذب میکروب‌ها در بیوپار محدود می‌باشد و حتی ممکن است بیوپار مولکول‌های آلی با نسبت C/N بالا را از محلول خاک جذب و معدنی شدن را افزایش دهد. تغییرات نیتروژن با افزودن بیوپار به خاک هنوز به‌خوبی مشخص نشده است و تحقیقات بیشتری نیاز است تا اثرهای مختلف بیوپار را بر معدنی و بی‌تحرك شدن نیتروژن در خاک مورد بررسی قرار دهد.

- اسیدیته خاک: با وجود این که به‌علت وجود عناصر قلیایی (مانند: کلسیم و منیزیم)، اسیدیته بیوپار عموماً خنثی تا قلیایی می‌باشد، ولی ممکن است اسیدیته آن از چهار تا ۱۲ تغییر کند که به نوع ماده آلی و شرایط گرماکافت بستگی دارد. بیوپارهای با منشأ چوبی دارای اسیدیته کمتری نسبت به بیوپارهای علفی می‌باشند. اسیدیته بیش‌تر بیوپار با منشأ علفی نسبت به چوبی، احتمالاً مربوط به وجود عناصر قلیایی مانند: سدیم و پتاسیم بیش‌تر در گیاه علفی نسبت به چوب می‌باشد.

در خاک‌های اسیدی می‌توان از بیوپار قلیایی به‌عنوان عامل آهک و افزایش دهنده اسیدیته استفاده کرد. در مواردی که اسیدیته خاک بیش از حد مطلوب برای استفاده از آن می‌باشد، کاهش اسیدیته می‌تواند طیف گسترده‌ای از مزایا از نظر کیفیت خاک و بهبود رشد گیاه ایجاد نماید. اسیدیته خاک به طور مستقیم یا غیرمستقیم رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مهم‌ترین نقش اسیدیته خاک کنترل حلالیت عناصر غذایی در خاک می‌باشد. به‌عبارت دیگر قابلیت جذب عناصر غذایی وابستگی زیادی به اسیدیته خاک دارد. عناصر غذایی در اسیدیته‌های مختلف، حلالیت‌های متفاوتی دارند. اسیدیته قلیایی باعث می‌شود که حلالیت عناصر غذایی ضروری برای گیاه کاهش پیدا کند و کمبود عناصر غذایی مثل: سرب (Pb)، آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، در گیاه مشاهده شود. یکی از مشکلاتی که در خاک‌های ایران وجود دارد، قلیایی بودن خاک است. کمبود بارندگی و دارا بودن اقلیمی خشک باعث تجمع بازهای تبادلی در خاک و در نتیجه قلیایی شدن خاک می‌شود که بیوپار اسیدی با تحریک رشد میکروارگانیسم‌های مفید باعث اصلاح اسیدیته خاک‌های قلیایی و بهبود رشد گیاه می‌شود.

ج) تأثیر بیوپار بر ویژگی‌های بیولوژیکی خاک

برخی محققین اظهار داشتند که افزودن بیوپار به خاک باعث بهبود فعالیت میکروبی خاک و در برخی دیگر اثر سمی برخی ترکیب‌های آلی چسبیده به سطوح بیوپار بر ریزجانداران خاک گزارش شده است. سطوح بیوپار به‌علت جذب عناصر غذایی می‌تواند محیط مناسبی برای ریزجانداران خاکزی باشد. علاوه بر آن، منافذ ریز موجود در بیوپار می‌تواند ریزجانداران را از شکار شدن توسط شکارچی‌هایی مانند: پروتوزواها و نماتدها محافظت کند و محیط مناسبی برای کلونیزاسیون باکتری و قارچ فراهم کند. با این حال، هنوز به درستی مشخص نشده است که آیا فعالیت میکروبی به درون ذرات بیوپار نفوذ می‌کند و یا این که کلونیزاسیون در سطح خارجی آن که دارای عناصر غذایی و مواد آلی تازه است، انجام می‌شود. بعد از فرآیند گرماکافت، ممکن است ترکیب‌های آلی مختلفی شامل: خاکستر، روغن زیستی و مواد فرار در سطح بیوپار باقی بماند. انتظار می‌رود که ترکیب‌های قابل حل در آب مانند: اسیدها، الکل‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها و قندها که توسط ریزجانداران خاک به‌راحتی متابولیزه می‌شود، اثرهای مثبتی بر ریزجانداران خاک داشته باشند.

کرم‌های خاکی به‌علت این که دارای تحرک زیاد بوده و حساسیت بالایی به آلاینده‌های خاک نشان می‌دهند، نشان گرهای خوبی برای ارزیابی سلامتی خاک، به‌ویژه سلامت بیولوژیکی خاک به‌شمار می‌روند. بیوپار می‌تواند به‌صورت غیرمستقیم و از طریق تأثیر بر ویژگی‌های خاک (مانند: افزایش عناصر غذایی)، بر کرم‌های خاکی و ریزجانداران خاک تأثیرگذار باشد. افزودن بیوپار قلیایی در مقادیر زیاد به خاک،

Refrence

Yu, F., Meng, J., Wang, Q., Zhabg, W., Cheng, X.Y., Chen, W.F. 2017. Effects of straw and biochar addition of soil nitrogen, carbon and super rice yield in cold waterlogged paddy soils of North China. *Journal of Integrative Agriculture*. 10(5), 1064-1074.

Wiszniewska, A., Hanus-Fajerska, E., Muszy, N., Ska, E., Ciarkowska, K. 2016. Natural organic amendments for improved phytoremediation of polluted soils: a review of recent progress. *Pedosphere*. 26, 1-12.

Oldfield, E. E, Wood, S. A, Palm, C. A., Bradford, M. A. 2017. Direct effects of soil organic matter on productivity mirror those observed with organic amendments. *Plant and Soil*. 423, 363-373.

به‌علت اثرهای نامطلوب مانند: افزایش اسیدیته، ممکن است اثر منفی بر کرم‌های خاکی و ریزجانداران خاک داشته باشد. بیوچار معمولاً در خاک‌های اسیدی به‌عنوان عامل آهک استفاده شده و اسیدیته را افزایش می‌دهد و بدین ترتیب، زیست‌فراهمی عناصر را افزایش داده و فعالیت میکروبی خاک را بهبود می‌دهد. با افزایش فعالیت میکروبی خاک، تجزیه مواد آلی خاک شدت گرفته و معدنی شدن مواد آلی نیز افزایش یابد.

د) تأثیر بیوچار بر ترسیب کربن

بیوچار روشی برای ترسیب کربنی است که در خاک از تولید دی‌اکسید کربن به‌دست می‌آید. بنابراین می‌تواند به کاهش تغییرات اقلیمی و گرم شدن زمین با کاهش مقدار گاز گلخانه‌ای در جو، کمک کند. به‌عبارتی سوختن و تجزیه طبیعی بیوماس و دیگر ضایعات کشاورزی مقادیر زیادی دی‌اکسید کربن و متان وارد جو می‌کند. بیوچار می‌تواند مقدار زیادی از گازهای گلخانه‌ای را در زمین ذخیره کند و به‌طور بالقوه رشد سطح گازهای گلخانه‌ای جو را کاهش یا به تأخیر اندازد. بیوچار می‌تواند کربن موجود در خاک و اثر گلخانه‌ای گاز دی‌اکسیدکربن موجود در خاک را حدود هزاران سال در خود نگه دارد و اثر گلخانه‌ای گاز دی‌اکسیدکربن را به تأخیر می‌اندازد. چون این تأخیر بسیار طولانی می‌باشد، لذا می‌توان گفت که اثر گلخانه‌ای این گاز را از بین می‌برد.

ه) تأثیر بیوچار بر رشد و عملکرد گیاهان

عناصر مورد نیاز رشد گیاهان عمدتاً از طریق خاک و کود در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد. کاربرد کودهای شیمیایی در کشور به‌عنوان سریع‌ترین راه جبران کمبود مواد غذایی خاک و تولید بیشتر، منجر به استفاده مکرر از آن و ایجاد خسارات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست شده است. از روش‌های مناسب جهت کاهش آلودگی محیط‌زیست و بهبود ویژگی‌های خاک، استفاده از مواد آلی است. بیوچار ماده‌ای با تخلخل بالا است، که گروه‌های عاملی فراوانی داشته و در جذب سطحی فلزات سنگین به‌ویژه در محیط‌های آبی بسیار مؤثر است. این ماده مزایای کودهای آلی را دارا بوده و در جهت اصلاح خاک‌هایی با عناصر غذایی کم به‌کار می‌رود. بیوچار از طریق افزایش فراهمی و جذب عناصری مانند: فسفر، پتاسیم، کلسیم، روی و مس، باعث افزایش رشد قسمت‌های مختلف گیاهان می‌شود. همچنین ممکن است دارای عناصر زیستی قابل دسترس مثل: سلنیوم باشد که می‌تواند به رشد محصول کمک کند.



● مواد آلی خاک و اهمیت آن در کشاورزی

سلمان میرزائی | دانش آموخته دکتری خاک‌شناسی و مسئول بخش تغذیه گیاه شرکت ملی کشت و صنعت و دامپروری پارس

چکیده

مشابه اجزاء معدنی، مواد آلی خاک (Soil organic matter) نیز علی‌رغم مقدار کم، اثرات مهمی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد. افزون بر این، میزان کربن موجود در مواد آلی خاک‌های کل جهان بیش از چهار برابر کربن موجود در پوشش گیاهی آن است از این‌رو مواد آلی خاک نقش مهمی در چرخه کربن ایفا می‌کند. هدف از این مقاله، مروری بر مواد آلی خاک و اهمیت آن در سامانه‌های کشاورزی است. کلمات کلیدی: کربن، کمپوست، کود آلی، میکروارگانیسم.

مقدمه

کربن آلی خاک یکی از ارکان بسیار مهم در رسیدن به کشاورزی پایدار و امنیت غذایی می‌باشد (شکل ۱). مواد آلی خاک ترکیبی از بقایای گیاهی و جانوری تجزیه شده، مواد ترشح شده، بافت‌های زنده و مرده میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. میزان مواد آلی خاک بین ۰/۱ تا پنج درصد وزنی در افق سطحی خاک‌های معدنی تا ۱۰۰ درصد در خاک‌های آلی متغیر است. معمولاً مواد آلی خاک، رنگ تیره به خاک‌ها می‌دهد و از تجزیه آن دی‌اکسید کربن (CO_2) و یون‌هایی مانند: آمونیوم (NH_4^+)، نیترات (NO_3^-)، فسفات (PO_4^{3-}) و سولفات (SO_4^{2-}) تولید می‌شود. سطح ویژه بالا مواد آلی خاک ۸۰۰ تا ۹۰۰ متر مربع در گرم و ظرفیت تبادل کاتیونی آن نیز برابر ۱۵۰ تا ۳۰۰ سانتی‌مول بار در کیلوگرم می‌باشد. مواد آلی خاک ظرفیت نگهداشت آب در خاک (تا ۲۰ برابر) و قابلیت چسبیدگی ذرات خاک را افزایش داده که باعث تقویت خاکدانه‌سازی و افزایش تهویه در خاک می‌گردد. همچنین مواد آلی خاک، منبع مهمی برای عناصر ماکرو و میکرو مغذی بوده و به دلیل سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، جاذب بسیار مهم برای فلزات سنگین و برخی از آفت‌کش‌ها است.



شکل ۱- خاک سالم، کشاورزی پایدار و در نتیجه آن امنیت غذایی

عوامل مؤثر بر مقدار کربن آلی خاک

عوامل مختلفی بر میزان کربن آلی خاک مؤثر هستند که عبارت‌اند از: زمان، اقلیم، پوشش گیاهی، مواد مادری و توپوگرافی. این عوامل، سطح تعادل کربن آلی خاک را بعد از یک دوره زمانی تعیین می‌کنند؛ لذا میزان کربن آلی خاک در خاک‌های مختلف متفاوت می‌باشد.

۱- اقلیم: یک فاکتور بسیار مهم در کنترل میزان کربن آلی خاک است، زیرا در گسترش نوع گونه‌های گیاهی، مقدار مواد گیاهی تولید شده و میزان فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک مؤثر است. در دماهای پایین رشد گیاه جهت تولید ماده آلی بیشتر از تجزیه میکروبی بوده، ولی عکس آن در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد صادق است. بنابراین، با حرکت از اقلیم گرم‌تر به اقلیم سردتر، به میزان ماده آلی خاک افزوده می‌شود.

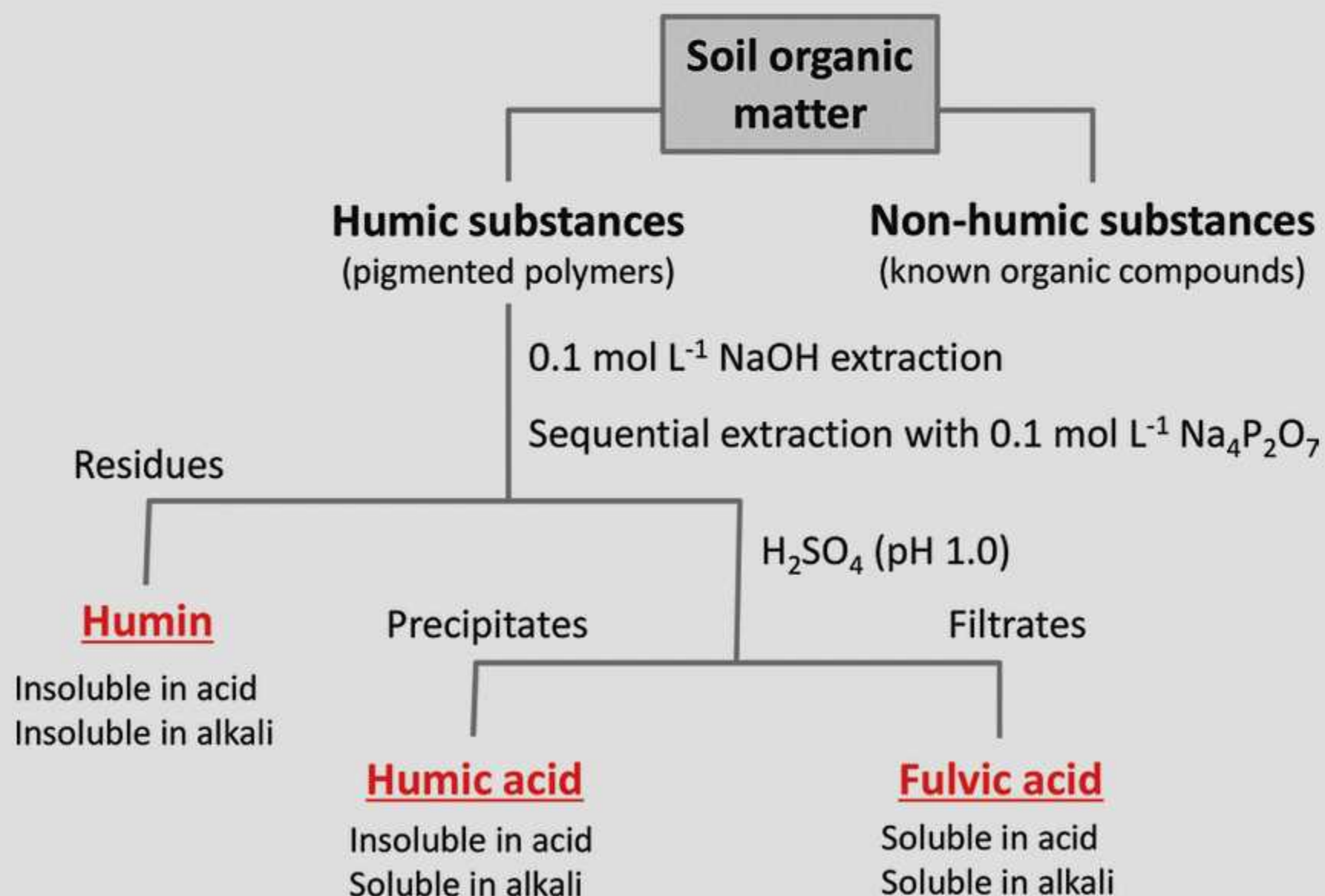
۲- پوشش گیاهی: معمولاً پوشش گیاهی غالب در مناطق نیمه‌مرطوب و نیمه‌خشک، گونه‌های علفی و در مناطق مرطوب درختان هستند. ماده آلی تولید شده در علفزارها، بیشتر از جنگل‌ها بوده و خاک‌های بیابانی کمترین میزان ماده آلی را دارند.

۳- مواد مادری: اثر این فاکتور بر روی میزان کربن آلی خاک، به دلیل اثر مواد مادری بر نوع بافت خاک است، به‌طوری‌که خاک‌های رسی کربن آلی بالایی نسبت به خاک‌های شنی دارند.

۴- توپوگرافی: این فاکتور میزان ماده آلی خاک را از طریق اقلیم، رواناب، تبخیر و تعرق تحت تأثیر قرار می‌دهد. در خاک‌های زهدار به دلیل تهویه پایین میزان کربن آلی خاک بیشتر است. در شیب‌های رو به شمال (دما پایین و رطوبت بالا)، میزان کربن آلی خاک در مقایسه با شیب‌های رو به جنوب (دما بالا و رطوبت پایین)، بیشتر است.

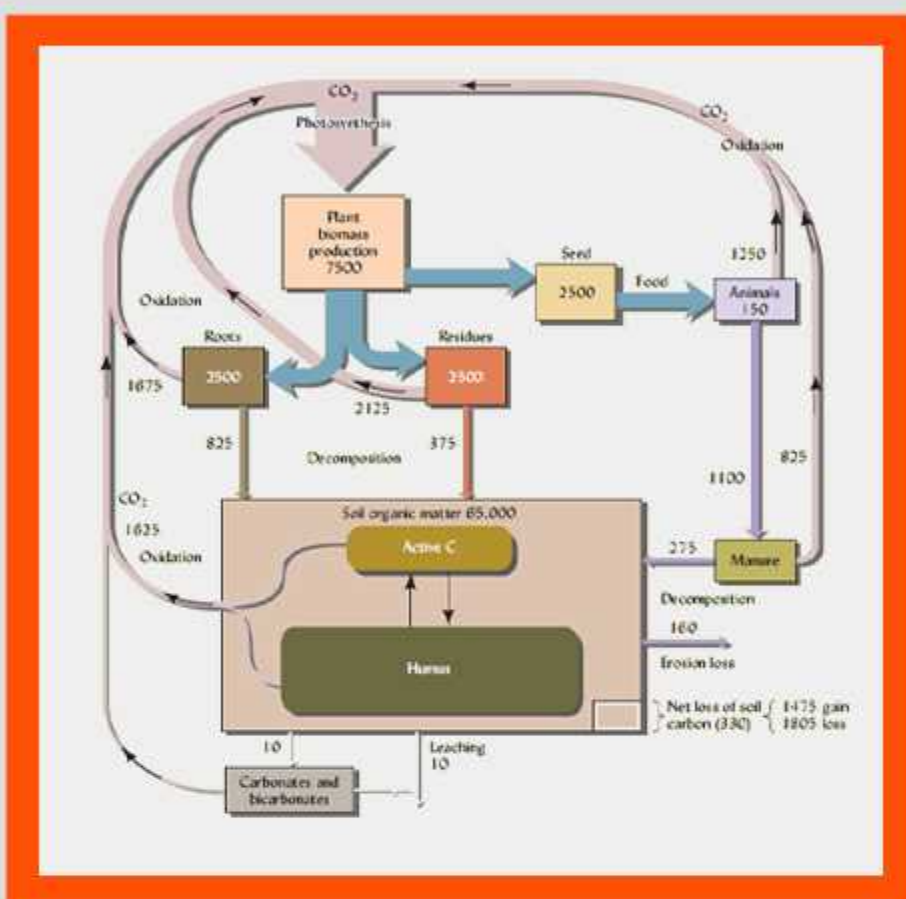
اجزاء تشکیل دهنده کربن آلی خاک

اجزاء ماده آلی خاک شامل موجودات زنده (زیست توده) و بافت‌های مرده غیر قابل تشخیص (هوموس) می‌باشد (شکل ۲). به‌طور کلی، عناصر تشکیل دهنده ماده آلی شامل: کربن (۵۲ تا ۵۸ درصد)، اکسیژن (۳۴ تا ۳۹ درصد)، هیدروژن (۳ تا ۵ درصد) و نیتروژن (۳ تا ۴ درصد)، و درصدی از عناصر فسفر، گوگرد و ریزمغذی می‌باشد. هوموس (گیاخاک)، به مواد آلی تجزیه شده بدون بافت‌های گیاهی قابل مشاهده، پایدار و مقاوم گفته می‌شود و از دو بخش مهم تشکیل شده است:



شکل ۲- طبقه‌بندی اجزاء مواد آلی خاک

می‌شود. همان‌طور که از شکل ۴ مشخص است، در مجموع ۱۴۷۵ کیلوگرم در هکتار کربن به‌صورت مواد آلی در خاک باقی می‌ماند. در این مثال، میزان کربن آلی در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک برابر ۶۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد. افزون بر این، مقداری از کربن در نتیجه تجزیه ماده آلی خاک، فرسایش، آبشویی و نیز با تبدیل به کربنات‌ها و بی کربنات‌ها از خاک و دسترس گیاه خارج می‌شود.

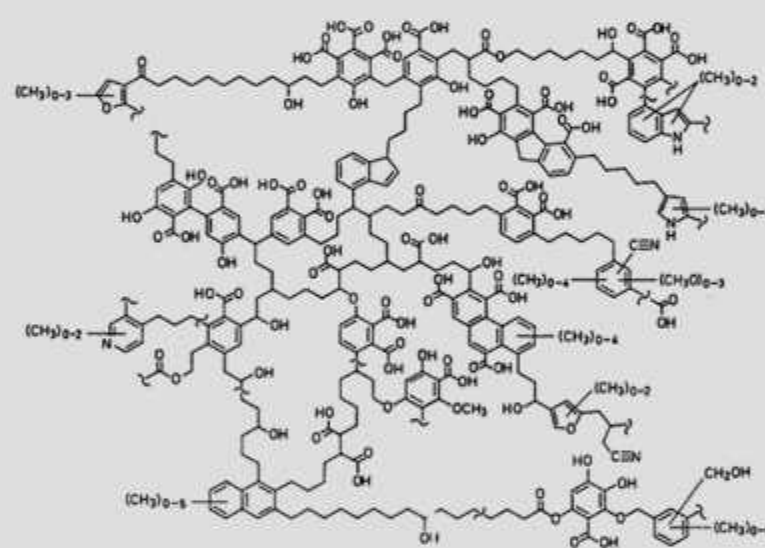


شکل ۴- چرخه کربن در یک اکوسیستم زراعی

کربن اتمسفر در سال‌های دور به طور متوسط برابر ۲۸۰ پی‌پی‌ام بود. امروزه با وجود انقلاب صنعتی و به کارگیری سوخت‌های فسیلی در صنعت، میزان متوسط جهانی آن به ۴۰۹/۸ پی‌پی‌ام افزایش یافته است. میزان کربن در اتمسفر در فرم گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن، متان و ... بیش از ۴۰ درصد افزایش یافته است. افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای به خصوص گاز دی‌اکسید کربن نگرانی‌های زیادی را در زمینه گرم شدن کره زمین ایجاد کرده است. افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای بیشتر به خاطر سطح بالای استفاده از سوخت‌های فسیلی (مانند فرآورده‌های نفتی و زغال سنگ)، جنگل‌زدایی و کشاورزی سنتی می‌باشد. برای مقابله با ازدیاد میزان کربن در اتمسفر، روش‌های متفاوتی وجود دارد که می‌توان به استفاده از انرژی‌های غیرکربنی مانند انرژی آب، باد، خورشید و هسته‌ای اشاره کرد. از دیگر روش‌های کاهش کربن اتمسفر می‌توان به ترسیب کربن اشاره کرد. مدیریت کاربری اراضی، زراعی و خاک اهمیت زیادی در میزان کربن خاک و از این رو ترسیب کربن دارد. به کارگیری راه‌کارهای خاک‌ورزی حفاظتی مانند بدون خاک‌ورزی و یا حداقل خاک‌ورزی از جمله روش‌های بسیار موثر در جهت جلوگیری از تجزیه و معدنی شدن مواد آلی خاک و در نتیجه ترسیب کربن می‌باشد. استفاده از گیاهان پوششی مانند بقولات و رعایت تناوب زراعی نیز موجب ترسیب کربن می‌گردد.

۱- مواد غیرهیومیکی: که حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد هوموس خاک را تشکیل می‌دهد. این مواد به لحاظ شیمیایی دارای پیچیدگی کمتری بوده و در مقابل تجزیه میکروبی مقاومت کمتری نسبت به مواد هیومیکی دارند. مواد غیرهیومیکی شامل: اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین، پروتئین‌ها، آمینواسیدها، چربی‌ها و غیره می‌باشد.

۲- مواد هیومیکی: که حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد هوموس خاک را تشکیل می‌دهد. مواد هیومیکی به لحاظ شیمیایی دارای پیچیدگی بیشتری بوده و از ترکیبات متعدد فنلی تشکیل یافته است. مواد هیومیکی معمولاً دارای رنگ تیره و بی‌شکل می‌باشد. این مواد شامل: اسید هیومیک (محلول در شرایط بازی و غیرمحلول در شرایط اسیدی)، اسید فولویک (محلول در شرایط بازی و اسیدی)، و هیومین (غیرمحلول در اسید و باز) است (شکل ۲). از نسبت‌های اتمی مانند: هیدروژن به کربن (H/C)، اکسیژن به کربن (O/C)، و نیتروژن به کربن (N/C)، می‌توان در شناسایی نوع مواد هیومیکی استفاده کرد. براساس گزارشات، نسبت اکسیژن به کربن بهترین عامل در تشخیص نوع مواد هیومیکی است، که در خاک نسبت آن برای اسید هیومیک حدود ۰/۵ و برای اسید فولویک حدود ۰/۷ می‌باشد. گروه‌های عاملی مهم اسیدی در ترکیبات هیومیکی، شامل: گروه کربوکسیل (R-COOH) و گروه فنلی (Ar-OH)، است که اسیدیته اسید فولویک بالاتر از اسید هیومیک است.



شکل ۳- فرمول شیمیایی اسید هیومیک ($C_{308}H_{328}O_{90}N_5$)

چرخه و ترسیب کربن

عنصر کربن شالوده‌ی تمام حیات است. ترکیباتی که بافت‌های زنده گیاه را تشکیل می‌دهند عمدتاً از اتم‌های کربن تشکیل یافته‌اند. چرخه کربن در روی زمین، خود داستان حیات در این سیاره است زیرا شامل خاک، گیاهان، حیات جانوری و اتمسفر می‌باشد. مسیرهای اصلی چرخه کربن در یک اکوسیستم زراعی در شکل ۴ نشان داده شده است. به‌طور مثال: در طول فصل رشد، گیاه ذرت به‌طور متوسط ۱۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک از طریق فرآیند فتوسنتز تولید می‌کند که معادل ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کربن می‌باشد. این میزان کربن به‌طور مساوی بین ریشه، بقایای گیاهی روی سطح خاک و دانه تقسیم می‌شود و هر قسمت ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کربن خواهد داشت. دانه برداشت شده توسط حیوانات تغذیه می‌شود که حدوداً ۵۰ درصد آن (۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)، اکسید و به فرم CO_2 آزاد و ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به کود حیوانی تبدیل می‌شود. با تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها، به ترتیب ۷۵، ۶۷ و ۸۵ درصد از کربن موجود در کود حیوانی، ریشه و بقایای گیاهی روی سطح خاک، به‌صورت CO_2 به اتمسفر بازگشت داده

منابع کودهای آلی در کشاورزی

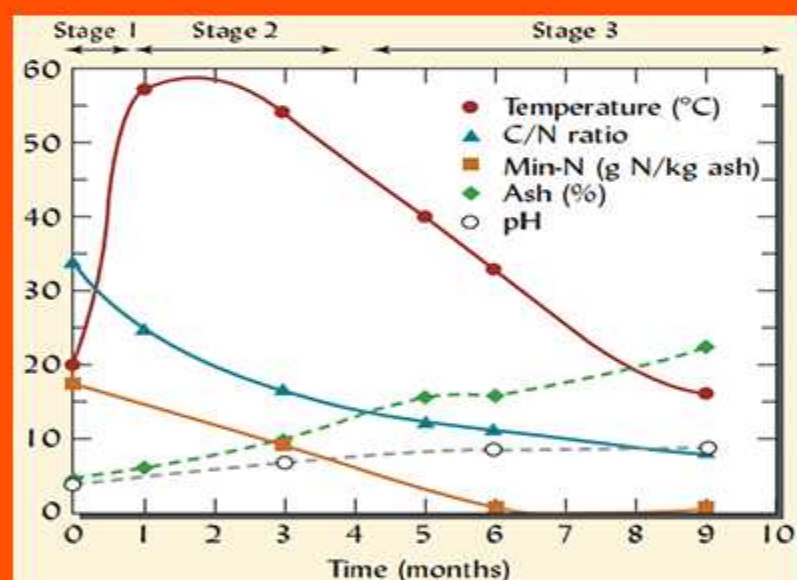
(الف) کمپوست: کمپوست مواد آلی از نوع هوموس است که از بقایای گیاهی و در شرایط هوازی در خارج از محیط خاک تشکیل می‌شود. مراحل فرآیند کمپوست‌سازی شامل (شکل ۶):

- **مرحله کوتاه معتدل‌دوستی اولیه (Initial mesophilic):** در این مرحله، شکر و منابع غذایی قابل استفاده دیگر به سرعت مورد سوخت و ساز میکروبی قرار می‌گیرد و دما به ۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد.

- **مرحله گرم‌دوستی (Thermophilic):** این مرحله در طول یک تا دو هفته بعد انجام می‌گیرد و طی آن دما به ۵۰ تا ۷۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. موجودات گرم‌دوست، سلولز و سایر مواد مقاوم را تجزیه می‌کنند. مخلوط کردن مکرر در طول این مرحله جهت هوادهی و اکسیژن‌رسانی، یکنواختی دما و مقدار کافی رطوبت (۵۰ تا ۷۰ درصد)، ضروری است.

- **مرحله معتدل‌دوستی ثانویه (Second mesophilic):** مرحله عمل‌آوری هوموس بوده و دما نزدیک دمای محیط می‌باشد. این مرحله ممکن است ماه‌ها طول بکشد.

کمپوست کردن بقایای گیاهی و کودهای دامی تازه دارای مزایایی از جمله: ذخیره مطمئن، مدیریت آسان، عدم رقابت برای نیتروژن (به دلیل نسبت C/N پایین)، سمیت‌زدایی، حذف بذره‌های علف‌های هرز و کاهش امراض گیاهی می‌باشد.



شکل ۲- کمپوست و تغییرات دمایی در مراحل مختلف کمپوست‌سازی

(ب) کود اسید هیومیک و فولویک: در کشاورزی امروزی، کاربرد کود اسید هیومیک به همراه اسید فولویک جایگاه ویژه‌ای دارد (شکل ۷). مزایای کاربرد کود اسید هیومیک و فولویک در کشاورزی شامل:

- با افزایش خاصیت چسبندگی، نفوذپذیری (آب، هوا و ریشه) و نگهداشت آب در خاک، باعث تقویت ساختمان خاک شده و در نتیجه مقاومت گیاهان به خشکی و شوری افزایش می‌یابد.

- به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و کلات‌کنندگی خاک، موجب افزایش قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی برای گیاهان می‌شود. بنابراین، درصد جوانه‌زنی بذر، رشد

کاربرد مواد آلی در کشاورزی

افزودن مستقیم مواد آلی خام و تجزیه نشده به اراضی کشاورزی: گیاهان جهت تکمیل رشد خود، به عناصر غذایی مانند: هیدروژن، کربن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، روی، مس، منگنز، بور، مولیبدن، کبر و نیکل نیاز دارند. گیاهان عناصر کربن و اکسیژن را از هوا، هیدروژن را از آب و سایر عناصر مورد نیاز خود را از خاک تأمین می‌کنند (شکل ۵). با افزودن مواد آلی به خاک، بخشی از عناصر مورد نیاز گیاه در نتیجه تجزیه مواد آلی به وسیله میکروارگانیسم‌های خاک تأمین می‌شود.



شکل ۵- برخی از عناصر مورد نیاز گیاهان جهت رشد و نمو

جهت استفاده از بقایای گیاهی، کود دامی و غیره جهت تأمین نیاز غذایی گیاه، بایستی نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. به طور متوسط، میکروارگانیسم‌های خاک جهت تبدیل هشت اتم کربن، به یاخته‌های خود نیاز به یک اتم نیتروژن دارند؛ لذا میکروارگانیسم‌های خاک دارای نسبت C/N برابر هشت می‌باشد. با توجه به این که ۳۳ درصد کربن تجزیه شده وارد یاخته‌های میکروارگانیسم می‌گردد؛ بنابراین، میکروارگانیسم‌ها جهت تجزیه ۲۴ اتم کربن نیاز به یک اتم نیتروژن دارد و نسبت C/N غذای مورد استفاده آن‌ها ۲۴ می‌باشد. اگر نسبت C/N مواد آلی اضافه شده به خاک بالاتر از ۲۴ باشد، میکروارگانیسم‌ها نیتروژن مورد نیاز خود جهت تجزیه مواد آلی را از نیتروژن خاک تأمین کرده و به دنبال آن گیاهان با کمبود نیتروژن مواجه می‌شوند. به عنوان مثال: فرض کنید بقایای گیاه ذرت به میزان ۱۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار؛ وزن خشک با ۴۵ درصد کربن و ۰/۷۵ درصد نیتروژن، به خاک افزوده شود ($C/N=60$). با این توصیف میزان کربن و نیتروژن موجود در بقایای گیاهی به ترتیب برابر ۴۵۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. ۳۳ درصد از کل کربن به وسیله میکروب‌ها هضم (۱۴۸۵ کیلوگرم در هکتار) و باقیمانده آن به صورت دی‌اکسید کربن به اتمسفر بر می‌گردد. با در نظر داشتن نسبت C/N برابر ۸ برای میکروارگانیسم‌ها، برای هضم ۱۴۸۵ کیلوگرم کربن (۱۴۸۵ تقسیم بر ۸)، نیاز به ۱۸۵/۶ کیلوگرم نیتروژن است و نیتروژن موجود در بقایای گیاهی ۷۵ کیلوگرم است ($0/0075 \times 10000$). بنابراین، جهت جلوگیری از تخلیه و کمبود نیتروژن در محیط ریشه، بایستی ۱۱۰/۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۷۵-۱۸۵)، به خاک اضافه شود.



شکل ۷- اسید هیومیک جامد و مایع

اندام‌های ریشه و ساقه، میزان فتوسنتز و به‌دنبال آن عملکرد کیفی و کمی محصولات زراعی و باغی افزایش می‌یابد.
- با تحریک فعالیت‌های میکروبی و میکروارگانیسم‌های مفید خاک، مقاومت به بیماری‌های گیاهی افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

ماده آلی یک جزء فعال و پیچیده خاک است که تاثیر زیادی بر خصوصیات و نقش خاک در اکوسیستم اعمال می‌کند. ماده آلی دارای دو بخش مهم یعنی مواد هیومیکی و غیرهیومیکی در خاک است که هر دو بخش نقش مهمی در حفظ پایداری ساختمان خاک، کلات کردن عناصر غذایی و نیز فعالیت‌های زیستی خاک دارد. استفاده از کودهای آلی مانند

کمپوست و اسید هیومیک به همراه اسید فولویک در مقایسه با مصرف مستقیم بقایای گیاهی و کود حیوانی در خاک به دلایل متعددی که اشاره گردید، کارکرد مناسب‌تری در زمینه بهبود حاصلخیزی خاک خواهد داشت.

منابع

- Abanades, J.C., Arias, B., Lyngfelt, A., Mattisson, T., Wiley, D., Li, H., Ho, M.T., Mangano, E., Brandani, S. 2015. Emerging CO2 capture systems. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. 40, 126-166.
- Chen, Y., Clapp, C.E., Magen, H. 2004. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: the role of organo-iron complexes. *Soil Science and Plant Nutrient*. 50, 1089-1095.
- Jones, D.L., Healey, J.R., Willett, V.B., Farrar, J.F., Hodge, A. 2005. Dissolved organic nitrogen uptake by plants-an important N uptake pathway? *Soil Biology and Biochemistry*. 37, 413-23.
- Mirzaee, S., Ghorbani-Dashtaki, S., Mohammadi, J., Asadi, H., Asadzadeh, F. 2016. Spatial variability of soil organic matter using remote sensing data. *Catena*. 145: 118-127.



● مدل اِپسیم (APSIM)، و کاربرد آن در کشاورزی

زهرا ردائی الاملی | دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

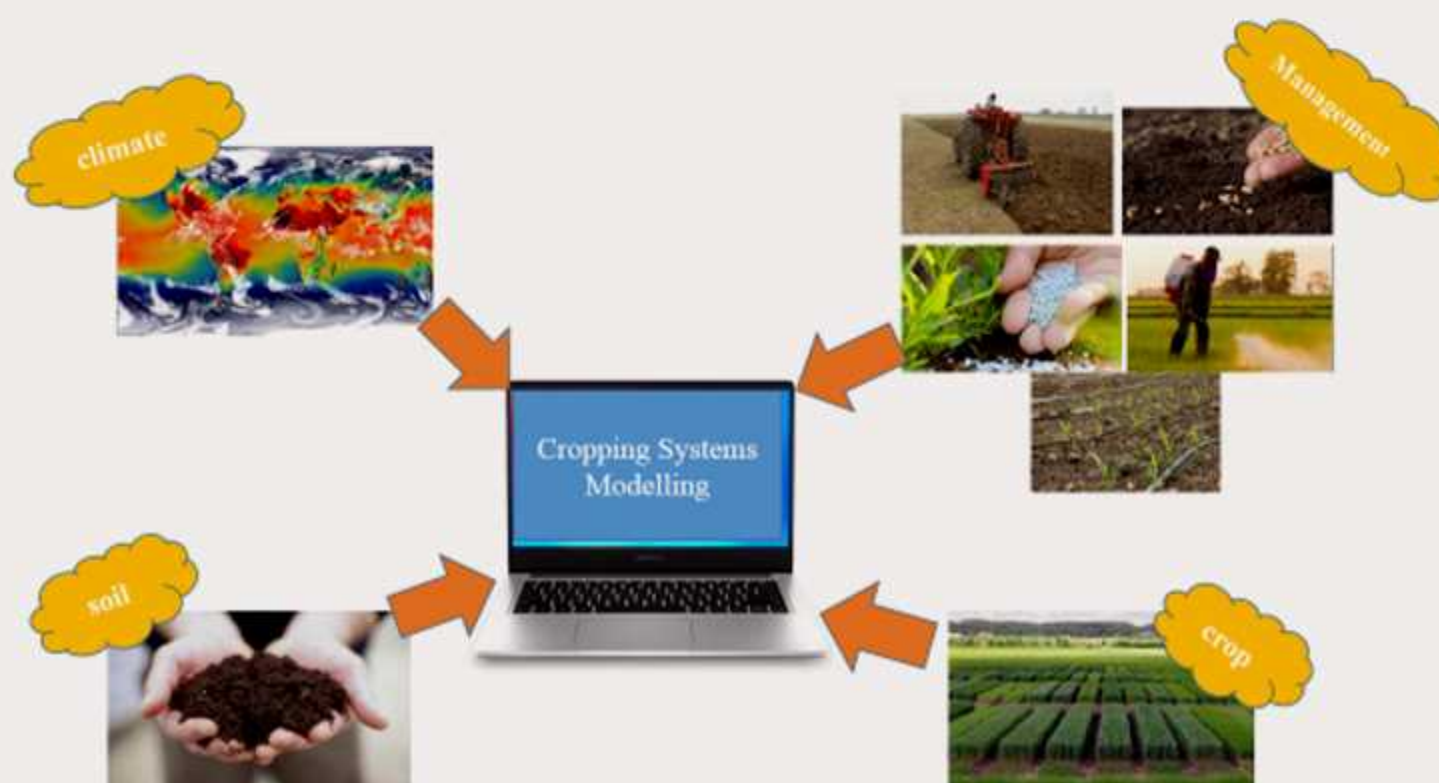


چکیده

مدل‌ها تعامل اجزای بیولوژیکی و زیست‌محیطی سیستم پویای خاک-گیاه-محیط را به شکل روابط ساده ریاضی به نمایش می‌گذارند. با استفاده از مدل‌های گیاهان زراعی و آمار هواشناسی بلندمدت، می‌توان رفتار گیاه را در زمان و موقعیت‌های مختلف شبیه‌سازی کرد. اِپسیم (APSIM)، مدلی مکانیستیک است که حاصل تلاش گروهی از متخصصان استرالیایی در واحد تحقیقاتی سیستم‌های تولید کشاورزی در کشور استرالیا (APSRU)، است. از مدل شبیه‌سازی اِپسیم برای انجام مطالعات مختلف از جمله تعیین خصوصیات مطلوب گیاهی، مدیریت زراعی، انتخاب گیاه و رقم مناسب برای یک منطقه، پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصول و تخمین عملکرد بالقوه استفاده می‌شود. کلمات کلیدی: ارزیابی، پارامتریابی، شبیه‌سازی، ماژول، مدل‌سازی.

مقدمه

مدل‌سازی به معنای استخراج روابط بین پدیده‌های مرتبط با هم و آرایه یک سیستم پویا است، تا امکان پیش‌گویی تغییرات پدیده یا پدیده‌ها نسبت به زمان، مکان و غیره به وجود آید. مدل‌سازی به دانش کمی نمودن فرآیندهای رشد و نمو گیاه و اثرات متقابل آن با محیط اطراف اطلاق می‌شود. این دانش مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سیستم خاک، گیاه و اتمسفر را شناسایی نموده و از دانش ریاضی برای برقراری روابطی که رشد گیاه زراعی و تشکیل عملکرد را کمی می‌نماید، استفاده می‌کند (شکل ۱). در حقیقت، مدل‌ها سعی می‌نمایند تا سیستم‌ها را به گونه‌های ساده به نمایش درآورند، به طوری که سیستم ساده شده تا حد امکان همانند سیستم واقعی عمل نماید. شبیه‌ساز سیستم‌های تولید کشاورزی (APSIM)، یک مدل شبیه‌سازی فرایندگرای گیاه زراعی و سیستم‌های زراعی است. این مدل قادر است محصول اقتصادی طیف وسیعی از گیاهان زراعی، مرتعی و درختان را در پاسخ به عوامل اقلیمی، خاکی و مدیریتی شبیه‌سازی نماید.



شکل ۱- مدل‌سازی سیستم‌های گیاهی

اهداف مدل اپسیم

- شبیه‌سازی جنبه‌های مختلف سیستم‌های زراعی از جمله: تناوب، آیش، بقایا، استقرار گیاه و مرگ گیاه در شرایط مختلف.
- شناسایی عوامل مؤثر در تولید و ارائه راه‌حل‌های مناسب جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی و رسیدن به امنیت غذایی.
- بررسی جنبه‌های مختلف تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و انتخاب استراتژی‌های سازگار و مناسب برای هر منطقه.
- پیش‌بینی دقیق تولید محصول در ارتباط با عوامل اقلیمی، ژنتیکی، خاکی و مدیریتی مختلف، جهت مدیریت منابع.

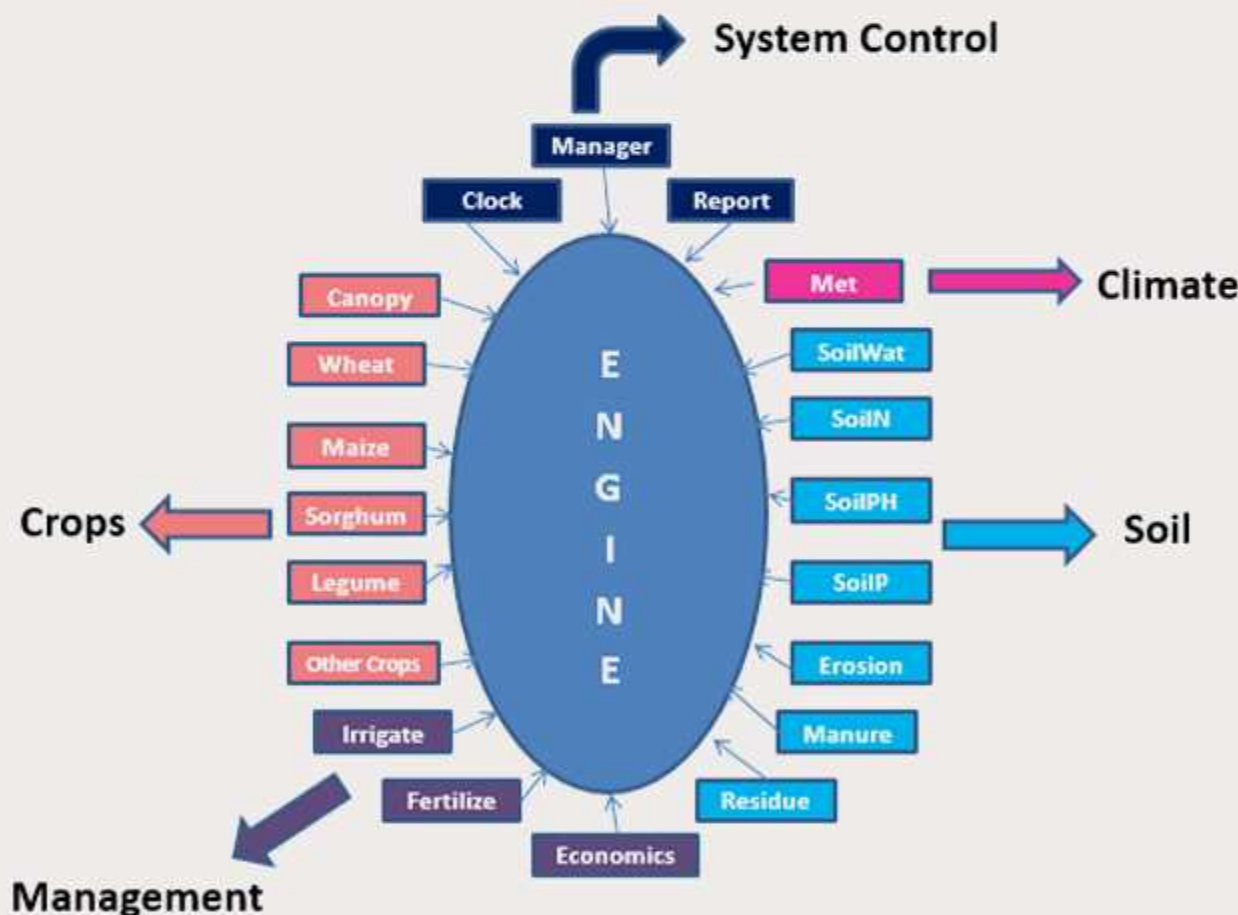
تاریخچه مدل اپسیم

مدل اپسیم توسط واحد تحقیقاتی سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی (APSRU)، یک گروه مشترک متشکل از سازمان تحقیقات علمی و صنعتی مشترک المنافع (CSIRO)، و آژانس‌های دولتی ایالتی کوئینزلند، ساخته شده است. توسعه مدل با تشکیل گروه APSRU در سال ۱۹۹۱ آغاز شد و تلاش از یک تیم اولیه متشکل از دو برنامه‌نویس و شش دانشمند (طراح مدل)، به تیم فعلی متشکل از شش برنامه‌نویس و مهندس نرم‌افزار و ۱۲ دانشمند تبدیل شده است. محرک اولیه برای ایجاد مدل APSIM از آنجا ایجاد شد که نیاز به ابزار مدل‌سازی که پیش‌بینی‌های دقیق تولید محصول را در ارتباط با آب و هوا، ژنوتیپ، خاک و عوامل مدیریتی، ضمن پرداختن به مسائل مدیریت منابع طولانی مدت در سیستم‌های کشاورزی ارائه دهد، احساس شد.

قابلیت‌های مدل اپسیم

شبیه‌سازی عوامل مختلفی از جمله: رشد و عملکرد بیش از ۲۵ محصول، رشد و زیست توده مراتع و درختان، رقابت محصولات با علف‌های هرز، سیستم‌های کشت مخلوط، سیستم‌ها در شرایط آبیاری و دیم، تأثیر عوامل مدیریتی (خاک‌ورزی، آبیاری، کوددهی، تاریخ کاشت)، تناوب و آیش، سیستم‌های جنگل‌زراعی، فرآیندهای کلیدی در خاک، تجزیه کربن و بقایای سطحی، تأثیر تغییرات آب و هوایی، اثرات اقتصادی - اجتماعی تولید.

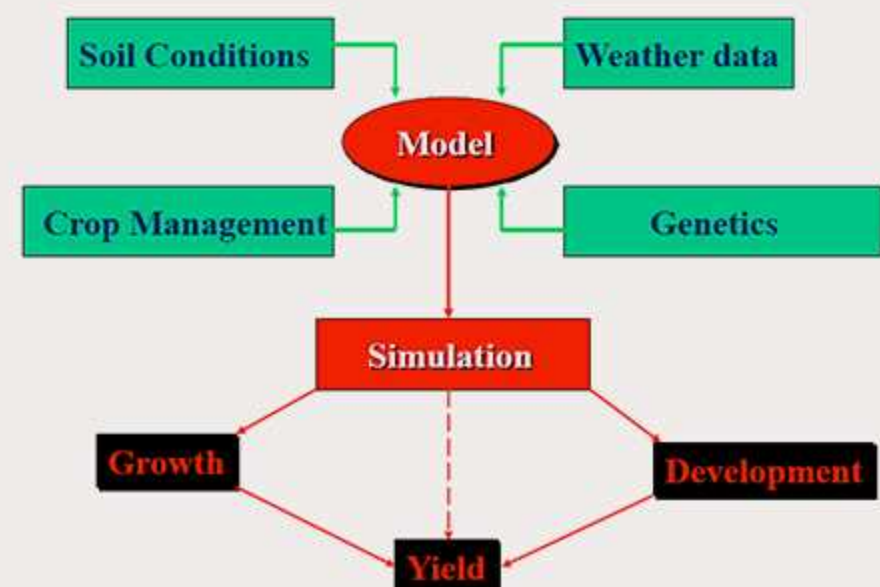
چارچوب مدل اپسیم



شکل ۲- نمایش نموداری چهارچوب شبیه‌سازی مدل اپسیم به همراه ماژول‌های آن

مدل اپسیم دارای یک موتور شبیه‌سازی است که فرآیند شبیه‌سازی را انجام داده و ارتباط بین مدول‌های مختلف را تسهیل می‌کند و بر زیرمدل‌های گیاهی، خاکی و مدیریتی مختلف دارد. این مدل می‌تواند در کنار داده‌های دیگر با استفاده از اطلاعات هواشناسی (شامل: بیشینه و کمینه دما، مقدار بارندگی و تشعشع روزانه)، راه‌اندازی شود. کاربر می‌تواند با استفاده از زیر مدل اختصاصی گیاه زراعی، شبیه‌سازی را انجام دهد و بر مبنای اهداف، گزارش‌های متعددی دریافت نماید (شکل ۲).

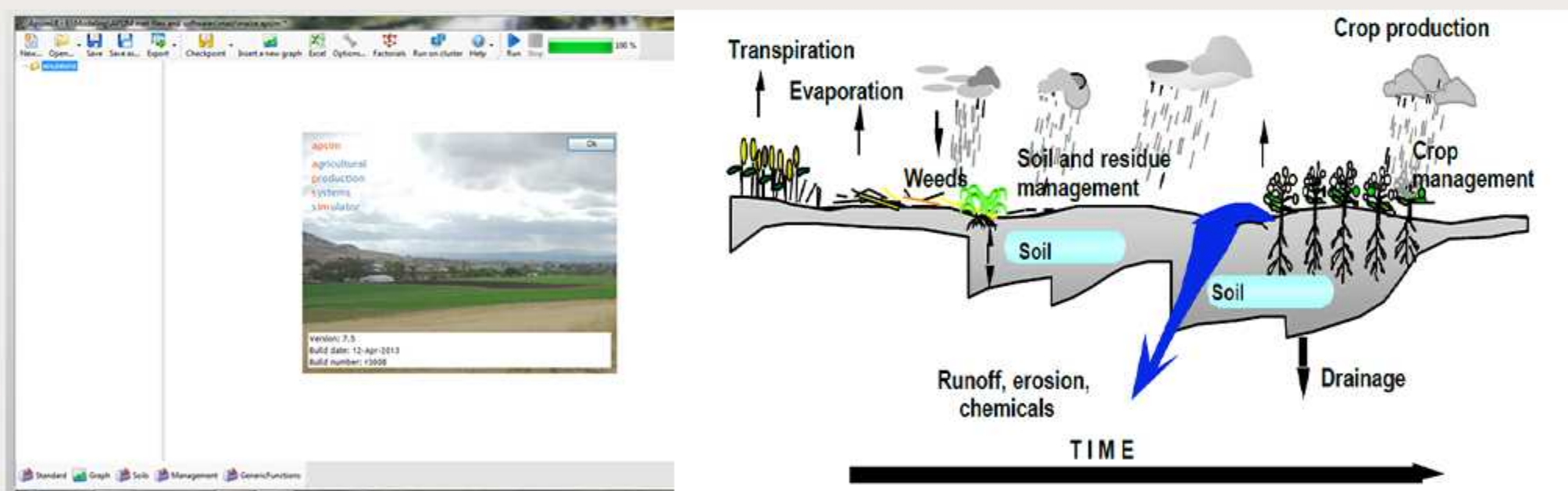
- ۱- مجموعه‌ای از ماژول‌های بیوفیزیکی که فرآیندهای بیولوژیکی و فیزیکی را در سیستم‌های کشاورزی شبیه‌سازی می‌کنند.
- ۲- مجموعه‌ای از ماژول‌های مدیریتی که به کاربر اجازه می‌دهد قوانین مدیریتی در نظر گرفته شده را که سناریوی شبیه‌سازی شده را مشخص می‌کند، توصیف کند و عملکرد شبیه‌سازی را کنترل کند.
- ۳- ماژول‌های مختلف برای تسهیل ورود داده‌ها به مدل و خروج داده‌ها از شبیه‌سازی.
- ۴- یک موتور شبیه‌سازی که فرآیند شبیه‌سازی را هدایت، و تمام پیام‌های عبوری بین ماژول‌های مستقل را کنترل می‌کند.



شکل ۳ سیستم کشاورزی را نشان می‌دهد که اپسیم در ابتدا برای شبیه‌سازی طراحی شده است. خاک کانون اصلی سیستم است. گیاه، آب و هوا و مدیریت در مزرعه در طول زمان تغییر می‌کنند. به عبارت دیگر اساس شبیه‌سازی در این مدل بر پایه محور بودن خاک در مقایسه با گیاه زراعی استوار است، هرچند که متغیر اصلی که شبیه‌سازی می‌شود، عملکرد گیاه زراعی می‌باشد. تغییر در متغیرهای وضعیت خاک مانند: میزان آب و نیتروژن موجود در آن، به‌طور پیوسته و در پاسخ به عوامل آب و هوایی و مدیریتی شبیه‌سازی می‌شود. سپس گیاه زراعی در شرایط موجود خاک کشت شده و در پایان با اعمال تغییراتی در متغیرهای خاک، برداشت می‌گردد. تمامی گیاهان زراعی به‌طور مشترک توسط اقلیم و خاک که دربردارنده فرآیندهای مختلفی از قبیل: چرخه‌های آب و نیتروژن در خاک و تجزیه بقایای سطحی می‌باشد، تحت تأثیر قرار می‌گیرند. چنین شیوه‌ای این امکان را فراهم می‌سازد تا اثرات یک گیاه بر گیاه بعدی از طریق تأثیر آن بر وضعیت خاک، شبیه‌سازی گردد.

در حقیقت برای آن که بتوان علاوه بر گیاه زراعی، سیستم زراعی را نیز شبیه‌سازی نمود، ساخت مدل به گونه‌ای صورت پذیرفته است که تأثیر جنبه‌های مختلف سیستمی نظیر تناوب، آیش، بقایای گیاهی، استقرار و مرگ گیاه زراعی و گزینه‌های مدیریتی مختلف مانند: نوع گیاه زراعی، تاریخ و تراکم کاشت، مقدار و زمان کوددهی، مقدار و زمان آبیاری در آن قرار داده شده است تا فرآیند شبیه‌سازی را انجام داده و ارتباط بین مدول‌های مختلف را تسهیل می‌کند.

اپسیم، یکی از قوی‌ترین و معروف‌ترین انواع مدل‌ها می‌باشد که شامل زیرمدل‌های اختصاصی برای گندم، ذرت، سورگوم، ارزن، بقولات مختلف، آفتاب‌گردان، کتان، چغندر قند و یونجه می‌باشد. ماژول‌های گیاهی فرآیندهای کلیدی فیزیولوژیک را شبیه‌سازی می‌کنند و در پاسخ به داده‌های ورودی روزانه آب و هوا، مشخصات خاک و اقدامات مدیریت گیاهی در گام زمانی روزانه عمل می‌کنند. همه گونه‌های گیاهی از اصول فیزیولوژیک یکسانی برای گرفتن منابع و استفاده از این منابع برای رشد استفاده می‌کنند. تفاوت‌های اصلی در آستانه‌ها و شکل عملکردهای پاسخ آن‌ها می‌باشد. استحصال محصول از طریق روابط تعریف کننده واکنش به دما و دوره نوری شبیه‌سازی می‌شود. کلیه ضرایب پاسخ‌های عمومی گیاهی و ضرایب خاص گونه‌ای در کدها ذخیره می‌شوند، تا امکان استفاده آسان و انتقال در بین محصول و رقم فراهم شود. ثابت‌ها و پارامترهای کد در پرونده‌های پارامتر گیاه ذخیره می‌شوند. هر پرونده از دو قسمت عمده تشکیل شده است: ثابت‌های خاص محصول و رقم.



شکل ۳- سیستم کشاورزی که اپسیم برای شبیه‌سازی آن طراحی شده است

زیر مدول‌های مختلف اپسیم

الف) ماژول گیاه (Crop)

- **AgPasture (مدل رشد مرتع):** برای شبیه‌سازی مراتع مخلوط علف‌ها و حبوبات سه کربنه و چهار کربنه طراحی شده است.

- **Canopy Intercropping (مدل رشد مخلوط):** در این مدل رقابت نور و آب بین محصولات شبیه‌سازی می‌شود. به صورت روزانه، تعداد محصولات در شبیه‌سازی و ارتفاع سایبان آن‌ها را پیدا می‌کند. سپس لایه‌های سایبان تعریف می‌شوند و مرزهای لایه در قسمت بالای هر سایبان مشخص می‌شود، بنابراین به اندازه سایبان‌ها لایه وجود دارد.

- **Growth:** یک ماژول رشد ساده گیاه برای شبیه‌سازی ماژول سیستم‌های مرتع و جنگلداری ساخته شده است

- **Plant:** رشد گونه‌های مختلف را در مقیاس روزانه (براساس سطح)، شبیه‌سازی می‌کند. رشد گیاه در این مدل به آب و هوا (دما، بارندگی و تابش از ماژول Met)، تأمین آب خاک (از ماژول Soilwat)، و نیتروژن خاک (از ماژول SoilN)، پاسخ می‌دهد.

- **Slurp:** مدلی برای محاسبه میزان جذب آب خاک توسط گیاهان.

ب) ماژول خاک (Soil)

Eroison: فرسایش روزانه خاک و تأثیر آن بر مشخصات خاک، **Map**: این نقشه لایه‌های خاک شبیه‌سازی را روی لایه‌های خروجی ترسیم می‌کند، **SoilN**: پویایی کربن و نیتروژن در خاک، **SoilP**: در دسترس بودن فسفر در خاک، **SoilTemp**: دمای خاک، **SoilWat**: مدل تعادل آب خاک، **Solute**: مدل تعادل املاح، **Surfac**: اثر هدایت آب سطحی که با گذشت زمان تغییر می‌کند، **SurfaceOM**: اثر مواد آلی سطح، **SWIM**: نفوذ و حرکت آب در خاک، **WaterSupply**: نقش منبع آب برای ماژول آبیاری.

ج) ماژول اقلیم (Met)

ماژول **APSIM Met** اطلاعات هواشناسی روزانه را در تمام شبیه‌سازی‌های اپسیم به همه ماژول‌ها ارائه می‌دهد.

د) ماژول مدیریتی (Management)

Fertiliser: تأثیر مصرف کود بر روی سیستم، **Irrigation**: زمانبندی آبیاری، **Economics**: تعادل نقدی را از طریق شبیه‌سازی تمام فعالیت‌های مالی کنترل می‌کند (به‌عنوان مثال: درآمد، هزینه‌ها، بازپرداخت وام)، **Manage**: قابلیت تعیین مجموعه‌ای از قوانین با استفاده از منطق شرطی در حین شبیه‌سازی برای کنترل عملکرد ماژول‌ها، **Clock**: زمان شبیه‌سازی و **Report**: یک پرونده خروجی ستونی ایجاد می‌کند تا داده‌ها را از شبیه‌سازی اپسیم ضبط کند.

	A	B	C	D	E	F	G
1	[weather.met.weather]						
2	Latitude = -27.11						
3	tav = 19.57 (oC) ! annual average ambient temperature						
4	amp = 10.40 (oC) ! annual amplitude in mean monthly temperature						
5							
6	year	day	radn	maxt	mint	rain	
7	()	()	(MJ/m^2)	(oC)	(oC)	(mm)	
8	1988	1	20.74	33	17.4	0.2	
9	1988	2	23.43	33.8	23	0	
10	1988	3	23.79	32.5	21	0	
11	1988	4	19.14	30.8	19.7	34	
12	1988	5	17.11	28.2	19.2	2	

شکل ۴- نمونه فایل آب و هوا

نتیجه‌گیری

اپسیم، از مدل‌های مبتنی بر فرآیند گیاه است که به‌طور گسترده‌ای برای شبیه‌سازی تولید محصول و کارایی آب در سراسر جهان استفاده می‌شود. مدل‌های شبیه‌سازی کشاورزی نقش مهمی در آگاهی بخشیدن به عملکرد کشاورزان، استراتژی‌های اصلاح و سیاست‌های دولت دارند که هدف آن‌ها رفع چالش‌هایی مانند امنیت غذایی و کاهش و سازگاری با تغییرات آب و هوا است. تقاضا برای ابزاری که بتواند به تحلیل مشکلات پیچیده کمک کند، بیش از هر زمان دیگری مشهود است که مدل اپسیم می‌تواند ابزاری در برطرف کردن این نیاز باشد.

منابع

- بنیان، م.، ۱۳۸۱. ساخت و کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی در کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول.
- Brown, H., Huth, N., Holzworth, D. 2018. Crop model improvement in APSIM: Using wheat as a case study. *European Journal of Agronomy*. 100, 141-150.
- Keating, B., Carberry, P., Hammer, G., Probert, M., Robertson, M., Holzworth, D., Huth, N., Hargreaves, J., Meinke, M., Hochman, Z., McLean, G., Verburg, K., Snow, V., Dimes, J. 2003. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy*. 18(3), 267-288.
- Holzworth, D., Meinke, H., DeVoi, P., Wegener, M., Huth, N., Hammer, G., Howden, M., Robertson, M., Carberry, P., Freebairn, D., Murphy, C. 2006. The development of a farming systems model (APSIM): a disciplined approach. 3rd International Congress on Environmental Modelling and Software- Burlington, Vermont. USA, P 13.
- IPCC. 2014. Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1150.

● کاربرد جلبک دریایی در کشاورزی

فاطمه آزادی | دانشجوی کارشناسی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان

هادی سالک معراجی | دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه زنجان

چکیده

افزایش کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی در کنار کاهش اثر مخرب زیست‌محیطی، موجب افزایش پایداری نظام‌های کشاورزی می‌شود. در سال‌های اخیر، استفاده از عصاره‌ی جلبک دریایی با توجه به کم‌خطر بودن آن، در کشاورزی ارگانیک و پایدار جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. ترکیبات فعال زیستی استخراج شده از جلبک دریایی، در تغذیه گیاهان جهت افزایش کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی اثبات شده است. بهره‌برداری از جلبک‌ها در بخش صنعتی، کشاورزی، دارویی، تغذیه‌ای و سوخت‌های زیستی، استفاده بهینه و سودمند از این موجودات را ضروری ساخته است. در بخش کشاورزی، از جلبک‌ها در تولید کودهای زیستی، تغذیه دام و آبزیان، تصفیه فاضلاب‌ها و تولید مکمل‌های غذایی استفاده می‌شود. کودهای حاوی عصاره جلبک، علاوه بر تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و افزایش کمیت و کیفیت، به دلیل داشتن انواع اسیدهای آمینه، در کاهش اثرات تنش‌های غیرزنده در گیاهان نیز مؤثر هستند. کلمات کلیدی: تنش، عصاره جلبک، کشاورزی پایدار، کودهای زیستی.



مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، سبب آلودگی منابع آب، خاک و محیط‌زیست شده و سلامت انسان و سایر موجودات را به مخاطره انداخته است. بر همین اساس، امروزه رویکرد کشاورزی ارگانیک مطرح بوده که در آن علاوه بر کمیت تولید، به کیفیت، ثبات و پایداری در تولید نیز توجه خاص می‌شود. اخیراً استفاده از عصاره‌ی جلبک دریایی جهت تأمین بخشی از نیازهای تغذیه‌ای گیاهان، در کشاورزی ارگانیک اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. برخلاف کودهای شیمیایی، ترکیبات به‌دست آمده از جلبک دریایی برای سایر موجودات و محیط‌زیست کم‌خطر است. ترکیبات استخراج شده از جلبک دریایی، اثرات مثبتی از لحاظ کمی و کیفی در تولید گیاهان زراعی و باغی دارد. کودهای ساخته شده از جلبک دریایی به دلیل داشتن عناصری مثل: نیتروژن، فسفر، پتاس، آمینو اسیدها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه، بر کودهای شیمیایی ارجحیت دارند. امروزه بهره‌برداری از جلبک‌ها در بخش صنعتی، کشاورزی، دارویی، غذایی، تولید سوخت‌های زیستی و تجدیدپذیر، تهیه کود، غذای انسان و دام نیز مورد توجه قرار گرفته است.

جلبک

جلبک (Algae) یا گاوآب از واژه یونانی فیکوز (Phycose)، به معنی علف هرز دریایی گرفته شده است. واژه جلبک در فارسی نیز از دو بخش جل + بک (جل به معنی پوشش یا پارچه و بک به معنی قورباغه)، تشکیل شده است که معنی واژگانی جلبک، جامه یا پناهگاه قورباغه می‌تواند باشد. جلبک‌ها، گروه وسیع و متنوعی از موجودات زنده، و فتوسنتزکننده را تشکیل می‌دهند که از نظر شکل، فیزیولوژی و زیستگاه طبیعی متفاوت هستند. جلبک‌ها ساده‌ترین موجودات کلروفیل دار بوده، ریشه حقیقی نداشته و همانند گیاهان اتوتروف هستند. اندازه آن‌ها از چند میکرومتر تا بیش از ۵۰ متر متغیر می‌باشد. مکان عمده زندگی جلبک‌ها آب بوده، ولی در محیط‌های گوناگون مانند: سطح خاک‌های مرطوب، بخش‌های هوایی درختان و همچنین سنگ‌ها و صخره‌ها نیز می‌توانند رشد کنند. بعضی از جلبک‌ها، می‌توانند در محیط‌های غیرمعمولی مثل: دریاچه‌های نمک، چشمه‌های آب گرم و یخچال‌های طبیعی و حتی در درون بدن و بافت‌های موجودات زنده زندگی کنند.

انواع جلبک

جلبک‌ها به دو گروه ریز جلبک‌ها و درشت جلبک‌ها تقسیم می‌شوند. اندازه ریزجلبک‌ها چند میکرون بوده و از طریق فتوسنتز، انرژی خورشیدی را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کنند. جلبک‌ها می‌توانند در زیستگاه‌های بسیار متنوع از لحاظ دمایی و شدت نور رشد کنند. درشت جلبک‌ها از جمله منابع زنده و تجدیدپذیر دریاهای اقیانوس‌ها بوده و برای انسان ها و حیوانات به عنوان غذا محسوب می‌شوند. ماکرو جلبک‌ها به سه گروه جلبک‌های قهوه‌ای، قرمز و سبز طبقه‌بندی می‌شوند. (۱) **جلبک‌های قهوه‌ای (فیتوفیت):** بزرگ‌ترین گروه از جلبک‌ها از نظر اندازه بوده و به رنگ قهوه‌ای و یا قهوه‌ای زرد هستند. در آب‌های معتدله و سرد یافت شده و دارای قسمت ریشه ماندی هستند که آن‌ها را به زمین متصل می‌کند (شکل ۱).



شکل ۱- جلبک‌های قهوه‌ای

(۳) **جلبک‌های سبز (کلروفیت):** بیش از هفت هزار گونه بوده و دو نوع کلروفیل دارند. مثل گیاهان خشکی‌زی، انرژی خورشیدی را برای ساخت کربوهیدرات به دام می‌اندازند، ولی برعکس آن‌ها فقط در آب توانایی زندگی کردن دارند (شکل ۳).



شکل ۳- جلبک‌های سبز

(۲) **جلبک‌های قرمز (ردوفیت):** در اعماق آب زندگی می‌کنند. به دلیل وجود رنگ‌دانه فیکواریترین قرمز رنگ هستند (شکل ۲).



شکل ۲- جلبک‌های قرمز

ترکیبات موجود در عصاره جلبک دریایی

از مهم‌ترین ترکیبات موجود در آن‌ها می‌توان به آلجیناز، دفاکوادان، لینامارین و فیتوالکسین‌ها اشاره کرد.

موارد استفاده از جلبک دریایی در تأمین نیازهای بشر

۱- تهیه غذا و مکمل‌های غذایی: جلبک‌ها حاوی پروتئین، اسیدآمینه‌های ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب غیراشباع، مواد معدنی، و کارتنوئیدها بوده که در تهیه کلوچه، نان، سالاد و سوپ و همچنین بهبود رژیم غذایی استفاده می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- تهیه غذا و مکمل‌های غذایی با استفاده از جلبک‌ها

۲- تهیه دارو و لوازم آرایشی بهداشتی: جلبک‌ها به دلیل دارا بودن ترکیبات دارویی خاص به عنوان: مسهل، داروهای ضدانگلی، کاهش وزن، فشار و چربی خون، بیماری‌های تصلب شرایین و ضدالتهاب روده استفاده می‌شود. همچنین انواع پلی‌ساکاریدهای استخراجی از جلبک‌ها در تهیه خمیر دندان، صابون، شامپو و مواد آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد (شکل ۵).



شکل ۵- تهیه دارو و لوازم آرایشی بهداشتی با استفاده از جلبک‌ها

۳- تهیه سوخت‌های زیستی: ماکرو جلبک‌ها، منبع تغذیه‌ای بسیار مناسبی برای تولید بیواتانول هستند.

۴- تغذیه دام، طیور و موجودات آبی: جلبک‌ها منبع غذایی برای دام، طیور و آبزیان هستند.

۵- کمک به تصفیه آب و فاضلاب: فاضلاب‌های شهری، حاوی مقادیر زیادی مواد آلی و معدنی با اکسیژن کم هستند. رشد جلبک‌ها در این حوضچه‌ها و فرآیند فتوسنتز توسط آن‌ها، باعث افزایش اکسیژن می‌شود. در اثر افزایش اکسیژن، تعداد میکروارگانیسم‌های هوازی در آب افزایش و اکسیژن تولید شده به مصرف آن‌ها می‌رسد و بقایای مواد آلی در فاضلاب‌ها تجزیه می‌شود. اکسیژن نه نمودن فاضلاب‌ها جهت کاهش بوی بد آن‌ها ضروری است، لذا پدیده اکسیژن نه نمودن به وسیله جلبک‌ها که به صورت طبیعی انجام می‌شود، بسیار متداول است و به این ترتیب جلبک‌ها نقش مهمی را در تصفیه فاضلاب‌ها به عهده دارند.

۶- تهیه آگار: آگار عصاره خشک جلبک‌های قرمز بوده که از نظر شیمیایی، استرسولفوریک گالاکتان هستند. این ماده به صورت پلی ساکاریدی ژله مانند است که در آزمایشگاه‌های میکروبی‌شناسی به عنوان ماده زمینه به کار می‌رود.

موارد استفاده از جلبک دریایی در کشاورزی

عصاره‌ی جلبک دریایی حاوی مواد مغذی، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، هورمون‌های رشد (سیتوکینین، اکسین و آبسزیک اسید)، است. جلبک‌های دریایی به علت دارا بودن عناصری مثل: ازت، فسفر، پتاسیم و برخی از عناصر کم‌مصرف، هورمون‌ها، تنظیم‌کننده رشد، آمینواسیدها، پلی ساکاریدها، بتائین‌ها و میزان بالای فیبر، نقش زیادی در بهبود خواص

فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از قبیل: افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، بهبود ظرفیت نگهداری آب و تعدیل اسیدیته دارند.

امروزه استفاده از کودهای حاوی عصاره‌ی جلبک دریایی، به صورت محلول‌پاشی و خاک مصرف در گیاهان زراعی و باغی و گلخانه‌ای متداول شده است. مواد تنظیم‌کننده رشد مانند: جیبرلین، اکسین و سیتوکینین‌های موجود در عصاره‌ی جلبک دریایی، در تقسیم و طویل شدن سلول، تولید گل، رشد برگ، افزایش طول میان گره‌ها، اندازه و کیفیت میوه، تأخیر در رسیدگی میوه‌ها، افزایش جذب مواد غذایی خاک، مقاومت به آفات و بیماری‌ها، جوانه‌زنی بذر و مقاومت در مقابل یخ‌زدگی و افزایش محصول، نقش دارند.

اثرات کاربرد کودهای حاوی عصاره جلبک دریایی بر گیاهان

۱- افزایش تحمل به تنش‌های غیرزنده: کاربرد کودهای حاوی عصاره‌ی جلبک، باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزنده (خشکی، شوری، دما و غیره)، می‌شوند. عصاره‌ی جلبک حاوی هورمون‌هایی نظیر: اکسین، جیبرلین، سیتوکینین، فنیل‌استیک اسید بوده که باعث مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های دمایی و آفات می‌شوند. خاصیت ضدتنش بودن عصاره جلبک‌های دریایی، بیشتر به فعالیت هورمون سیتوکینین مربوط می‌شود. سیتوکینین با تشکیل زانتین، آدنین و پورین، سبب کاهش اثرات تنش می‌شود. همچنین استفاده از عصاره‌ی جلبک دریایی به علت کمک به تولید گلیسین - بتائین و مانیتول در سلول، سبب کاهش اثرات نامطلوب تنش می‌شود.

۲- تقویت سیستم دفاعی گیاه: پلی‌ساکاریدهای سولفات و الیگوساکاریدهای با وزن مولکولی کم موجود در جلبک‌ها، دارای انواع فعالیت‌های بیولوژیکی هستند. افزایش خواص ضدقارچی و آنتی‌اکسیدانی جلبک دریایی، به دلیل حضور طیف گسترده‌ای از ترکیبات فعال بیولوژیکی، از قبیل: استرول‌ها، فنول‌ها و اسیدهای چرب است.

۳- افزایش رشد ریشه: کاهش رشد ریشه در اثر کاهش دما، باعث کاهش ظرفیت جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه و به دنبال آن ظهور اثرات ثانویه ناشی از کمبود مواد غذایی و اختلال در رشد گیاه می‌شود. در دمای پایین، انتقال، شکل و مقدار انتقال عناصر غذایی دچار تغییر می‌شود و در نتیجه رشد ریشه و گیاه کاهش می‌یابد. همچنین سرما باعث کاهش سنتز آدنوزین تری فسفات (ATP)، و بسیاری از ترکیبات دیگر از قبیل: هورمون‌ها، اسیدهای آمینه و برخی از ویتامین‌ها در ریشه شده و سرعت انتقال این مواد به ساقه را کاهش می‌دهد. تأثیر مستقیم کودهای حاوی عصاره جلبک دریایی بر گلیسین - بتائین، مانیتول، تنش دمایی وارده به ریشه را کاهش داده و سبب بهبود رشد ریشه و به تبع آن رشد و نمو گیاه می‌شود.

- Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., Nejad Ali, A. 2011. The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Horticultural Science*. 25(1), 25-33.
- Panahi, H.K.S., Dehghani, M., Aghbashlo, M., Karimi, K., Tabatabaei, M. 2019. Shifting fuel feedstock from oil wells to sea: Iran outlook and potential for biofuel production from brown macroalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 112, 626-642.
- Ross, A.B., Jones, J.M., Kubacki, M.L., Bridgeman, T. 2008. Classification of macroalgae as fuel and its thermochemical behaviour. *Bioresource technology*. 99(14), 6494-6504.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kamat, M.Y. 2008. Fractionation of lipids and purification of γ -linolenic acid (GLA) from *Spirulina platensis*. *Food Chemistry*. 109(3), 580-586.
- Thambiraj, J., Lingakumar, K., Paulsamy, S. 2012. Effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) prepared from *Sargassum wightii* and *Hypnea musciformis* on the growth and biochemical constituents of the pulse, (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Journal of Agricultural Research*. 1 (1), 65-70
- Zhang, Y., Fu, X., Duan, D., Xu, J., Gao, X. 2019. Preparation and characterization of agar, agarose, and agarpectin from the red alga (*Ahnfeltia plicata*). *Journal of Oceanology and Limnology*. 37(3), 815-824.
- ۴- افزایش کلروفیل برگ:** فتوسنتز یکی از فرآیندهای حساس به دما است. نخستین مکان دریافت تنش سرما مرحله فتوسنتز دو است که باعث کاهش عملکرد و توقف فعالیت فتوسنتز بر اثر سرما می‌شود. تنش سرما، همچنین سبب اختلال در تولید کلروفیل و بروز آسیب در واکنش های کلروپلاست ها می‌شود. با کاهش دما، کل فرآیند کلروفیل سازی متوقف و رنگ برگ ها، سبز کم رنگ شده که نشان دهنده ی کمبود کلروفیل است. مطالعات مختلف نشان داده که استفاده از عصاره جلبک دریایی در گیاهان تحت تیمار، باعث افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود که دلیل آن وجود آمینوبوتیرات، گلیسین - بتائین و بتائین در عصاره استخراج شده است. همچنین محلول پاشی عصاره جلبک دریایی موجب تحریک فتوسنتز و تولید بهتر قند و نشاسته ها می‌شود. بهبود فتوسنتز توسط گلیسین-بتائین در گیاهان تحت تنش سرما، به افزایش کارایی فتوسنتز دو مربوط می‌شود. گلیسین-بتائین همانند یک تنظیم کننده اسمزی در کلروپلاست گیاه تحت تنش عمل می‌کند.
- ۵- بهبود کیفیت خاک:** جلبک های دریایی به علت دارا بودن مقدار بالای فیبر و برخی از عناصر غذایی، نقش مهمی در بهبود و حفظ بافت، رطوبت و حاصلخیزی خاک دارند.
- منابع**
- Bengtson, S., Belivanova, V., Rasmussen, B., Whitehouse, M. 2009. The controversial Cambrian fossils of the Vindhyan are real but more than a billion years older. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106 (19), 7729-7734.
- Borowitzka, M.A., Moheimani, N.R. 2013. *Algae for biofuels and energy*. Dordrecht: Springer. 5, 133-152.
- Demirbas, A., & Demirbas, M. F. 2010. *Algae energy: algae as a new source of biodiesel*. Springer Science & Business Media.
- Duan, D., Critchley, A.T., Fu, X., Pereira, L. 2019. Preface: Bioactive substances of various seaweeds and their applications and utilization. *Journal of Oceanology and Limnology*. 37(3), 779-782.
- Han, P., Lu, Q., Fan, L., Zhou, W. 2019. A review on the use of microalgae for sustainable aquaculture. *Applied Sciences*. 9(11), 2377.
- Hossain, A.S., Salleh, A., Boyce, A.N., Chowdhury, P., Naqiuddin, M. 2008. Biodiesel fuel production from algae as renewable energy. *American journal of biochemistry and biotechnology*. 4(3), 250-254.
- Kim, S. K., Pangestuti, R. 2011. Biological activities and potential health benefits of fucoxanthin derived from marine brown algae. In *Advances in food and nutrition research*. Academic Press. 64, 111-128.
- Koochaki, A.R., Amir Moradi, S., Shabahang, J., Kalantari Khandani, S. 2013. Effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of medicinal plants. *Journal of Agro ecology*. 1, 16-26.

● تأثیر پوشش‌دهی بذر (Seed Coating)، بر ویژگی‌های مرتبط با عملکرد گیاهان زراعی

محسن ساسانی^۱، ثریا نوید^۲، مسعود احمدزاده^۳، محمدرضا جہانسوز^۴

۲۹۱ به‌ترتیب دانشجویان دکتری بیماری‌شناسی و اکولوژی گیاهان زراعی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴۹۳ به‌ترتیب هیئت علمی رشته بیماری‌شناسی و اکولوژی گیاهان زراعی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

جوانه‌زنی، مرحله‌ای از رشد است که به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی است. بخش عمده‌ای از زمین‌های زراعی ایران تحت تنش‌های مختلف شوری و خشکی قرار دارد که می‌تواند اثر منفی بر سبز شدن و استقرار گیاهان زراعی داشته باشد. انتخاب رقم و بذر خوب و پرمحصول و مناسب بودن برای اقلیم هر منطقه، مهم‌ترین رمز حصول عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی است. دسترسی به‌موقع به بذر باکیفیت و مقاوم به بیماری‌ها و تنش‌های محیطی از جمله: تغییرات آب و هوایی، نقش زیادی در افزایش تولیدات غذایی و رسیدن به امنیت غذایی، بهبود معیشت و درآمد کشاورزان دارد.

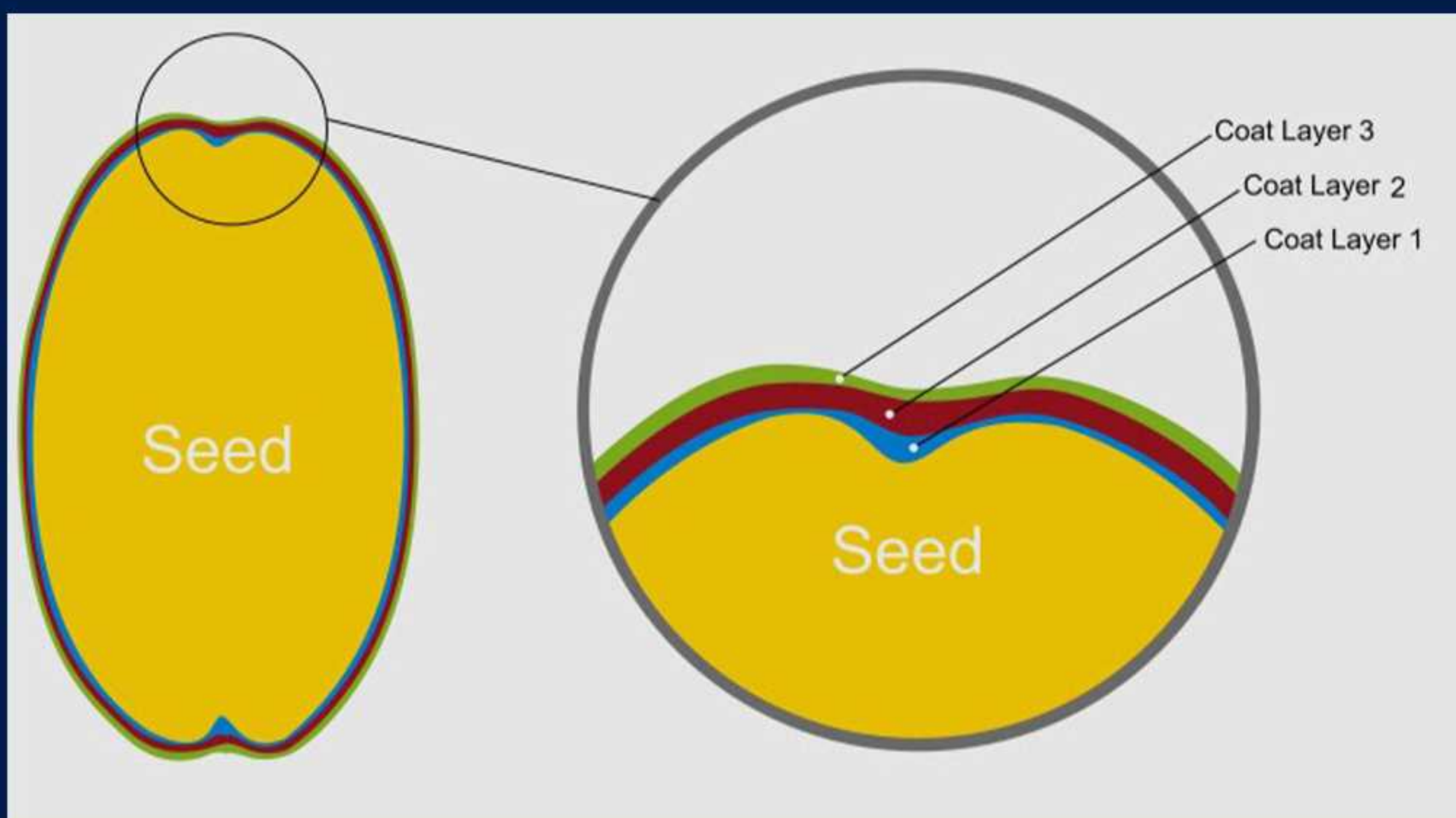
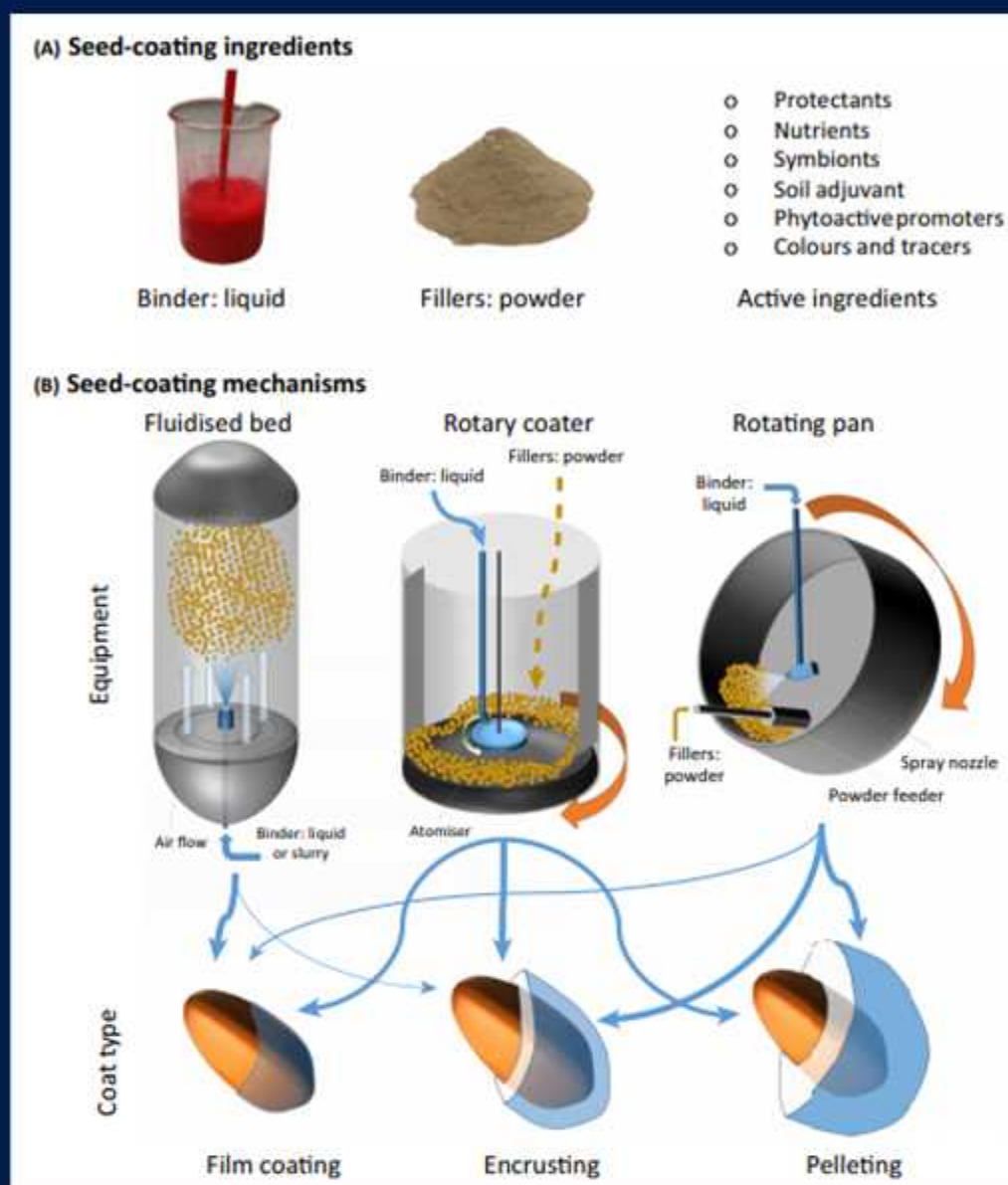
در سال‌های گذشته تلاش‌های زیادی برای بهبود شرایط جوانه‌زنی، بنیه بذر و استقرار گیاهچه انجام شد، زیرا بذر یک واحد زایشی است که به‌عنوان رشته حیات، بقای گونه‌ها را تضمین می‌کند. یکی از مفیدترین روش‌های بهبود و تقویت بذر، کوتینگ، پوشش‌دار یا روکش‌دار کردن بذر (Seed Coating)، است. بنابراین، پیش از کاشت، به‌منظور جلوگیری از پوسیدگی و مرگ گیاهچه‌ها، بهبود قابلیت کشت و کارکرد بذر، آن‌ها را می‌توان با قارچکش‌های شیمیایی سیستمیک و حفاظتی (CSCA)، و یا عوامل بیولوژیک (BSCA)، پوشش‌دهی کرد. در این روش مواد مختلفی از جمله: سموم، آفت‌کش، مواد تنظیم‌کننده رشد، کود، مواد جاذب رطوبت، پوشش‌های حساس به حرارت و عناصر غذایی به‌همراه مواد چسبنده به سطح خارجی بذر اضافه می‌گردد که سبب بهبود جوانه‌زنی و کارایی آن می‌شود. این ترکیبات بذر را از تنش‌هایی که احتمال وقوع آن‌ها در محیط زیاد است، محافظت می‌کنند. امروزه به‌منظور افزایش سلامت جامعه، کاهش بقایای سموم در محصولات کشاورزی و اثرات سوء سموم شیمیایی در محیط زیست، تأکید بر استفاده از روش‌های زیستی و بیولوژیک در تولیدات کشاورزی است. بنابراین، استفاده از روش‌های بیولوژیک جهت پوشش‌دهی بذرهای در اولویت هستند. در این راستا، در مقاله حاضر تأثیر پوشش‌دهی بذر بر ویژگی‌های مرتبط با عملکرد گیاهان زراعی بررسی شد.

پوشش‌دهی بذر

از روش‌های جدید و اقتصادی برای بهبود خصوصیات جوانه‌زنی گیاهان زراعی و باغی، پوشش‌دار کردن بذر است. هدف از پوشش‌دار کردن بذر استفاده از موادی از قبیل قارچ‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، هورمون‌های رشد، عناصر کم‌مصرف و ترکیبات دیگری است که به شکل مستقیم در ارتباط با بذر قرار می‌گیرند. ضدعفونی یکی از مهم‌ترین مراحل فرآوری بذر است. در ضدعفونی بذر، با مصرف کم مواد شیمیایی می‌توان بذر و در نهایت محصول را بر علیه آفات و بیماری مراحل اولیه رشد محافظت و از مصرف مواد شیمیایی بیشتر در مزرعه خودداری کرد. سه روش پوشش بذر با کاربرد تجارتي مورد استفاده قرار می‌گیرند که شامل: پلت کردن، پوشش دادن و روکش نازک بذر می‌باشد.

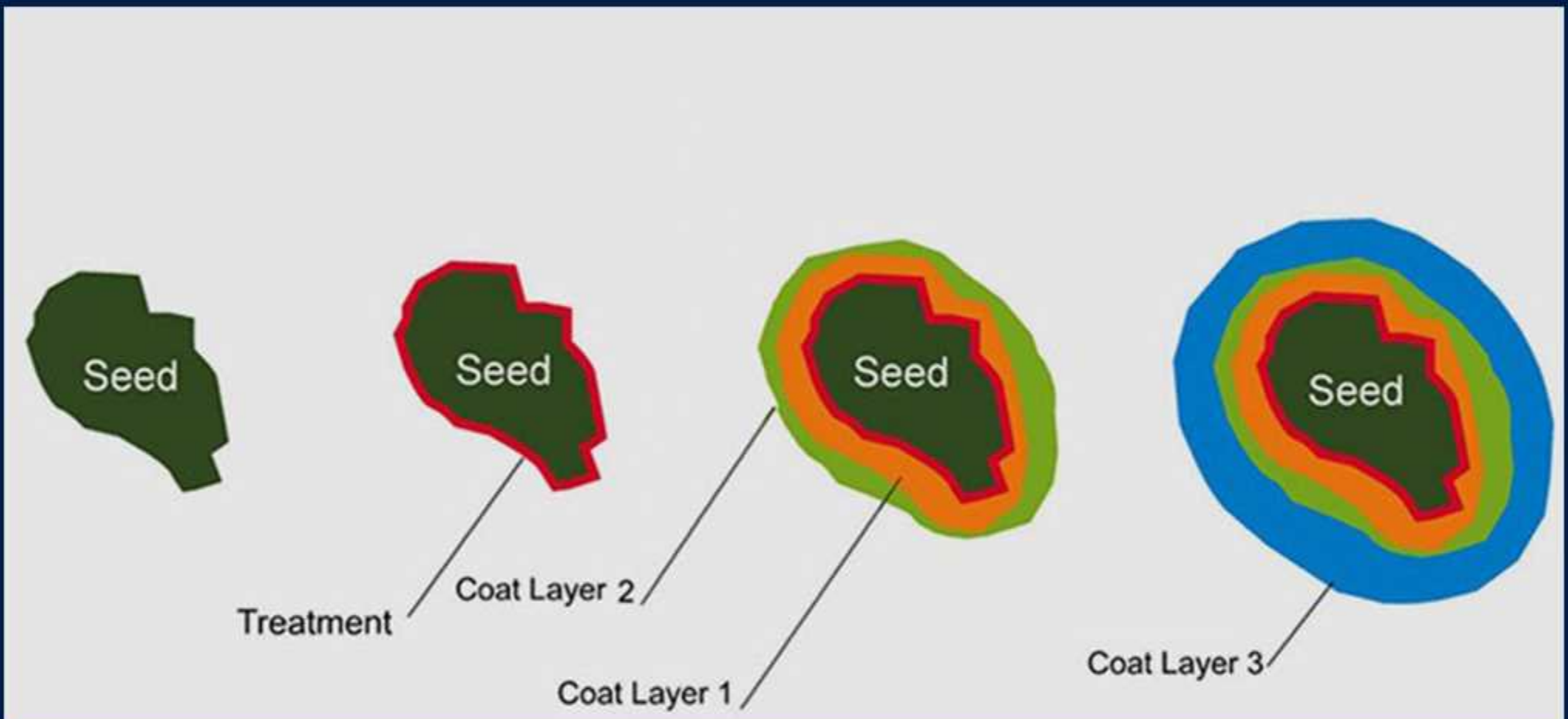
روش‌های پوشش‌دهی بذر

۱- پوشش لایه نازک (Film Coat): ایجاد روکش نازک در اطراف بذر، از دستاوردهای جدید برای پوشش بذر می‌باشد که در این تکنولوژی از مواد رنگی به همراه مواد پلیمری قابل حل در آب استفاده می‌شود. فرمولاسیونی مخلوط از قارچ‌کش، مواد چسباننده و رنگدانه‌هایی در فاز آب که بر روی توده بذر اسپری و یا با آن مخلوط می‌شود. مواد چسباننده، معمولاً پلیمرهایی از قبیل: پلی وینیل‌الکل، پلی‌وینیل‌استات، پیرولیدین و یا مشتقات سلولز است. از مزیت‌های این روش می‌توان به استفاده مکرر فرمولاسیون در طی فرآیند اسپری کردن و خشک کردن اشاره کرد که این خود باعث می‌شود که روی بذر یک پوشش نازک چندلایه شکل گیرد. در پوشش‌دهی با لایه نازک، هدف اصلی تولید بذر با کیفیت بوده که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. فرمول‌های پوشش‌دهی با سموم شیمیایی مختلف در مقادیر مناسب برای هر بذر سبب بهبود و دستیابی به جوانه‌زنی یکنواخت‌تر می‌شود. در این روش هیچ گونه تغییری در شکل ظاهری بذر به وجود نمی‌آید و فقط یک تا ۱۰ درصد از وزن بذر را تشکیل می‌دهد. مزایای این روش شامل: تأثیر بر علیه پاتوژن، عدم ایجاد مسمومیت در گیاه، افزایش جوانه‌زنی و انبارداری، اقتصادی بودن، کنترل قارچ‌ها، ویروس‌ها و باکتری‌های بذرزاد و خاک‌زاد و حشراتی که در مرحله جوانه‌زنی و یا گیاهچه‌ای به گیاه آسیب می‌رسانند.



مسایل تکنیکی خاصی باید در طی فرآیند پلت کردن بذر در نظر گرفته شود: مواد استفاده شده در این روش باید با بذر سازگاری داشته باشند، به نحوی که کیفیت بذر حفظ شود و از جوانه زنی آن جلوگیری نشود. درون هر پلت تنها یک بذر وجود داشته باشد، در غیر این صورت، کاشت دقیق بذر دچار مشکل می شود. اندازه پلت نیز می تواند برای خریداران بذر مهم باشد. بنابراین، ابعاد بذرهای پلت شده به طور معمول درحین فرآیند پلت کردن و بعد آن تنظیم می گردد. علی رغم این معضلات، پلت کردن بذر به عنوان یک امر مهم برای کاشت دقیق بسیاری از گیاهان زراعی و سبزیجات و انواع گل ها شناخته شده است. اضافه کردن ترکیبات شیمیایی مفید از قبیل هورمون های گیاهی، عناصر کم مصرف، حشره کش ها، قارچ کش ها و باکتری های مفید به بذرهای پلت شده، کارکرد آنها را در شرایط مزرعه افزایش می دهد.

۲- پلت یا حجیم کردن بذر (Seed Pelleting): اهداف اولیه پلت کردن تغییر شکل، افزایش وزن، اصلاح اندازه و ساختمان سطح بذر است که برای این کار از موادی نظیر الیاف چوبی، رس، سیلیس، پرلیت و غیره استفاده می شود. بذر تعداد زیادی از گیاهان زراعی و به ویژه سبزیجات به شکل گرد و یکنواختی نیستند و در نتیجه کاشت دقیق این بذر ها برای حصول عملکرد مطلوب مشکل می باشد. در موارد دیگر بذر ها آن قدر کوچک و سبک هستند که کاشت دقیق آنها در خاک بسیار مشکل است. از مشخصه های پلت کردن بذر این است که شکل بذر به طور کامل تغییر می کند. انواع بذر های پلت شده ای که در مقادیر قابل توجه تجاری شده اند عبارتند از: چغندر قند، هویج، کرفس، کاسنی، آندیو، تره فرنگی، کاهو، پیاز، فلفل، گوجه فرنگی، کلزا، ذرت شیرین و بعضی بذر های گل های زینتی خصوصاً آنها که بذر ریزی دارند.

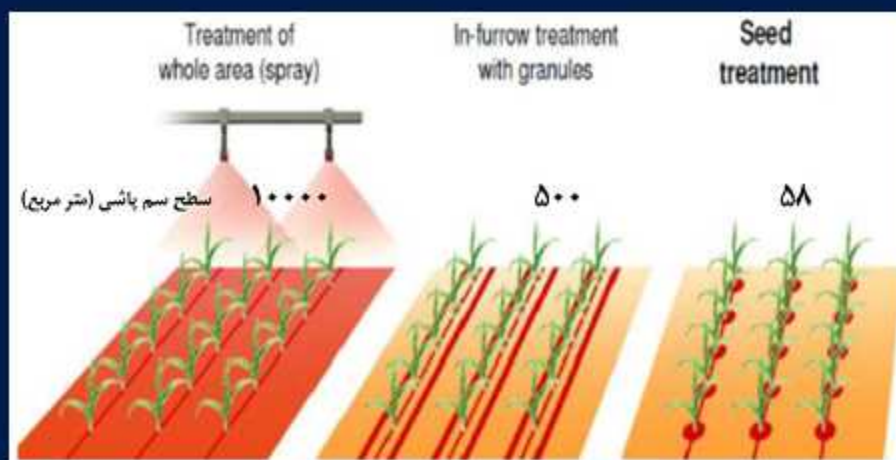


مزایای پوشش دهی بذر

۱- افزایش سرعت جوانه زنی: پوشش دار کردن دانه در جوانه زنی و رشد نهال های بذری مؤثر است. مهم ترین نقش آن در جوانه زنی متورم شدن پوشش بذر در زمان آبیگری و اندوخته بالای آب درون آن است، که پوشش اطراف بذر با جذب آب باعث تضمین جوانه زنی بذر می شود.



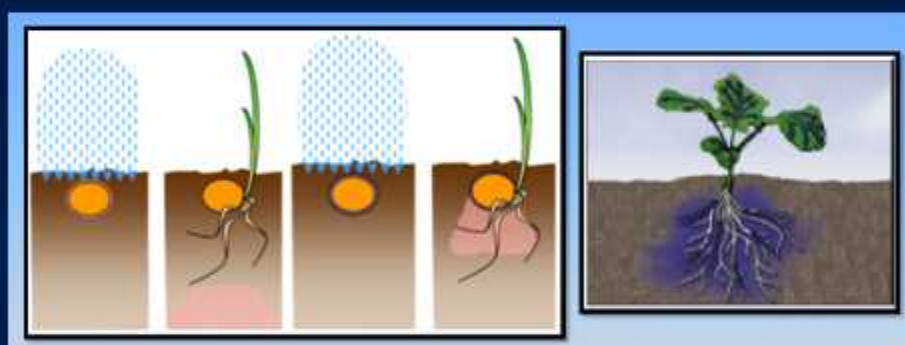
۵- کاهش هزینه‌های مصرف سم و سم‌پاشی اوایل فصل رشد



۶- امکان استفاده از میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن



۷- بهینه‌سازی انتشار و جذب مواد مورد نیاز گیاه



- ۸- امکان استفاده از عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم)، کم مصرف (آهن، مس، منیزیم، روی بر، مولیبدن، سلنیوم)، و مواد محرک رشد (اسید آمینه، اسید هیومیک و غیره).
- ۹- کاهش احتمال ایجاد مقاومت در پاتوژن
- ۱۰- استفاده از رنگ برای شناسایی ارقام

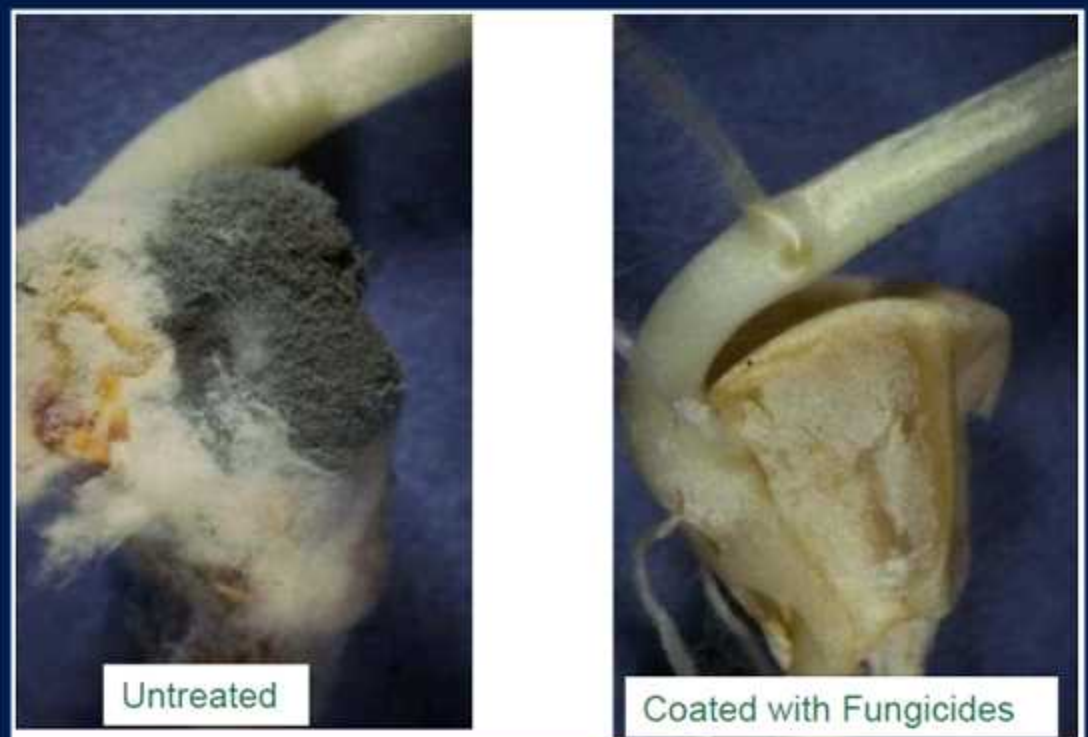


۲- افزایش استقرار بوته و عملکرد در تنش‌های محیطی (شوری و خشکی): یکی از دلایل حساسیت گیاه به شوری، تجمع سدیم در سایت‌های جذبی گیاه و جلوگیری از جذب عناصر ضروری گیاه نظیر کلسیم و پتاسیم است. حضور باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) در ترکیب بیولوژیک، می‌تواند جذب یون‌های کلسیم، پتاسیم، و منیزیم را تحت تنش شوری تقویت کند و موجب کاهش جذب یون سدیم گردد. همچنین یکی از ترکیبات فراری که توسط باکتری باسیلوس سوبتیلیس تولید می‌شود، سبب افزایش بیان ژنی می‌شود که این ژن سبب تغییر در مکانیسم جذب سدیم می‌گردد. در گیاهان تیمار شده با روش بیولوژیک، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POD)، فنیل آلانین آمونیالایز (PAL) و پلی‌فنل اکسیداز (PPO)، افزایش یافته که این آنزیم‌ها باعث افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌ها می‌شوند. این آنزیم‌ها و آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)، به‌طور طبیعی در گیاه بیان می‌شوند، اما در گیاهانی که سطح بیان و میزان فعالیت این آنزیم بیشتر باشد، مقاومت به خشکی و تنش‌ها افزایش می‌یابد.



۳- کنترل بیمارگرهای گیاهی: به‌دلیل تولید هورمون‌ها و متابولیت‌های محرک رشد، می‌توانند به‌عنوان کود بیولوژیک نیز عمل کنند.

۴- کاهش استفاده از سموم حشره‌کش در برابر آفات اوایل فصل رشد و امکان استفاده از سموم قارچ‌کش و ارگانیک



۱۱- تشخیص و مشاهده شدن بذر در خاک در هنگام کاشت

۱۲- بازار پسندی و برندسازی (Marketing tool)



۱۳- به تأخیر انداختن ظهور گیاهچه: برای هم‌زمانی گلدهی در پایه‌های پدری و مادری برای تولید بذر هیبرید Synchronous (Flowering).

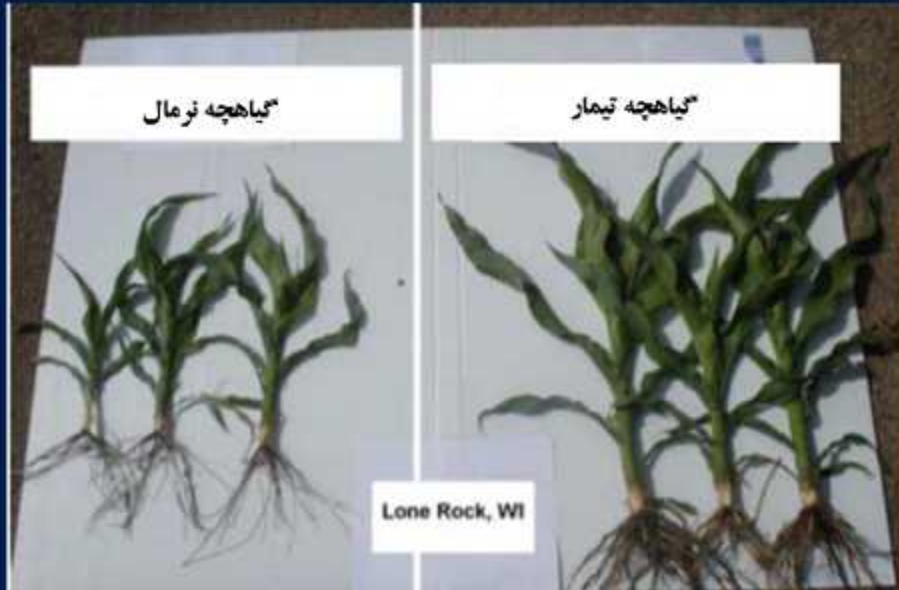


۱۴- بهبود دانه‌های ریز، سبک و نامنظم



۱۵- تغییر در شکل ظاهری و تغییر وزن بذر پوشش‌دار: افزایش یکنواختی سبز شدن و وزن بذر از دو تا ۲۰ برابر

۱۶- افزایش رشد ریشه: رشد ریشه‌ها در سیستم پوشش‌دار کردن دانه، بیشتر و متمایزتر از بذرهای بدون پوشش است. وزن هزار دانه بالای بذر پوشش‌دار نسبت به بذر بدون پوشش، تضمینی برای افزایش تماس بهتر بذر با خاک، استفاده بهینه از عناصر غذایی و رشد بهتر اندام‌های گیاهی است.



۱۷- ممانعت از خطر مسمومیت انسانی و آلودگی‌های زیست محیطی

۱۸- نیاز به آماده‌سازی کمتر زمین و کشت بهتر در شرایط وزش باد شدید: قابلیت کاشت و استفاده در انواع سطوح و موقعیت‌های مختلف بذرهای پوشش‌دار بیشتر بوده و آماده‌سازی سطوح خاک را به حداقل کاهش داده و نیز در کاهش مصرف آب بسیار مؤثر خواهد بود.

۱۹- امکان استفاده از پلیمرهای حساس به دما به منظور کشت انتظاری و استفاده بهینه از آب

۲۰- غیر قابل جذب بودن و عدم سمیت برای پرندگان.

عناصر مهم در پوشش‌دار کردن بذر

۱- اسید هیومیک: مواد هیومیک در همه خاک‌ها و آب‌ها یافت می‌شود و حاصل تجزیه گیاهان است. خاک بارور و حاصل‌خیز حاوی سه درصد کود گیاهی و حدود سه الی ۱۰ درصد هیومیک اسید است. اسید هیومیک، باعث تحریک و افزایش فعالیت متابولیک ارگان‌های سلولی، سرعت جوانه‌زنی و آنزیم‌های مهم گیاهی می‌شود. اسید هیومیک باعث به‌وجود آمدن ریشه‌های قوی تر و در نتیجه گیاهان قوی‌تر و مقاوم‌تری می‌شود. بنابراین اسید هیومیک باعث افزایش متابولیسم و تحریک رشد و افزایش قدرت ریشه‌دهی گیاه می‌شود. تکنولوژی به‌کار رفته در تولید بذر پوشش‌دار، نیاز به تجربه و تخصص بالایی دارد. بذرهای پوشش‌دار در دو مرحله به‌وسیله اسید هیومیک تیمار می‌شود. در مرحله اول مستقیماً سطح بذر به اسید هیومیک آغشته می‌شود و در مرحله بعد سطح خارجی پوشش بذر به وسیله اسید هیومیک به‌طور یک پارچه تیمار می‌شود.

مزایای پوشش‌دار کردن بذر توسط اسید هیومیک: افزایش دریافت مواد غذایی، جوانه‌زنی و استقرار گیاه، افزایش ریشه‌دهی نهال، کاهش حساسیت به آفات و بیماری‌ها.

لایه‌های تشکیل دهنده در عملیات پوشش‌دار کردن دانه به ترتیب از بیرون به سمت داخل شامل هشت لایه ذیل است:

۱- **لایه محافظ بیرونی:** محافظت در مقابل عفونت قارچی و پرنده‌گان، افزایش وزن بذر، آسان و دقیق شدن کشت.

۲- **سوپر جاذب:** استفاده بهتر از آب، جوانه‌زنی سریع و مطمئن، محلول شدن مواد غذایی

۳- **اولین لایه مواد مغذی**

۴- **لایه Chal:** تنظیم دقیق اسیدیته

۵- **اسید هیومیک:** کاهش نیاز به کود تا حدود ۴۰ درصد، افزایش راندمان استفاده از مواد مغذی، بهبود جذب مواد، بهبود کیفیت خاک.

۶- **دومین لایه مواد مغذی**

۷- **لایه محافظ داخلی**

۸- **بذر به اضافه اسید هیومیک و مواد محرک:** تضمین سلامت بذر، کاهش حساسیت به بیماری‌ها، تسریع جوانه‌زنی و استقرار گیاه، کمک به توسعه ریشه.

منابع

توکل افشاری، ر.، سورکی، ع.، قاسمی، الف. ۱۳۸۷. فناوری بذر و مبانی زیست شناخت آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۱۵ ص.

سعادت، ف.، احتشامی، س. م. ر. ۱۳۹۵. تأثیر پوشش‌دار کردن بذر با باکتری‌های محرک رشد و عناصر ریز مغذی بر شاخص‌های جوانه‌زنی ذرت، علوم و تحقیقات بذر ایران.

محرابی، ح.، چائی‌چی، م. ر.، توکل افشاری، ر. ۱۳۹۶. بررسی اثر پوشش‌دار کردن بذر بر ظهور گیاهچه گندم رقم سرداری، تحت سطوح مختلف تنش خشکی و عمق کاشت در آزمایش گلدانی. نشریه علوم و فناوری بذر ایران. ۶(۱): ۳۸-۴۶.

Jury, W. A., Vaux, H. J., 2007. The emerging global water crisis: managing scarcity and conflict between water users. *Agronomy*. 95: 1- 76.

Saadat, F., Ehteshami, S. M. R., Asghari, J., Rabiee, M. 2015. Effect of seed coating with growth promoting bacteria and micronutrients on quantitative and qualitative yield of forage corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*. 46(3): 485-496.

۲- **مواد محرک زیستی (Bio-Stimulant):** مواد محرک زیستی موادی هستند که باعث تحریک تقویت کننده‌های گیاهی می‌شوند. مواد محرک زیستی شامل:

- تمامی مواد غذایی و مواد فعالی که به ساخت و ساز سلولی گیاه کمک می‌کند.

- مواد فعالی که در ساختار خاک تأثیر مثبتی دارند.

- مواد فعالی که به فعالیت قارچ‌های همزیست با گیاهان کمک می‌کنند.

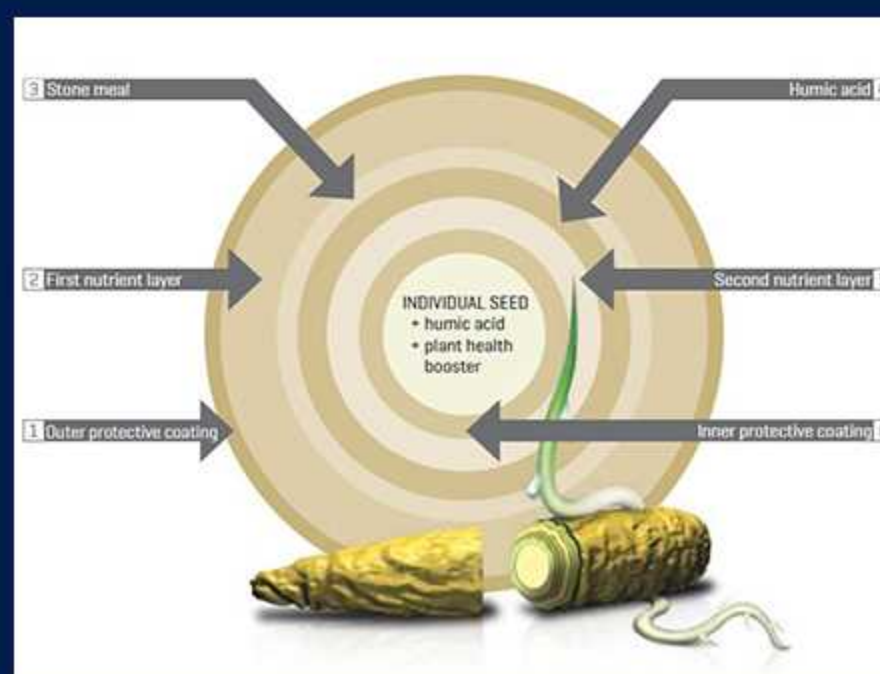
- ترکیب ضد عفونی کننده و فعال کننده گیاه و زمین است.

مزایای استفاده از مواد محرک زیستی: افزایش استقرار و رشد ریشه و گیاه، کاهش حساسیت به آفات و بیماری‌ها، کاهش استفاده از قارچ کش ها، کاهش آسیب توسط انسان و حیوانات و محیط، مؤثر و اقتصادی بودن آن.

مواد محرک که در ساختار پوشش موجود هستند شامل: مواد مغذی، عناصر کم مصرف، نمک‌های بیوشیمیایی (باعث افزایش متابولیسم سلول می‌شوند)، ژرمانیوم و اسید ارونیک (خاصیت ضد عفونی کنندگی دارند)، کودهای ارگانیک.

۳- **نسل جدیدی از پوشش بذر (WASP: Water Absorbing Seed Process)**

WASP پیشرفت تکنیکی در ساخت پوشش سلولی است که حاصل سال ها تحقیق می‌باشد. این ابتکار برای اولین بار جهت به وجود آمدن بسته کاملی به عنوان پوشش بذر جهت حفظ ذخیره آب و مواد غذایی تولید گردید. یک ذخیره کننده آب اطراف بذر که ذخیره دائمی از آب را به وجود آورده و از خطر خشک شدن نهال بذر جلوگیری می‌کند. البته این پوشش شامل مواد مغذی جهت رشد اولیه گیاه، اسید هیومیک جهت تسریع جوانه‌زنی و مواد محرک جهت تضمین سالم ماندن گیاهچه و توسعه ریشه‌ها نیز می‌باشد. با توسعه تکنیک **WASP** ایده فراهم کردن آب اطراف بذر با استفاده از جاذب آب در پوشش بذر به تحقق پیوست. بذر کوتینگ شده در سیستم پوشش‌دار کردن دانه میزان آب بیشتری را نسبت به بذر معمولی جذب می‌کند و در اختیار بذر احاطه شده توسط پوشش قرار می‌دهد. آب در واقع به وسیله سوپر جاذب که دارای بافت اسفنجی با قابلیت جذب و نگهداری آب فراوان است، درون این پوشش ذخیره می‌شود و هر زمانی که بذر به آن نیاز داشت می‌تواند از آن استفاده نماید که در کنار افزایش جذب آب، جذب مواد غذایی نیز افزایش یافته و باعث تضمین جوانه‌زنی می‌شود. مواد غذایی موجود درون این پوشش نیز تا زمانی که گیاه استقرار یابد و گیاهچه‌ها ضخیم گردند، باقی می‌مانند.



● گیاه‌پالایی (Phytoremediation) و سلامت محیط

مبتاب بلادی | دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزادی اسلامی، واحد کرج

چکیده

در چند دهه اخیر، خاک به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع زیستی و طبیعی، در اثر بی‌توجهی و انتشار آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های صنعتی مانند فلزات سنگین، دچار آلودگی شده است. گیاه‌پالایی یا زیست‌پالایی روشی جدید، ساده، ارزان و مقرون به صرفه است که از برخی گیاهان برای جذب، تغییر شکل، تجمع و یا تصعید آلاینده‌ها استفاده می‌شود. در گیاه‌پالایی شناسایی گونه‌های مقاوم گیاهی که قادر به زدودن آلودگی‌های آب، خاک و هوا هستند، از اهمیت خاصی برخوردار است. در این راستا، در مقاله حاضر تعاریف، مفاهیم و روش‌های گیاه‌پالایی بررسی شد. کلمات کلیدی: استخراج، آلاینده، تثبیت گیاهی، زیست‌پالایی، فلزات سنگین.



مقدمه

فلزات سنگین عناصری تجزیه‌ناپذیر، با وزن اتمی بیش از ۵۰ و حجم بیش از شش گرم بر سانتی‌متر مکعب، از جمله آلاینده‌های منابع آبی و خاکی هستند که سلامت بشر را تهدید می‌کنند. استفاده از روش‌هایی جدید، ساده، ارزان و مقرون به صرفه، همچون گیاه‌پالایی جهت کنترل و حذف این آلاینده‌ها از منابع آبی، خاکی و هوا امری ضروری است. برخی از گونه‌های زراعی یا گیاهان خشکی‌زی قادر هستند که با کلاته کردن این عناصر در برخی از اندام‌های غیرهدف، مثل: واکوئل، غلظت این فلزات را در خاک کاهش دهند. گیاهان می‌توانند از طریق ترشح آنزیم‌های مختلف، پروتئین‌های تنشی و سنتز فیتوکلاتین‌ها، در مقابل مقادیر سمی فلزات، مقاومت نمایند. همچنین تجمع مقادیر سمی فلزات، روی فرآیندهای مهمی مانند: انتقال آب، فتوسنتز و مقدار کلروفیل گیاهان اثر منفی گذاشته و سبب تأخیر رشد، کاهش زیست توده گیاهی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن، از دست رفتن یکنواختی غشاء و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های حاوی گروه سولفیدریل می‌شوند. گیاهان جهت مقابله با آسیب‌های اکسیداتی که ناشی از عملکرد فلزات سنگین، است، سیستم‌های حفاظتی دارند که از آنزیم‌ها و مواد آنتی‌اکسیدانی تشکیل شده‌اند. در گیاه‌پالایی انتخاب نوع گونه گیاهی از اهمیت خاصی برخوردار است، بنابراین شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان، بر اساس توانایی‌های آن‌ها در جذب، کاهش و یا حذف آلاینده‌ها به صورت انتخابی و مکانیسم عمل آن‌ها امری ضروری است.

مزایای گیاه‌پالایی

- بهبود کیفیت و استحکام خاک از طریق افزودن مواد آلی، عناصر غذایی و اکسیژن توسط گیاهان و از طریق فرآیندهای متابولیک میکروبی و رشد ریشه
- روشی ساده و مقرون به صرفه
- امکان بازیافت و استفاده مجدد از فلزات ارزشمند توسط شرکت‌های متخصص در استخراج گیاهی
- عدم وجود مخاطرات زیست‌محیطی
- مقبولیت و پذیرش آسان توسط عموم کشاورزان
- قابلیت اجرا در هر منطقه جغرافیایی و مساحتی

معایب گیاه‌پالایی

- گیاه‌پالایی به ناحیه سطحی و عمق اشغال شده توسط ریشه‌ها محدود می‌شود (سرعت کم استخراج، متابولیسم ناکافی و افزایش بالقوه قابلیت دسترسی زیستی به آلاینده‌های سمی).
- در بعضی گیاهان، رشد و تولید زیست توده گیاهان کاهش می‌یابد و با تجمع متابولیت‌های سمی در داخل بافت‌های گیاهی، به خاک یا اتمسفر برگشت داده می‌شود.
- در سیستم‌های پالایش بر پایه گیاه، امکان ممانعت از آبشویی آلاینده‌ها به داخل آب‌های زیرزمینی، بدون از بین رفتن کامل آلاینده از زمین آلوده امکان پذیر نمی‌باشد، لذا ممکن است باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی شود.
- قابلیت تحمل برخی از گیاهان در مقادیر بالا و سمی فلزات سنگین کم است.
- احیاء و یا اصلاح زیستی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین و مواد آلی مشکل می‌باشد، زیرا فلزات سنگین در فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده مواد آلی، به‌عنوان یک مانع عمل می‌کنند.

ویژگی گیاهان در گیاه‌پالایی

- تحمل سطوح بالای فلزات سنگین در محیط رشد
- انباشته کردن سطوح بالای فلز به‌صورتی که قابل برداشت باشد
- قابلیت رشد سریع و زیست توده بالا
- گیاهان با ویژگی‌های خاص خود در امر پالایش رفتارهای متفاوتی دارند که بر این اساس به سه دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند که ساز و کار هر کدام نیز متفاوت است.
- ۱- گونه‌هایی که از ورود فلزات به بخش‌های هوایی خود جلوگیری کرده و یا غلظت فلزات را در خاک پایین نگه می‌دارند.
- ۲- گونه‌هایی که فلزات را در اندام‌های هوایی خود تجمع داده و دوباره به خاک بر می‌گردانند.
- ۳- گیاهانی که می‌توانند فلزات را در اندام‌های هوایی خود تغلیظ کرده، به‌طوری‌که چندین برابر غلظت فلز در خاک شود و گیاهانی که غلظت بالایی از آلاینده‌ها را جذب کرده و در ریشه، ساقه و یا برگ‌ها تغلیظ می‌کنند.



شکل ۱- جذب فلزات سنگین در اندام‌های غیر هدف مانند واکوئل

گیاه‌پالایی (Phytoremediation) چیست؟

ریشه کلمه گیاه‌پالایی از واژه یونانی Phyto (toy) به معنی گیاه و واژه لاتین remedum معادل تعادل ترمیم، بازسازی یا مداوا می‌باشد. گیاه‌پالایی یا زیست‌پالایی روشی جدید، ساده، ارزان و مقرون به صرفه است که از برخی گیاهان برای تجزیه و یا کاهش غلظت آلاینده‌های خاک استفاده می‌شود. در گیاه‌پالایی شناسایی گونه‌های مقاوم گیاهی که قادر به جذب، حذف و یا کاهش غلظت فلزات سنگین خاک هستند، از اهمیت خاصی برخوردار است.



تاریخچه پالایش گیاهی

در سال ۱۸۸۵ میلادی، پژوهشگری گیاه‌شناس که در نزدیکی مرز آلمان و بلژیک کار می‌کرد، پی برد که برگ برخی گونه‌های گیاهی به‌طور طبیعی در خاک‌های سرشار از روی (Zn)، رشد می‌کنند. بنفشه و خردل که به ترتیب حدود یک و ۱/۷ درصد روی در ماده خشک برگ خود دارند، از این گونه هستند. این مقدار حدود دو برابر بیشتر از غلظت روی در ماده خشک برگ گیاهانی است که در خاک‌های غیر سرشار از روی می‌رویند. به نظر می‌رسد استخراج گیاهی توسط کانی (۱۹۸۳)، به‌عنوان تکنولوژی جدید، برای اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات معرفی گردید و مورد توجه محققین زیادی قرار گرفت.

ساز و کار جذب و تجمع فلزات سنگین در گیاه پالایی

در روش گیاه پالایی گیاهان بر اساس مکانیسم جذب طبقه‌بندی و آلودگی خاک به فلزات سنگین به کمک روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی کاهش داده می‌شوند.

روش بیولوژیکی: ایجاد برهمکنش بین گیاهان با موجودات مختلف، سبب تشدید تجزیه یا تبدیل آلاینده‌های خاص در منطقه ریشه گیاه می‌شود. بدین ترتیب، محصولاتی تولید می‌شود که برای محیط خطرناک نیست.

تبخیر گیاهی: گیاهان آلاینده‌ها را از خاک جذب و سپس به بخار تبدیل کرده و با عمل تعرق به اتمسفر انتقال می‌دهند. این روش در درختان در حال رشد برای جذب آلاینده‌های آلی و معدنی کاربرد دارد.

کاهش گیاهی: گیاه با متابولیسم خود از طریق انتقال، تجزیه، تثبیت و تصعید ترکیبات آلاینده، باعث کاهش آلودگی خاک و آب‌های زیر زمینی می‌شود. در این روش ترکیبات آلی به مولکول‌های ساده‌تر شکسته شده که می‌تواند به درون بافت گیاه وارد شوند.

انواع فرآیندهای گیاه پالایی بر اساس مکانیسم عمل

استخراج گیاهی (Phytoextraction): جذب و تمرکز مواد از محیط و انتقال و تجمع آن‌ها در زیست توده هوایی گیاهان.

تثبیت گیاهی (Phytostabilization): استفاده از گیاهان جهت کاهش تحرک فلز در خاک‌های آلوده، از طریق تجمع آن‌ها در ریشه‌ها یا رسوب آن‌ها در منطقه توسعه ریشه.

تبخیر گیاهی (Phytovolatilization): استفاده از گیاهان جهت تبدیل فلزات خاک به نوع شیمیایی فرار و یا خارج نمودن مواد از خاک یا آب، با آزادسازی آن‌ها به داخل هوا و تبدیل به مواد فرارتر و یا موادی با آلودگی کمتر.

تغییر شکل گیاهی (Phytotransformation): تغییر شیمیایی مواد محیطی، به‌عنوان نتیجه مستقیم متابولیسم گیاهی که اغلب منجر به غیرفعال شدن، کاهش (تنزل گیاهی)، یا غیرمتحرک شدن (تثبیت گیاهی) آن‌ها می‌شود.

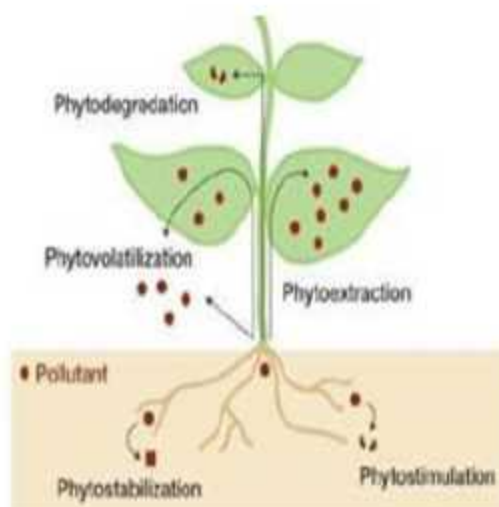
تحریک گیاهی (Phyostimulation) یا تخریب محدوده ریشه‌ای: افزایش فعالیت میکروبی خاک، جهت تخریب آلاینده‌ها که معمولاً توسط موجوداتی انجام می‌شود که با ریشه‌ها در ارتباط هستند.

نفوذ ریشه‌ای (Rizofiltration): نفوذ آب از طریق ریشه‌ها، جهت خارج نمودن مواد سمی و غذایی اضافی که به‌صورت جذب شده در داخل و یا روی ریشه‌ها باقی می‌مانند.

فوق‌انباشت‌گر: گونه‌هایی که قادر به تجمع غلظت‌های بیش از هزار میلی‌گرم در کیلوگرم از فلزات سنگین، در بافت‌های گیاهی هستند. واژه فوق‌انباشت‌گر نخستین بار توسط جفری و همکاران (۱۹۷۶)، و سپس توسط بروکس و همکاران (۱۹۷۷)، بررسی شد. مطالعات این محققان پیرامون غلظت نیکل در گونه‌های *Hybanthus* و *Homalium* در نقاط مختلف دنیا بود. بعدها بیکر و همکاران اعلام کردند که باید از معیار درصد فلز موجود در بافت خشک برگ، برای طبقه‌بندی گیاهان فوق‌انباشت‌گر استفاده نمود. به‌عنوان مثال: گیاهانی که حاوی بیش از ۰/۱ درصد کادمیوم یا بیشتر از ۰/۵ درصد کروم در بافت خشک برگ هستند، باید به‌عنوان فوق‌انباشت‌گر برای این عناصر در نظر گرفته شود. همچنین بیان کردند که غلظت فلزات سنگین در برگ‌های فوق‌انباشت‌گر، باید بیشتر از غلظت عناصر سنگین در برگ‌های گیاهان غیرانباشت‌گر در خاک‌های فلزی باشد.

گیاهان مورد مطالعه جهت گیاه پالایی

- سرخس (*Pteris vitata*): ذخیره‌سازی ۹۵ درصد (تا ۲۳۰۰۰ میکروگرم در گرم)، آرسنیک جذب شده از خاک در جوانه‌ها.
- گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum*): ذخیره‌سازی ۴۲۰۰ میکروگرم در گرم سرب در جوانه‌ها.
- کلزا و تربچه: گیاهان فوق‌انباشت‌گر کادمیوم، نیکل و سرب.
- گونه‌هایی از گیاهان بیابانی مثل: *Prosopis spp*, *salsola kali*: گیاهان فوق‌انباشت‌گر کادمیوم و کروم.
- گونه *Phacelia sericea*: انباشت بیش از ۳۸۵۷ میلی گرم طلا در ریشه.
- گیاهانی از خانواده‌های مختلف همچون: آفتابگردان، بید اسفناج و میخک، علف‌های هرز و گیاهان زینتی مثل: اویار سلام، تاج خروس، شاه‌دانه، گل اختر، لوئی و سنبل آبی: استخراج و کاهش غلظت آلاینده‌ها و پالایش آن‌ها از محیط. به‌طور مثال: گیاه آفتابگردان (*Helianthus annus*)، قابلیت بالایی در جذب آلاینده‌هایی مانند: آرسنیک، سرب، روی، سدیم، فسفر، پتاسیم، کادمیوم، مس، منگنز و اورانیوم را دارد.
- جو (*Hordeum vulgar*): مقاوم به شوری (نسبتاً هالوفیت).
- چغندر قند (*Beta vulgar*): استخراج کلرید سدیم (نمک رایج).
- تنباکو، چاودار و ذرت: جذب سرب از فاضلاب.



تثبیت گیاهی (Phytostabilization) مکانیسم تبخیر گیاهی در درختان فرآیندهای مختلف گیاه پالایی

نتیجه‌گیری

ورود فلزهای سنگین به زنجیره غذایی انسان، تهدیدی برای سلامت بشر است. برخی گیاهان قادر به جذب و ذخیره‌سازی آلاینده‌ها در اندام‌های خود و یا در قسمت فوقانی خاک هستند که این آلاینده‌ها می‌توانند به منظور جداسازی، برداشت، حذف و یا سوزانده شده و یا به منظور استفاده‌های صنعتی بازیافت شوند. به طور کلی گیاه پالایی یک تکنولوژی سبز و دوست‌دار محیط زیست است بنابراین انتخاب دقیق ژنوتیپ، گونه و خانواده گیاهی مناسب، جهت سازگاری مطلوب با محیط و آلاینده خاص، فاکتوری حیاتی جهت موفقیت روش گیاه‌پالایی محسوب می‌شود و امری ضروری است.

منابع

- Aken, B.V. 2008. Transgenic plants for phytoremediation: helping nature to clean up environmental pollution. Article in press. 609.
- Brunet, J., Repellin, A.G., Varrault, N., Terry, Y. 2008. Lead accumulation in the roots of grass pea (*Lathyrus sativus*): a novel plant for phytoremediation systems? *Comptes Rendus Biologies*. 331, 859-864
- Boularbah, A., Schwartz, C., Bitton, G., Aboudrar, W., ouhammou, A., Morel, J.L. 2006. Heavy metal contamination from mining sites in south Morocco: Assessment of metal accumulation and toxicity in plants. *Chemosphere*. 63, 811- 817.
- Gardea-Torresdey, J.L., Peraha-Videa, J.R., G.D.L, Rosa, Parsons, J.G. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by x-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews*. 24, 1979- 1810.
- Gerhardt, K.E., Xiao-Dong, H., Gilck, B.R., Greenberg, B.M. 2009. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. *Plant Science*. 176: 20-30.
- Kadukova, J., Kalogerakis, N. 2007. Lead accumulation from non-saline and saline environment by *Tamarix smyrnensis* Bunge. *European Journal of soil biology*. 43, 216-223.
- Lin, C.J., Liu, L., Zhu, T., Sheng, L., Wang, D. 2009. Soil amendment application frequency contributes to Phytoextraction of Lead by Sunflower at different nutrient levels. *Environmental and Experimental Botany*. 65, 410-416.
- Lopez, M.L., Peralta-Videa, J.R., Benitez, T., Gardea-Torresdey, J.L. 2005. Enhancement of lead uptake by alfalfa (*Medicago sativa*) using EDTA and a plant growth promoter. *Chemosphere*. 61, 595-598.
- Nascimento, C.W., Xing, B. 2006. Phytoextraction: A review on enhanced metal availability and plant accumulation. *Scientia Agricola*. 63, 299-311.

- تنباکو، چاودار و ذرت: جذب سرب از فاضلاب.

- خردل هندی، قدرت جذب کادمیوم بسیار بالا، سرب (۲۸ درصد) و سلینیوم (۴۸ درصد).

- گونه‌ی بید *Salix*: پالایش مناطق آلوده به کادمیوم، نیکل، سرب و سوخت‌های دیزلی.

- درخت سپیدار: جذب کلر و پالایش مناطق آلوده به هیدروکربن‌های نفتی مثل: بنزن، تولوئن و اوزایلن.

- چمن هندی: پاکسازی بقایای گیاهی از مواد شیمیایی کشاورزی، مثل: آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های آترازین و متالوکلر.

- صنوبر تبریزی یا صنوبر شرقی (*Populus deltoids*): پالایش محیط از مشتقات نفتی مثل: بنزن و تولوئن.

- علف هندی: کاهش هیدروکربن‌ها.

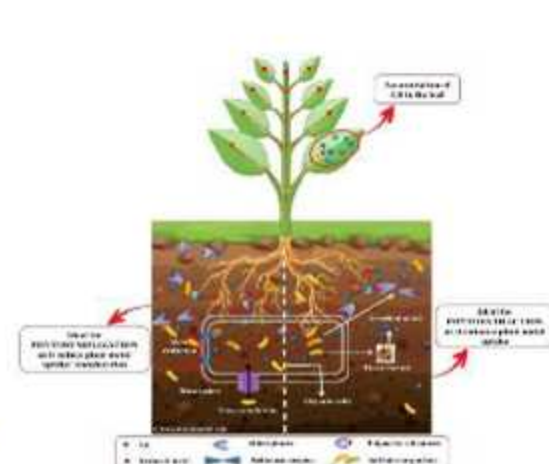
- سرخس چینی (*Pteris SPP*): فوق‌انباشت‌گر آرسنیک از طریق ذخیره سازی در برگ‌ها.

- گونه آلبی *Thlaspi caerulescenus*: فوق‌انباشت‌گر فلزاتی مثل: روی و کادمیوم و در سطوحی است که برای بسیاری از گیاهان سمی می‌باشند.



گیاه فوق‌انباشت‌گر فلز سنگین کادمیوم و روی
(*Thlaspi caerulescenus*)

گیاهانی که در معرض فلزات سنگین قرار می‌گیرند و به‌عنوان گیاهان بیش انباشت و مقاوم مورد استفاده قرار می‌گیرند، دو نوع مکانیسم اجتناب یا تحمل را دارند. فرآیندهای مکانیسم‌های مقاومت و اجتناب شامل: اجتناب فیزیکی از مناطق آلوده، ترشح کمپلکس‌ها به ریشه که به تغییر اسیدیته و ترشح اسیدهای آلی منجر می‌شود، اتصال به دیواره سلولی، بیرون رانده شدن یون‌های فلزی از فضای درون سلولی، جلوگیری از انتقال صعودی یون‌های فلزات به اندام‌های هوایی گیاه، تشکیل ترکیباتی با ایجاد پیوندهای مختلف در درون سلول، انتقال ترکیب‌های پیوند یافته با فلز به درون واکوئل‌ها، ذخیره یون‌های فلزی در واکوئل و همراه با تشکیل ترکیبات ناشی از پیوندهای واکوئل و تشکیل آنزیم‌های ایجاد کننده مقاومت.

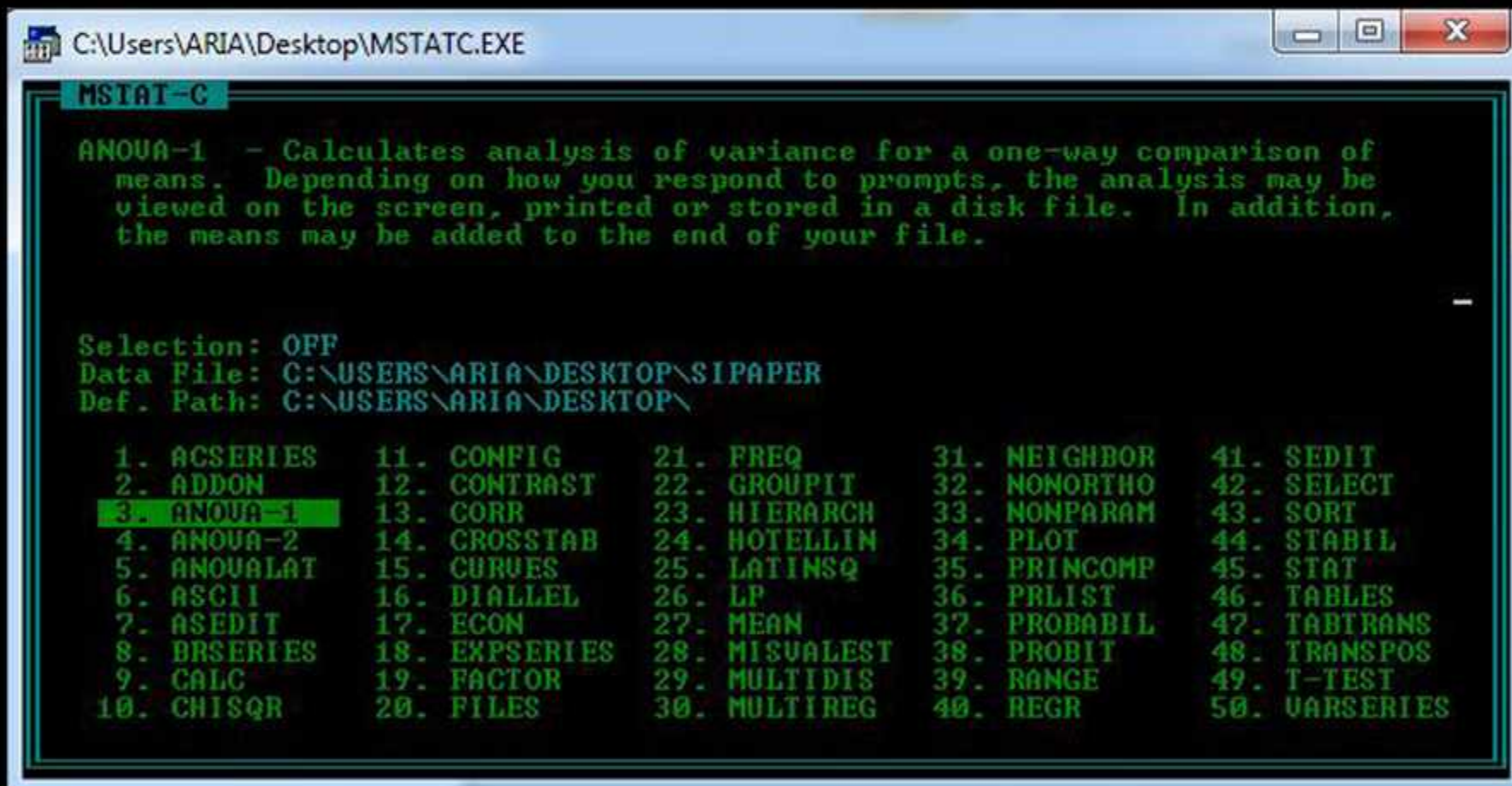


تجزیه واریانس در نرم افزار MSTATC

لیلا سلیمانپور | دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

MSTATC

با توجه به آموزش نحوه وارد کردن داده‌ها در نرم‌افزار MSTATC که در شماره پنجم نشریه جوانه منتشر شد، برای این کار باید ابتدا فایلی را به نام دلخواه ایجاد و سپس داده‌های آزمایش را وارد نرم‌افزار MSTATC کرد. حال برای انجام تجزیه واریانس داده‌ها باید نوع طرح آزمایشی مشخص باشد. در طرح کاملاً تصادفی که فقط یک تیمار دارد، از آنوا یک طرفه (ANOVA-1)، برای تجزیه واریانس استفاده می‌شود که شماره مربوط به آن در نرم افزار سه است (شکل ۱).



پس از انتخاب گزینه سه پنجره‌ای باز می‌شود (شکل ۲). روبه‌روی مکانی که شماره ستون مربوط به داده‌های تیمار پرسیده شده است (Enter the number of the GROUP variable)، شماره مورد نظر و سپس تعداد سطوح تیمار را از کمترین (Lowest)، تا بیشترین سطح (Highest)، وارد کنید. برای مثال: اگر تیمار ما سه سطح دارد و پس از تکرار سطوح آن در دومین ستون فایل مربوط به داده‌ها قرار دارد، باید برای شماره ستون عدد دو، در بخش تعداد کمترین سطح عدد یک و تعداد بیشترین سطح عدد سه وارد کنیم (شکل ۲). در نهایت با زدن اینتر، وارد مرحله بعد می‌شویم.

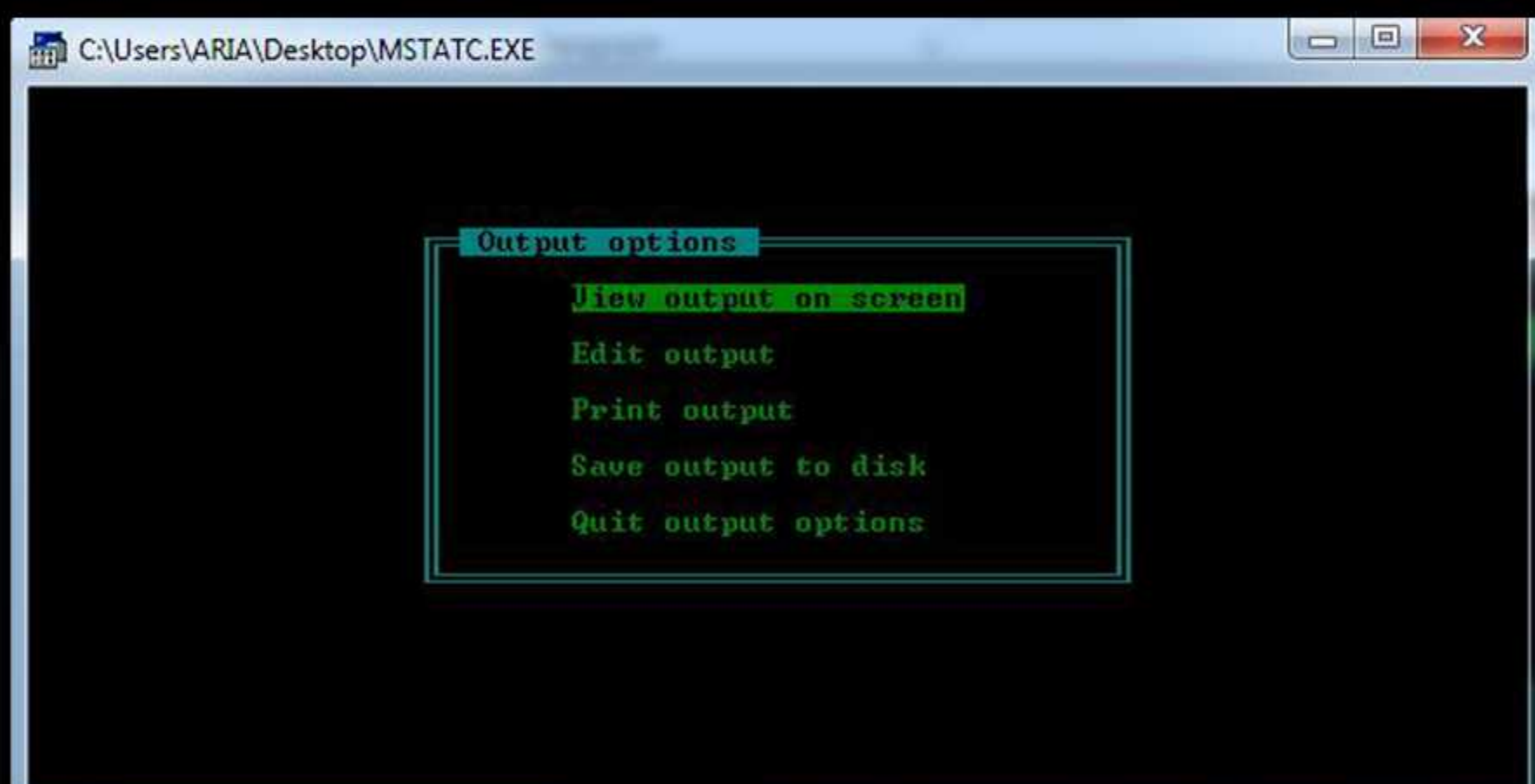
در این مرحله، اگر تعداد ردیف درست بود، اینتر زده و وارد مرحله بعد می‌شویم، در غیر این صورت گزینه No (کلید N بر روی صفحه کلید) را انتخاب و تعداد ردیف صحیح را وارد می‌کنیم. در این مرحله با استفاده از کلیدهای مکان‌نما روی ردیفی که نام صفت یا صفات مورد نظر برای تجزیه واریانس قرار دارد، رفته و با کلید space آن‌ها را انتخاب و اینتر می‌زنیم (شکل ۳). در مرحله بعد پنجره‌ای باز می‌شود که از ما می‌پرسد آیا می‌خواهیم میانگین‌های صفات تجزیه واریانس شده در انتهای فایل وارد شده در MSTATC ذخیره شود یا خیر؟ به دلیل این که برای انجام مقایسه میانگین به این میانگین‌ها نیاز هست، به معنای YES اینتر زده و وارد پنجره بعد می‌شویم که می‌توان نتایج تجزیه واریانس را مشاهده یا ذخیره کرد (شکل ۴).

ANOVA-1

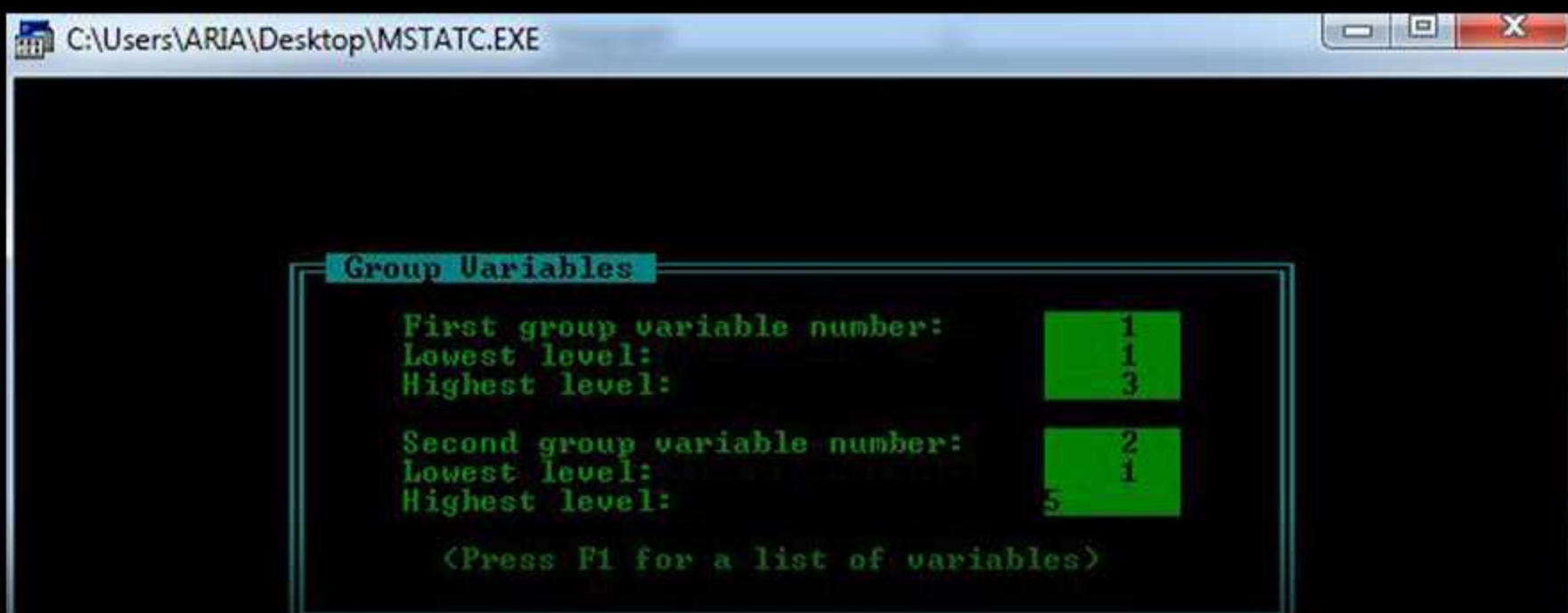
Enter the number of the GROUP variable (1-5): 2
 Enter the lowest and highest value in the GROUP variable
 Lowest: 1 Highest: 3
 <Press <F1> for a list of Variables>

ANOVA-1

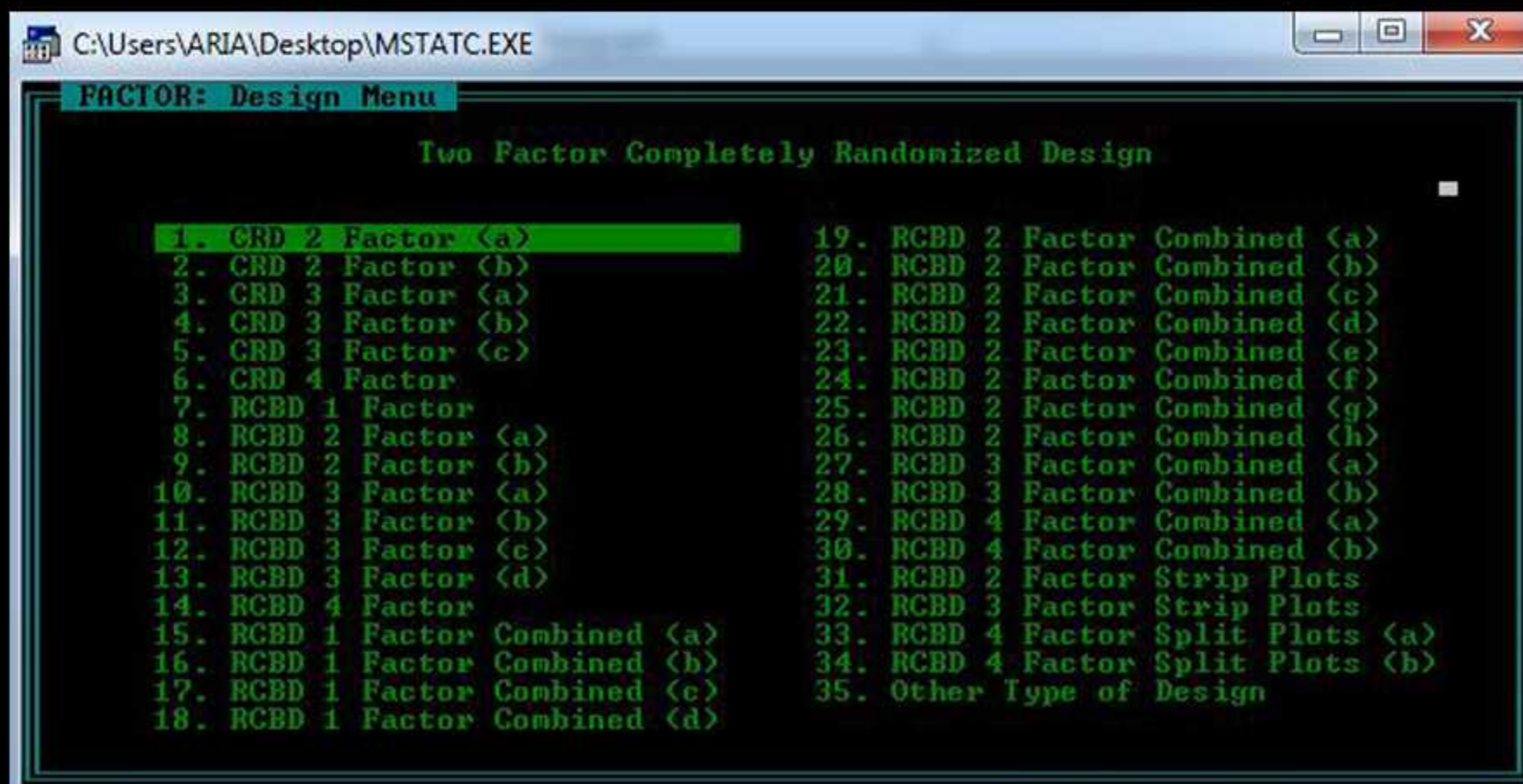
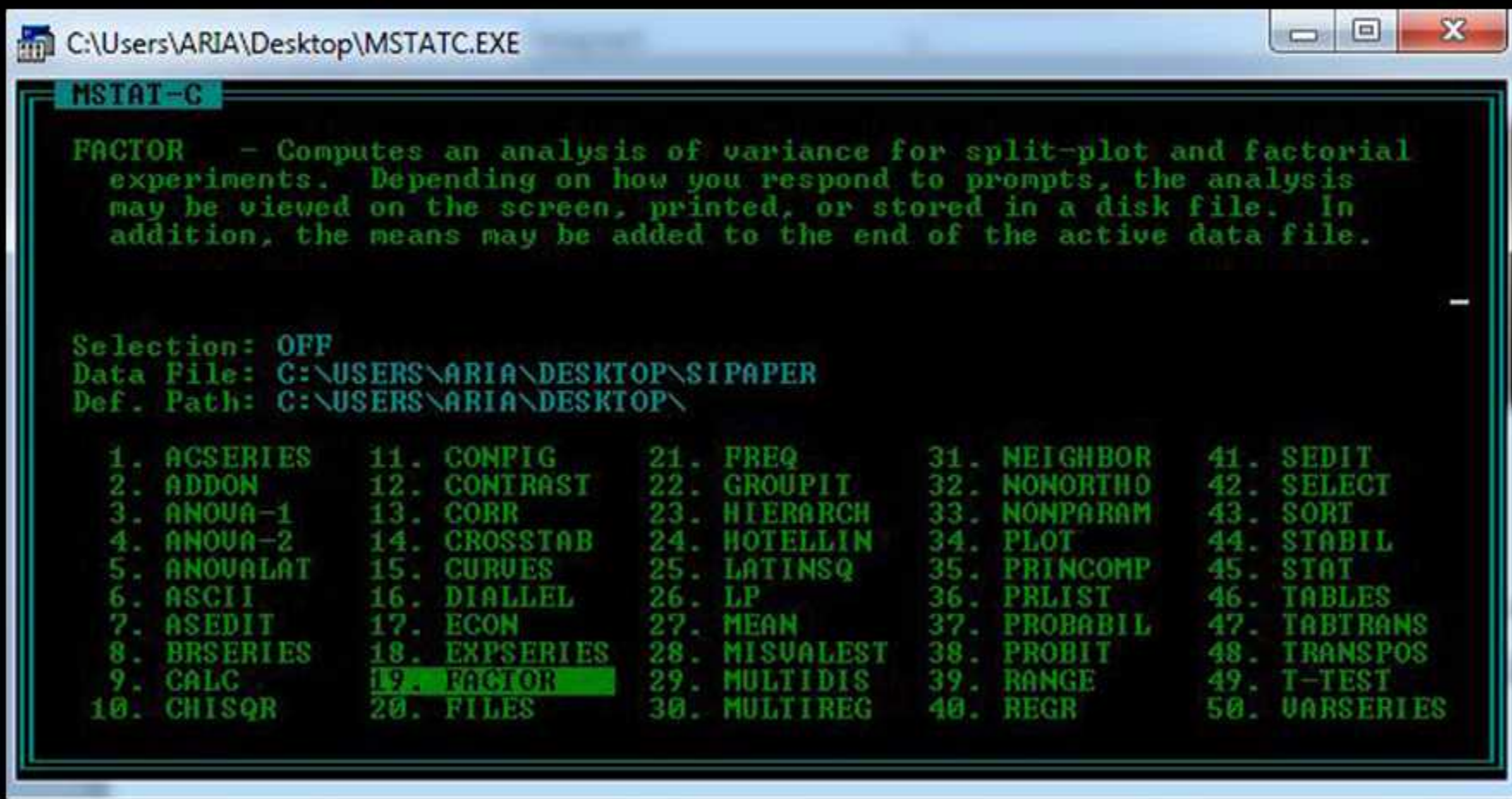
Press <ESC> to return to the main program menu



اگر طرح آزمایشی طرح کاملاً تصادفی باشد و دو تیمار داشته باشد از آنوا دوطرفه (ANOVA-2)، برای تجزیه واریانس استفاده می شود که شماره مربوط به آن در نرم افزار چهار است. در پنجره باز شده شماره ستون تیمار و تعداد سطوح هر کدام از تیمارها را از کمترین به بیشترین سطح وارد می کنیم (شکل ۵). برای مثال اگر دو تیمار داریم که تیمار اول در ستون اول، سه سطح و تیمار دوم در ستون دوم، پنج سطح دارد. مطابق شکل ۵ عمل کرده و سایر مراحل را همانند آنوا یک طرفه دنبال می کنیم.



برای تجزیه واریانس سایر طرح‌ها (فاکتوریل، اسپلیت پلات و غیره که بر اساس طرح‌های پایه کاملاً تصادفی و بلوک‌های کامل تصادفی انجام می‌شوند)، از گزینه شماره ۱۹ (FACTOR)، استفاده می‌شود (شکل ۶). پس از انتخاب شماره ۱۹ پنجره‌ای باز می‌شود که از ما می‌پرسد که می‌خواهیم تجزیه کوواریانس انجام دهیم؟ با انتخاب دکمه N از روی صفحه کلید به آن پاسخ منفی داده (زیرا ما می‌خواهیم تجزیه واریانس انجام دهیم)، و وارد پنجره بعد شده که انواع طرح‌ها در آن قرار دارد (شکل ۷). طرح‌ها شامل دو یا سه تیمار هستند که با توجه به نحوه اجرا (فاکتوریل یا یکی از انواع اسپلیت پلات)، شماره‌گذاری شده‌اند.



پس از انتخاب طرح مورد نظر، با استفاده از کلیدهای جهت نما صفحه کلید وارد پنجره ای می شود که الگویی از جدول تجزیه واریانس طرح انتخاب شده را به ما نشان می دهد. از ما می پرسد که طرح مورد نظر را درست انتخاب کرده ایم یا خیر؟ (شکل ۸). با توجه به اطلاعات آماری، اگر طرح انتخاب شده درست بود اینتر زده و وارد مرحله بعد می شویم، در غیر این صورت با زدن esc به صفحه قبل رفته و مجدداً مراحل را پیگیری می کنیم. در این مرحله ما باید در چند گام با توجه به تعداد تیمار شماره ستون و حداقل و حداکثر شماره سطوح هر کدام از تیمارها را وارد کنیم (شکل ۹). در این طرح، باید قبل از معرفی تیمارها، شماره ستون تکرار، حداقل و حداکثر سطوح آن را نیز تعریف کنیم. برای این کار در اولین کادر باز شده ابتدا تکرار و سپس با زدن اینتر در کادرهای بعدی سطوح را وارد می کنیم. پس از این مرحله باید همانند طرح های قبل صفات مورد نظر برای تجزیه واریانس را انتخاب و اینتر بزنیم تا نتایج تجزیه واریانس حاصل شود.

C:\Users\ARIA\Desktop\MSTATC.EXE

FACTOR: ANOVA Table for this model

K Value	Source	Degrees of Freedom	Is this what you had in mind? ☒
2	Factor A	a-1	
4	Factor B	b-1	
6	AB	(a-1)(b-1)	
8	Factor C	c-1	
10	AC	(a-1)(c-1)	
12	BC	(b-1)(c-1)	
14	ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	
-15	Error	abc(r-1)	

C:\Users\ARIA\Desktop\MSTATC.EXE

FACTOR: First Variable <Replication>

Enter the desired Variable Number: 3

Enter the lowest level for this Variable: 1

Enter the highest level for this Variable: 5

on: OFF
e: NONE
ch: C:\MST

SERIES 1
DON 1
UA-1 1
UA-2 15
UALAT 16
CII 17
EDIT 18
SERIES 19
C 20
SQR 21
FIG 22

15. CURVES
16. DIALLEL
17. ECON
18. EXPSERIES
19. FACTOR
20. FILES
21. FREQ
22. GROUP IT
26. LP
27. LEAN
28. MISVALEST
29. MULTIDIS
30. MULTIREG
31. NEIGHBOR
32. NONORTHO
33. NONPARAM

37. PROBABIL
38. PROBIT
39. RANGE
40. REGR
41. SEDIT
42. SELECT
43. SORT
44. STABIL

STAT
TABLES
TABTRANS
48. TRANSPOS
49. T-TEST
50. VARSERIES
51. MGRAPHICS

● توصیه اصولی علف‌کش

فرشید نورالوندی | دکتری علوم علف‌های‌هرز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

علف‌کش‌ها، مهم‌ترین ابزار کنترل علف‌های‌هرز و جزء جدایی‌ناپذیر برنامه‌های مدیریت تلفیقی آن‌ها هستند. کاربرد علف‌کش‌ها برای کنترل علف‌های‌هرز مزایایی به همراه دارد که برخی از آن‌ها عبارتند از: کارایی بالا در کنترل علف‌های‌هرز، سهولت و راحتی کاربرد، انعطاف‌پذیر بودن با سایر عملیات مدیریت مزرعه و مقرون به صرفه بودن. تأکید بیش از حد بر استفاده از علف‌کش‌ها و عدم کاربرد مدیریت شده آن‌ها باعث ایجاد مشکلاتی از جمله بروز مقاومت در علف‌های‌هرز، آلودگی محیط زیست و تهدید سلامت انسان می‌شود. کاربرد مدیریت شده علف‌کش‌ها برای بهره‌بردن از فواید آن‌ها و به حداقل رساندن آثار جانبی منفی، ضروری است. انتخاب علف‌کش مناسب، اولین قدم در جهت به ثمر نشاندن یک برنامه موفق کنترل شیمیایی علف‌های‌هرز است. در این مقاله با تلفیق اصول تجربی و علمی، یک چارچوب ساده برای انتخاب و توصیه علف‌کش مناسب به کشاورز ترسیم شده است. کلمات کلیدی: اختلاط علف‌کش، پنجره زمانی کاربرد، تناوب مصرف، فلور علف‌هرز، هزینه کنترل.

مقدمه

از زمان معرفی اولین علف‌کش‌های سنتزی در دهه ۴۰ میلادی، همواره یک روند افزایشی در مصرف آن‌ها مشاهده شده است. این روند افزایشی در سالیان اخیر نیز حفظ شده به نحوی که افزایش ۵۰ درصدی در مصرف علف‌کش‌ها در یک بازه زمانی ۱۰ ساله مشاهده شده است. مصرف علف‌کش‌ها در کشورهای جهان سوم حتی با شیب تندتری رو به افزایش است. خسارت علف‌های‌هرز بر محصول در بازه‌های زمانی خاصی بیشتر است. در نتیجه وجود یک برنامه زمان‌بندی شده مدیریتی، برای حذف یا به حداقل رساندن تداخل (Interference) گیاه زراعی - علف‌هرز ضروری است. عملیات وجین دستی علف‌های‌هرز زمان‌بر بوده و غالباً دسترسی مناسب به نیروی انسانی در زمان اضطراری دشوار است. این چالش‌ها در سوق دادن هر چه بیشتر کشاورزی به سمت استفاده از علف‌کش‌ها نقش دارد.



توجهات جهانی به حفظ منابع، خاک و انرژی در سالیان اخیر افزایش یافته است. این موضوع در بخش کشاورزی نیز جلوه نموده و به صورت مستقیم و غیرمستقیم روش‌های مدیریت علف‌های هرز را دستخوش تغییراتی کرده است. برای مثال در کشور ما به دلیل محدودیت‌های روزافزون منابع آبی، روش‌های کشت مستقیم برنج، ترویج و توصیه شده است. در این شرایط به دلیل عدم امکان استفاده از غرقاب به‌عنوان مهم‌ترین روش کنترل علف‌های هرز در برنج، تنوع و تراکم علف‌های هرز مزرعه افزایش یافته و اتکا بیشتری بر استفاده از علف‌کش خواهد بود. همچنین در روش‌های کشت‌های بدون خاک ورزی که امروزه بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند، استفاده از عملیات خاک‌ورزی و شخم به‌عنوان مهم‌ترین ابزار مدیریت علف‌های هرز در زراعت‌های نوین مقدور نبوده و در این شرایط عملاً غیر از علف‌کش‌ها گزینه دیگری برای مدیریت علف‌های هرز در دسترس نیست.

تا به امروز ۱۱۸ علف‌کش در کشور ثبت شده است. سالیانه ۳۵-۳۰ هزار تن آفت‌کش در کشور مصرف می‌شود.

از این میزان حداقل ۱۲ هزار تن آن علف‌کش است که در سطحی بالغ بر هفت میلیون هکتار استفاده می‌شود. بیشترین میزان مصرف از نظر حجمی به علف‌کش‌های پاراکوات (Gramoxone®, SL 200, Syngenta) و گلایفوسیت (Roundup®, SL 410, Monsanto) با مقدار حدود ۳۵۰۰ تن و از نظر سطح سمپاشی به تری‌بنورون‌متیل (Granstar®, DF 750, Dupont) با سطحی در حدود ۱/۴ میلیون هکتار اختصاص دارد. این داده‌ها نشان از اهمیت علف‌کش‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی با گردش مالی بسیار زیاد دارد. بدون علف‌کش‌ها، مدیریت علف‌های هرز در بسیاری از محصولات کشاورزی با چالش اساسی مواجه بوده و در برخی موارد حتی ناممکن خواهد بود.

اهمیت علف‌کش‌ها برای تولید محصولات کشاورزی غیر قابل انکار است، اما نباید از نقش دانش و تخصص در به حداکثر رساندن بهره‌وری ناشی از کاربرد آن‌ها غافل شد. علی‌رغم اینکه گاهی توصیه و کاربرد یک علف‌کش در ظاهر موضوعی ساده به نظر می‌رسد، این مهم در عمل با کاستی‌ها و اشتباهات زیادی همراه است. این نواقص، عمدتاً در سطوح انتخاب علف‌کش مناسب و سپس کاربرد آن به وجود می‌آید. در این مقاله سعی شده است که برخی از جنبه‌های مرتبط با انتخاب و توصیه یک علف‌کش مناسب با نگاهی علمی و عملی بیان شود.



تعیین نوع محصول

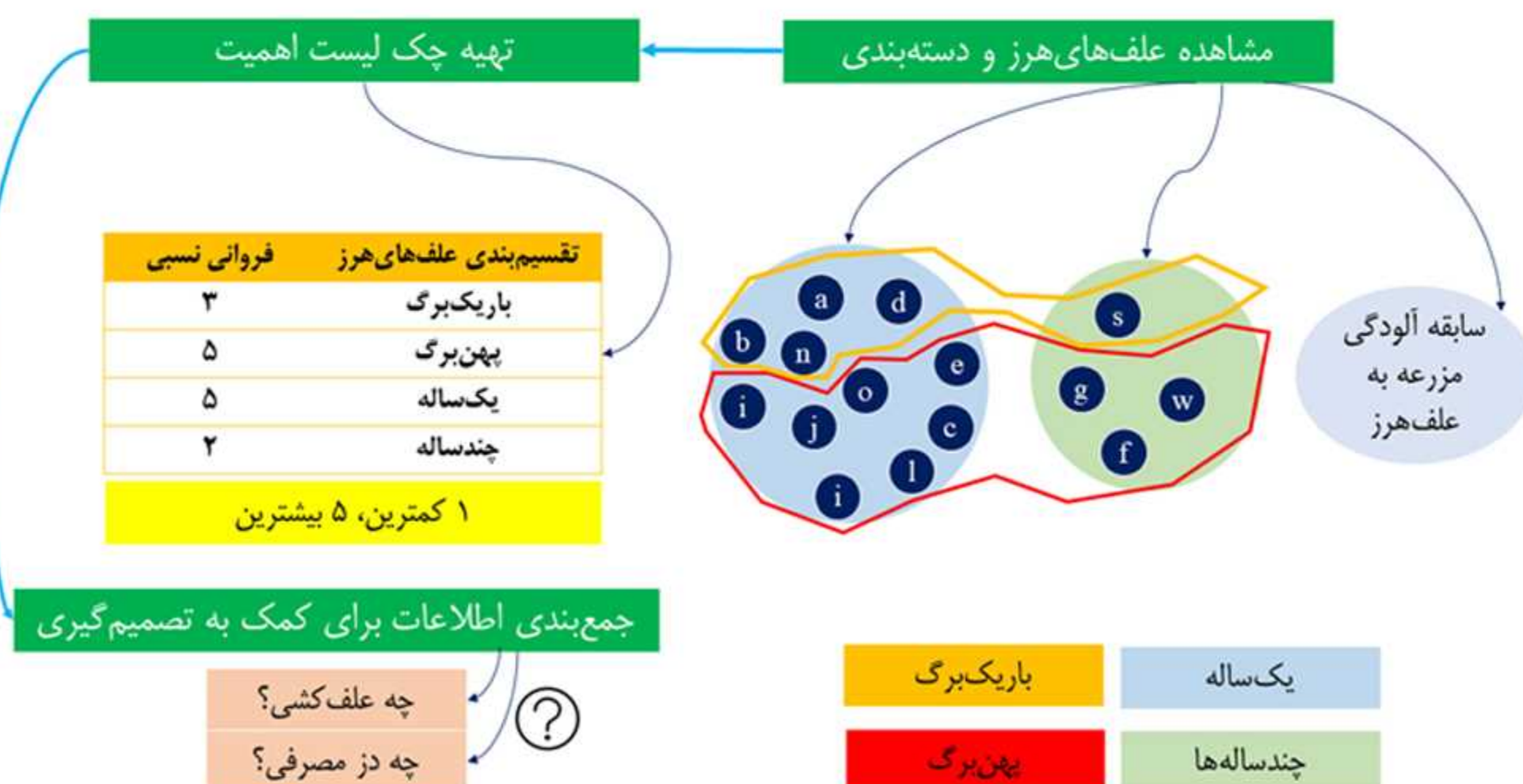
ببینید محصول کشاورز چیست و چه علف‌کشی‌هایی برای آن ثبت و توصیه شده است. فهرست علف‌کشی‌های ثبت و توصیه شده به وسیله سازمان حفظ نباتات برای محصولات زراعی و باغی روی وبسایت آن قابل دسترس است (<https://ppo.ir>). هیچ وقت یک علف‌کش را صرفاً براساس تجربه شخصی خود، توصیه مقالات، توصیه در شبکه‌های اجتماعی و ... بدون اطلاع از وضعیت ثبت آن برای محصول توصیه و مصرف نکنید؛ این کار خلاف قوانین است. برچسب علف‌کش را مطالعه کنید؛ محصولات ثبتی و دز مصرف علف‌کش بر روی آن نوشته شده است. در تشخیص نوع محصول دقیق عمل کنید. فقط اینکه محصول ذرت (*Zea mays* L.) است، کافی نیست! ممکن است حتی میان واریته‌های مختلف در پاسخ به علف‌کش تفاوت مشاهده شود. نیکوسولفورون (Cruz®, OD 40, Biesterfeld) مهم‌ترین علف‌کش دومنظوره کشور برای کنترل علف‌های هرز ذرت است، اما قابل مصرف در اغلب رقم‌های ذرت شیرین نیست.

در نظر داشته باشید که فقط نگاه کردن به فهرست سموم مجاز کشور و توصیه برای محصول کافی نیست. شرایط کاربرد و موارد خاص را در نظر داشته باشید. برای مثال چگونه ممکن است برای یونجه (*Medicago sativa* L.)، گلایفوسیت که یک علف‌کشی عمومی است مجاز باشد؟ استفاده از گلایفوسیت فقط زمانی برای یونجه مجاز است که علف‌هرز سس زراعی (*Cuscuta campestris* Yunk) کم و بیش کل مزرعه را آلوده کرده و کنترل لکه‌ای آن هم اثربخشی مطلوبی ندارد. نکته دیگر مربوط به دز توصیه شده در این شرایط است. در شرایط معمول این علف‌کش با دز ۱۲-۴ لیتر در هکتار توصیه شده است، اما در این شرایط خاص که بیان شد، دز کاربرد ۷۳۰-۳۶۶ میلی‌لیتر در هکتار است. پس عجولانه عمل نکرده و خوب به شرایط کاربرد توجه کنید.

ارزیابی فلور علف‌هرز

چه علف‌های هرزی در مزرعه وجود دارد؟ فراوانی آن‌ها به چه صورت است؟ آیا می‌توان آن‌ها را در دسته‌بندی‌های به خصوصی قرار داد؟ اغلب لازم نیست به عنوان متخصص گیاه شناسی علف‌های هرز را در سطح جنس و گونه شناسایی کنید. آن‌ها را براساس چرخه زندگی (یک‌ساله و چندساله)، ریخت‌شناسی (پهن‌برگ و باریک‌برگ)، زمان رویش (پاییزه و تابستانه) و یا به هر صورت دیگری که عملاً در انتخاب علف‌کش مناسب کمک می‌کند، تقسیم‌بندی کنید. فراوانی نسبی آن‌ها را در مزرعه براساس یک مقیاس دلخواه و قراردادی (مثلاً ۵-۱ به صورتی که یک کمترین و پنج بیشترین است) نمره دهید (شکل ۱).

معمولاً در مورد علف‌کشی‌های پس‌رویشی فرصت کافی برای بازدید و ثبت فلور مزرعه پس از رویش علف‌های هرز وجود دارد. در مقابل برای علف‌کشی‌های پیش‌رویشی چنین چیزی امکان‌پذیر نیست. در این مورد به تاریخچه فلور مزرعه مراجعه کنید. از کشاورز بپرسید در گذشته بیشتر چه علف‌های هرزی در دسرساز بوده‌اند. در بسیاری از موارد تشخیص فلور علف‌هرز در سطح خانواده هم در توصیه علف‌کش مناسب کمک می‌کند، اما برخی موارد باید دقیق‌تر عمل کنید. کشاورز ادعا می‌کند علی‌رغم کاربرد باریک‌برگ‌کش اختصاصی در پیاز، همچنان باریک‌برگ‌ها در مزرعه مشکل ساز هستند. بازدید از مزرعه نشان می‌دهد مشکل کشاورز باوایارسلام (*Cyperus spp.*) است که شباهت کلی با علف‌های هرز باریک‌برگ دارد. سعی کنید حداقل اطلاعات پایه از زیست‌شناسی علف‌های هرز داشته باشید.



شکل ۱- ارزیابی فلور علف‌هرز مزرعه و دسته‌بندی آن‌ها

دیفلوفنیکان + ایمن کننده (Othello®, OD 82.5) را پیشنهاد کند. اما آیا گزینه ارزان‌تری که مشکل را حل کند وجود ندارد؟ توجه کنید معمولاً هر علف‌کشی که در بازار وجود دارد، مصرف آن با خود فلسفه‌ای به همراه دارد! ببینید ضرورت کاربرد یک علف‌کش گران قیمت چیست.

یک نکته کلیدی در برآورد هزینه توجه به «هزینه در واحد سطح» است، نه قیمت واحد کالا. ممکن است قیمت هر کیلوگرم در لیتر از یک علف‌کش بالا باشد، اما دز مصرف آن در هکتار پایین بوده و مصرف آن اقتصادی باشد. در مقابل ممکن است یک کالا که از قیمت واحد پایین دارد، دز مصرف آن در هکتار بالا بوده و در نتیجه هزینه در واحد سطح برای آن افزایش می‌یابد. به علاوه اگر کاربرد یک علف‌کش نیاز به شرایط خاص دارد که مستلزم هزینه اضافی است (مثلاً نیاز به مصرف ادجوانت اختصاصی یا فن‌آوری کاربرد خاص)، آن را نیز در نظر داشته باشید. همچنین می‌توانید سایر روش‌های کنترل علف‌های هرز را نیز در برآورد هزینه در نظر گرفته، آن را از نظر اقتصادی با کاربرد علف‌کش مقایسه کرده و سپس توصیه نهایی را انجام دهید.

برآورد کارایی - هزینه؛ تعریف یک چارچوب ساده

همه تا حدودی با مفهوم هزینه - فایده کردن آشنا هستیم. در توصیه اغلب نمی‌توان فقط به هزینه‌ها یا به کارایی تکیه کرد. معمولاً به دنبال آن هستیم که بدانیم با صرف هر واحد هزینه چه چیزی به دست می‌آوریم. هدف از این بخش ترسیم یک چارچوب ساده مفهومی از این اصل برای کمک به تصمیم‌گیری است. چارچوب پیشنهاد شده در این بخش انعطاف‌پذیر بوده و شما می‌توانید بسته به شرایط و اطلاعات خود تغییراتی در آن ایجاد کنید. سعی کنید که تغییرات در راستای ساده سازی بیشتر باشد. دقت خروجی‌ها مهم است، ولی این موضوع الزاماً با پیچیدگی به دست نمی‌آید.

با توجه به نوع محصول گزینه‌های علف‌کشی در دسترس را فهرست کنید. فرض کنید علف‌کش‌های A، B، C و D با این شرایط منطبق است. اطلاعات در مورد فلور علف‌های هرز را هم که در قسمت قبل به آن تأکید شد، مد نظر قرار دهید. فرض کنید علف‌های هرز را به صورت باریک‌برگ‌ها و پهن‌برگ‌ها دسته بندی نموده و بسته به فراوانی، به ترتیب نمره اهمیت ۳ و ۵ (از ۵) را به آن‌ها اختصاص داده‌اید (شکل ۱). در مرحله بعد به کارایی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک برگ نمره دهید. توجه داشته باشید که منظور از حروف لاتین اشاره شده همواره یک کالا به تنهایی نیست، بلکه ممکن است ترکیبی از علف‌کش‌ها نیز باشد. برای مثال ممکن است A و B ترکیبی از علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش و باریک‌برگ‌کش و C و D علف‌کش‌های دومنظوره باشند. برای دادن نمره فنی و احتساب هزینه‌ها این موضوع را در نظر داشته باشید. سپس برآیند نمره کیفی را برای هر علف‌کش محاسبه کنید (شکل ۲).

در گام بعدی، از یک سو فهرست علف‌کش‌های ثبت و توصیه شده برای محصول و از سوی دیگر علف‌های هرز مهم مزرعه را در نظر گرفته و علف‌کشی را انتخاب کنید که نه تنها برای محصول ایمن است، بلکه از طیف تأثیر مناسبی روی علف‌های هرز مهم برخوردار است. کافی نیست برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ گندم فقط باریک‌برگ‌کش توصیه کنید. کلودینافوپ پروپارژیل (Topik®, EC 80, Syngenta) باریک‌برگ‌کش است، اما جودره (*Hordeum spontaneum koch*) و چاودار (*Secale cereale L.*) را کنترل نمی‌کند، اگرچه هر دو باریک‌برگ هستند. تری بنورون متیل رایج‌ترین پهن‌برگ‌کش کشور برای کنترل علف‌های هرز گندم (*Triticum aestivum L.*) و جو (*Hordeum vulgare L.*) است اما خیلی از علف‌های هرز پهن‌برگ مانند ارشته خطایی (*Lepyrodictis holosteoides* (C.A. Mey.) Fenzl ex) را کنترل نمی‌کند. لازم است طیف تأثیر علف‌کش‌ها را بدانید و بعد توصیه کنید.

غربال گزینه‌های قابل دسترس در بازار

برای انتخاب علف‌کش مناسب و توصیه آن به کشاورز صرفاً کتابی عمل نکنید! نام بردن از یک علف‌کش که در مقالات خوب و مؤثر گزارش شده است، کافی نیست. آیا اصلاً آن علف‌کش در بازار موجود است؟ پنوکسولام (Rizolan®, SC 240, Dow AgroSciences) که یک علف‌کش از خانواده بازدارندگان سنتز آنزیم استولاکتات سینتاز (ALS inhibitors) است، چندین سال پیش برای کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز برنج (*Oryza sativa L.*) در کشور ثبت شد. علف‌کش تاپرامزون (Clio®, SC 297, BASF) نیز برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ ذرت به کشور معرفی شد. هیچکدام از این علف‌کش‌ها در بازار وجود ندارند. در واقع بسیاری دیگر از علف‌کش‌هایی که تاکنون در سطح تحقیقات و یا در فهرست علف‌کش‌ها مشاهده کرده‌اید، در بازار موجود نیستند. این موضوع دلایل متفاوتی دارد از جمله: عدم واردات کالا پس از ثبت یا واردات محدود آن در برخی سال‌ها و توزیع در مناطق خاص. علف‌کش بنزوویل پروپ اتیل (Suffix®, EC 200) کارایی خوبی در کنترل جودره داشته است، اما سال‌ها است که در بازار موجود نیست. لازم است متخصصان و دانشجویان بخش کشاورزی ارتباط کافی با بازار سموم داشته باشند. کشاورز به متخصص آشنا به وضعیت بازار اعتماد بیشتری دارد.

برآورد هزینه

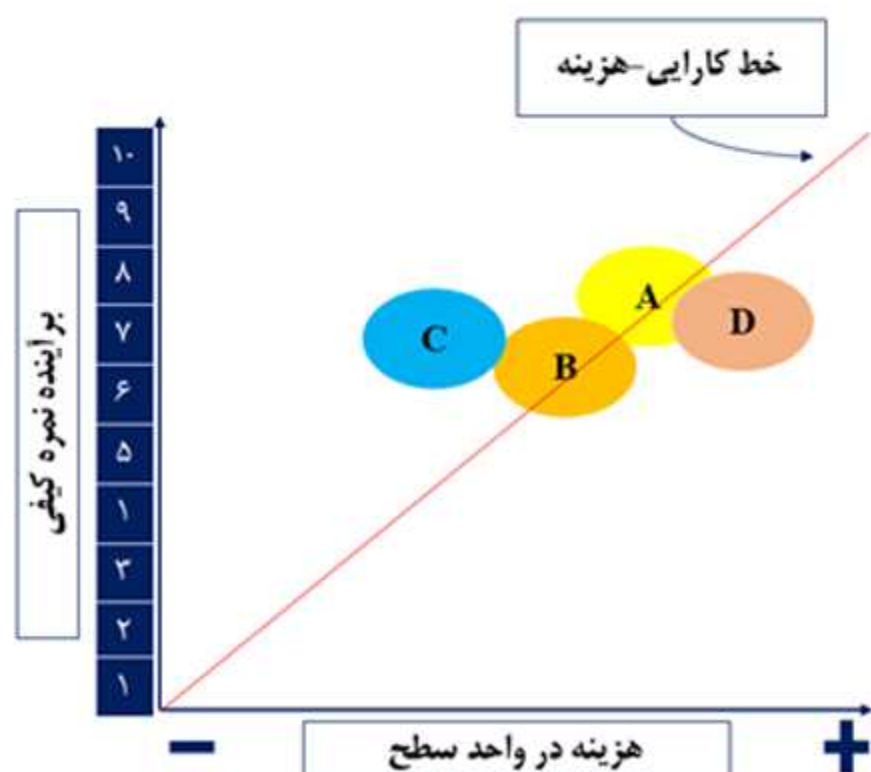
کشاورز زمانی پذیرای توصیه شما است که کاربرد علف‌کش پیشنهاد شده مقرون به صرفه باشد. کشاورزی یک بنگاه اقتصادی است و کشاورز به دنبال بیشترین بهره‌وری اقتصادی در برابر کمترین هزینه ممکن است. فرض کنید یک مزرعه گندم را بازدید می‌کنید. مشکل اصلی کشاورز با علف‌های هرز پهن‌برگ خاکشیر معمولی (*Descurainia sophia Webb ex Prantl* (DS))، ماهوشاه (*Malcolmia africana* (L.) W.T.Aiton) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis L.*) و علف‌هرز باریک‌برگ یولاف وحشی (*Avena ludoviciana durieu*) است. زمانی که چندین گزینه مناسب وجود دارد شما کدام علف‌کش را پیشنهاد می‌کنید؟ ممکن است یک کارشناس به فهرست نگاه کرده و علف‌کش دومنظوره شرکت Bayer Crop Science، یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل +



شکل ۲- محاسبه نمره کیفی علف‌کش

گزینه‌ها از کارایی مطلوب‌تری برخوردار نیست اما هزینه در واحد سطح بیشتری دارد. در مقابل علف‌کش C ضمن این که از کارایی مناسبی برخوردار است، قیمت مناسبی هم دارد. همیشه محل قرارگیری علف‌کش‌ها در فضای نمودار کارایی - هزینه در واحد سطح تا این اندازه فشرده و نزدیک به هم نبوده و در آن شرایط تصمیم‌گیری در مورد بهترین انتخاب آسان‌تر است. شما می‌توانید بسته به شرایط تحلیل خود را از موضوع داشته باشید. ممکن است برای یک کشاورز هزینه و برای دیگری کیفیت محور تصمیم‌گیری باشد. برای تصمیم‌گیری در رابطه با بهترین انتخاب، همه مسائل و

برای هر علف‌کش هزینه در واحد سطح را محاسبه کنید (شکل ۳). از قیمت واحد و دز علف‌کش در واحد سطح برای این منظور استفاده کنید. حال یک محور مختصات ترسیم کنید که محور عمودی آن برآیند نمره کیفی و محور افقی هزینه در واحد سطح باشد (شکل ۳). از برآیند نمره فنی (Y) و هزینه در واحد سطح (X) علف‌کش‌ها، برای نمایش دادن نسبت هزینه به کارایی آن‌ها در محور مختصات استفاده کنید. می‌توانید این کار را بر روی یک کاغذ انجام دهید. آرایش علف‌کش‌ها را در فضای محور مختصات مشاهده کنید (شکل ۳). ببینید کدام علف‌کش برای شما بیشترین بهره‌وری را به دنبال دارد. در این مثال به نظر می‌رسد علف‌کش D علی‌رغم اینکه نسبت به سایر



علف‌کش	قیمت واحد	دز مصرف در واحد سطح	هزینه در واحد سطح
A	X1	D1	X1D1
B	X2	D2	X2D2
C	X3	D3	X3D3
D	X4	D4	X4D4

علف‌کش	برآینده نمره کیفی
A	۷/۸۷۵
B	۷
C	۷/۷۵
D	۷/۶۲۵

شکل ۳- روش برآورد نسبت کارایی - هزینه علف‌کش

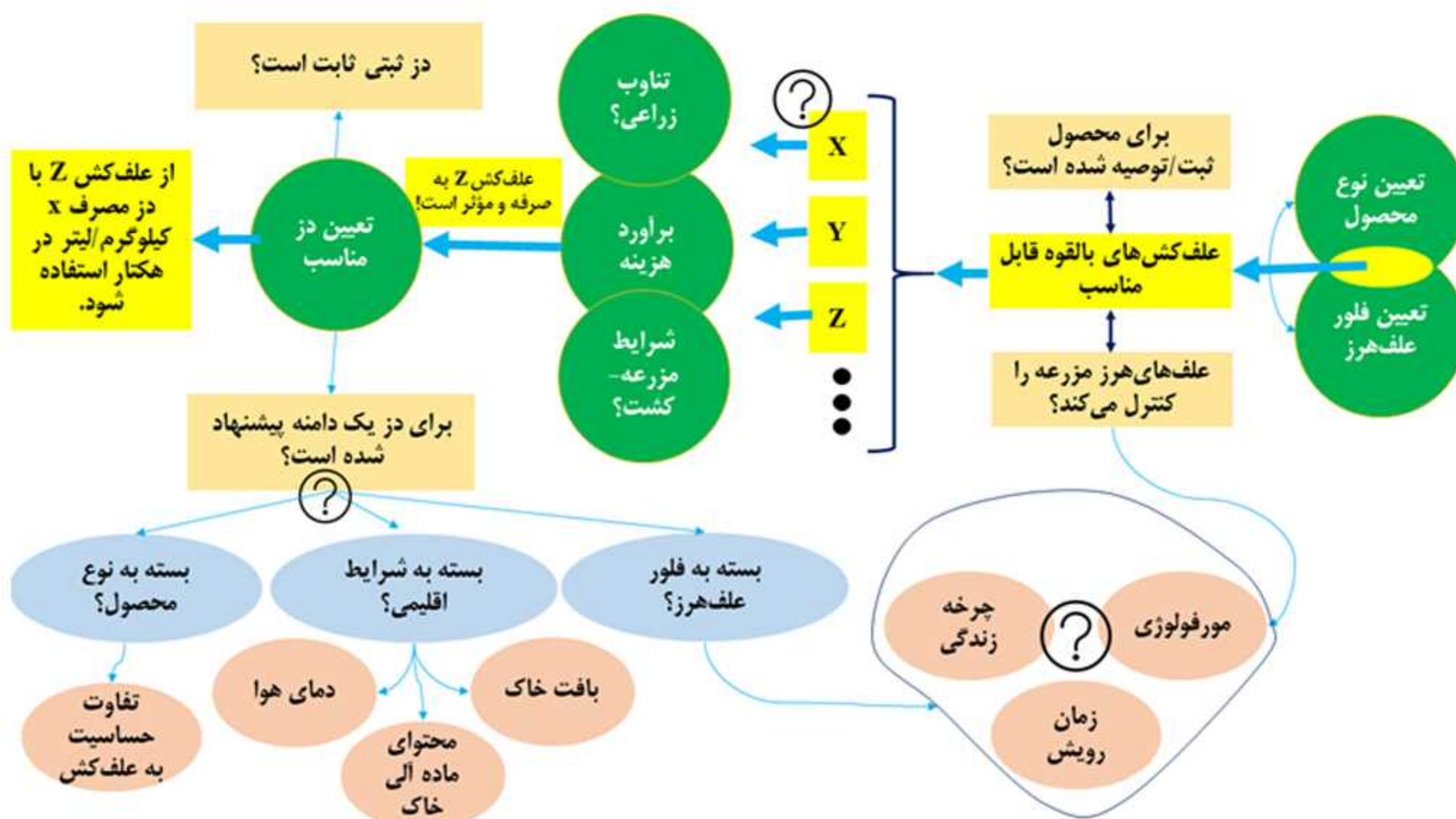
در زمان ثبت کالا نیز سازمان حفظ نباتات براساس دز پیشنهاد شده از سوی مالک کالا، آزمایش‌های تکمیلی انجام داده و دز ثبتی کالا را برای کشور اعلام می‌کند. توصیه کنندگان و کاربران موظف به رعایت این دز هستند. مسئولیت عواقب عدم کارایی سم و یا ایجاد گیاه‌سوزی بر روی محصول در شرایط کاربرد دز اشتباه بر عهده فرد توصیه کننده بوده و هیچ مسئولیتی متوجه شرکت تولید کننده یا وارد کننده نمی‌باشد.

برای برخی از سموم، یک دامنه از دز پیشنهاد شده است. این موضوع بیشتر در رابطه با سایر آفت‌کش‌ها (حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها) دیده می‌شود. در جایی که برای یک علف‌کش دامنه‌ای از دز پیشنهاد شده علت را بررسی کنید. مراجعه به دستورالعمل سازمان حفظ نباتات می‌تواند مفید باشد. دز توصیه شده علف‌کش اتوکسی‌سولفورون + تریافامون (Council®, Bayer AG)، ۱۰۰-۱۵۰ گرم در هکتار است و دز بالاتر برای مواقعی است که تراکم علف‌های هرز به خصوص چندساله‌ها زیاد باشد. علف‌کش فلوآزیفوپ پی بوتیل (Fusi- Syngenta, ۱۵۰ lade Forte®, EC) با دز یک لیتر در هکتار برای مناطق جنوبی کشور و در سایر مناطق با دز ۱/۵ لیتر در هکتار توصیه شده که به دلیل تفاوت کارایی علف‌کش، بسته به دمای هوا است.

محدودیت‌های موجود را در نظر بگیرید. این محدودیت‌ها حتی آن دسته از مواردی که ممکن است بعداً و در مرحله اجرا نمایان شوند را نیز در بر می‌گیرد. برآورد هزینه مهم است اما شرط کافی نیست. گاهی اوقات چاره‌ای به جز کاربرد یک علف‌کش، هر چند که خیلی گران هم باشد نیست. کاربرد علف‌کش پایریدیت (Lentagran®, EC 600, Syngen-) برای کنترل علف‌های هرز نخود ایرانی (ta-Belchim Crop Protection) در عمل به اندازه وجین دستی هزینه‌بر است، ضمن اینکه زمانی که وجین انجام شود مزرعه پاک‌تر شده و تنش ناشی از کاربرد علف‌کش را نیز وجود ندارد. اما موضوعی که به‌خصوص در سالیان اخیر برای کشاورزی مسئله‌ساز شده است، کمبود نیروی کارگری است. در نتیجه گاهی اوقات با علم به گران بودن کاربرد علف‌کش، به دلیل سایر محدودیت‌های موجود، رفتن به استقبال آن اجتناب‌ناپذیر است. در رابطه با سایر شرایط مرتبط با مزرعه و کشاورز که در انتخاب و توصیه علف‌کش نقش زیادی دارند در ادامه توضیح داده شده است.

تعیین دز کاربرد

تعیین دز مناسب علف‌کش به اندازه انتخاب خود علف‌کش اهمیت دارد (شکل ۴). دز نامناسب کاربرد علف‌کش، شکست در کنترل شیمیایی علف‌های هرز (دز کاهش یافته) یا ایجاد گیاه‌سوزی در محصول (دز افزایش یافته) را در پی دارد. توجه کنید انتخاب دز کاربرد موضوعی دلخواه نبوده و تابع ضوابط قانونی است. دز توصیه شده در زمان کشف و توسعه علف‌کش، توسط شرکت اصلی سازنده براساس آزمایش‌های دقیق و علمی، برای مؤثر واقع شدن در دامنه وسیعی از شرایط محیطی پیشنهاد شده است.



شکل ۴- انتخاب علف‌کش مناسب و عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری

زمان کاربرد

تعیین زمان مناسب کاربرد به اندازه تعیین علف‌کش مناسب اهمیت دارد. به توصیه‌های فنی موجود بر روی برچسب علف‌کش توجه کرده و بهترین زمان کاربرد را در نظر بگیرید. مهم‌ترین دلیل وجود برچسب روی علف‌کش خواندن و به کار بستن توضیحات فنی آن توسط کاربر و توصیه کننده است. در اغلب توصیه‌ها برای علف‌کش‌های پس‌رویشی، زمان مناسب مراحل ابتدایی رویش علف‌های هرز (برای مثال ۲-۴ برگگی) است. اگر به دلیل تأخیر در کاربرد، علف‌های هرز بیش از اندازه بزرگ شده باشند، توقع کنترل مناسب نداشته باشید. اگر کشاورز دیر هنگام به شما مراجعه کرده و توصیه علف‌کش می‌خواهد، به او گوشزد کنید که معمولاً نتایج کنترل شیمیایی در این شرایط مطلوب نیست. همیشه افزایش دز در این شرایط چاره‌ساز نبوده و چه بسا موجب گیاه‌سوزی بر روی محصول می‌شود. «پنجره زمانی» (time window) کاربرد علف‌کش، مرحله رشدی علف‌های هرز و مراحل حساس رشدی محصول نسبت به کاربرد علف‌کش‌ها را بر هم منطبق کنید (شکل ۶).

حساسیت مراحل رشدی محصول را در نظر بگیرید. ذرت و گندم به خوبی علف‌کش‌های شبه اکسینی مانند توفوردی + ام‌سی‌پی‌ای را تحمل می‌کنند، اما اگر همین علف‌کش‌ها خیلی دیر هنگام به کار روند، مثلاً زمانی که گندم به ساقه رفته یا حتی سنبله تشکیل داده و یا ذرت بیش از ۳۰-۲۰ سانتی‌متر ارتفاع دارد، بروز خسارت قابل انتظار خواهد بود (شکل ۵). توصیه یک علف‌کش شوخی بردار نیست! اگر یک قارچ‌کش یا حشره‌کش را به اشتباه توصیه کنید احتمالاً تبعات آن فقط عدم کنترل آفت یا بیماری باشد، ولی توصیه اشتباه علف‌کش یعنی از بین رفتن محصول و حاصل دست رنج یک سال کشاورز.

برای برخی از علف‌کش‌ها مانند اکسی‌فلورفن (Goal® 2E, EC 240, Dow AgroSciences)، علف‌کش پیاز، دز شکسته (Split-dose) پیشنهاد شده است. دز ثبتي این علف‌کش دو لیتر در هکتار است، اما می‌توان آن را به صورت دز شکسته به فاصله دو هفته و هر بار به میزان ۰/۷۵ لیتر در هکتار استفاده کرد. این روش کاربرد فوایدی به همراه دارد از جمله: (الف) کاهش میزان گیاه‌سوزی ذاتی ناشی از این علف‌کش بر روی محصول، (ب) کاهش میزان مصرف علف‌کش و در نتیجه آلودگی محیط زیست و (ج) افزایش دوره زمانی کنترل علف‌های هرز.

طیف تأثیر علف‌کش

کشاورز به کارشناس مراجعه کرده و ادعای مشکل بروز مقاومت در علف‌های هرز مزرعه خود دارد. دلیل او عدم کنترل اغلب علف‌های هرز باریک برگ علی‌رغم استفاده از یک باریک‌برگ‌کش گندم، کلودینافوپ پروپارژیل، است. به مزرعه مراجعه کرده و جمعیت زیادی از علف‌های هرز جودره، چچم (*Lolium sp.*) و چاودار را مشاهده می‌کنید. تشخیص شما چیست؟ بروز مقاومت؟ کاربرد نادرست علف‌کش؟ ببینید آیا اصلاً علف‌های هرز مزرعه در طیف تأثیر علف‌کش به کار رفته قرار داشته‌اند؟ هر علف‌کش طیف تأثیر خاص خود را دارد. فقط اینکه گفته شود محصول باریک‌برگ و علف‌های هرز پهن‌برگ هستند و یک پهن‌برگ‌کش شبه اکسینی (Aux-in-type) مانند توفوردی + ام‌سی‌پی‌ای (U46 Combi Fluid®, SL 675, BASF-Nufarm) توصیه کنیم کافی نیست! برای چاودار در غلات کشور هیچ علف‌کش اختصاصی وجود ندارد. به کشاورز توصیه کنید مآخار انجام داده و تک بوته‌های چاودار را قبل از به بذر نشستن سرزنی کند. جودره را فقط برخی از علف‌کش‌های دومنظوره گندم آن هم تا حدی کنترل می‌کنند. اگر کشاورز مشکل چچم در گندم دارد به او دیکلوفوپ متیل (*Iloxeane®*, EC 360, Bayer Crop Science) یا پینوکسادن (*Axial®*, EC 50, Syngenta) را توصیه کنید. تری‌بنورون متیل رایج‌ترین پهن‌برگ‌کش گندم کشور است اما بسیاری از علف‌های هرز پهن‌برگ و اخیراً دردسرساز شده کشور مانند ارشته خطایی، پنیرک (*Malva neglecta*) و بی‌تی‌راخ (*Galium aparine L.*) را کنترل نمی‌کند. توجه کنید در مرحله تشخیص علف‌های هرز مزرعه، گاهی لازم است بیش از حد حساس و دقیق باشد و تنها به اینکه علف‌های هرز باریک‌برگ یا پهن‌برگ می‌بینم، کفایت نکنید.



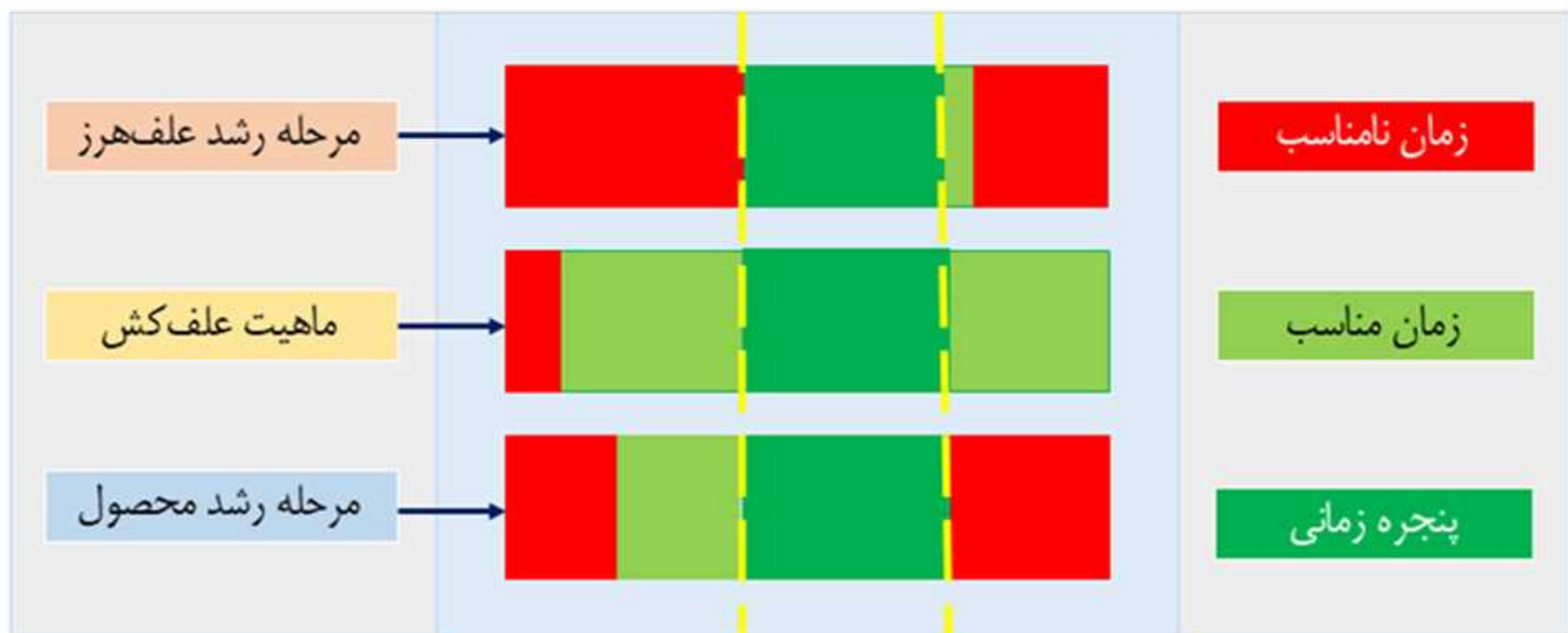
شکل ۵- ناهنجاری رشدی ریشه‌های نابجای ذرت (راست) و سنبله گندم (چپ) در نتیجه کاربرد دیر هنگام علف‌کش توفوردی.

(الف) کاربرد زودهنگام. در این شرایط به دلیل تعجیل در کاربرد علف‌کش اگرچه علف‌های هرز موجود به اندازه کافی کوچک هستند که به صورت کامل کنترل شوند، اما رویش فلاش‌های بعدی علف‌هرز که از آن به عنوان «فرار از علف‌کش» تعبیر می‌شود، قابل انتظار خواهد بود (شکل ۷). در نتیجه به احتمال زیاد شاهد از سرگیری مجدد رقابت علف‌هرز-گیاه‌زراعی و پیامدهای منفی آن خواهیم بود. این حالت به خصوص برای علف‌کش‌های پس‌رویشی که بقایای فعال در خاک (Residual activity) ندارند بیشتر متصور خواهد بود. مثلاً اگر مخلوط علف‌کش بنتازون (Basagran®, SL 480) و هالوکسی فوپ آرمیتیل (BASF Gallant® super, EC) برای لوبیا خیلی زود استفاده شود، با توجه به عدم فعالیت آن‌ها در خاک و رشد بطئی و کند لوبیا در مراحل ابتدایی، رویش فلاش‌های بعدی و غالب شدن علف‌های هرز در برابر محصول قابل انتظار است. همین سناریو در زمان کاربرد علف‌کش فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومزیت (Betanal® Progress, OF 274, Bayer Crop Science) بر روی چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) متصور است. گاهی ممکن است کاربرد زودهنگام علف‌کش به محصول صدمه بزند. برای مثال در زمان کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین (Trflan®, EC 480, Dow AgroSciences) باید به محصول فرصت کافی داده شود تا ریشه‌های آن به خوبی در عمق خاک رشد کرده و از منطقه قرارگیری علف‌کش خارج شود.

یک چارچوب مفهومی از پنجره زمانی کاربرد علف‌کش

برای علف‌کش‌های خاک مصرف پیش کاشت و پیش‌رویشی پنجره زمانی کاربرد بسته‌تر است و انعطاف‌پذیری کمتری در اختیار کاربر است. اغلب علف‌کش‌های پس‌رویشی برای مؤثر بودن باید در مرحله رشدی مناسب علف‌های هرز به کار گرفته شوند. اگرچه کاربرد یک علف‌کش پس‌رویشی به شما انعطاف‌پذیری زمانی بیشتری می‌دهد ولی مسئولیت و تخصص بیشتری می‌طلبد. پنجره زمانی کاربرد جایی است که بهترین تعادل میان مرحله رشدی محصول، مرحله رشدی علف‌هرز و ماهیت علف‌کش برای کاربرد بهینه و حصول بهترین نتایج دیده می‌شود (شکل ۶). یک پنجره زمانی کاربرد برای یک علف‌کش در یک محصول در نظر بگیرید. منظور از این پنجره زمانی، بازه زمانی است که در آن محصول در مرحله یا مراحل فنولوژیکی قرار دارد که کاربرد علف‌کش روی آن ایجاد خسارت نمی‌کند. هر زمانی که برای کاربرد علف‌کش انتخاب می‌کنید باید درون این بازه قرار بگیرید. آیا انتخاب هر زمانی درون این بازه اصلاً تفاوتی دارد؟ اگر جواب مثبت است، چه زمان یا زمان‌هایی بهتر است؟

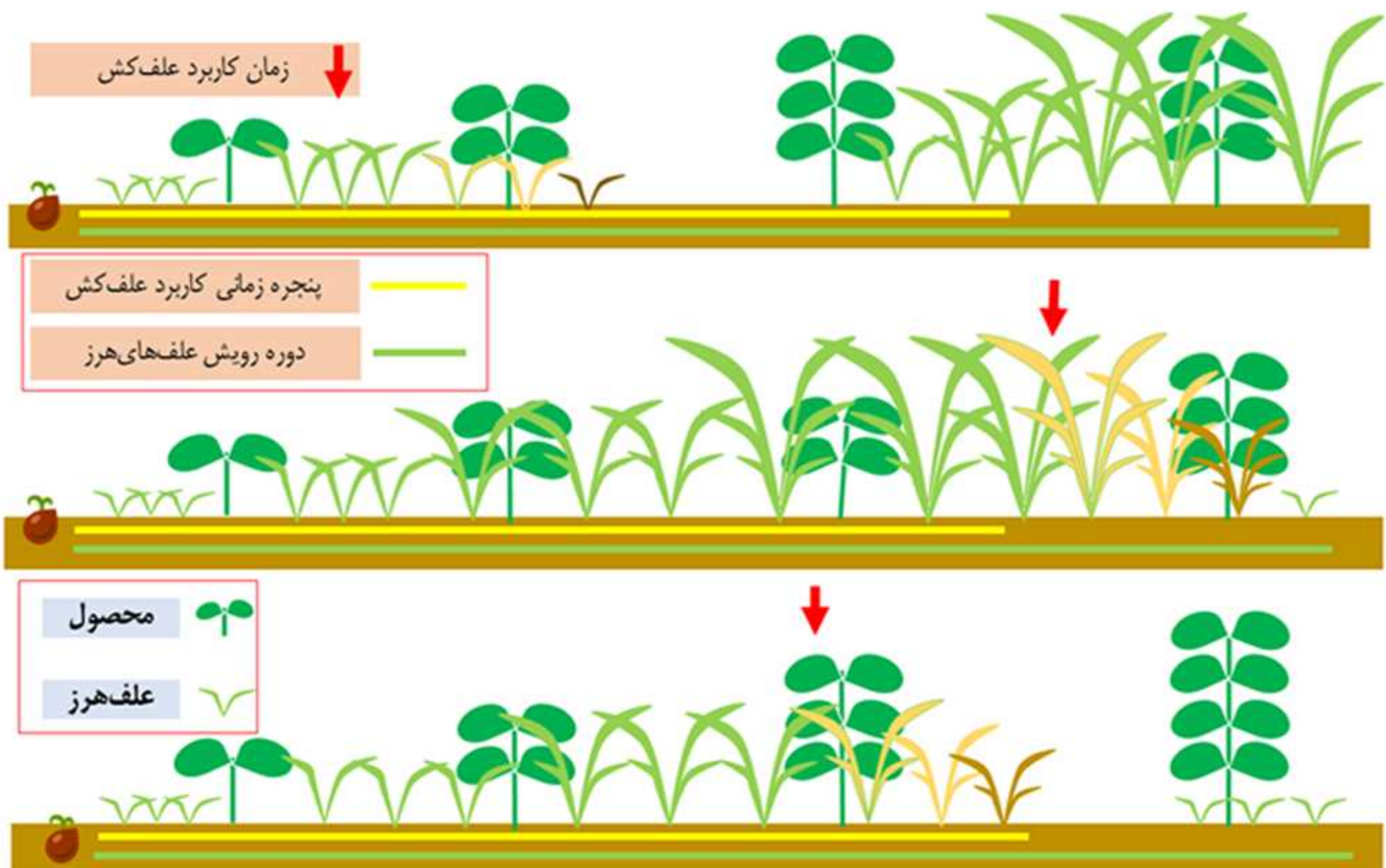
فرض کنید در مزرعه با فلاش‌های متعدد جوانه‌زنی روبرو هستیم (شکل ۷). این ویژگی در بسیاری از علف‌های هرز به دلیل وجود خواب بذری و نیازهای متفاوت برای جوانه‌زنی از اعماق مختلف خاک قابل انتظار است. تاج‌خروس ریشه‌قرمز (*Amaranthus retroflexus L.*) و سلمه‌تره (*Chenopodium album L.*) از علف‌های هرز تابستانه‌ای هستند که از این ویژگی برخوردار هستند. چالش در انتخاب زمان کاربرد وقتی ایجاد می‌شود که با عدم رویش هم‌زمان علف‌های هرز مواجه هستیم. در این شرایط سه سناریو قابل انتظار خواهد بود.



شکل ۶- مفهوم پنجره زمانی کاربرد علف‌کش

سر گذاشته و ممکن است بر روی محصول ایجاد خسارت کند. برای مثال زمان کاربرد پاراکوات در سیب‌زمینی تا حداکثر رویش ۲۰-۱۰ درصد غده‌ها است. اگر دیرتر از این علف‌کش استفاده شود، پیامدهای آن شامل از بین رفتن درصدی از رویش مزرعه و کاهش عملکرد خواهد بود. معمولاً کشاورزان سیب‌زمینی کار به همراه پاراکوات از علف‌کش متری‌بوزین (Sencor®, WP 700, Bayer Crop Science) استفاده می‌کنند تا فعالیت علف‌کشی در خاک و امتداد کنترل علف‌های هرز فراهم شود.

(ب) کاربرد دیرهنگام. در این شرایط به دلیل تأخیر بیش از حد در کاربرد علف‌کش، شاهد رقابت شدید ابتدای فصل میان علف‌هرز-گیاه‌زراعی خواهیم بود (شکل ۷). این مرحله منطبق بر دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز بوده و می‌تواند بیشترین پیامد منفی بر رشد و عملکرد محصول را به همراه داشته باشد؛ حتی اگر پس از آن علف‌های هرز از مزرعه حذف شوند. مشکل دوم بزرگ شدن علف‌های هرز به اندازه‌ای است که ممکن است دیگر علف‌کش در از بین بردن کامل آن‌ها از کارایی لازم برخوردار نباشد. توجه کنید، گاهی زمان کاربرد به اندازه‌ای تأخیر دارد که حتی پنجره زمانی کاربرد را نیز پشت



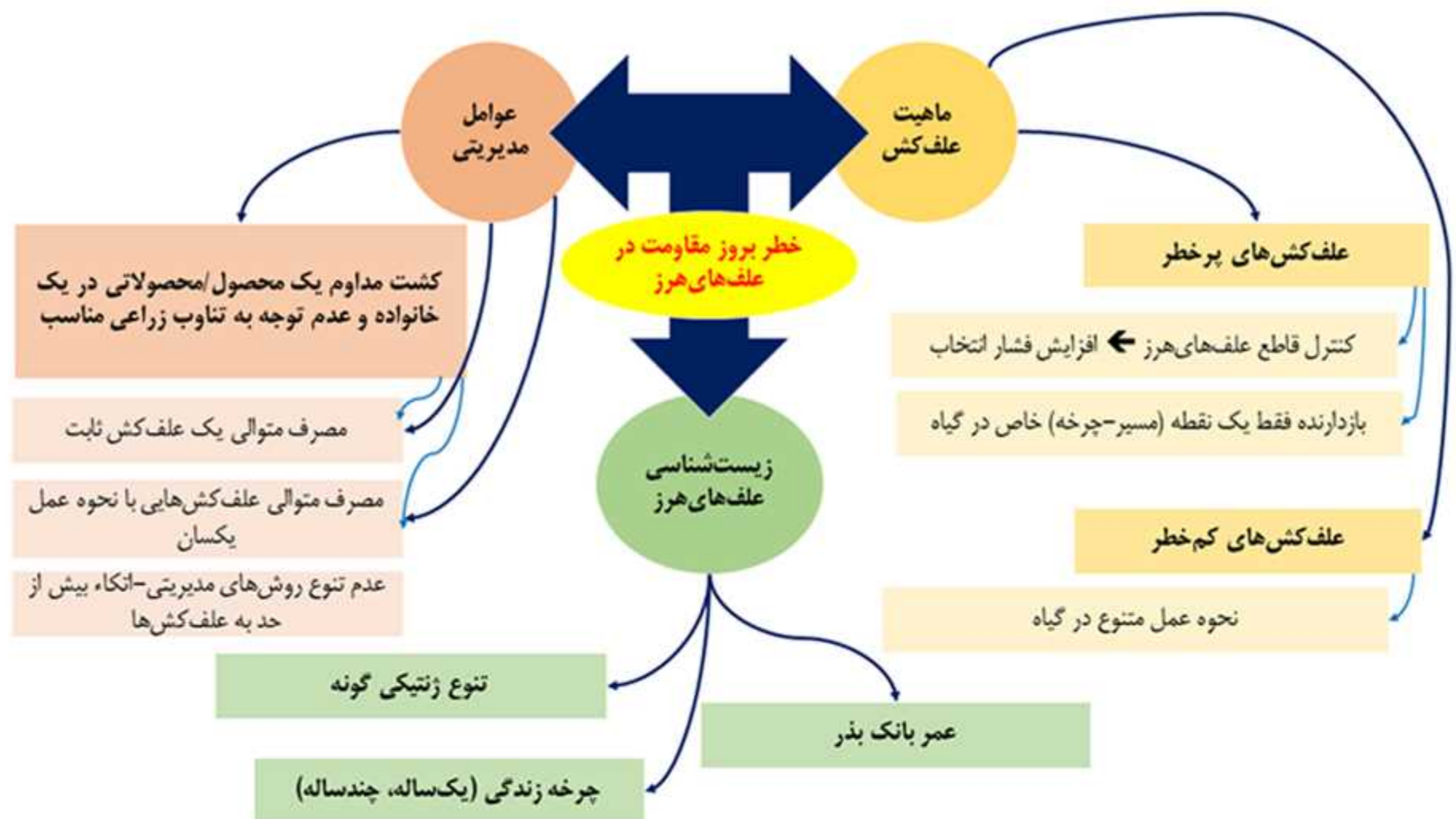
شکل ۷- اهمیت تطبیق زمان کاربرد علف‌کش بسته به الگوی رویش علف‌های هرز

را جدی بگیرید. اگر در تناوب زراعی محصولات وجینی قرار داشته است، اطمینان خاطر بیشتری برای حذف تک‌بوته یا جمعیت‌های مقاوم به علف‌کش وجود دارد. اطلاعات را مستند سازی کنید. اگر به‌عنوان مشاور با کشاورزان همکاری می‌کنید برای آن‌ها پرونده تهیه کنید. به این ترتیب در سالیان آینده با دسترسی داشتن به سابقه مزرعه توصیه راحت‌تر خواهد بود. تناوب در مصرف علف‌کش به معنی تغییر نام علف‌کش نیست! تناوب را در سطح خانواده شیمیایی و نحوه عمل ایجاد کنید. وظیفه و رسالت علمی و اجتماعی یک متخصص علف‌های هرز، کاهش مخاطرات ناشی از کاربرد مدیریت نشده علف‌کش‌ها است. خطر بروز مقاومت را جدی بگیرید. زمانی که مقاومت شکل گرفته و گسترش یابد، عملاً یکی از گزینه‌های علف‌کشی خود را دیگر در دست ندارید. به یاد داشته باشید که بیش از سه دهه است که هیچ علف‌کشی با نحوه عمل جدید به بازارهای جهانی معرفی نشده است. امروزه معرفی یک علف‌کش جدید، بیش از هر زمان دیگری مستلزم صرف هزینه‌های کلان و زمان زیاد است. همین موضوع باعث علاقه کمتر شرکت‌های آگروکیمیکال (Agrochemical companies) برای معرفی و توسعه علف‌کش جدید شده است. پیدایش بیوتیپ‌های (Biotypes) مقاوم علف‌های هرز امری اجتناب ناپذیر است. تلاش کنید همین گزینه‌های محدود و قابل دسترس، با مدیریت درست و دانش محور برای زمان بیشتری حفظ شوند.

(ج) کاربرد به موقع. زمانی است که نه تنها به خوبی با پنجره زمانی کاربرد علف‌کش سازگار است بلکه طیف وسیعی از فلاش‌های رویش علف‌هرز در مزرعه را نیز به دام می‌اندازد (شکل ۷). در این زمان کاربرد، از رقابت شدید ابتدای فصل علف‌هرز- گیاه زراعی جلوگیری شده و دوره عاری از علف‌های هرز امتداد می‌یابد. در این شرایط معمولاً علف‌های هرزی که بعداً سبز می‌شوند با توجه به استقرار مناسب محصول از پتانسیل خسارت کافی برخوردار نخواهند بود. برای تعیین این زمان نیاز به شناخت کافی از فلور علف‌هرز مزرعه، الگوها و نیازهای جوانه‌زنی و رویش علف‌های هرز، اثر روش‌های آماده‌سازی زمین و آبیاری بر رویش علف‌های هرز و ... است. توجه به سابقه مزرعه (در صورت موجود بودن) نیز می‌تواند کمک‌کننده باشد. مدل‌های پیش‌بینی‌کننده الگوهای رویش علف‌های هرز مزرعه در جهان موضوع مطالعات زیادی بوده است.

تناوب در مصرف علف‌کش

در مواردی ممکن است توصیه چندین گزینه (علف‌کش) امکان‌پذیر باشد. تناوب در مصرف علف‌کش‌ها را به‌خصوص زمانی که دست شما برای انتخاب باز است، رعایت کنید. اگر یک علف‌کش خوب است در استفاده مکرر از آن اصرار نداشته باشید. مصرف متوالی یک علف‌کش خوب، آن را می‌کشد! بسیاری از علف‌کش‌های پرمصرف در جهان، مانند گلایفوسیت، قربانی محبوبیت خود شده‌اند. سابقه عوامل مدیریتی مزرعه را که بر بروز مقاومت علف‌های هرز تأثیر می‌گذارد، بررسی کنید (شکل ۸). از کشاورز بپرسید در سالیان گذشته چه علف‌کش‌هایی استفاده کرده است. تناوب کشت را بررسی کنید. اگر کشت متوالی محصولی را داشته‌اند که استفاده از علف‌کش تنها گزینه کنترل علف‌هرز در آن بوده است، خطر بروز مقاومت



شکل ۸- عوامل اثرگذار بروز مقاومت در علف‌های هرز

توجه به شرایط کشاورز - مزرعه

فرنگی با هدف تولید نشاء توصیه نکنید. برنج در کشور ما اغلب به صورت نشایی (غرقاب) کشت می‌شود. اما اخیراً تلاش‌هایی برای ترویج روش‌های کشت مستقیم برنج (بذر) صورت گرفته است. علف‌کش‌ها و روش کاربرد آن‌ها در این دو روش کشت تفاوت‌هایی دارد. برای مثال علف‌کش بیس‌پیریپاک سدیم (Nominee®, Kumiai) با فرمولاسیون OF 100 فقط به صورت محلول‌پاشی قابل استفاده و مناسب برای کشت مستقیم برنج است؛ آن را برای کشت نشایی توصیه نکنید به جز در مواردی که در زمان کاربرد علف‌کش آب مزرعه تخلیه شده باشد. اگر قصد دارید برای کشت نشایی آن را توصیه کنید از فرمولاسیون (Clean Weed®, Parijat SC 400) یا (Vejin®, Gharda SC 125) که سازگار با روش قطره‌پاشی است، استفاده کنید.

با مراجعه به مزرعه و یا پرسش از کشاورز، هر عاملی را که ممکن است در توصیه و یا شرایط کاربرد علف‌کش اثرگذار باشد، بررسی کنید. اطلاعات را ثبت کرده و کاربردی توصیه کنید (شکل ۴). برای مزرعه‌ای که شرایط کشت بدون خاک‌ورزی دارد، علف‌کش خاک مصرف توصیه نکنید. در این شرایط گزینه‌های پیشنهادی شما فقط محدود به علف‌کش‌های پس‌رویشی خواهد بود. اگر یک علف‌کش مانند پندی‌متالین (Stomp®, EC 330; Prowl®, CS 450, BASF) یا تری‌فلورالین را برای کاربرد به همراه آبیاری (Herbigation) توصیه می‌کنید، اطمینان حاصل کنید که سیستم آبیاری مزرعه از نوع تحت فشار است (پخش یکنواخت و راحتی کاربرد).

روش کشت را در نظر بگیرید. برای مثال ببینید آیا کشاورز از کشت بذر یا نشاء استفاده می‌کند. تری‌فلورالین برای گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) ثبت شده است، اما فقط قابل استفاده در مزرعه و زمان نشاء کردن این محصول است. هرگز تری‌فلورالین را در خزانه بذری گوجه



شکل ۱۰- ایجاد حالت اپیناستی در برگ گوجه فرنگی در نتیجه بادبردگی یک علف‌کش شبه اکسینی



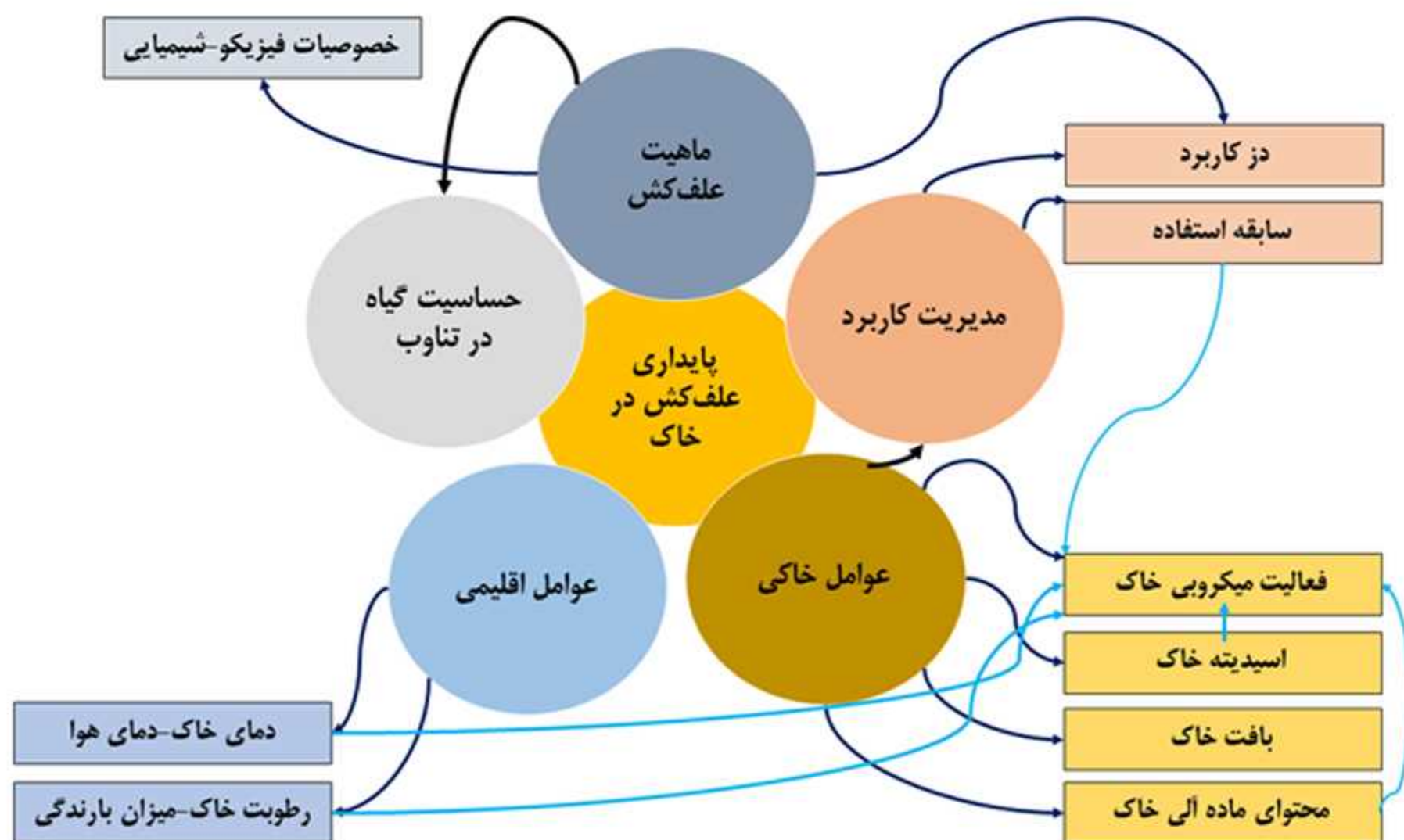
شکل ۹- ایجاد حالت فنجانی شدن برگ (leaf cupping) و اپیناستی (Epinasty) در برگ سویا در نتیجه بادبردگی یک علف‌کش شبه اکسینی.

اطراف مزرعه محل سمپاشی را خوب نگاه کنید. اگر تابستان است و برای ذرت یک علف کش شبه اکسینی مانند توفوردی + ام‌سی‌پی‌ای توصیه می کنید، فاصله مزرعه تا کشت‌های حساس مجاور را بررسی کنید. علف کش های شبه اکسینی حتی در مقادیر کم و طی فرایند بادبردگی خسارت سنگینی بر روی محصولاتی مانند گوجه فرنگی و پنبه (*Gossypium hirsu-tum* L.) وارد می کنند (شکل ۹ و ۱۰). وضعیت سلامت محصول را بررسی کنید. آیا محصول در شرایط تنش خاصی است؟ احتمال خسارت به محصول در نتیجه کاربرد علف کش زمانی که دچار تنش های زیستی و غیرزیستی است، زیاد است. تناوب زراعی کشاورز را حتماً در نظر بگیرید. در این مورد در ادامه بیشتر توضیح داده شده است.

توجه به تناوب زراعی در زمان کاربرد علفکش

برای توصیه علف‌کش تناوب زراعی کشاورز را در نظر داشته باشید (شکل ۴). برخی از علف‌کش‌ها تا مدت‌ها در خاک پایدار بوده و به گیاه حساس در تناوب صدمه می‌زنند. آیا با عوامل مؤثر در پایداری علف‌کش در خاک آشنا هستید؟ شکل ۱۱ نمای کلی عوامل اثرگذار بر پایداری علف‌کش در خاک و ارتباط آن‌ها را با هم نشان می‌دهد. با کشت‌های غالب و تناوب زراعی منطقه خود آشنایی داشته باشید. شاید کشاورز امروز از نتایج توصیه شما راضی باشد، اما شاید فردا درگیر مشکلاتی شود. باقیمانده علف‌کش در

خاک (Herbicide carryover) برای کشت بعد می‌تواند در دسرساز شود. به‌طور مثال آترازین (Gesaprim®, WP, Syngenta 800) علف‌کش خاک مصرف ذرت است که در کنترل اغلب علف‌های هرز یک‌ساله بسیار مفید است، اما در تناوب مرسوم ذرت - گندم، سبب عدم رویش یکنواخت در گندم می‌شود. مشکل باقیمانده علف‌کش فقط محدود به علف‌کش‌های خاک مصرف نیست. نیکوسولفورون یک علف‌کش پس‌رویشی مطلوب برای کنترل علف‌های هرز ذرت است. اگر در تناوب اقدام به کشت گیاهان بسیار حساس به این علف‌کش مانند چغندر قند شود، خسارت جبران ناپذیری به دنبال دارد. ایمازتاپیر (Pursuit®, SL 100, BASF)، در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و سویا (*Glycine max* (L) Merrill) کاربرد زیادی دارد، اما بقایای آن تا مدت‌ها مانع رویش یکنواخت گیاهان حساس به آن در تناوب، مانند کدوئیان (*Cucurbitaceae*) می‌شود. قبل از تجویز علف‌کش نیمه عمر و عوامل اثرگذار بر پایداری آن (مانند دما، رطوبت و اسیدیته خاک) را در نظر بگیرید. هدف از توصیه علف‌کش فقط حل مشکل امروز نیست، فردا را هم ببینید. به‌عنوان کارشناس زندگی را برای کشاورز راحت‌تر کنید!



شکل ۱۱- عوامل اثرگذار بر ماندگاری علفکش در خاک

اختلاط علف‌کشاها

مواقعی وجود دارد که ضروری است علف‌کش‌ها در اختلاط با یکدیگر استفاده شوند. توجه داشته باشید همان‌طور که بیان شد باید برای اختلاط علف‌کش‌ها یک ضرورت وجود داشته باشد؛ چرا که اختلاط می‌تواند پیامدهای منفی به همراه داشته باشد. برخی فواید اختلاط علف‌کش‌ها عبارتند از:

- ۱- افزایش طیف تأثیر (کنترل طیف وسیع‌تری از علف‌های هرز):

برخی از علف‌کش‌های سولفونیل اوره از کارایی زیادی در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ برخوردار نیستند. اختلاط آن‌ها با یک علف‌کش شبه اکسینی در افزایش طیف تأثیر کمک می‌کند.

۲- کاهش تعداد دفعات سمپاشی: هر بار که ادوات سمپاشی وارد زمین شود باعث کوبیده شدن خاک مزرعه و مستلزم پرداخت هزینه سمپاشی برای کشاورز است. پس چه

توجه به اصل توصیه ابتدایی علفکش برای یک سطح کوچک (Pilot)

همواره به کشاورز توصیه کنید ابتدا علفکش را در یک سطح کوچک به صورت آزمایشی استفاده کرده و در صورت عدم مشاهده آثار منفی ناشی از کاربرد، آن را به کل مزرعه تعمیم دهید. این موضوع را به خصوص زمانی رعایت کنید که علفکش‌ها را در اختلاط بایکدیگر و یا به همراه مواد افزودنی به کار می‌برید که برهمکنش‌هایی ترکیبات کاملاً شناخته شده نیست.

به روز باشید

دائماً فهرست علفکش‌های مجاز کشور را بررسی کنید. ببینید چه علفکش‌هایی به فهرست اضافه شده و چه علفکش‌هایی از آن حذف شده‌اند. آیا برای کنترل ارشته خطایی در گندم علفکش مناسب سراغ ندارید؟ علفکش بنتازون + دیکلوپروپ (BASF, ۵۶۶ Basagran® DP SL) در سال ۱۳۹۷ برای کنترل برخی از علف‌های هرز سمج گندم مانند ارشته خطایی ثبت شده است. توصیه و مصرف بوتاکلر (Machete®), ۶۰۰ EC (Monsanto) برای کنترل علف‌های هرز برنج از سال ۱۴۰۰ ممنوع است. علفکش بیس‌پیریپاک سدیم با فرمولاسیون‌های ۱۰۰ OF, ۴۰۰ SC و ۱۲۵ SC به ترتیب از شرکت‌های Kumiai, Parijat و Gharda در کشور ثبت شده و جایگزین مناسبی برای بوتاکلر است. در جدول ضمیمه، فهرست علفکش‌های که در پنج سال اخیر در کشور ثبت شده‌اند، نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

علفکش‌ها ابزاری مهم و حیاتی در دستان ما برای تنوع بخشیدن به روش‌های کنترل علف‌های هرز هستند. در اختیار داشتن علفکش‌های جدید و مؤثر، به تنهایی در به هدف نشان دادن یک برنامه کنترل شیمیایی موفقیت آمیز کافی نیست، بلکه تجربه و دانش فرد توصیه کننده در کاربرد مدیریت شده علفکش‌ها به همان اندازه اهمیت دارد. توصیه مناسب در سایه نگاهی جامع که اجزا آن را خصوصیات علفکش، زیست‌شناسی علف‌های هرز، شرایط مزرعه و محصول و برهم‌کنش‌های آن‌ها تشکیل می‌دهد، می‌باشد. خروجی یک توصیه مناسب، افزایش بهره‌وری کشاورز، ارتقا وجهه متخصصین کشاورزی در جامعه (اعتماد به متخصصین کشاورزی)، حفظ کارایی علفکش‌های موجود و به حداقل رساندن مخاطرات ناشی از پیامدهای منفی کاربرد علفکش‌ها است. در اختیار داشتن ابزار مناسب و دانش استفاده از آن در توسعه روش‌های کارآمدتر مدیریت علف‌های هرز می‌تواند راهگشا باشد.

چیزی بهتر از آن که این نوع عملیات‌ها با هم ترکیب شوند.

۳- مدیریت علف‌های هرز مقاوم نسبت به علفکش: در این حالت دو یا تعداد بیشتری علفکش با نحوه عمل متفاوت در مخلوط با یکدیگر استفاده می‌شوند. برای مثال، با توجه به استفاده زیاد از گلایفوسیت برای کنترل علف‌های هرز نواحی غیرزراعی، باغ، فاصله بین دو کشت و قبل از کشت، چندین بیوتیپ علف‌هرز مقاوم نسبت به آن از جمله چچم گزارش شده است. برای رفع این مشکل برخی از علفکش‌ها مانند فلازاسولفورون (Flazasulfuron) در اختلاط با گلایفوسیت استفاده شده است. به یاد داشته باشید هر اختلاطی به مدیریت بیوتیپ‌های مقاوم علف‌های هرز کمک نمی‌کند. برای مثال زمانی که مشکل یولاف وحشی مقاوم به علفکش دارید، اختلاط علف-کش پایه با باریک‌برگ‌کشی که طیف تأثیر مناسبی بر روی این علف‌هرز ندارد، کمکی نمی‌کند. به علاوه به دلیل سرعت بروز مقاومت عرضی (Cross resistance)، اختلاط دو علفکش هم خانواده نیز چندان مفید نخواهد بود. منظور از تناوب مصرف علفکش‌ها و اختلاط آن‌ها برای مدیریت بروز مقاومت، ترکیب نحوه عمل‌های متفاوت (Mode of actions) است نه اسامی!

۴- ایجاد حالت هم‌افزایی (Synergy): آترازین یک علفکش بازدارنده فتوسنتز در فتوسیستم II است که از گذشته استفاده از آن برای ذرت رایج بوده است. زمانی که علفکش در گیاه فعال می‌شود، زنجیره انتقال الکترون در فتوسیستم مختل شده و تنش اکسیداتیو ایجاد می‌شود. در این شرایط گیاه برای مقابله با این شرایط از رنگدانه‌های کمکی کلروفیل مانند کاروتنوئیدها استفاده می‌کند. استفاده از علفکش مزوتریون که بازدارنده سنتز کاروتنوئیدها در گیاه است در اختلاط با آترازین یک هم‌افزایی قابل توجه ایجاد می‌کند.

سازگاری برخی از اختلاط‌ها به صورت علمی - تجربی از گذشته ثابت شده است. اختلاط تری‌بنورون متیل با باریک‌برگ‌کش‌های خانواده بازدارندگان آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز (ACCCase inhibitors) برای کنترل همزمان اغلب علف‌های هرز گندم از این موارد است. در مواردی که از سازگاری دو علفکش اطلاع ندارید حتماً یک آزمایش کوچک سازگاری اختلاط فیزیکی انجام دهید. توجه کنید این روش اگرچه به شما می‌گوید که آیا دو علف-کش در مخزن سمپاش با یکدیگر سازگاری دارند، اما اطلاعاتی در رابطه با پاسخ فیزیولوژیک گیاه به آن در اختیار قرار نمی‌دهد. در مورد برخی از اختلاط‌های مفید هم برداشت اشتباه ایجاد شده است. اختلاط گلایفوسیت با توفوردی + ام‌سی‌پی‌ای بر کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ اثر هم‌افزایی دارد، اما زمانی که با تراکم بالایی از علف‌های هرز باریک‌برگ چندساله مواجه هستیم، چنین اختلاطی نه تنها به جا نیست بلکه حتی ممکن است بر کارایی علفکش گلایفوسیت در کنترل باریک‌برگ‌ها اثر منفی داشته باشد. پس فقط توجه به سازگاری علفکش‌ها در اختلاط کافی نیست. بررسی کنید با چه علف‌هرز یا علف‌های هرزی روبرو هستید.

- Bauerle, M.J., Griffin, J.L., Alford, J.L., Curry, A.B., Kenty, M.M. 2015. Field evaluation of auxin herbicide volatility using cotton and tomato as bioassay crops. *Weed Technology*. 29, 185-197.
- Chahal, P.S., Jugulam, M., Jhala, A.J. 2019. Basis of Atrazine and Mesotrione Synergism for Controlling Atrazine-and HPPD Inhibitor-Resistant Palmer Amaranth. *Agronomy Journal*. 111, 3265-3273.
- Chauhan, B.S., Singh, R.G., Mahajan, G. 2012. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: a review. *Crop Protection*. 38, 57-65.
- Culpepper, A.S., Grey, T.L., Vencill, W.K., Kichler, J.M., Webster, T.M., Brown, S.M., Hanna, W.W. 2006. Glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) confirmed in Georgia. *Weed Science*. 54, 620-626.
- Datta, A., Ullah, H., Ferdous, Z. 2017. Water management in rice. In *Rice production worldwide*. 255-277.
- Duke, S.O. 2012. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? *Pest management science*. 68, 505-512.
- Fernandez-Moreno, P.T., Bastida, F., De Prado, R. 2017. Evidence, mechanism and alternative chemical seedbank-level control of glyphosate resistance of a rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) biotype from southern Spain. *Frontiers in plant science*. 8, 450.
- Gianessi, L.P. 2013. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest management science*. 69, 1099-1105.
- Inoue, M.H., de Oliveira Junior, R.S., Constantin, J., de Oliveira, M.F. 2000. Persistence of biological activity of imazaquin and imazethapyr sprayed in two seasons of the year. *Acta Scientiarum*. 22, 993-997.
- Kurata, K., Niinomi, Y., Shimono, Y., Miyashita, M., Tominaga, T. 2018. Non-target-site mechanism of glyphosate resistance in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Weed Biology and Management*. 18, 127-135.
- Lamichhane, J.R., Debaeke, P., Steinberg, C., You, M.P., Barbetti, M.J., Aubertot, J.N. 2018. Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. *Plant and soil*. 432, 1-28.
- Matloob, A., Khaliq, A., Chauhan, B.S. 2015. Weeds of direct-seeded rice in Asia: problems and opportunities. In *Advances in agronomy*. 130, 291-336.
- Mutti, N.K., Mahajan, G., Chauhan, B.S. 2019. Seed germination ecology of glyphosate resistant and glyphosate susceptible biotypes of *Echinochloa colona* in Australia. *Crop and Pasture Science*. 70, 367-372.
- Zhang, Z.P. 2003. Development of chemical weed control and integrated weed management in China. *Weed Biology and Management*. 3, 197-203.



جدول ۱- علف‌کش‌های ثبت شده در کشور طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۴.

تاریخ ثبت	دز مصرف (لیتر/کیلوگرم)	محصول	علف‌هرز	شرکت	فرمولاسیون	نام تجاری	نام عمومی
۹۶/۶/۳۷	۰/۱ - ۰/۱۵	برنج	باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن‌ها	Bayer AG	WG 300	Council®	اتوکسی سولفورون + تریافامون
۹۵/۱۲/۲	۰/۱	نیشکر	دومنظوره	Bayer AG	SC 500	Alion®	ایندازیفلام
۹۶/۹/۱۳	۰/۲	مرکبات	علف‌های هرز یک‌ساله	Bayer AG	SC 500	Alion®	ایندازیفلام
۹۶/۱۲/۱۴	۰/۱۵	باغ‌های میوه سردسیری	علف‌های هرز یک‌ساله	Bayer AG	SC 500	Alion®	ایندازیفلام
۹۶/۹/۱۳	۱/۲-۵/۵	گندم	علف‌های هرز پهن‌برگ (ارشته خطایی)	Bayer AG	EC 560	Buctril Universal®	بروموکسینیل + توفوردی
۹۷/۵/۱	۲	گندم	علف‌های هرز سمج و ارشته خطایی	BASF	SL 566	Basagran® DP	بننازون + دیکلوپروپ
۹۸/۸/۲۷	۲-۲/۵	شالیزار (برنج)	پهن‌برگ‌ها و جگن‌ها	BASF	SL 460	Basagran® M60	بننازون + ام‌سی‌پی‌ای
۹۸/۱۱/۲۸	۲-۲/۵	ذرت	پهن‌برگ‌ها	BASF	SL 460	Basagran® M60	بننازون + ام‌سی‌پی‌ای
۹۶/۵/۲	۰/۲۵	برنج	باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن‌ها	Kumiai	OF 100	Nominee®	بیس پیریپاک سدیم
۹۶/۵/۲	۰/۰۶۵	برنج	باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن‌ها	Parijat	SC 400	Clean Weed®	بیس پیریپاک سدیم
۹۸/۲/۹	۰/۲۸ - ۰/۳۲	برنج	باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن‌ها	Gharda	SC 125	Vejin®	بیس پیریپاک سدیم
۹۸/۷/۲۲	۴۴۷-۶۴۷ قرص ۵ گرمی	کشت نشایی برنج	باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن‌ها	بازرگانان سرای سپند پارس	Tablet 170	Pyrazchlor®	پیرازوسولفورون اتیل + پرتیلاکر
۹۸/۶/۱۱	۳	سیب‌زمینی	پهن‌برگ و باریک‌برگ	BASF	CS 455	Prowl®	پندیمتالین
۹۸/۹/۱۱	۳/۵ - ۴	هویج	پهن‌برگ و باریک‌برگ	BASF	CS 455	Prowl®	پندیمتالین
۹۶/۴/۱۹	۱/۲	گندم و جو	یولاف وحشی، چچم و فالاریس	Syngenta	EC 50	Axial®	پینوکسادن + ایمن‌کننده
۹۷/۱۲/۱۳	۰/۷	برنج	سوروف، جگن و پهن‌برگ	East Chem	EC 50	Pyrimax®	پیری‌بنزوکسیم
۹۴/۶/۲۳	۰/۱۲۵ - ۰/۱۵	ذرت دانهای	پهن‌برگ و باریک‌برگ	BASF	SC 297	Clio®	تایرامزون
۹۷/۱۲/۶	۰/۴۴ - ۰/۵۵	ذرت دانهای	پهن‌برگ و باریک‌برگ	Bayer AG	SC 465	Adengo®	تین کاربازون متیل + ایزوکسافلوتل + ایمن‌کننده
۹۷/۸/۱۴	۰/۳	شالیزار	علف‌های هرز	LG	WG 100	Zekor®	فلوستوسولفورون
۹۷/۱۲/۱۳	۲/۵	گندم	پهن‌برگ	Hockley	EC 200	Kavin Florox®	فلوروکسی‌پیر
۹۷/۶/۱۹	۰/۸ - ۱	سویا	دومنظوره	Shandong Qiaochang chemical	EC 480	Goltazone®	کلومازون

توجه: در این فهرست علف‌کش‌هایی که دوباره با فرمولاسیون جدید، یا روی محصول جدید ثبت و یا از نو ثبت برند (Brand) شده‌اند، در نظر گرفته نشده‌اند.

Photos taken by: Mahdi Ghafari (Ph.D student of weed science)

● تاجریزی

نام فارسی: تاجریزی

نام علمی: *Solanum villosum*

نام انگلیسی: Red nightshade

خانواده: بادنجانیان (*Solanaceae*)

چرخه زندگی: یک ساله

مسیر فتوسنتزی: سه کربنه (C3)

بوته: علفی، ایستاده

ساقه: استوانه‌ای شکل و دارای کرک‌های ریز

برگ: دارای کرک‌های ریز و رگبرگ برجسته در سطح زیرین

نحوه تکثیر: جنسی

گل: کوچک، سفید رنگ

میوه: سته و به رنگ قرمز



Photos taken by: Mahdi Ghafari (Ph.D student of weed science)

● ارزن وحشی، دمروباهی طلایی

نام فارسی: ارزن وحشی، دمروباهی طلایی

نام علمی: *Setaria pumila*

نام انگلیسی: Yellow foxtail

خانواده: گندمیان (Poaceae)

چرخه زندگی: یک ساله تابستانه

مسیر فتوسنتزی: چهار کربنه (C4)

بوته: تیپ رشدی ایستاده

ساقه: گرد

زبانک: کوتاه و حالت کرکی دارد.

گواشوارک: فاقد گوشوارک بوده و محل یقه باز است.

برگ: قسمت پایین برگ کرکی است و کرک ها نسبتاً بلند می باشند.

نحوه تکثیر: جنسی

گل آذین: خوشه مرکب، ریشک ها ابتدا طلایی و بعد قهوه ای رنگ می

شود.





● معرفی کتاب

بیولوژی، فیزیولوژی و بیولوژی مولکولی علف‌های هرز

سحر افضلی | دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

کتاب بیولوژی، فیزیولوژی و بیولوژی مولکولی علف‌های هرز تألیف میتیلا جوکولام و با ترجمه دکتر روح‌اله نادری (دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز)، مهندس لیل سلیمان‌پور (دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه تهران) و دکتر محسن عدالت (دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز) در سال ۱۳۹۹ توسط انتشارات دانشگاه تهران به چاپ رسیده است. این کتاب در ۲۷۴ صفحه و یازده فصل تدوین شده است.

در پیش‌گفتار این کتاب می‌خوانیم:

علف‌هرز اگر چه علم جدیدی است، ولی یکی از رشته‌های مهم و اساسی زراعت می‌باشد. نوآوری‌ها و پیشرفت‌های انجام شده در این زمینه، تأثیر بزرگی بر تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان داشته است. تا قرن نوزدهم، کشاورزان برای کنترل علف‌های هرز عمدتاً متکی به روش‌های زراعی یا مکانیکی بودند. با کشف علف‌کش‌های مصنوعی، کنترل شیمیایی علف‌های هرز تبدیل به روشی مهم و ضروری در کشاورزی شده است. همراه با پذیرش سریع و افزایش استفاده از روش کنترل شیمیایی علف‌های هرز، پیشرفت قابل توجهی در آگاهی از زیست‌شناسی و اکولوژی علف‌های هرز صورت گرفت، که سهم قابل ملاحظه‌ای در مدیریت علف‌های هرز و در نتیجه پیشرفت استثنایی در تولید محصولات کشاورزی داشت. در حالی که تلفات محصولات کشاورزی ناشی از رقابت علف‌های هرز کاهش یافته است، اما استفاده از کنترل شیمیایی برای علف‌های هرز و در نتیجه انتخاب علف‌کش موجب تکامل مقاومت به علف‌کش در علف‌های هرز شده است.

در اواسط دهه ۱۹۰۰ با معرفی فناوری مقاومت به علف‌کش، کنترل علف‌هرز در بسیاری از سامانه‌های زراعی کارآمدتر نیز شد. پذیرش فوری و سریع این فناوری در کشورهایی مانند ایالات متحده آمریکا، استرالیا، آرژانتین و برزیل موجب استفاده گسترده و انحصاری از یک نحوه عمل علف‌کش مانند گلایفوسیت شده است. در نتیجه، تعدادی از گونه‌های علف‌هرز دارای اهمیت اقتصادی نیز به گلایفوسیت

مقاومت پیدا کرده‌اند، که استفاده پایدار از این علف‌کش برای مدیریت علف‌های هرز را در بسیاری از کشورها به خطر می‌اندازد. در حال حاضر، مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش یکی از موضوعات مطرح در کشاورزی است که توجه زیادی افراد اعم از جوامع کشاورزی تا دانشگاه‌ها و سیاست‌گزاران را به خود جلب کرده است.

تعدادی از کتاب‌های علوم علف‌هرز در حوزه‌های زیست‌شناسی، اکولوژی و مدیریت علف‌هرز منتشر شده‌اند. در این کتاب تلاش شده است که پیشرفت‌های جدید در حوزه‌های زیست‌شناسی، اکولوژی، فیزیولوژی و زیست‌شناسی مولکولی علف‌های هرز به صورت همه جانبه مورد بررسی قرار گیرند، که آخرین و مهمترین پیشرفت‌های صورت گرفته در این زمینه‌ها را در اختیار خوانندگان قرار می‌دهد. این کتاب به ۱۱ فصل تقسیم می‌شود.

فصل اول، اطلاعاتی در مورد اهمیت علف‌های هرز در کشاورزی و تاریخچه کنترل علف‌هرز ارائه می‌کند. اطلاعاتی در زمینه مراحل اولیه تحقیق در علوم علف‌هرز و چگونگی ظهور آن به‌عنوان یک رشته مهم کشاورزی نیز ارائه می‌شود.

فصل دوم، یک بررسی از پویایی بانک بذر علف‌های هرز و اهمیت آن بر هجوم علف‌های هرز فراهم می‌کند. یک رویکرد تلفیقی که روش‌های شیمیایی، زراعی و مکانیکی را برای مدیریت بانک بذر علف‌های هرز به کار می‌گیرد نیز بحث می‌شود.

فصل سوم، در این فصل عوامل فیزیولوژیک و محیطی مؤثر بر جوانه‌زنی و ظهور بذر علف‌هرز مورد بررسی قرار می‌گیرند. اطلاعات اساسی در مورد زیست‌شناسی و خواب بذر گونه‌های مختلف علف‌هرز و همچنین رفتار آن‌ها در شرایط محیطی مختلف بررسی می‌شود.

فصل چهارم، بررسی جامعی از راهکارهای شیمیایی، زراعی و مکانیکی کنترل علف‌هرز به کار گرفته شده در سامانه‌های زراعی مختلف در سراسر جهان، با تأکید بر برخی از آخرین روش‌های تلفیقی است که می‌توانند برای دستیابی به کنترل حداکثری جمعیت‌های علف‌هرز مشکل‌آفرین مورد استفاده قرار گیرند.

فصل پنجم، مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش در این فصل ارائه می‌شود و یک بررسی از مراحل مختلف تکامل مقاومت به علف‌کش در طول سال‌ها ارائه می‌شود. علاوه بر این، مکانیسم‌های مسئول مقاومت به علف‌کش به همراه فرصت‌های تحقیقاتی آینده و روش‌های جدید مدیریت راهبردی تکامل مقاومت به علف‌کش نیز بحث می‌شوند.

فصل ششم، این فصل به اهمیت و توانایی جریان ژن بین گونه‌ای در گسترش مقاومت می‌پردازد. در این زمینه، صفات مقاومت به علف‌کش برخی از گیاهان زراعی مهم، توزیع و شیوع خویشاوندان وحشی آن‌ها به‌طور خلاصه بیان می‌شود.

فصل هفتم، در این فصل ایمن‌کننده‌های علف‌کش و نقش آن‌ها در انتخاب‌پذیری گیاه زراعی به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد. این فصل بر توسعه ایمن‌کننده‌های علف‌کش برای استفاده تجاری در فناوری کنترل علف‌هرز شیمیایی تأکید دارد. همچنین اطلاعات حال حاضر و جامعی در زمینه مسیرهای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی دخیل در مکانیسم عمل ایمن‌کننده‌های علف‌کش فراهم می‌کند.

فصل هشتم، تاریخچه و وضعیت فعلی مقاومت متابولیکی به علف‌کش‌ها در گیاهان زراعی و علف‌های هرز را ارائه می‌کند. این فصل، نقش سیتوکروم P450، گلوکاتایون اس ترانسفراز و دیگر آنزیم‌ها در مقاومت متابولیکی گیاهان زراعی و همچنین برخی از پیشرفت‌های اخیر در مطالعه مقاومت غیر مکان هدف در گونه‌های علف‌هرز را بررسی می‌کند.

فصل نهم، مکانیسم‌های مسئول تکامل مقاومت مکان هدف در علف‌های هرز را مورد بررسی قرار می‌دهد. اطلاعات فعلی در زمینه مکانیسم‌های بیوشیمیایی و اساس مولکولی مقاومت مکان هدف در گونه‌های علف‌هرز دیپلوئید و پلی‌پلوئید به‌طور خلاصه ارائه می‌شوند.

فصل دهم، بر بزرگنمایی ژن به‌عنوان یک مکانیسم مقاومت مکان هدف در علف‌های هرز تأکید دارد و کاربردهای ابزارهای سیتوژنتیک مولکولی برای مشخص کردن برخی از مکانیسم‌های پیچیده مقاومت به علف‌کش در سطح کروموزوم در گونه‌های علف‌هرز را مورد بررسی قرار می‌دهد.

فصل یازدهم، به بررسی حوزه زیست‌شناسی مولکولی و ژنومیک در علوم علف‌هرز می‌پردازد. این فصل اطلاعاتی در مورد روش‌های ژنومیک ارائه می‌کند که می‌تواند برای افزایش آگاهی ما از صفات پیچیده‌ای که علف‌های هرز را قادر به سازگاری و بقا در محیط‌های مختلف می‌سازد، به کار گرفته شود.

به‌طور کلی، انتظار می‌رود این کتاب برای افرادی که در دانشگاه یا صنایع کشاورزی در حال فعالیت هستند، جالب توجه باشد. همچنین این کتاب به‌عنوان منبع مرجع برای جوامع علوم علف‌هرز یا حفاظت گیاهی دارای اهمیت بسیار است. مهم‌تر این که این کتاب برای دانشجویان کارشناسی و فارغ‌التحصیل در رشته زراعت ارزشمند خواهد بود.

● شناسایی لاین‌های بازگردان باروری و نرعیقیم کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از نشانگرهای ملکولی



**طرح پژوهشی برگزیده دانشگاهی سال ۱۳۹۹ وزارت علوم،
تحقیقات و فناوری، در پانزدهمین نشست مدیران ارتباط با جامعه
و صنعت دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی کشور**

● دکتر ولی اله محمدی

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

پژوهشگران بخش دانه‌های روغنی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج صورت گرفته است که تاکنون منجر به تولید هیبرید نشده است.

یکی از مهم‌ترین اجزای برنامه به‌نژادی برای تولید هیبرید، شناسایی لاین‌هایی است که حاوی ژن بازگردان باروری هستند. در روش کلاسیک، شناسایی لاین‌های بازگردان (restorer) از طریق تلاقی با لاین‌های نرعیقیم و بررسی نتایج صورت می‌گیرد که زمان‌بر و دشوار بوده و همان‌طور که گفته شد گاهی اوقات موفقیت‌آمیز نیست. استفاده از نشانگرهای ملکولی برای تشخیص ژن بازگردان در مرحله گیاهچه در کاهش زمان برنامه به‌نژادی و حذف سریع لاین‌های فاقد ژن بازگردان باروری و در نتیجه افزایش سودمندی برنامه به‌نژادی بسیار مؤثر خواهد بود.

هدف نهایی پژوهش حاضر، یافتن نشانگرهای ملکولی مطمئن برای تشخیص ژنوتیپ‌هایی است که قابلیت تبدیل شدن به لاین‌های بازگردان باروری بتواند در برنامه‌های تولید رقم هیبرید کلزا را دارند. تاکنون نشانگرهای مختلفی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که یکی از آن‌ها مناسب تشخیص داده شده است که می‌تواند برای غربالگری مواد گیاهی حامل ژن بازگردان باروری مورد استفاده قرار گیرد. شناسایی نشانگرهای بیشتر، در دست انجام است. به‌علاوه در این پژوهش به‌منظور ایجاد رقم هیبرید، یک لاین بازگردان باروری با هفت لاین نرعیقیم تهیه شده توسط پژوهشگران مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر تلاقی داده شده‌اند. هیبریدهای حاصله در مزرعه کشت شده و در حال ارزیابی هستند که امید می‌رود از میان آن‌ها بتوان به رقم هیبرید ایرانی دست یافت.

امنیت غذایی یکی از ارکان مهم ثبات در هر کشور است. دانه‌های روغنی پس از غلات دومین گروه ذخایر غذایی جهان به‌شمار می‌روند. این محصولات علاوه بر دارا بودن ذخایر غذایی اسیدهای چرب، حاوی پروتئین نیز هستند. در حال حاضر روغن و دانه‌های روغنی یکی از اقلام عمده وارداتی کشور ایران می‌باشند. بنا بر آمار و گزارشات، سالانه ۴/۴ میلیارد دلار صرف واردات روغن و دانه‌های روغنی، بذر و کنجاله به کشور می‌شود که ۱/۶ آن مربوط به واردات بذر و یا والدین آنهاست.

میزان تولید روغن کشور در سال ۱۳۴۰ حدود ۲۸ هزار تن بوده و برای تأمین نیاز مصرفی ۴۰ هزار تنی، حدود ۱۲ هزار تن روغن وارد کشور می‌شد. بنابراین ایران در آن سال‌ها حدود ۷۶/۱ درصد خودکفایی در تولید روغن داشته است. مصرف سرانه روغن نباتی در ایران در سال ۱۳۴۰ حدود ۲/۵ کیلوگرم بوده است. با تغییر فرهنگ غذایی و ترویج مصرف روغن نباتی به جای روغن‌ها و چربی‌های حیوانی، مصرف سرانه روغن نباتی سیر صعودی پیدا کرد به‌طوری‌که این سرانه در دهه ۱۳۵۰ به حدود ۵ کیلوگرم، در دهه ۱۳۶۰ به حدود ۸ کیلوگرم و در سال‌های اخیر به بیش از ۲۰ کیلوگرم نیز رسیده است. طبق آمارهای اعلامی از سوی سازمان‌های بین‌المللی، میانگین جهانی مصرف روغن حدود ۱۲ کیلوگرم است. ایران سالانه نیازمند بیش از ۱/۵ میلیون تن روغن نباتی و همچنین ۲/۵ میلیون تن کنجاله جهت تأمین بخشی از خوراک دام و طیور خود می‌باشد. تأمین این حجم از روغن و کنجاله با ترکیب دانه‌های روغنی رایج در کشور (کلزا، سویا، آفتابگردان روغنی و گلرنگ) نیازمند بیش از ۴ میلیون تن دانه در سال است، درحالی‌که حداکثر تولید این گیاهان مربوط به سال ۱۳۸۶ و کمتر از ۵۳۰ هزار تن می‌باشد. متأسفانه بیش از ۹۰ درصد خوراکی کشور وارداتی است.

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. پس از سویا و نخل روغنی سومین منبع مهم تولید روغن نباتی جهان است. نقش کلزا در تأمین روغن خوراکی، تأمین کنجاله دام و توسعه صنعت زنبورداری و خصوصیات مطلوبی مانند سازگاری با شرایط مختلف آب و هوایی، ارزش تناوبی بالا، داشتن ژنوتیپ‌های بهاره و پاییزه، عملکرد بالا و کیفیت روغن، مقاومت به کم‌آبی، شوری و سرما، ارزش تناوبی زیاد، مقاومت نسبی به بافت خاک و قابلیت بالا برای رقابت با علف‌های هرز، کلزا را تبدیل به کلید خودکفایی نسبی کشور در روغن خوراکی نموده است. سطح زیر کشت کلزا در جهان ۳۵ میلیون هکتار و متوسط عملکرد این گیاه حدود دو تن در هکتار است. کانادا، اروپای غربی، چین، استرالیا و هند عمده‌ترین مناطق تولید کلزا در جهان هستند.

حدود ۸۰ درصد بذر کلزای کشور ارقام هیبرید و ۲۰ درصد ارقام آزادگرده افشان هستند. متأسفانه همه ارقام هیبرید کلزای کشور وارداتی هستند که مستقیماً بذر یا والدین پدری و مادری آن‌ها هر ساله با پرداخت مبالغ هنگفت از کشورهای خارجی مانند استرالیا وارد می‌شوند. در این راستا تلاش‌های بسیاری از سوی





WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

● معرفی دانشگاه واخنینگن هلند

لیلا سلیمانپور دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



یکی از مهم‌ترین دانشگاه‌های دنیا که در زمینه علوم کشاورزی و منابع طبیعی فعالیت دارد دانشگاه واخنینگن هلند است که در سال ۱۹۱۸ در شهر واخنینگن هلند تأسیس گردید. در این مقاله سعی شده است یک بررسی اجمالی از دانشگاه واخنینگن و فعالیت‌هایی که در حوزه کشاورزی در این دانشگاه در حال انجام است ارائه شود. واخنینگن تنها دانشگاه در هلند است که به‌طور خاص بر روی موضوع «غذای سالم و محیط زندگی» تمرکز دارد. این کار با همکاری نزدیک با دولت و فعالان مشاغل و صنایع مختلف انجام می‌شود.

رتبه‌بندی جهانی

دانشگاه واخنینگن در بین دانشگاه‌های کشور هلند رتبه اول را به خود اختصاص داده است. همچنین دانشگاه واخنینگن در سال ۲۰۲۱ بر اساس رتبه‌بندی‌های QS، Times و Shanghai به ترتیب در رتبه‌های ۶۲، ۱۱۵ و ۱۵۱ قرار دارد.

<https://www.shortcoursesportal.com/universities/77/wageningen-university-and-research.html#OrganisationRanking>

تعداد دانشجویان

در شکل ۱ تعداد دانشجویان شاغل و فارغ‌التحصیل دانشگاه واخنینگن به تفکیک مقاطع تحصیلی از سال تحصیلی ۲۰۱۶-۲۰۱۷ تا سال ۲۰۲۰-۲۰۱۹ نشان داده شده است.

شکل ۱- آمار دانشجویان دانشگاه واخنینگن از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰

	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
Number of enrolled students	11,278	12,000	12,439	12,847
Bachelor's students	5,298	5,655	5,902	5,928
Master's students	5,480	5,822	6,105	6,409
Other enrolments	500	523	432	510
Influx of first-year students	2,962	2,977	3,003	2,923
Bachelor's	1,655	1,711	1,744	1,629
Master's	1,307	1,266	1,259	1,294
Number of graduates ¹	2,946	3,190	3,323	
Bachelor's	1,095	1,162	1,268	
Master's	1,851	2,028	2,055	
Number of student nationalities	103	106	106	102
Percentage of international students				
Bachelor's students	3	3	3	5
Master's students	40	40	38	36



مقاطع تحصیلی

کارشناسی: این دانشگاه ۱۹ رشته در مقطع کارشناسی دارد که ۶ مورد آن به زبان انگلیسی ارائه می‌شود: ۱- علوم دامی، ۲- علوم محیط زیست، ۳- تکنولوژی تغذیه، ۴- مدیریت زمین و آب، ۵- اتمسفر، آب، خاک و ۶- گردشگری. کارشناسی ارشد: در مقطع کارشناسی ارشد رشته‌های زیادی در دانشگاه ارائه می‌شود از جمله: اگرواکولوژی، علوم دامی، زیست‌شناسی، بیوانفورماتیک، بیوتکنولوژی، مطالعات اقلیمی، زمین و محیط زیست، امنیت غذایی، تکنولوژی آب، مدیریت و کاربردهای اطلاعات جغرافیایی، تغذیه و سلامت و غیره. برای مشاهده لیست کامل این رشته‌ها به آدرس سایت زیر مراجعه نمایید.

<https://www.wur.nl/en/education-programmes/master.htm?bc-campagne70-msc-var-msc>

دکتری: دوره‌های دکتری دانشگاه واخنینگن در ۶ دانشکده تحصیلات تکمیلی ارائه می‌شوند:

۱- Experimental Plant Sciences (EPS) (علوم گیاهی تجربی)

برنامه‌های تحقیقاتی: زیست‌شناسی تکوینی گیاهان، برهم‌کنش گیاهان و عوامل زیستی، متابولیسم و سازگاری، زیست‌شناسی ژنوم.

<https://www.graduateschool-eps.info>

۲- Production Ecology and Resource Conservation (PE&RC) (اکولوژی تولید و حفظ منابع)

برنامه‌های تحقیقاتی: زیست‌شناسی سیستم‌ها، برهم‌کنش‌های زیستی / جغرافیایی و تنوع زیستی، سیستم‌های سازگاری پیچیده، طبیعت نوآورانه.

<https://www.pe-rc.nl>

۳- Advanced studies in Food Technology, Agro-Biotechnology, Nutrition and Health Sciences (VLAG) (مطالعات پیشرفته

در تکنولوژی تغذیه، بیوتکنولوژی کشاورزی، علوم تغذیه و سلامت)

برنامه‌های تحقیقاتی: علوم غذایی، علوم بیومولکولی، علوم زیستی، علوم تغذیه.

<http://www.vlaggraduateschool.nl>

۴- Wageningen School of Social Sciences (WASS) (دانشکده علوم اجتماعی واخنینگن)

برنامه‌های تحقیقاتی: ۱- اختلافات: فقر، ثروت و توزیع ۲- تولید و مصرف مسئولانه: پایداری، سلامت و کیفیت ۳- منابع طبیعی و محیط زیست: تعارضات، رقابت و همکاری ۴- دانش در جامعه: رقابت، مرزها و پل‌ها.

<http://www.wageningenur.nl/wass>

۵- Wageningen Institute of Animal Sciences (WIAS) (مؤسسه علوم دامی واخنینگن)

برنامه‌های تحقیقاتی: WIAS به تحقیقات بنیادی و استراتژیک می‌پردازد و آموزش‌های لازم در زمینه حیوانات مرتبط با اجتماع، اعم از حیوانات تجاری مانند احشام و ماهی، حیوانات آزمایشی مانند ماهی زبرا و موش، تا حیوانات همراه و دام‌های آزاد (وحشی) را برای محققان جوان فراهم می‌آورد.

<http://www.wias.nl>

۶- Wageningen Institute for Environment and Climate Research (WIMEK) (مؤسسه تحقیقات محیط زیست و اقلیم واخنینگن)

برنامه‌های تحقیقاتی: آلاینده‌ها و مواد مغذی محیطی، فرآیندهای زیست‌محیطی و پویایی اکوسیستم، تغییر محیط زیست جهانی و منطقه ای، توسعه پایدار و تغییرات اجتماعی: بازیگران، نهادها و دولت، تحلیل‌های مکانی.

<http://www.wimek.wur.nl>

نکته: متقاضیان تحصیل در دانشگاه واخنینگن توجه داشته باشند که مخارج زندگی در شهر واخنینگن به طور متوسط حدود ۱۰۰۰ یورو در ماه می‌باشد.

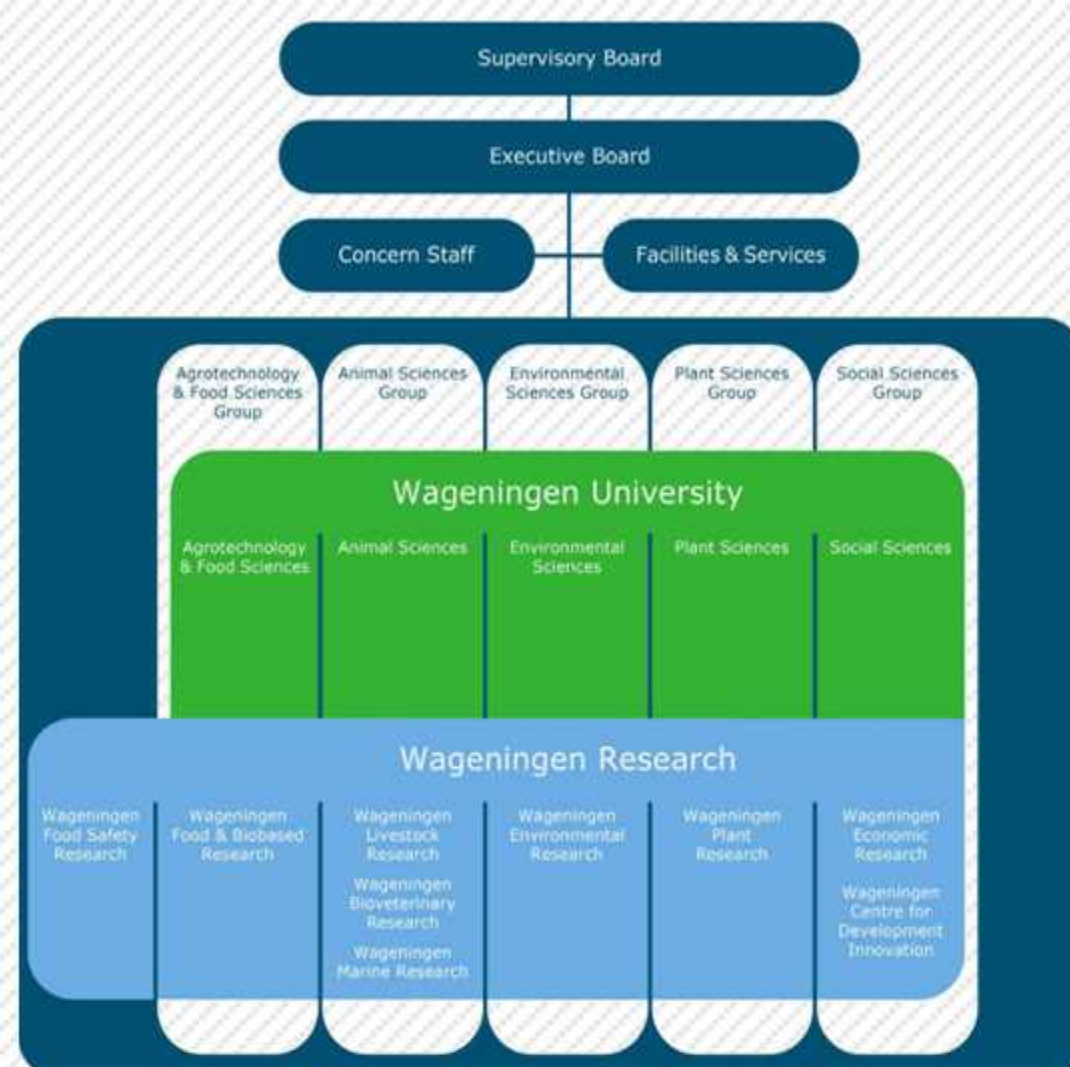
تجهیزات و امکانات

دانشگاه واخنینگن دارای پیشرفته‌ترین و به روزترین تجهیزات لازم در حوزه کشاورزی و منابع طبیعی از جمله تصویربرداری‌های میکروسکوپی، اسپکترومتری پیشرفته، توالی‌یابی نسل بعدی و غیره می‌باشد و آن‌ها را با پژوهشگران تمام سازمان‌ها به اشتراک می‌گذارد. برای مطالعه بیشتر به آدرس زیر مراجعه فرمایید.

<https://www.wur.nl/en/Value-Creation-Cooperation/Facilities/Wageningen-Shared-Research-Facilities/Our-facilities.htm>

ساختار سازمانی

دانشگاه واخنینگن و مؤسسه تحقیقاتی واخنینگن به صورت مشترک مرکز تحقیقاتی دانشگاهی واخنینگن (Wageningen University & Research) را به وجود آورده‌اند و با یکدیگر همکاری دارند. ساختار سازمانی آن‌ها در شکل ۲ نمایش داده شده است. همکاری آن‌ها به صورت سازمانی، بنیادی و اجرایی است که با ادغام نیروها، موجب افزایش اثربخشی و کیفیت تحقیقات و آموزش می‌شود.



شکل ۲- نمودار سازمانی Wageningen University & Research

آمار مالی دانشگاه واخنینگن

در شکل ۳ آمار و اطلاعات مالی مربوط به دانشگاه واخنینگن از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ به تصویر کشیده شده است و در شکل ۴ پیش‌بینی‌های انجام شده تا سال ۲۰۲۴ ارائه شده است.

	2016	2017	2018	2019
Government funding excluding targeted subsidies	182.4	189.9	202.5	226.4
Tuition and tuition fees ¹⁾	32.3	36.9	37.8	38.1
Research funding and targeted subsidies	28.3	28.6	32.2	34.3
Matching market and contract research	60.1	59.1	60.0	64.1
Investments in buildings and land	4.0	3.7	6.4	17.7
Investments in other tangible assets	12.3	9.5	11.3	15.4
Net result	-2.5	13.2	27.6	20.0
Wageningen University capital				
Capital invested in fixed assets	258.7	247.4	238.0	248.1
Equity capital	151.2	164.4	192.0	212.1
Total capital	353.1	348.0	369.6	405.3
Solvency ratio (%)	42.8	47.3	51.9	52.3
Liquid assets Wageningen University				
Liquid assets	44.9	53.9	88.9	114.2
Current ratio	0.5	0.6	0.8	0.9

¹⁾ Excluding course fees.

شکل ۳ - آمار و ارقام مالی مربوط به دانشگاه واخنینگن (میلیون یورو) از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹
(Wageningen University 2019 Annual Financial Report)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Direct government funding (in € millions)	226.4	237.4	242.9	255.5	258.0	261.4
Tuition fees (in € millions)	38.1	40.9	40.4	39.9	40.3	40.6
Direct government funding and research funding (including targeted subsidies) (in € millions)	98.5	99.3	99.3	99.3	99.3	99.3
Investments (gross € millions)	32.7	50.9	64.3	25.8	33.3	20.9
Average number of employees (FTE) and allocation	3,005	3,323	3,449	3,501	3,503	3,531
Support staff (%)	5.1	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
Overhead staff (%)	17.1	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9
Primary staff (%)	77.8	78.2	78.2	78.2	78.2	78.2
Number of enrolled BSc and MSc students	12,337	12,666	12,914	13,147	13,330	13,474
Number of PhD degrees obtained	293	290	288	288	295	307
Net result excl. valorisations (in € millions)	20.0	2.0	-7.9	-7.2	-6.7	-7.9
Net result incl. valorisations (in € millions)	20.0	2.0	6.4	-2.9	-5.9	-4.0
WU EQUITY CAPITAL						
Capital invested in fixed assets (in € millions)	248.1	276.4	315.7	314.0	319.2	312.0
Internal capital (in € millions)	212.1	215.1	221.5	218.6	212.7	208.7
Total capital (in € millions)	405.3	411.8	408.1	405.2	399.3	395.3
Solvency ratio (%)	52.3	52.2	54.3	53.9	53.3	52.8
WU LIQUIDITY						
Liquid assets (in € millions)	114.2	90.0	50.3	49.1	38.0	41.2
Current ratio	0.88	0.74	0.54	0.53	0.47	0.48

شکل ۴ - آمار و ارقام مالی مربوط به دانشگاه واخنینگن (میلیون یورو)، پیش‌بینی برای چند سال آینده (Wageningen University 2019 Annual Financial Report)

دوره‌های آموزشی، فعالیت‌ها و پروژه‌های مهم

دوره‌های آموزشی مختلفی در دانشگاه واخنینگن به صورت آنلاین، حضوری و مدارس تابستانه (Summer School) در حال اجرا می‌باشد. لیست کامل این دوره‌ها در آدرس زیر قابل دسترسی است.

<https://www.wur.nl/en/Education-Programmes/courses-for-professionals.htm>

یکی از فعالیت‌های مهمی که در حال انجام در این دانشگاه می‌باشد پروژه (Voting with your fork: a healthy and sustainable food system for the Netherlands) است. محققان دانشگاه واخنینگن در حال همکاری با کشاورزان و سازمان‌های زیست‌محیطی هستند تا بتوانند چشم‌اندازی از آنچه سیستم غذایی هلند در سال ۲۰۵۰ خواهد داشت را ارائه دهند. در این سیستم کشاورزان فقط محصولاتی که برای مصارف انسانی لازم هستند را کشت می‌کنند و دام‌ها فقط ضایعات و علوفه را می‌خورند. در این راستا، شهروندان نیز به طور فعال درگیر می‌شوند، به عنوان مثال در شورای غذا (food councils) مشارکت دارند. مصرف‌کنندگان برای گام نهادن در این مسیر می‌توانند از امروز با استفاده بیشتر از محصولات محلی و گیاهی آغاز کنند. هدف بر این است که در سال ۲۰۵۰ در هلند بیشتر از مواد غذایی گیاهی استفاده شود، ضایعات غذا دیگر وجود نداشته باشند، تبلیغات غذاهای ناسالم ممنوع خواهد بود، در مزارع از کشت مخلوط گیاهان مختلف استفاده خواهد شد و دانش‌آموزان در مدارس در این زمینه آموزش خواهند دید. تیم تحقیقاتی پروفیسور Imke de Boer، از پیشگامان این پروژه هستند. در شکل ۵ تصویری جامع از پروژه ارائه شده است. برای مطالعه بیشتر در این زمینه می‌توانند به لینک زیر مراجعه نمایند.

https://weblog.wur.eu/spotlight/voting-with-your-fork-a-healthy-and-sustainable-food-system-for-the-netherlands/?_gl=1*dptlt1*_ga*NDY3Njg1NzA2LjE1MTc2ODU3NDk.*_ga_6HNZJY4K0M*MTYwODUzOTM0OS4yLjEuMTYwODUzOTM3My4zNg..&_ga=2.142909169.597728062.1608539350-467685706.1517685749



شکل ۵- تصویر طرح کلی پروژه



● طرح مزرعه نمایشی شرکت نگین سبز برنا و مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

به منظور آموزش، ترویج و آشنایی بهتر دانشجویان و کشاورزان با ارقام داخلی و خارجی برخی از گیاهان زراعی، در تابستان سال ۱۳۹۸ جلسه‌ای با حضور جناب آقای دکتر جهانسوز (مدیر محترم مزرعه) و آقای مهندس کلبادی (مدیرعامل شرکت نگین سبز برنا)، تشکیل شد. شرکت مذکور به عنوان بخش خصوصی، با سابقه یک دهه فعالیت مؤثر در سطح ملی و بین المللی در زمینه توسعه فناوری ارقام پیشرفته و استراتژیک زراعی، تولید و تأمین انواع بذر، مشاوره و آموزش اصول به زراعی به کشاورزان، کشت و صنعت‌های مختلف، ایجاد صنایع و روش‌های نوین تولید علوفه در کشور ایران، به ثبت رسیده است. از دستاوردهای مهم این شرکت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تأمین هفت درصد بذر ذرت کشور
- کشت دانه‌های روغنی و احیاء زنجیره تولید روغن نباتی داخلی
- معرفی ارقام جدید غلات به منظور افزایش کیفیت نان و آرد
- انتقال تکنولوژی نوین فرآوری علوفه و محصولات کشاورزی با ایجاد صنایع خشک‌کن
- نمایندگی انحصاری و منطقه‌ای از شرکت‌های اروپایی از قبیل شرکت Institute of Field and Vegetable Crops (کشور صربستان، نوویساد که تولید کننده انواع بذر کشاورزی با دارا بودن ۴۴۳ رقم ثبت شده در جهان)، شرکت اگروساوا (تولید کننده بذر از کشور صربستان)، شرکت Ekopatent plus (تولید کننده انواع محصولات کودی، آلی و ارگانیک)، شرکت AGROUNIK (تولید کننده انواع کودهای آلی و باکتریایی ثبت شده در اروپا).



در ۲۵ شهریور ۱۳۹۸، یک هکتار از اراضی دانشگاه آماده‌سازی و برخی از ارقام گیاهان زراعی با همکاری شرکت نگین سبز برنا و کارکنان مزرعه کشت شدند که شامل:

- ارقام دانه‌ای و زمستانه کلزا: خارجی (Zorica-NS ، Zlatna-NS ، NS-Ras) و داخلی (اکاپی)
 - ارقام دانه‌ای، بهاره و خارجی کلزا: (Jovana-NS) و ارقام داخلی و علوفه‌ای (Perašt)
 - ارقام خارجی یونجه: Banat-NS و Mediana-NS
- در اواسط مهر و آبان‌ماه نیز سایر ارقام گندم (بهاران، آزار، اوبالا، پانونیا، ان اس ۴۰ اس و سمونیدا)، جو (بهمن، نووسادسکی، رودنیک و نانیوس)، ماشک علوفه‌ای (نئوپلانتا، ماشک + گندم)، نخود علوفه‌ای (پایونیر، مراز، پایونیر + کلزا علوفه‌ای پرست، پایونیر + گندم)، گلرنگ (پرنیان، لانا رقم بدون خار و یونا رقم خاردار)، یولاف (NS-JADAR)، تریتیکاله (NS-ODISEY)، و چاودار (NS-SAVO)، کاشته شد. در طول فصل رشد جهت افزایش تولید محصولات کشت شده، مراحل داشت و برداشت با همکاری کارکنان مزرعه و شرکت نگین سبز برنا انجام شد. در نهایت در ۱۹ خرداد ۱۳۹۹ دستاوردهای طرح مزرعه نمایشی با برگزاری جشن روز مزرعه، در حضور جناب آقای دکتر گلدانساز (رئیس محترم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران)، جناب آقای دکتر جهانسوز (رئیس مزرعه) و مسئولین جهاد کشاورزی استان البرز، توسط مدیرعامل شرکت نگین سبز برنا به نمایش گذاشته شد. همچنین جهت آشنایی و ترویج توجه به استفاده از ارقام جدید، داخلی و خارجی، کلاس ترویجی با حضور محققین، مهندسين و کشاورزان پیش‌رو برگزار شد.



تصاویری از مزرعه نمایشی و ارقام کشت شده توسط شرکت نگین سبز برنا، ۲۷ فروردین ۱۳۹۹



انجمن علمی دانشجویی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران



فراخوان دریافت مقالات و مطالب علمی در نشریه علمی دانشجویی جوانه

محورها

معرفی فعالیت‌ها

معرفی اختراعات
نوآوری ملی و بین‌المللی
معرفی ترجمه و
نگارش کتاب

همراه با ارائه گواهی معتبر
همکاری با نشریه جوانه

مقالات علمی و کاربردی

کشاورزی پایدار
کشاورزی ارگانیک
تکنولوژی بذر
علوم علف‌های هرز
اکولوژی گیاهان زراعی
فیزیولوژی گیاهان زراعی
اصلاح نباتات
بیوتکنولوژی



@Anjomanzeraat@gmail.com

راه‌های ارتباطی جهت ارسال مطالب



@Anjomanzeraat



۰۲۶ ۳۲۲۲ ۷۴۱۴



۰۲۶ ۳۲۸ ۱۸۷۰



بسمه تعالی

موضوع: فراخوان دریافت مقالات و مطالب علمی در نشریه علمی دانشجویی جوانه

بدین وسیله به استحضار می‌رساند انجمن علمی دانشجویی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران آماده پذیرش و چاپ مقالات و مطالب علمی - ترویجی در نشریه جوانه (شماره هشت/ زمستان ۱۳۹۹) می‌باشد. لذا از اعضای محترم هیات علمی، دانشجویان مقاطع دکتری، کارشناسی ارشد و کارشناسی دانشگاه‌های کشور و فعالان صنایع مربوطه دعوت به عمل می‌آورد تا با توجه به محورهای ذکر شده در پوستر فراخوان، جهت ارسال مقالات، مطالب علمی و اخبار روز در زمینه گرایش‌های مختلف و مرتبط اقدام نمایند.

توضیحات:

- ۱- گواهی پذیرش و چاپ معتبر برای مقالات علمی ترویجی، مطالب علمی و غیره از سوی انجمن علمی دانشجویی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران و نشریه جوانه صادر می‌شود.
- ۲- مقالات علمی - ترویجی و مطالب علمی می‌بایست مطابق با شیوه‌نامه و راهنمای نویسندگان که در سایت نشریه بارگذاری شده است، تدوین و ارسال گردد.
- ۳- جهت ارسال مطالب فوق‌الذکر لازم است که ابتدا در سامانه نشریه جوانه به آدرس <http://Javanesj.ut.ac.ir> ثبت نام نموده و سپس نسبت به ارسال مقاله اقدام شود.

باتشکر

مهدی غفاری

سردبیر نشریه علمی دانشجویی جوانه



JAVANEH

Quarterly Journal of Student Association of Agriculture and Plant Breeding
Campus of Agriculture and Natural Resources University of Tehran

