

زیست شناسی ۸۷

www.roshdmag.ir

رشد

آموزش

فصل نامه آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی • دوره بیست و پنجم • شماره ۴ • تابستان ۱۳۹۹ • ۶۴ صفحه • ۵۵۰۰ ریال



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

ISSN: 1606-9153

● قدر مجموعه گل مرغ سحر داند و بس
● انتقال ژن در ماهیان
● پاسداری از حیات وحش



پروانه تازه کشف شده
(*Lithostege Samandooki*)

که نام یک معلم زیست‌شناسی را در خود دارد (سرمقاله را بخوانید).



آموزش زیست‌شناسی ۸۷

فصل‌نامه آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی ■ دوره بیست و پنجم ■ شماره ۴ ■ تابستان ۱۳۹۱



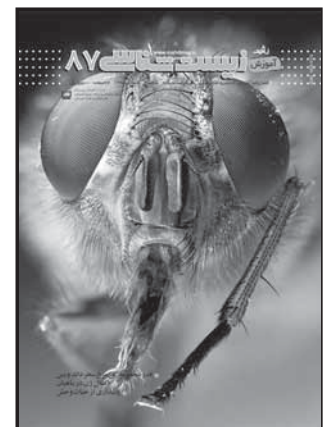
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک‌آموزشی

- ۲ سرمقاله / قدر مجموعه گل مرخ سحر داند و بس / سردبیر
- ۴ کدو کا / آنزیم ATP سنتتاز میتوکندریایی موتور مولکولی باشکوه / نظام جلیلیان
- ۷ کدو کا / دانشوران اسلامی و زیست‌شناسی / الهه علوی
- ۱۰ کدو کا / پاسداری از حیات وحش / محمد کرام‌الدینی
- ۱۴ کدو کا / مقایسه همانندسازی ژنوم اصلی و پلاسمید در باکتری‌ها / علی حیدر کمالوند
- ۱۶ کدو کا / تنفس نوری / سیدحسین خاتمیان
- ۲۱ کدو کا / انتقال ژن در ماهیان / سیدمرتضی ابراهیم‌زاده
- ۲۸ کدو کا / سیس پلاتین؛ زهر زندگی بخش / حمیرا ثقفی
- ۳۶ کدو کا / مهارت زیستی آفت‌های کشاورزی / مهناز بقایی‌نژاد
- ۴۳ آبروی / پاکسازی زیستی پلاستیک‌ها / شهره سلیمی
- ۵۰ پژوهش‌های دیران /
- ۵۲ آبروی / طرح درس سلول / مریم انصاری
- ۵۵ کدو کا / کودکی می‌رفت در ره می‌گریست / محمدکرام‌الدینی
- ۶۲ کوتاه و فوایدی / متابولیت‌های ثانویه گیاهان / صابر غیابی
- ۶۲ بازتاب /

● مدیرمسئول: محمد ناصری
● سردبیر: محمد کرام‌الدینی
● مدیر داخلی: الهه علوی
● هیئت تحریریه (به ترتیب الفبا):
دکتر عباس اخوان‌سپهی، سید علی آل‌محمد،
دکتر علیرضا ساری، نظام جلیلیان،
الهه علوی، دکتر شهریار غریب‌زاده و
دکتر حسین لاری یزدی
● طراح گرافیک: فریبا بندی
● نشانی پستی دفتر مجله:
تهران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
● تلفن: ۰۲۷-۸۸۸۳۱۶۰۹، داخلی ۲۷۷

● وبگاه: www.roshdmag.ir
● وبلاگ: www.roshdmag.ir/weblog/zistshenasi
● پیام‌نگار: zistshenasi@roshdmag.ir
mohammad@karamudini.com
● نشانی امور مشترکین: تهران - صندوق
صندوق پستی: ۱۶۵۹۵/۱۱۱
● تلفن: ۷۷۳۳۶۶۵۵-۷۷۳۳۶۶۵۶
● چاپ: شرکت افست
● شمارگان: ۷۰۰۰

- مجله رشد آموزش زیست‌شناسی، نوشته‌ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، به‌ویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشند، می‌پذیرد.
- مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته یا در صورت امکان تایپ شوند.
- محل قرار گرفتن شکل‌ها، جدول‌ها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیه مطلب نیز مشخص شود.
- نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه‌های علمی و فنی دقت لازم به کار رفته باشد.
- مقاله‌های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد.
- در متن‌های ارسالی، باید تا حد امکان از معادل‌های فارسی واژه‌ها و اصطلاحات استفاده شود.
- پی‌نوشت‌ها باید کامل و منابع شامل، نام نویسنده، نام مترجم، نام اثر، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه مورد استفاده باشد.
- مجله در رد، قبول، ویرایش و یا تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است.
- آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً تبیین نظر دفتر انتشارات کمک‌آموزشی نیست و مسئولیت پاسخ‌گویی به پرسش‌های خوانندگان، با شخص نویسنده یا مترجم است.
- مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شوند، معذور است.



پرنده مگس
Calliphora hirticornis

قدر مجموعه گل مرغ سحر داند و بس

قدر مجموعه گل مرغ سحر داند و بس
که نه هر کو ورقی خواند معانی دانست
سنگ و گل را کند از یمن نظر لعل و عقیق
هر که قدر نفس باد یمانی دانست
حافظ

با نویسنده مقاله تماس گرفتیم و خواستیم در این باره، یعنی علت این نام گذاری را بیشتر توضیح دهد. او دعوت ما را به گرمی پذیرفت و با قلمی شیوا یادداشتی تنظیم کرد و فرستاد. این است آن یادداشت: کتاب زیست‌شناسی سال دوم دبیرستان (نظام قدیم) را بسیار دوست داشتم، چون پر بود از مفاهیم پایه علم رده‌بندی موجودات زنده و تنوع‌زیستی. کتاب زیست‌شناسی سال دوم دبیرستان (نظام قدیم) بی‌گمان دوست‌داشتنی‌ترین کتاب همه دوران تحصیل بوده است. شاید به همین علت است که پس از ۱۷ سال، هنوز هم آن را در کتابخانه‌ام نگه داشته‌ام. نگارندگان کتاب که به زیبایی هرچه تمام‌تر، نگاهی خلاصه، اما دقیق به رده‌های مختلف موجودات زنده انداخته‌اند و توانسته‌اند با نشان دادن این همه تنوع در دنیای زنده، ذهن مرا به وجد آورند.

معلم زیست‌شناسی ما در آن شهر کوچک کویری، «ابراهیم سمندوک» نام داشت. او خود عاشق زیست‌شناسی و آموزش آن بود

در یکی از شماره‌های نشریه Zootaxa^۱ مقاله‌ای جالب^۲ دیدم که ترجمه عنوان آن چنین بود: «مروری بر گونه Lithostege Hubner از ایران و کشورهای همسایه، با توصیف دو گونه جدید از ایران و پاکستان^۳». آن چه در این مقاله جلب توجه می‌کرد و برای معرفی در این جا مناسب می‌نمود، نه فقط شرح کشف و توصیف گونه‌های جدیدی از پروانه‌ای در ایران، بلکه ذکر نام یک معلم زیست‌شناسی ایرانی در لایه‌لای نوشته‌های این مقاله بود.

این مقاله در واقع به دو گونه جدید، از جمله گونه‌ای به نام *Lithostege samandooki* اختصاص داشت و نویسندگان مقاله علت انتخاب این نام برای این گونه را چنین توضیح داده بودند: «نام این گونه به ابراهیم سمندوک پیشکش شده است که معلم زیست‌شناسی (دبیرستان) نویسنده اول این مقاله بوده است (۱۹۹۷-۱۹۹۳). این معلم هنوز در تایباد، از استان خراسان ایران فعالانه به آموزش زیست‌شناسی مشغول است^۴».



و این همه را می‌شد از برق نگاه‌های نافذش، کلام گرمش و طرح‌های زیبای رنگی‌اش بر تخته سیاه کلاس، فهمید. آن معلم و آن کتاب، در آن زمان مرا شیفته تنوع زیستی و علم سیستماتیک کردند. آن روز را هرگز از یاد نمی‌برم؛ سمندوک برایمان از شمار گونه‌های زنده و از اهمیت کشف گونه‌های جدید گفت. گفت که شناخت تنوع زیستی قدم اول در راه حفاظت از ذخایر ژنتیک است. او از اهمیت تحقیقات تاکسونومیست‌ها در زیست‌شناسی گفت و افزود که ۱/۵ میلیون گونه شناخته شده فقط بخش کوچکی از گونه‌های موجود بر کره زمین‌اند و بسا ده‌ها برابر این رقم هنوز ناشناخته باقی مانده‌اند. او همه این‌ها را گفت و در پی آن ذهن نوجوان من پرسش آغاز کرد...

خوب یادام هست که در واکنش به تعجب من از این که هنوز هم گونه‌های ناشناخته‌ای وجود دارند، گفت: «... شاید شما هم روزی بتوانید گونه‌ای جدید کشف کنید. آن وقت افتخار نام‌گذاری آن را نیز خواهید داشت و به این ترتیب نام شما به عنوان کاشف یک گونه جدید در تاریخ علم به ثبت خواهد رسید». ... و این پاسخ رویای ناتمام بسیاری از روزهای نوجوانی من شد.

اکنون ۱۷ سال از آن روزها می‌گذرد. بذری که سمندوک در دل آن نوجوان کاشت، اکنون به بار نشسته است. آن دانش‌آموز که آن روز عاشق و شیفته علم رده‌بندی شد، اکنون همه زندگی‌اش را وقف تنوع زیستی و مطالعه شب‌پره‌ها کرده و شادمان است که در آن روزها کسی بود که درس عاشقی به او بدهد. اکنون آرزوی آن روز سمندوک به بار نشسته و این دانش‌آموز قدیمی یکی از گونه‌هایی را که کشف کرده، به افتخار این معلم زیست‌شناسی‌اش به نام «ابراهیم سمندوک» نامگذاری کرده است.

نام و توصیف علمی این شب‌پره جدید بهانه‌ای است برای قدردانی یک شاگرد از یک معلم دوست‌داشتنی. هدیه‌ای است به آن معلم و به همه معلمان بزرگوار ایران زمین که به شاگردان‌شان درس عشق می‌دهند؛ به آنان که باور دارند که شاید در یکی از همین روزها چشمانی از شنیدن کلام نافذشان برق بزند و می‌دانند که آن برق نگاه نشانه یافتن راه است. باشد که تا توصیف و نام‌گذاری این گونه، نام معلمان دوست‌داشتنی را همان‌طور که در دل شاگردانشان جاودانه است، در تاریخ علم نیز جاودانه کند.

حسین رجایی

دانشجوی دکترای جانورشناسی و تنوع زیستی

دانشگاه بُن، آلمان

۱۲ نوامبر ۲۰۱۱

با خواندن این یادداشت به یاد موضوعی افتادم. البته درست یادام نیست چه کسی بود و چه موقع؛ فقط یادام است که یکی از زیست‌شناسان بزرگ جهان بود. از او پرسیدند چگونه به زیست‌شناسی علاقه‌مند شده است که او در پاسخ این سخنان را بر زبان راند: «... من در کودکی علاقه‌ای به زیست‌شناسی نداشتم؛ تا این که یک روز برادرم در حالی که قورباغه‌ای در دست داشت، وارد شد و پیشنهاد کرد که آن جانور را با هم تشریح کنیم. وقتی شکم آن را برش دادیم، از مشاهده اندام‌های داخلی بدن که با نظم و ترتیب خاصی در کنار هم چیده شده بودند، قلبی که در حال تپش بود و شش‌هایی که مرتب پر و خالی می‌شدند، شگفت‌زده شدم. در همان لحظه تصمیم گرفتم زیست‌شناس شوم...».

گاه یک نگاه، یک برخورد، یا یک اشاره کافی است تا مسیر زندگی را تغییر دهد، مشروط به آن که قبلاً زمینه‌های لازم کسب شده باشند. گاه یک جمله معلم کافی است تا دانش‌آموزی را تا ابد شیفته موضوعی کند، یا به‌عکس متنفر سازد.

روزهای طولانی تابستانی خوشی را برای شما آرزومندم. سردبیر

نام و توصیف علمی این شب‌پره جدید بهانه‌ای است برای قدردانی یک شاگرد از یک معلم دوست‌داشتنی. هدیه‌ای است به آن معلم و به همه معلمان بزرگوار ایران زمین که به شاگردان‌شان درس عشق می‌دهند؛ به آنان که باور دارند که شاید در یکی از همین روزها چشمانی از شنیدن کلام نافذشان برق بزند و می‌دانند که آن برق نگاه نشانه یافتن راه است

پی‌نوشت

1. Zootaxa 3105:1- 46 (2011)
2. Rajaci, H., Stuenkel, D. & Viidalepp, J., 2011, A review of the species of Lithostege Hubner, [1825] 1816 (Lepidoptera: Geometridae, Larentiinae), occurring in Iran and adjacent countries, with description of two new species from Iran and Pakistan. ZOOTAXA. 3105: 1- 46
3. A review of the species of Lithostege Hubner, [1825] 1816 (Lepidoptera: Geometridae, Larentiinae), occurring in Iran and adjacent countries, with description of two new species from Iran and Pakistan.
4. Etymology. The name of this species is dedicated to Ebrahim Samandook, teacher of biology (at high school) of the first author (1993- 1997). He is still active in teaching biology in Taybad, Khorasan- Iran.



آنزیم ATP سنتاز میتوکندریایی موتور مولکولی با شکوه

نظام جلیلیان
دبیر زیست‌شناسی خرمشهر

اشاره

این مقاله‌ای درباره آنزیم ای.تی.پی سنتاز و مکمل بحث تولید انرژی در میتوکندری هاست که در فصل هشتم کتاب درسی زیست‌شناسی سال چهارم به آن اشاره شده است.

مقدمه

مولکول‌های NADH و FADH_2 در زنجیره انتقال الکترون دچار اکسایش می‌شوند. سال‌ها چگونگی جفت شدن اکسایشی این مولکول‌ها با تولید ATP نامشخص بود، تا این‌که در سال ۱۹۶۱ محقق به نام پیترو میشل^۱ فرضیه شیمی اسمزی^۲ را برای توجیه آن ارائه داد. طبق این فرضیه، انتقال الکترون از طریق زنجیره تنفسی منجر به تلمبه شدن پروتون‌ها از ماتریکس میتوکندری به فضای بین دو غشای آن می‌شود، به‌طوری که pH ماتریکس به اندازه $1/4$ واحد کمتر از فضای بین دو غشا می‌شود. بنابراین، شیب الکتروشیمیایی در دو سوی غشای داخلی به‌وجود می‌آید. این شیب، نوعی نیروی محرکه پروتونی^۳ ایجاد می‌کند که توسط آنزیم ATP سنتاز ($\text{F}_1\text{F}_0\text{ATPase}$) برای سنتز ATP مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله به اختصار ساختار و نحوه عمل این آنزیم را مورد بررسی قرار خواهیم داد. این آنزیم با توجه به‌وجود کمپلکس‌های I تا IV در زنجیرت انتقال الکترون، گاه کمپلکس شماره پنج (V) نیز نامیده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ATP ، فرضیه شیمی اسمزی میشل، زنجیره انتقال الکترون.

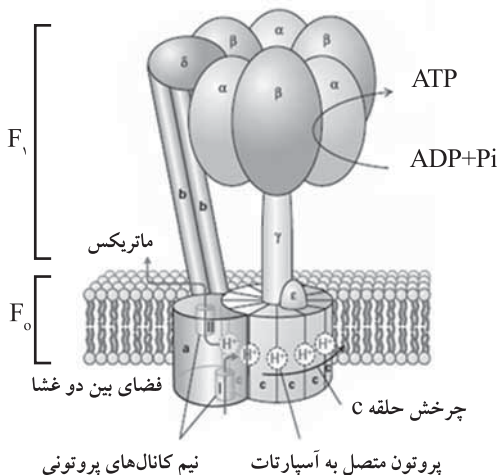
ساختار آنزیم ATP سنتاز

شده است و قسمت دیگر بخشی ایستاده یا ثابت است که زیرواحدهای α ، β ، δ و بخش هگزامر $\alpha_3\beta_3$ را شامل می‌شود. در اغلب یوکاریوت‌ها، تعدادی از زیرواحدهای این آنزیم توسط ژنوم هسته‌ای و تعدادی دیگر توسط ژنوم میتوکندریایی رمزدهی می‌شوند؛ اما در جاندارانی همچون جلبک‌های سبز، ژن‌های رمزگردان همه زیرواحدها در هسته قرار دارند.

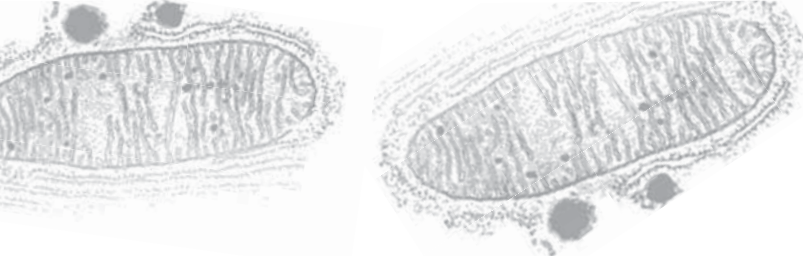
از نظر شکل ظاهری، آنزیم ATP سنتاز میتوکندریایی را می‌توان به تویی که بر سر میله‌ای قرار دارد تشبیه کرد. ناحیه میله مانند که زیرواحدهای F_0 نامیده می‌شود، درون غشای داخلی میتوکندری قرار گرفته است و کانالی برای عبور پروتون‌ها تشکیل می‌دهد (نشان‌دهنده حساسیت آن به اولیگومایسین است). اما قسمت توپ مانند که زیرواحدهای F_1 نام دارد به درون ماتریکس میتوکندری بیرون زده و سنتز ATP را به عهده دارد.

ساختار کلی آنزیم ATP سنتاز در سلول‌های مختلف مشابه، اما ترکیب زیرواحدهای آن متفاوت است. در ساده‌ترین شکل این آنزیم، بخش F_0 از سه نوع زیرواحدهای α ، β و c با نسبت ab_2c_8 و بخش F_1 از پنج نوع زنجیره پلی‌پپتیدی مختلف با نسبت $\alpha_3\beta_3\gamma\delta\epsilon$ تشکیل شده است. از زیرواحدهای تشکیل‌دهنده بخش F_1 فقط زیرواحدهای β توانایی سنتز ATP را دارند.

بخش‌های F_1 و F_0 آنزیم، از طریق دو زیرواحدهای α ، β و γ و δ به هم متصل شده‌اند. وقتی پروتون‌ها از طریق بخش F_0 آنزیم از فضای بین دو غشا به ماتریکس برمی‌گردند، زیرواحدهای c می‌چرخند. در این حالت، زیرواحدهای ϵ و γ نیز که محکم به واحدهای c متصل شده‌اند به چرخش درمی‌آیند؛ اما بخش هگزامر $\alpha_3\beta_3$ که از طریق زیرواحدهای δ و β به زیرواحدهای a متصل می‌شود ثابت باقی می‌ماند. بنابراین می‌توان گفت که آنزیم ATP سنتاز میتوکندریایی از دو قسمت عملکردی تشکیل شده است؛ یک قسمت آن چرخان یا حرکتی^۴ است که از زیرواحدهای c ، ϵ و γ تشکیل



شکل ۱: آنزیم ATP سنتاز ($\text{F}_1\text{F}_0\text{ATPase}$) و زیرواحدهای تشکیل‌دهنده آن.

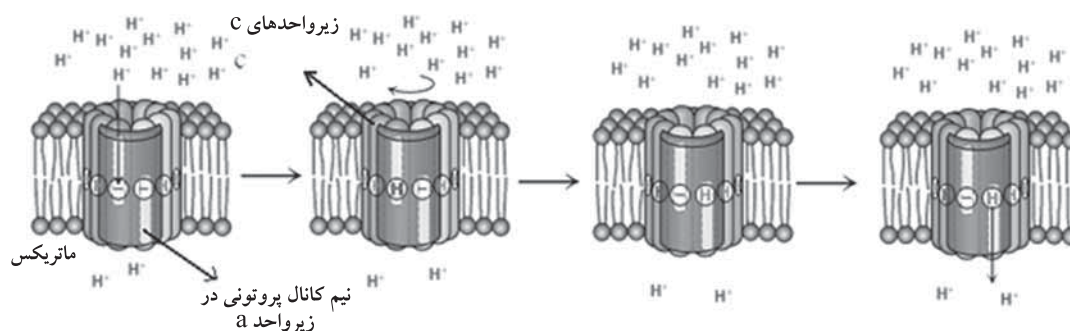


زیر واحد a به ماتریکس کم پروتون وارد شود. بنابراین هر پروتون برای عبور از غشای داخلی میتوکندری با کمک زیر واحدهای c و با حرکت کردن حول حلقه چرخان c از غشا عبور می‌کند.

نقش جریان پروتون در تولید ATP

نتایج مطالعات تبادل ایزوتوپ نشان می‌دهند که حتی در نبود نیروی محرکه پروتونی، آنزیم ATP سنتاز توانایی تولید ATP را دارد؛ اما این مولکول‌های ATP تا وقتی که پروتون‌ها از طریق بخش F_0 آنزیم به درون ماتریکس جریان نیابند، قادر به ترک جایگاه فعال آنزیم (زیر واحد β) نیستند. بنابراین نقش شیب پروتونی دو سوی غشای داخلی میتوکندری تشکیل ATP نیست، بلکه رها شدن ATP از آنزیم سنتاز است. براساس مطالعات صورت گرفته، پائول بویر^۶ مکانیسم اتصال - تغییر^۷ را که به وسیله پروتون‌ها پیش برده می‌شود، برای سنتز ATP پیشنهاد کرده است.

اگر از بالا به بخش F_1 آنزیم نگاه کنیم (شکل ۳) هگزامر $\alpha_3\beta_3$ همانند برش عرضی پرتقال دیده می‌شود که زیر واحدهای β و α به صورت یک در میان کنار هم قرار گرفته‌اند. در مرکز این برش، زیر واحد γ به صورت یک محور مرکزی قرار دارد. بر طبق پیشنهاد پائول بویر که توسط مطالعات بلورنگاری نیز تایید شده است، یک زیر واحد β می‌تواند



شکل ۲: حرکت پروتون در غشا، موجب چرخش حلقه c می‌شود.

سه ساختار فضایی مختلف کسب کند: ساختار فضایی سخت^۸ یا T که گرایش بالای نسبت به ATP دارد، به طوری که ADP و Pi متصل به آن به سرعت ATP تبدیل می‌شوند، اما از آن جدا نمی‌شود. ساختار فضایی شل^۹ یا L که با تمایل زیادی به ADP و Pi متصل می‌شود این ساختار نیز نمی‌تواند نوکلئوتید متصل شده را رها کند و ساختار فضایی باز^{۱۰} یا O که می‌تواند همراه با یک نوکلئوتید متصل شده به آن ساختاری شبیه به دو حالت قبل داشته باشد و یا این که نوکلئوتید متصل شده را رها کند. لازم به ذکر است که زیر واحدهای β از نظر توالی آمینواسیدی یکسان‌اند. این که یک زیر واحد β کدام ساختار فضایی را کسب کند بستگی به میانکشی آن با زیر واحد γ دارد. تبدیل این سه شکل با یکدیگر، به وسیله چرخش زیر واحد γ انجام می‌شود. با عبور سه پروتون از بخش F_0 آنزیم و انتقال آن‌ها به درون ماتریکس، زیر واحد γ به اندازه ۱۲۰ درجه در خلاف جهت عقربه‌های

نحوه عبور پروتون‌ها توسط بخش F_0

هر زیر واحد a از دو نیم کانال پروتونی تشکیل شده است، اما هیچ کدام از این نیم کانال‌ها به تنهایی همه غشا را طی نمی‌کنند؛ به این علت، هر پروتون برای انتقال پروتون از غشا باید پس از عبور از یک نیم کانال توسط عامل دیگری به نیم کانال دیگر منتقل شود. این عامل همان حلقه c است (شکل ۱). این حلقه از ۱۰ تا ۱۴ زیر واحد c شکل گرفته است. هر زیر واحد c از یک جفت مارپیچ آلفا تشکیل شده است که درون غشا جای دارند. در میانه یکی از مارپیچ‌ها یک بنیان آسپارتیک اسید ($Asp61$) وجود دارد که با توجه به ماهیت آب گریز غشای میتوکندری، خنثی یا پروتونه شده است. اما این بنیان در صورتی که در مجاورت نیم کانال‌های زیر واحد a قرار بگیرد، با توجه به محیط آب دوستی که در این نیم کانال‌ها وجود دارد، با از دست دادن پروتون، دارای بار منفی می‌شود و بنابراین دیگر نمی‌تواند درون غشا چرخش کند. البته این آسپارتیک اسید می‌تواند با گرفتن پروتون‌های درون ماتریکس و یا فضای بین دو غشا که به درون این نیم کانال‌ها وارد می‌شوند، مجدداً پروتونه و خنثی شود.

فرض کنید بنیان‌های آسپارتیک اسید مربوط به دو زیر واحد c که در تماس با نیم کانال‌های زیر واحد a هستند، پروتون‌های خود را از دست بدهند و بار آن‌ها منفی شود. با این اتفاق، این زیر واحدها

دیگر قادر نخواهند بود در محیط آب گریز غشا چرخش کنند، اما با گرفتن پروتون‌های درون ماتریکس و یا فضای بین دو غشا می‌توانند مجدداً پروتونه و خنثی شوند و به درون غشا بچرخند. با توجه به این که غلظت پروتون‌ها در فضای بین دو غشای میتوکندری بیش از ۲۵ برابر ماتریکس است، ورود پروتون به درون نیم کانالی که به سمت فضای بین دو غشا (سیتوزولی) قرار گرفته باشد، محتمل‌تر است. بنابراین، زیر واحدی از حلقه c که در مجاورت این نیم کانال سیتوزولی قرار دارد، با گرفتن پروتون خنثی می‌شود و در جهت عقربه‌های ساعت به سمت غشا می‌چرخد. با این چرخش دومین زیر واحد c دارای بار منفی که در مجاورت نیم کانال ماتریکسی قرار گرفته بود، به سمت نیم کانال سیتوزولی می‌گردد. از طرفی زیر واحد c دیگری که دارای آسپارتیک اسید پروتونه شده است، به سمت نیم کانال ماتریکس هدایت می‌شود. این بنیان، پروتون خود را از دست می‌دهد تا از طریق نیم کانال



عملکرد توأم این دو انتقال‌دهنده به تبادل ADP و P_i سیتوزولی با ATP ماتریکس منجر می‌شود که به هزینه ورود یک پروتون به ماتریکس انجام می‌گیرد. با این حساب برای ساخت هر مولکول ATP، به انتقال چهار پروتون از فضای بین دو غشا به درون ماتریکس نیاز خواهیم داشت. در زنجیره انتقال الکترون به ازای انتقال هر جفت الکترون $FADH_2$ و $NADH$ به ترتیب شش و ده پروتون به فضای بین دو غشا تلمبه می‌شود بدین ترتیب $1/5$ و $2/5$ مولکول ATP سیتوزولی به ازای اکسایش هر یک از ترکیبات فوق تولید می‌شود. آنزیم ATP سنتاز می‌تواند در هر ثانیه تا حداکثر ۱۰۰ مولکول ATP بسازد. بازده تبدیل انرژی این آنزیم نیز نزدیک به ۱۰۰ درصد است. محققان از این آنزیم به عنوان یک موتور مولکولی باشکوه یاد می‌کنند و آن را کوچک‌ترین موتور مولکولی جهان می‌دانند.

پی‌نوشت

1. Peter Mitchell
2. Chemiosmotic hypothesis
3. proton motive force
4. Rotates
5. Static
6. Paul Boyer
7. Binding- change mechanism
8. Tight
9. Loose
10. open

منابع

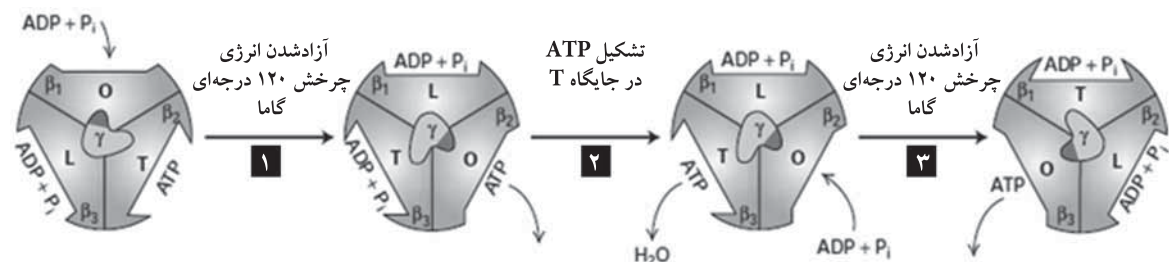
۱. لیننجر، ترجمه لیلا پروانه و همکاران، اصول بیوشیمی لیننجر، انتشارات ارجمند، ویرایش پنجم، (۲۰۰۸)
۲. امیری محمدحسین، زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، انتشارات فاطمی، چاپ اول، ۱۳۸۹
۳. ترجمه سعید امین‌زاده و...، بیوشیمی استرایر، جلد دوم، نشر خانه زیست‌شناسی، ویرایش پنجم، ۲۰۰۲
۴. رضا خدارحمی، بیوشیمی و بیوفیزیک متابولیسم، انتشارات نور دانش چاپ ۱۳۸۲
5. Scheffler, Immo E. Mitochondria. John Wiley & sons. 2008
6. Lodish, Harvey and et al. Molecular cell biology. Fifth edition. W. H. Freeman and Company. 2003.
7. Malgorzata Rak, Xiaomei Zeng, Jean-Jacques Briere, and Alexander Tzagoloff. Assembly of F. in Saccharomyces cerevisiae Biochim. Biophys Acta. 2009 January; 1793(1):108-116.

ساعت می‌چرخد. بنابراین، میانکنش آن با زیرواحدهای β دچار تغییر می‌شود. در اثر این چرخش، زیرواحد β_1 که در ساختار فضایی O بوده است به ساختار L تبدیل شده ADP و P_i را به دام می‌اندازد. زیر واحد β_2 که ساختار فضایی T (متصل به ATP) دارد به ساختار فضایی O تغییر ساختار پیدا کرده و به همین علت ATP متصل به آن رها می‌شود. از طرفی زیر واحد β_3 که دارای ساختار L (متصل به ADP و P_i) بوده است به ساختار فضایی T تبدیل و این موجب می‌شود که ADP و P_i متصل به آن به ATP تبدیل شود. اما این مولکول ATP تا دور بعدی رها نمی‌شود. با عبور سه پروتون دیگر، باز زیرواحد γ به اندازه ۱۲۰ درجه دیگر در خلاف جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد و با تغییر ساختار فضایی زیرواحدهای β ، دومین مولکول ATP رها می‌شود. بنابراین با چرخش ۳۶۰ درجه‌ای زیرواحد γ ، سه مولکول ATP سنتز و به درون ماتریکس میتوکندری رها می‌شود.

عوامل مختلفی بر تعداد پروتون‌های انتقالی لازم جهت سنتز یک مولکول ATP تأثیر می‌گذارند. به همین علت تعیین این که برای سنتز هر مولکول ATP به عبور چند پروتون از درون آنزیم ATP سنتاز نیاز است، کار ساده‌ای نیست. تعداد زیرواحدهای C یکی از عوامل مؤثر بر تعداد پروتون‌های انتقالی برای سنتز یک مولکول ATP است. در واقع باید به تعداد این زیرواحدها پروتون از آنزیم عبور کند تا زیرواحد γ به اندازه ۳۶۰ درجه و سه مولکول ATP تولید شود.

مثلاً آنزیم ATP سنتاز موجود در باکتری اشریشیاکلای و میتوکندری مخمر، ۱۰ زیرواحد C دارد. بنابراین با عبور ۱۰ پروتون، سه مولکول ATP تولید می‌شود. به این ترتیب به ازاء عبور ۳/۳۳ پروتون از طریق آنزیم، یک مولکول ATP تولید می‌شود. البته برای سهولت فرض بر این است که برای تشکیل هر مولکول ATP باید سه پروتون به ماتریکس جریان یابد. تعداد زیرواحدهای C در آنزیم ATP سنتاز پستانداران بیشتر است و در ATP سنتاز کلروپلاستی این تعداد به ۱۴ عدد می‌رسد.

باید در نظر داشت که نیروی محرکه پروتونی برای انتقال ATP از ماتریکس به سیتوزول نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. ناهمسور ADP/ATP موجب انتقال یک مولکول ADP به درون ماتریکس به ازای خروج یک مولکول ATP از میتوکندری می‌شود از طرفی برای تولید ATP به گروه فسفات نیاز است. همسور H^+/H^+ HOP گروه فسفات را به همراه یک پروتون به داخل ماتریکس منتقل می‌کند. بنابراین



شکل ۳: مکانیسم اتصال - تغییر برای تولید ATP توسط آنزیم ATP سنتاز.

دانشوران اسلامی وزیست‌شناسی

ترجمه: الهه علوی

تاریخ زیست‌شناسی

اشاره

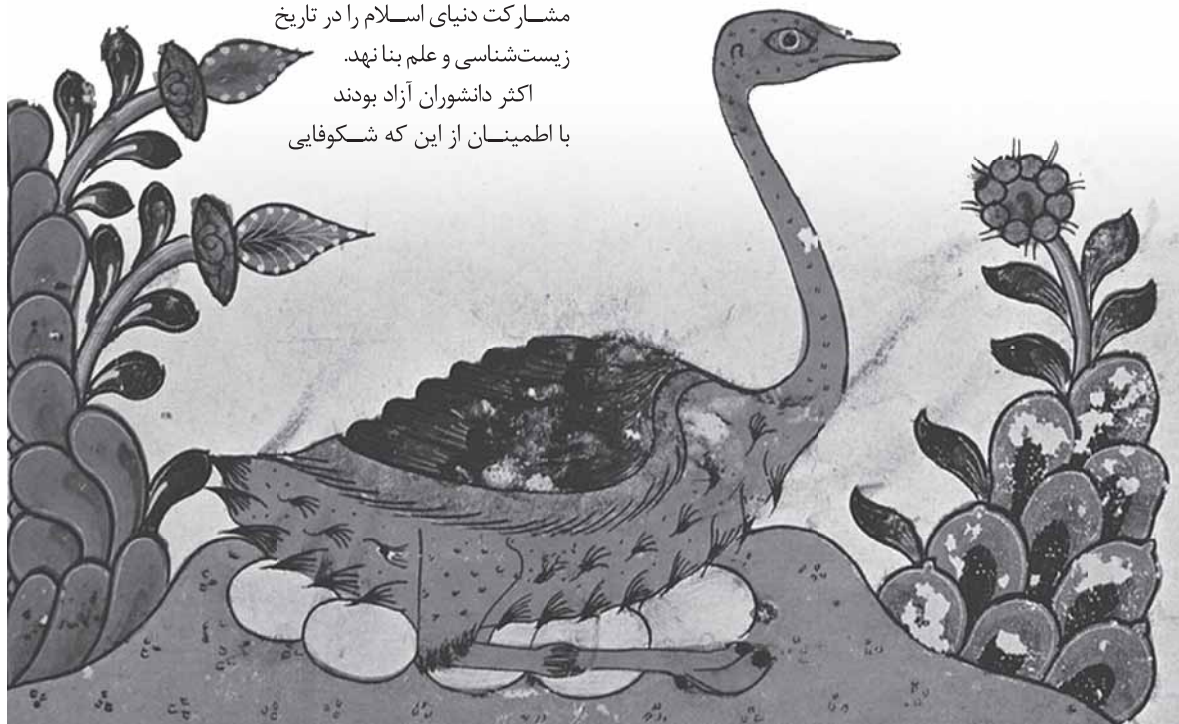
تأکید کتاب آسمانی قرآن و پیشوایان دین اسلام بر جست‌وجو و کسب علم و دانش و نیز علم‌آموزی و گسترش آن عامل اقبال و توجه جوامع اسلامی و نیز حکمرانان مسلمان در گسترش علم در سرزمین‌هایی بود که زیر پرچم اسلام گسترش می‌یافتند. در این جوامع فضای حمایت از فعالیت‌های علمی فقط شامل حال مسلمانان نمی‌شد، بلکه دانشوران غیرمسلمان نیز از آن بهره می‌بردند. این مقاله پیرامون نقش دانشوران^۱ سرزمین‌های مسلمانان در گسترش علم زیست‌شناسی در جهان است.

مقدمه

بخش اعظم اروپا تا قرن هشتم عمیقاً در دوران تاریکی و در سیطره امپراطوری بیزانس با اندک دانش به جای مانده از دوران باستان به سر می‌برد. خوشبختانه تاریخ زیست‌شناسی به این‌جا ختم نشد، زیرا حکومت اسلامی محیط پایداری برای دانشوران فراهم کرد. این افراد کسانی بودند که توانستند در پرتو حمایت قوانین حکومتی پیشرفت کنند. فرمانروایان اسلامی قویاً به ارتقای دانش معتقد بودند و

دارالحکمه‌های مشهوری در بغداد و دمشق بنا نهادند. این فرهنگ حمایتی به دانشوران امکان داد تا مطالعه کنند و بیاموزند و کتاب‌های یونانی فراوانی را به عربی ترجمه کنند. حکمت یونانی که به این طریق حفظ شده بود در دوره رنسانس دوباره به اروپا برگردانده شد. وسعت قلمرو حکومت اسلامی دسترسی به ثروت و مواد خام را برای صنعت و کشاورزی فراهم کرد و به دنیای اسلام امکان داد تا بتواند از نظام آموزشی و هزینه‌های تحصیلی حمایت کند و اساس مشارکت دنیای اسلام را در تاریخ

زیست‌شناسی و علم بنا نهد.
اکثر دانشوران آزاد بودند
با اطمینان از این که شکوفایی



فناوری بر پایه‌های پیشرفت در فلسفه است، به پژوهش‌های محض بپردازند. مشاهدات با نگاهی اسلامی درباره حیات همانند روش یونانیان باستان با فلسفه و الهیات گره خورده بود.

کلیدواژه‌ها: کشاورزی اسلامی، الحيوان، الفلاحه، کتاب گیاهان.

انقلاب کشاورزی

دانشوران در حالی که اغلب در جست‌وجوی پاسخ بودند، برپایه تحقیقات محض، جهانی قدرتمند ساختند. به‌رحال همانند جوامع مدرن، اکثر تحقیقات آن‌ها در زمینه‌های کاربردی و افزایش دانش در حوزه‌هایی بود که زندگی روزمره را بهبود می‌بخشید. گیاه‌شناسی از این حوزه‌ها بود که بیشتر تحقیقات انجام شده در آن مبتنی بر بهبود فنون و روش‌های کشاورزی بود؛ خصوصاً در مناطقی که کشاورزان با لایه نازک خاک و ذخیره‌های اندک آب در جدال بودند.

تحقیقات دانشوران اسلامی محرک انقلاب کشاورزی در قرون میانی بود و به توسعه فنی انجامید که کشاورزان امروزی خصوصاً در مناطق داغ و خشک همچنان از آن استفاده می‌کنند.

علوم کشاورزی این دانشوران فرایندی دو مرحله‌ای بود: اولی جمع‌آوری همه اطلاعات و دانش موجود درباره فنون کشاورزی و دومی کاربرد فنون علمی برای بهبود و تصحیح این فرایندها. همچنین نتایج را منتشر کردند و بذر آن را در دوردست‌ها کاشتند. مثالی از استفاده عملی از زیست‌شناسی اسلامی در اندلس (اسپانیای امروزی) بود. در آنجا فنون کشاورزی براساس مدل‌های رومی بود و از کشاورزی معیشتی پشتیبانی چندانی نمی‌کرد. وقتی این سرزمین در کنترل حکومت اسلامی قرار گرفت، سیستم کشاورزی آن با استفاده از فنون پیشرفته آبیاری و نتایج حاصل از دانش وسیع گیاه‌شناسی دانشوران اسلامی اصلاح شد. انقلاب کشاورزی در سرزمین‌های اسلامی نیز با استفاده از نوآوری‌های ریاضی و مهندسی برای محاسبه چگونگی بالا بردن آب و طراحی سیستم‌های آبیاری پربازده از مزایای گسترش در نواحی دیگر بهره برد. دانشوران از دانش خود در آزمایش انواع خاک برای ترکیب و حاصلخیزی آن، قلمه زدن درختان و انجام جفت‌گیری‌های انتخابی استفاده کردند، هم فنون خاص خود را ایجاد کردند و هم برای جمع‌آوری شواهد، فنون و نیز تاریخ شفاهی مربوط به این فنون و دانش، سرزمین‌های دوری همانند استپ‌های آسیای مرکزی و بیابان‌های آفریقای شمالی را پیمودند. شواهد این اشتیاق برای گسترش دانش و یافتن اطلاعات، بعدها در ترجمه‌هایی که از کار آن‌ها که به زبان‌های لاتینی، یونانی، فارسی، هندی و بسیاری زبان‌های دیگر انجام گرفت، نمود یافت.

ترجمه‌ها سبب شد تا دانش و اندیشه‌های آن‌ها به سرعت پخش و فنون کشاورزی در همه‌جا بهبود یابند. این فنون اصلاح شده، اساس اقتصادی به کشاورزی داد و از رشد جامعه پشتیبانی کرد. ثروت حاصل از آن به حاکمان امکان داد تا از دانشوران حمایت کنند و امکان گسترش فنون جدید را فراهم آورند. این پیشرفت‌ها کشاورزی

را از حالت صرفاً معیشتی فراتر برد. پرورش محصولات به هدف کسب سود انجام شد و با دراختیار داشتن گوشت و سبزیجات در تمام سال، سلامت مردم بهبود یافت. پیشرفت‌های کشاورزی مماس با نقشی که در تاریخ زیست‌شناسی داشت به مردم فرصت داد تا از سرزمین‌های مادری دور شوند و به این ترتیب نوعی تجارت نیز ایجاد شد. این تجارت ابزار قدرتمندی برای انتشار افکار و اندیشه‌ها بود. درواقع کار دانشوران کشاورزی اسلامی، عامل قدرت و دوام سیاسی، اجتماعی و نظامی در سرزمین‌های اسلامی بود. از کارهای گیاه‌شناسان اسلامی معرفی پنبه به اروپا و دادن این شانس به کشاورزان مدیترانه‌ای بود که محصول پولسازی را رشد دهند.

گیاه‌شناسان اسلامی

رده‌بندی‌های سیستماتیک و معرفی گیاهان و فنون جدید در خاورمیانه و اروپا جایگاه گیاه‌شناسان اسلامی را در تاریخ شناخته شده زیست‌شناسی محکم می‌کند.

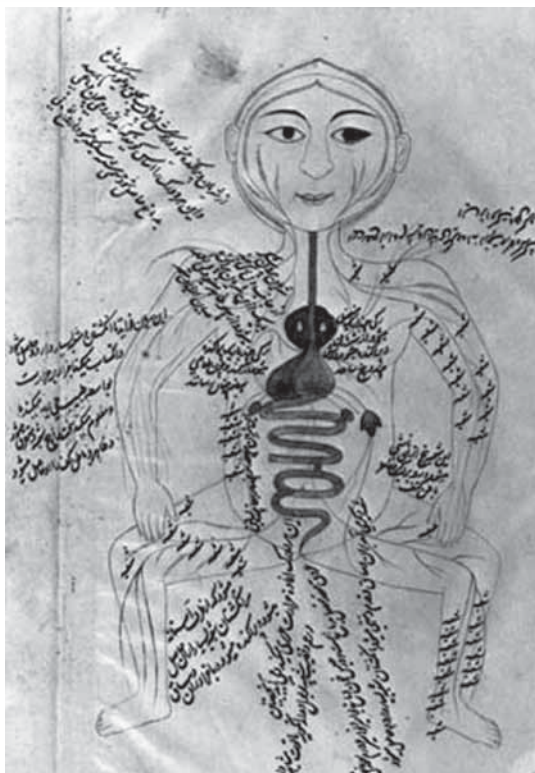
دینوری از گیاه‌شناسان پیشرو در این دوره است. «کتاب گیاهان» او کتابی برجسته بود که لقب پدر گیاه‌شناسی اسلامی را به او داد. دینوری همانند یونانی‌ها و رومی‌های قبل از خودش حداقل ۶۳۷ گیاه را مطالعه و مستند کرد. همچنین چگونگی تکامل، نمو و تنوع گیاهان را در طول زمان شرح داد.

این بخش بسیار مهم گیاه‌شناسی به کشاورزان کمک کرد تا بهترین و پرمحصول‌ترین گیاهان را انتخاب کنند و پرورش دهند. دینوری همچنین چرخه زندگی گیاهان (رشد، تولید مثل و باردهی) را توصیف کرد. این ویژگی‌ها کتاب گیاهان را منبع راهنمای فوق‌العاده‌ای کرد. **ابوالعباس النباتی** دانشور اسلامی اندلسی در قرن سیزدهم روش‌های علمی را که متفکران مسلمان بسط و گسترش داده بودند، در زمینه گیاه‌شناسی با تمرکز بر گیاهان دارویی به کار برد. النباتی معتقد بود که به جای تکیه بر آزمون و خطا و شنیده‌ها باید از فنون تجربی و آزمایش‌های علمی برای سنجش تأثیر گیاهان دارویی استفاده کرد. این کار قطعاً نقطه آغاز فرایند حذف شواهد نقلی و ماورایی از فنون درمانگری بود.

کار نباتی به سرعت به وسیله شاگردش **ابن بیطار** گسترش یافت. کتابی که او نوشت تا قرن نوزدهم مرجعی برای گیاه‌شناسان بود. در این کتاب توصیف‌هایی جزئی از بیش از ۱۴۰۰ گونه گیاه وجود داشت که حداقل ۳۰۰ گونه را خودش کشف کرده بود و بسیاری از آن‌ها گیاهان خوراکی و دارویی بودند.

ابوزکریا یحیی بن محمد بن عوام، دانشور اسلامی قرن دوازدهم از اسپانیا از مهم‌ترین افراد در تاریخ زیست‌شناسی و مشهور در زمینه کشاورزی است. کتاب او **الفلاحه** راهنمای کشاورزان در مراقبت از ۶۰۰ گونه گیاه از جمله بیش از ۵۰ نوع درخت میوه بود. این کتاب دربرگیرنده فنون، شرایط بهتر رشد، کود، بیماری‌ها و آفات بود که بر گیاهان اثر می‌گذارند.

گیاه‌شناسان اسلامی دیگر با تمرکز بر مستندسازی گونه‌های جدید گیاهی، همراه با افرادی مانند ابن‌سوری، کیوانی و دینوری



دانشنامه‌های گیاهی تولید کردند که اغلب ترسیم‌هایی از گیاهان از مناطقی به دور دستی هند و اندلس دربر داشتند.

جانورشناسی و نظریه تکامل

بخشی از تحقیقات دانشوران اسلامی در زیست‌شناسی به احیای نظریه تکاملی اختصاص داشت که آناکسیماندر به آن اشاره کرده بود. **جاحظ** دانشور پیشرو در جانورشناسی از مهم‌ترین افراد در تئوری اسلامی تکامل بود. جاحظ رساله مشروحی با نام کتاب **الحيوان** نوشت که از مهم‌ترین کارها در تاریخ زیست‌شناسی شد.

این کتاب شرح مفصلی از ۳۵۰ گونه جانور است که با توصیف‌های شعری و ضرب‌المثل‌های شناخته شده همراه است. جاحظ اولین دانشوری بود که به اهمیت محیط در بقای جانوران پی برد و دریافت که محیط احتمال بقای جانور را تعیین می‌کند. نزاع برای بقا، تئوری پیشنهادی او و درواقع طلایه‌دار بقای اصلح داروین بود. جاحظ زیرکانه بیان کرد که جانوران برای زنده ماندن نزاع می‌کنند، برای یافتن غذا می‌کوشند، از شکار شدن فرار می‌کنند و آن‌قدر زنده می‌مانند تا زادآوری کنند. بنابراین موفق‌ترین افراد، صفات خود را به نسل بعد منتقل می‌کنند و به این ترتیب این زاده‌ها احتمال بقای بیشتری در محیط دارند.

جاحظ در تشریح نظراتش درباره زنجیره غذایی می‌گوید جانوران به جست‌وجوی غذا می‌پردازند، اما شکار نیز می‌شوند. این ویژگی در یک زنجیره تداوم دارد. جاحظ همچنین می‌دانست که زنجیره‌ها یک بعدی و یک اندازه نیستند و جانوران بیش از یک منبع غذایی دارند. او حتی تئوری‌اش را به صفات وراثتی انسان تعمیم داد: انسان‌ها با محیط سازگار می‌شوند، افرادی که پوست تیره دارند در اقلیم‌های خشک‌تر و داغ‌تر زندگی می‌کنند.

مشارکت دانشوران اسلامی در مفهوم تکامل فقط به این‌جا ختم نمی‌شود. رسائل اخوان الصفا و خلدون‌ها که در اواخر قرن دهم نوشته شده بود، اندیشه تکامل را دربرداشت. در این رساله‌ها مواد غیرآلی را نقطه آغاز در نظر گرفته بودند و اندیشه تکامل در لفافه عبارتی ناظر به مفهوم خواست الهی عنوان شده بود. این دانشوران معتقد بودند که خداوند ماده را خلق و آن را از انرژی سرشار کرد، که مواد معدنی از آن به‌وجود آمدند. مرحله بعد تشکیل گیاهان و پس از آن جانوران بود. به‌هرحال این تصویر ساده، شهرت یک تئوری قدیمی تکامل را دارد. خازنی، ابن‌مسکویه، طوسی و ابن‌خلدون از دیگر دانشوران اسلامی بودند که مجله‌هایی درباره تکامل داشتند و کارهایشان به لاتینی ترجمه شد. درنتیجه تئوری اسلامی تکامل مطمئناً دراختیار اروپایی‌ها در قرون میانی و بعد از آن بود و تعصب‌آمیز نیست اگر تصور کنیم که داروین تحت تأثیر کار این افراد بوده است. پیشرفت‌های دیگر در جانورشناسی اسلامی بر پرورش چارپایان و زادآوری اسب‌ها و جانورانی تمرکز دارد که ویژگی‌های بهتری داشته باشند. **ابن بختیشوع** مسیحی از دانشوران اسلامی متقدم در این زمینه بود که در قرن ششم کتابی به نام **استفاده جانوران** نوشت. این کتاب عمدتاً مبتنی بر کارهای یونانیان بود، اما بخش مفصلی درباره دام‌ها نیز داشت.

دمیری دانشور اسلامی قرن ۱۳ که ریشه مصری داشت، متأثر از جاحظ رساله‌ای به نام **حیات‌الحيوان** نوشت. این رساله دانشنامه‌ای بود که جزئیاتی درباره گونه‌های زیادی از جانوران داشت و تبدیل به کار سازنده‌ای در این موضوع شد. تعدادی از دانشوران اسلامی برای کارهایشان و تأثیر مستقیمی که بر تفکر اروپایی داشته‌اند، سزاوار توجه‌اند. **ابوعبیده** بیش از ۵۰ جلد با تمرکز بر زادآوری اسب و دام‌های دیگر نوشت که اکثر آن‌ها بعداً به دست اروپاییان رسید.

کتاب **الفلاحه** نوشته ابن‌العوام در قرن ۱۲ بخش‌های مفصلی درباره دام‌ها و زنبورداری داشت. همچنین ابن‌بیطار کتابی درباره داروشناسی نوشت که جزئیاتی از مراقبت‌های دامپزشکی جانوران دربرداشت.

شک نیست که دانشوران اسلامی نقش زیادی در تاریخ زیست‌شناسی داشته‌اند: حفظ دانش گذشتگان و افزودن بر گنجینه دانش و اطلاعات جدید به آن. با وسواس و دقت گونه‌های گیاهی و جانوری را به‌طور مستند توصیف می‌کردند و نیز در پیشرفت‌های کشاورزی تخصصی و تولید تئوری‌های قدیمی و جالب تکامل نقش داشتند. این دانش به آرامی به اروپا راه یافت و درحالی که عظمت دوره اسلامی رو به سرانجام می‌نهاد، سنگ بنای رنسانس شد و تفکر دانشوران اروپایی را تا قرن‌ها تحت تأثیر قرار داد.

پی‌نوشت

۱. از آن‌جا که دانشوران قلمرو حکومت اسلامی فقط منحصر به مسلمانان نبودند، در این مقاله عبارت «دانشوران اسلامی» به جای «دانشوران مسلمان» به کار رفته است.

منبع

<http://www.experiment-resources.com/islamic-scholars-and-biology.html>, THE ISLAMIC SCHOLARS AND BIOLOGY- HISTORY OF BIOLOGY By Martyn Shattleworth (2010)

پاسداری از حیات وحش

ترجمه: محمد کرام الدینی

اشاره

اگر به طبیعت پیرامون مان نگاهی نظام‌مند و سیستمی بیندازیم و هر یک از موجودات زنده زمین را جزئی از یک شبکه پیچیده حیات در نظر بگیریم؛ اگر توجه داشته باشیم که ضعیف شدن، یا از بین رفتن اجزای هر شبکه، بالقوه می‌تواند کل شبکه را ضعیف، یا حتی نابود کند؛ آن‌گاه اهمیت پاسداری از حیات وحش که بی‌گمان از نعمت‌های الهی و شایسته پاسداری است، برای مان روشن تر خواهد شد. انسان برای بقا و ادامه زندگی خود مجبور است از تنوع زیستی حفاظت کند. به علاوه، بر ماست که نه فقط از آلودگی محیط زیست و تخریب آن بهره‌ییم، بلکه تا آنجا که می‌توانیم از محیط زیست خود، به‌ویژه از هسته مرکزی آن، یعنی از حیات وحش حفاظت کنیم. امروزه، بازسازی زیستگاه‌های تخریب شده، احیای گونه‌هایی که در معرض انقراض اند، به بیان دیگر مدیریت محیط زیست و حیات وحش یکی از موضوع‌های پویا و مهم بوم‌شناسی جهانی است. این نوشته شرح برخی از فعالیت‌های انسانی است که در کشورهای دیگر برای حفاظت از حیات وحش صورت گرفته‌اند. شاید بتوان برای احیای دوباره برخی از زیستگاه‌های تخریب‌شده کشورمان و نجات برخی از جانوران حیات وحش سرزمین مان از چنین تجربه‌هایی نیز استفاده کرد. به رغم ارزش‌های فراوانی که تنوع زیستی در تداوم بقای انسان دارد، فعالیت‌های آدمی سبب انقراض هزاران گونه در هر سال و کاهش تنوع زیستی می‌شود. آشکار است که باید در این روند تجدیدنظر کنیم و تا آن‌جا که می‌توانیم در حفظ گونه‌ها بکوشیم. حفاظت زیستگاه‌ها و بازسازی آن‌ها در حفاظت از تنوع زیستی اهمیت بسیار دارند.

کلیدواژه‌ها: حیات وحش، تنوع زیستی، حفاظت.

نگهداری زیستگاه‌ها

حفاظت زیستگاه‌های گونه‌ها باید نخستین دغدغه ذهنی ما باشد، اما قبل از آن باید تعیین کنیم که می‌خواهیم از زیستگاه کدام گونه‌ها حفاظت کنیم. می‌دانیم که بیوسفر شامل لکه‌های داغ تنوع زیستی است. لکه داغ تنوع زیستی منطقه نسبتاً کوچکی است که در آن‌جا تراکم گونه‌های بومی که در هیچ جای دیگر یافت نمی‌شود بسیار است. در جنگل‌های بارانی گرمسیری ماداگاسکار، ۹۳ درصد از گونه‌های نخست، ۹۹ درصد از گونه‌های قورباغه و بیش از ۸۰ درصد از گیاهان، بومی هستند. نگهداری از این جنگل‌ها و لکه‌های داغ دیگر،

انواع بسیاری از موجودات زنده را نجات می‌دهد. گونه‌های محوری^۱ گونه‌هایی هستند که، موجب بقای اجتماع می‌شوند. اگرچه تعداد آن‌ها در هر جمعیت الزاماً زیاد نیست. انقراض یک گونه محوری ممکن است سبب انقراض گونه‌های دیگر و کاهش تنوع زیستی شود. مثلاً، خفاش‌ها گونه‌های محوری جنگل‌های گرمسیری اروپا و آسیا هستند. خفاش‌ها گرده‌افشانی و نیز دانه‌افشانی انجام می‌دهند. اگر خفاش‌ها نابود شوند و آشیانه آن‌ها تخریب شود، گیاهان دیگر تولید مثل نخواهند کرد. خرس گریزلی گونه‌ای محوری شمال شرقی ایالات متحده و کاناداست. خرس‌ها در هر توده مدفوع

خود حدود ۷۰۰۰ دانه میوه‌های سته را منتشر می‌کنند. خرس گریزلی بچه‌های بسیاری از جانوران سُم‌دار را می‌کشد و جمعیت آن‌ها را تنظیم می‌کند. خرس‌های گریزلی همچنین با کندن زمین برای خارج کردن ریشه‌ها و شکار سنجاب‌ها و موش خرماهایی که در خواب زمستانی هستند، خاک را جابه‌جا می‌کند. همچنین سنگ‌هایی که در تالاب‌ها زندگی می‌کنند، بیزون‌های علف‌زارها، الیگاتورهای باتلاق‌ها و فیل‌های علف‌زارها و جنگل‌ها از گونه‌های محوری هستند.

خرده جمعیت‌ها

جمعیت خرس گریزلی در واقع نوعی خرده جمعیت است. گاه جمعیتی به علت پاره‌پاره شدن زیستگاه به چند جمعیت کوچک و مجزا تقسیم می‌شود. هر یک از این جمعیت‌های کوچک و مجزا، یک خرده جمعیت است. در ابتدا در حدود ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ خرس گریزلی در جنوب کانادا زندگی می‌کردند. اما اکنون این شمار کاهش یافته است، چون مردم به حریم آن‌ها تجاوز کرده‌اند و ساکنان خانه‌ها از ترس خرس‌ها را کشته‌اند. اکنون در واقع شش

خرده جمعیت با شمار تقریباً ۱۰۰۰ خرس در آن‌جا زندگی می‌کنند. جمعیت خرس‌های پارک ملی یلواستون ۲۰۰ رأس است، اما جمعیت‌های دیگر از این هم کوچک‌ترند.

گاه نجات خرده جمعیت‌ها مستلزم تعیین آن است که کدام جمعیت مادر و کدام جمعیت انشعابی است. جمعیت مادر جمعیتی است که در مناطق مناسب زندگی می‌کند و در آن آهنگ تولد بیشتر از آهنگ مرگ و میر است. افراد جمعیت‌های مادر به جمعیت‌های انشعابی وارد می‌شوند که در آن‌جا محیط مانند محیط جمعیت مادر مناسب نیست و در آن آهنگ تولد، حداکثر مساوی آهنگ مرگ است. متخصصان حفاظت، هنگام نجات جغد خال‌دار شمالی به این نتیجه رسیدند که بهتر است از ورود آن به زیستگاه انشعابی جلوگیری کنند. جغد خال‌دار شمالی در جنگل‌های قدیمی بارانی پاسیفیک نورت‌وست به‌خوبی زاد و ولد می‌کند، اما در جنگل‌های نابالغ که دوران بازسازی پس از قطع درختان را می‌گذراند نمی‌توانند به‌خوبی زادآوری کنند. معلوم شده است مرزهای مشخصی که از ورود

این جغد به زیستگاه‌های انشعابی جلوگیری می‌کنند، در نگهداری جمعیت‌های مادر سودمند بوده است.

نگهداری چشم‌اندازها

خرس گریزلی در شماری از اکوسیستم‌های مختلف، از جمله

دشت، کوهستان و کنار رودخانه زندگی می‌کند. نگهداری از هر یک از این اکوسیستم‌های متنوع به تنهایی برای محافظت از خرس گریزلی کافی نیست. بلکه باید اکوسیستم‌های مختلفی را که با دالان‌هایی به هم متصل می‌شوند، نگهداری کرد. می‌دانید که در هر چشم‌انداز اکوسیستم‌های مختلف وجود دارند. منطقه‌ای به نام اکوسیستم عظیم پارک ملی یلواستون^۲ که خرس‌ها در آن آزادانه گشت می‌زنند، اکنون محدوده‌گذاری شده است. این منطقه شامل میلیون‌ها هکتار از اراضی پارک ملی یلواستون در زمین‌های ایالت‌های مونتانا، آیداهو، ویومینگ، پنج جنگل ملی مختلف، پناهگاه‌های مختلف حیات وحش و حتی زمین‌های شخصی است.

حفاظت چشم‌انداز برای یک گونه، غالباً به سود جانوران وحشی دیگری است که در همان‌جا به‌سر می‌برند. آخرین ۴۸ مرغابی دل‌قک باقی‌مانده در این ایالت، ماهی قزل‌آلای خال‌دار، قزل‌آلای گردن سرخ، سیاه‌گوش، سمور کاج، ولورین^۳، گوزن شمالی کوهستان و جغد بزرگ خاکستری در منطقه زندگی خرس گریزلی، یافت می‌شوند. گرگ‌های خاکستری نیز به‌تازگی به این قلمرو بازگشته‌اند.

بنابراین، گستره زیستگاه خرس گریزلی با ۴۰ درصد از گیاهان آوندی مونتانا که تحت حفاظت خاص قرار دارند، هم‌پوشی دارد.

اثر حاشیه

هنگام نگهداری چشم‌انداز، باید اثر حاشیه را هم در نظر داشت. ویژگی‌های هر زیستگاه در حاشیه‌ها کاهش می‌یابند، چون زیستگاه‌های واقع در حاشیه‌های هر قطعه از زیستگاه‌ها، با زیستگاه درونی آن کمی متفاوت‌اند. مثلاً، حاشیه‌های جنگل روشن‌تر، گرم‌تر، خشک‌تر و بادخیزتر و تعداد بوته‌ها، پیچک‌ها نسبت به درون جنگل بیشتر است. دیگر آن که مقدار حاشیه قطعات کوچک و بزرگ هر زیستگاه مساوی است و بنابراین، هر قدر قطعه کوچک‌تر باشد، زیستگاه مؤثر آن کوچک‌تر است.

اثر حاشیه ممکن است بر اندازه جمعیت اثرهای زیاد داشته باشد. جمعیت سسک زرد در غرب میسیسیپی اخیراً کاهش یافته است و پرنده‌شناسان متوجه شده‌اند که آشیانه‌سازی سسک زرد در حاشیه جنگل بسیار کم است. معلوم شده است که علت آن گاوپرنده سر قهوه‌ای است که یکی از انگل‌های اجتماعی سسک زرد است. گاوپرنده معمولاً برای خود لانه نمی‌سازد و تخم خود را در لانه پرنده‌گان دیگر می‌گذارد. گاوپرنده بالغ ترجیح می‌دهد در

گونه‌های محوری گونه‌هایی هستند که، موجب بقای اجتماع می‌شوند. اگرچه تعداد آن‌ها در هر جمعیت زیاد نیست. انقراض یک گونه محوری ممکن است سبب انقراض گونه‌های دیگر و کاهش تنوع زیستی شود. مثلاً، خفاش‌ها گونه‌های محوری جنگل‌های گرمسیری اروپا و آسیا هستند

گاه نجات خرده جمعیت‌ها مستلزم تعیین آن است که کدام جمعیت مادر و کدام جمعیت انشعابی است. جمعیت مادر جمعیتی است که در مناطق مناسب زندگی می‌کند و در آن آهنگ تولد بیشتر از آهنگ مرگ و میر است

مناطق کشاورزی باز به جست‌وجوی غذا بپردازد و فقط به هنگام جست‌وجوی آشیانه میزبان برای تخم‌گذاری در آن به جنگل سر می‌زند. بنابراین، در حالی که سسک زرد از اثر حاشیه زیان می‌بیند، گاوپرنده سود می‌برد.

تحلیل رایانه‌ای

هم‌اکنون برای ارائه طرح‌های بهینه حفاظت از گونه‌ها دو نوع تحلیل رایانه‌ای انجام می‌شود. تحلیل شکاف کاربرد رایانه‌ای است برای یافتن شکاف در مناطق نگهداری شده، یعنی جاهایی که تنوع زیستی در آن اندک است. نخست، نقشه‌های رایانه‌ای برای نشان دادن توپوگرافی، رویشی، آب‌شناسی و مالکیت زمین منطقه تهیه می‌کنند. سپس نقشه‌هایی برای نشان دادن پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری رسم می‌کنند. وقتی که نقشه‌های پراکنش را با نقشه‌های خشکی‌ها منطبق می‌کنند، معلوم می‌شود که در چه مناطقی لازم است نگهداری صورت گیرد یا می‌توان آن‌ها را تحت نگهداری قرار داد.

تحلیل زیوایی جمعیت

تحلیل زیوایی جمعیت می‌تواند به پژوهشگران کمک کند که تعیین کنند هرگونه برای نگهداری خود به چه اندازه زیستگاه نیاز دارد. نخست، لازم است حداقل اندازه جمعیتی را که برای جلوگیری از انقراض نیاز است، محاسبه کرد. این اندازه باید گونه را از رویدادهای غیرقابل

پیش‌بینی، مانند فاجعه‌های طبیعی یا نوسان‌های احتمالی آهنگ تولد و مرگ، حفاظت کند. جزء دیگری که باید در نظر گرفته شود، اندازه مورد نیاز برای حفاظت از تنوع ژنتیک است. این اندازه در گونه‌های مختلف متفاوت است. مثلاً، تحلیل جمعیت‌های دارکوب کاکل سرخ نشان داده است که جمعیت بالغی در حدود ۱۳۲۳ فرد برای به دست آمدن جمعیت ۵۰۰ تایی که از نظر ژنتیک مؤثر باشد، لازم است. وقتی که حداقل اندازه جمعیت را دانستیم، می‌توانیم تعیین کنیم چه مساحتی برای آن جمعیت مورد نیاز است.

هنگامی که به تحلیل زیوایی جمعیتی می‌پردازیم، همه

ویژگی‌های تاریخی زندگی آن موجود را باید در نظر بگیریم. مثلاً، خرس‌های گریزلی ماده تا سن ۵ یا ۶ سالگی نمی‌زایند و پس از اولین زایمان، سه سال دیگر باردار نمی‌شوند. مارک شافر^۲ پس از انجام یکی از نخستین تحلیل‌های زیوایی جمعیت‌ها پیش‌بینی کرده

است که شانس بقای صد ساله جمعیت ۷۰ تا ۹۰ تایی خرس گریزلی که جولانگاه هر کدام ۹۶۰۰ کیلومتر باشد، ۹۵ درصد است. اما فرد آلدورف^۴ به این نتیجه رسیده است که چون فقط تعداد اندکی از نرهای غالب در زادآوری شرکت می‌کنند، باید جمعیت بزرگ‌تر از این باشد تا تنوع ژنتیک حفظ شود. او همچنین پیشنهاد کرده است که برای جلوگیری از درون‌زادی، هر ده سال یک یا دو خرس غیر خویشاوند را به جمعیت ۱۰۰ تایی اضافه کنند. کلام آخر این است که برای جلوگیری از درون‌زادی و انقراض پراکنش در میان زیرجمعیت‌ها لازم است.

بازسازی زیستگاه‌ها

بوم‌شناسی بازسازی زیر شاخه جدیدی از زیست‌شناسی حفاظت است که در آن می‌کوشند تا راه‌هایی علمی برای بازگرداندن اکوسیستم‌های تخریب شده به وضعیت قبلی بیابند. تاکنون سه اصل به دست آمده‌اند. نخست، بهتر آن است که تا دیر نشده و قطعه‌های باقی مانده از چند پاره شدن زیستگاه اصلی از بین نرفته‌اند، کار

را شروع کنیم. این قطعه‌ها منابع حیات‌وحش و دانه‌هایی هستند که با آن‌ها می‌توان زیستگاه را بازسازی کرد. دوم، وقتی که تاریخ طبیعی آن زیستگاه دانسته شد، بهتر است از فنون زیستی که فرایندهای طبیعی بازسازی را تقلید می‌کنند، استفاده کرد. این کار ممکن است به شکل کاربرد آتش‌سوزی‌های مهار شده برای بازسازی زیستگاه‌های علفزارها،

مهار زیستی آفت‌ها برای نجات منطقه مورد نظر از چنگ گونه‌های بیگانه و مهاجم یا فنون ترمیم زیستی برای پاک کردن آلودگی‌ها باشد. سوم، به هدف توسعه پایدار است. یعنی توانایی اکوسیستم در نگهداری خود و ادامه خدمت‌رسانی به بشریت. برای مجسم کردن این اصول، مثالی از اکوسیستم پارک ملی اورگلیدز^۵ می‌آوریم. اگرچه بازسازی زیستگاه مناسب به‌خوبی به پیش‌رفته است اما، نگرانی‌هایی وجود دارد که این مناطق بازسازی شده ممکن است همانند مناطق طبیعی عمل نکنند.

پارک ملی اورگلیدز

پارک ملی اورگلیدز در اصل، سراسر جنوب فلوریدا، از دریاچه آکیچویی^۶ تا خلیج فلوریدا را دربر می‌گیرند. این اکوسیستم مرغزار گسترده‌ای است از جگن‌آه‌ای که یکپارچگی آن را قطعاتی از درختان سرو یا جزایری دارای

حفاظت چشم‌انداز برای یک گونه، غالباً به سود جانوران وحشی دیگری است که در همان جا به سر می‌برند. آخرین ۴۸ مرغابی دلچک باقی‌مانده در این ایالت، ماهی قزل‌آلا خال‌دار، قزل‌آلای گردن سرخ، سیاه‌گوش، سمور کاج، ولورین، گوزن شمالی کوهستان و جغد بزرگ خاکستری در منطقه زندگی خرس گریزلی، یافت می‌شوند

اثر حاشیه ممکن است بر اندازه جمعیت اثرهای زیاد داشته باشد. جمعیت سسک زرد در غرب میسیسیپی اخیراً کاهش یافته است و پرندشناسان متوجه شده‌اند که آشیانه‌سازی سسک زرد در حاشیه جنگل بسیار کم است

درختان سخت چوب قطع می کنند. درون این جزیره ها هم درختان مناطق معتدل و هم درختان همیشه سبز گرمسیری، معمولاً در میان گیاهان انبوه و درهم پیچیده رشد می کنند. در آن جا درختان مانگرو در باتلاق ها و کناره های دریا می رویند. در میان ریشه های مانگروهای سرخ بیش از ۴۰ نوع مختلف بچه ماهی تا رسیدن به بلوغ زندگی می کنند. در فصل های مرطوب سال، از اواخر ماه اردیبهشت تا اواخر ماه آبان، جانوران در سراسر منطقه پراکنده می شوند، اما در فصل های خشک از دی ماه تا فروردین ماه هر جا که آبگیر یافت می شود، گرد می آیند. الیگاتورها در کندن «گودال گاتور»^۱ معروف اند. در این گودال ها آب جمع می شود و ماهی، میگو، خرچنگ، پرندگان و انبوهی از موجودات زنده تا وقتی که بار دیگر فصل باران برسد در آنجا زنده می مانند. روزگاری اکوسیستم های اورگلیدز میلیون ها پرندۀ بزرگ و زیبا را در خود جای می دادند، از جمله انواع حواصیل، لک لک و کفچه نوک گلگون.

در آغاز قرن جدید، ساکنان جنوب دریاچه اکیچوبی برای کاشت گیاهان زراعی در منطقه کشاورزی تازه پایه گرفته اورگلیدز زمین را خشک کردند. اکنون سدی بزرگ در اطراف دریاچه اکیچوبی از طغیان آب به سواحل جلوگیری و آب را به سوی جنوب هدایت می کند. برای حفاظت از توسعه شهری در برابر سیلاب، آب از طریق کانال سنت لوسی^۲ به اقیانوس اطلس یا از طریق رودخانه

کالوساهاجی^۳ به خلیج مکزیک هدایت می شود. در مواقع خشکی و کم آبی، آب نه تنها در دریاچه، بلکه در سه منطقه در اصطلاح حفاظتی که در جنوب دریاچه احداث شده اند، نگهداری می شود، آب باید برای آبیاری کشتزارها و نیز تأمین آب لایۀ آبرای بیسکاین^۴ (رودخانه زیرزمینی) که آب آشامیدنی شهرهای ساحل شرقی فلوریدا را تأمین می کند، حفاظت شود. طی پروژه مهار سیلاب در مرکز جنوب فلوریدا، ۲۲۵۰ کیلومتر آبراه، ۱۲۵ ایستگاه مهار آب و ۱۸ ایستگاه تلمبه ای بزرگ ساخته شده است. اکنون پارک ملی اورگلیدز آب را فقط از تخلیه مصنوعی منطقه ای حفاظتی دریافت می کند. این تخلیه براساس پروژه مهار سیلاب در مرکز و جنوب فلوریدا صورت می گیرد، نه فصول خشک یا بارانی جنوب فلوریدا. بیشتر به همین علت، شواهد

حاصل از کاهش جمعیت پرندگان نشان می دهند که اورگلیدز اکنون در حال مرگ است. شمار این پرندگان که زمانی به میلیون ها می رسید، اکنون به چند هزار کاهش یافته است.

طرح بازسازی

طرحی برای بازسازی

بومشناسی بازسازی زیر شاخۀ جدیدی از زیست شناسی حفاظت است که در آن می کوشند تا راه هایی علمی برای بازگرداندن سیستم های تخریب شده به وضعیت قبلی بیابند

اکوسیستم اورگلیدز در جهت نگهداری پایدار خدمات مورد نیاز جامعه ریخته شده است. جمعیت مهندسان غلات ایالات متحده می بایست پروژه مهار سیلاب در مرکز و جنوب فلوریدا را به طوری دوباره طراحی کنند که اورگلیدز جریان آب طبیعی بیشتری از اوکیچوبی دریافت کند. این به آبیاری منطقه کشاورزی اورگلیدز و رویش گیاهانی مانند نیشکر و برنج که می توانند این وضعیت را

تحمل کنند، نیاز خواهد داشت. سود این عمل توقف از دست رفتن خاک سطحی و نگهداری توسعه سکونت ممکن در منطقه است. همچنین منطقه بافری گسترده ای بین اورگلیدز توسعه یافته و مناطق شهری ساحلی شرقی فلوریدا وجود خواهد داشت. منطقه بافری شامل شبکه ای از مناطق به هم پیوسته باتلاقی، منابع ذخیره ای، سدهای بازدارندۀ نشت آب و مناطق تصفیه آب است. انتظار می رود این طرح از نابودی اورگلیدز جلوگیری کند، اما در عین حال به ادامه کشاورزی و تأمین آب و مهار سیلاب سواحل شرقی کمک کند. توسعه پایدار اکوسیستم را به طور نامحدود نگه می دارد و نیازهای آدمی را تأمین می کند.

پی نوشت

1. Keystone species
2. greater yellowstone Ecosystem.
3. Mark Shaffer
4. Fred Allendorf
5. Verglades
6. Okeechobee
7. Gator Hole
8. St.Lucie
9. Caloosahatchee River
10. Biscayne Aquifer

در آغاز قرن جدید، ساکنان جنوب دریاچه اکیچوبی برای کاشت گیاهان زراعی در منطقه کشاورزی تازه پایه گرفته اورگلیدز زمین را خشک کردند. اکنون سدی بزرگ در اطراف دریاچه اکیچوبی از طغیان آب به سواحل جلوگیری و آب را به سوی جنوب هدایت می کند

مقایسه همانندسازی ژنوم اصلی و پلاسمید در باکتری‌ها

علی حیدر کمالوند

دبیر زیست‌شناسی شهرستان نهاوند

کارشناسی ارشد زیست سلولی و تکوینی گیاهی

مقدمه

در پروکاریوت‌ها، همانندسازی ژنوم اصلی با همانندسازی پلاسمید متفاوت است: همانندسازی ژنوم اصلی فقط پیش از تقسیم رخ می‌دهد در حالی که همانندسازی پلاسمید ممکن است در لحظه‌ای از چرخه زندگی باکتری انجام شود؛ زیرا پلاسمید ژن‌های مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک را حمل می‌کند و زمانی که باکتری در معرض آنتی‌بیوتیک قرار می‌گیرد، محصولات این ژن‌ها به کمک باکتری می‌شتابند. تقسیم باکتری در مجاورت آنتی‌بیوتیک کند و نهایتاً متوقف می‌شود. به بیان دیگر، در این هنگام همانندسازی ژنوم اصلی متوقف و پلاسمید وارد مراحل همانندسازی می‌شود تا ژن‌های مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک را تکثیر کند؛ یعنی زمانی همانندسازی ژنوم اصلی متوقف است، همانندسازی پلاسمید آغاز می‌شود. در نتیجه اگر مکانیسم همانندسازی این دو نوع DNA یکسان می‌بود، در این موقعیت‌ها همانندسازی پلاسمید نیز کاهش می‌یافت. منشأ همانندسازی پلاسمید با منشأ همانندسازی ژنوم اصلی متفاوت است. افزون بر این، همانندسازی قسمت اعظم ژنوم اصلی باکتری توسط DNA پلی‌مراز III - که فقط هنگام تقسیم باکتری تولید می‌شود، - انجام می‌گیرد، در حالی که همانندسازی پلاسمید فقط توسط DNA پلی‌مراز I - که همیشه در دسترس است - صورت می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: پلاسمید، ژنوم، کروموزم فرعی، کروموزم کمکی، همانندسازی.

همانندسازی پلاسمید

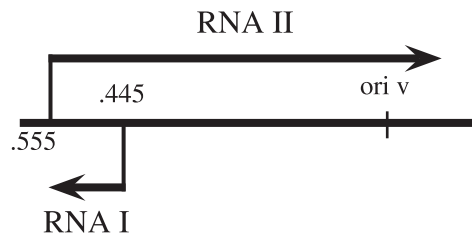
همانندسازی پلاسمیدها کاملاً مستقل از کروموزم است. برای همانندسازی پلاسمید نخست ساخت RNA یی از ۵۵ جفت باز بالا دست منشأ همانندسازی، آغاز می‌شود. رونویسی این RNA که RNA II نام دارد تا اندکی پس از منشأ همانندسازی (O) ادامه می‌یابد و سپس توسط RNase H^۱ در محل منشأ همانندسازی (O) برش می‌خورد. انتهای 3' در RNA II به عنوان پرایمر توسط DNA پلی‌مراز I به کار می‌رود (شکل ۱).

RNA یی پرایمر از نظر توالی‌های پالیندرومیک به گونه‌ای است که از همان آغاز ساختارهای ساقه - حلقه‌ای خاصی تشکیل می‌دهد. در RNA II، سه ساقه - حلقه به نام‌های I، II و III ایجاد می‌شوند. سپس ساقه - حلقه III تغییر ماهیت می‌دهد و از طریق الحاق نواحی α و β به ساقه - حلقه IV تبدیل می‌شود. حوالی منطقه O (منشأ همانندسازی) RNA II یک اتصال پاسدار با DNA ایجاد می‌کند که سپس آنزیم ریبونوکلاز H این منطقه را به عنوان هدف شناسایی می‌کند و برش می‌دهد. اگر ساختار لوپ‌های RNA II تغییر یابد، توسط RNase H شناسایی نمی‌شود.

چون DNA پلی‌مراز I به علت نقش آن در ترمیم DNA، همواره در سلول حضور دارد، در همانندسازی پلاسمید به جای DNA پلی‌مراز III از این آنزیم استفاده می‌شود. DNA پلی‌مراز III فقط هنگام تقسیم باکتری و همانندسازی ژنوم اصلی باکتری رونویسی می‌شود، در حالی که همانندسازی پلاسمید محدود به تقسیم نیست و در هر زمانی از حیات باکتری می‌تواند انجام شود؛ زیرا یکی از وظایف پلاسمید دفاع از باکتری در موقعیت‌های بحرانی است. در موقعیت‌های بحرانی مثل حضور آنتی‌بیوتیک‌ها در محیط کشت، تقسیم باکتری کاهش می‌یابد. بنابراین در این زمان پلاسمیدها که بخاطر متفاوت بودن مکانیسم همانندسازی خود قادر به همانندسازی هستند، می‌توانند تکثیر یابند و از طریق افزایش ژن‌های مقاوم‌ساز، باکتری را از موقعیت‌های بحرانی خارج کنند.

DNA پلی‌مراز III فقط هنگام تقسیم باکتری و همانندسازی ژنوم اصلی باکتری رونویسی می‌شود، در حالی که همانندسازی پلاسمید محدود به تقسیم نیست و در هر زمانی از حیات باکتری می‌تواند انجام شود؛ زیرا یکی از وظایف پلاسمید دفاع از باکتری در موقعیت‌های بحرانی است

پس می‌توان گفت با انجام چندین دوره همانندسازی تعداد پلاسمیدها چند برابر می‌شود.

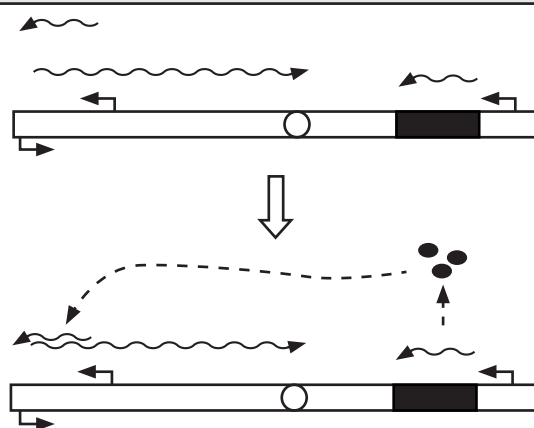


شکل ۱ توالی‌های مورد نیاز برای همانندسازی پلاسمید RNA II به عنوان پرایمر به کار می‌رود. RNA I در تداخل با RNA II از همانندسازی مجدد جلوگیری می‌کند.

پس از انجام همانندسازی پلاسمید، باید مکانیسمی وجود داشته باشد که تعداد پلاسمیدها را بشناسد و تکثیر پلاسمید را کاهش دهد. این عمل به کمک یک RNA دیگر موسوم به RNA I صورت می‌گیرد. یک پروموتور وجود دارد که رونویسی از یک RNA دیگر را از رشته

مقابل برعهده دارد. RNA I (در پایان همانندسازی) و RNA III (در آغاز همانندسازی) از پلاسمید رونویسی می‌شوند. ولی این عمل روی دو رشته DNA و در دو جهت مخالف صورت می‌گیرد، زیرا جهت خوانده شدن DNA، چه برای همانندسازی و چه برای رونویسی 3' به 5' است. RNA I مکمل انتهای RNA II 5' و با اتصال به این RNA مانع تبدیل ساقه III به ساقه IV می‌شود.

در این حالت به جای ساختار $\beta\alpha$ ساختار $\gamma\alpha$ تشکیل می‌شود. بدین وسیله RNA I، RNA II را از کار می‌اندازد و شروع همانندسازی‌های جدید را مهار می‌کند. بنابراین، RNA I مانع برش RNA II می‌شود و در نتیجه پرایمر برای عملکرد DNA Pol I تأمین نمی‌شود. استفاده از چنین RNAهای تنظیم‌کننده‌ای در تنظیم رونویسی از بعضی پروتئین‌ها رایج است. این RNAها که نقش تنظیمی دارند را RNAهای خاموش‌ساز می‌گویند.



شکل ۲ پروتئین Pop هنگام همانندسازی پلاسمید بیان می‌شود و در پایان همانندسازی RNA I کمک می‌کند و آغاز همانندسازی را مهار می‌سازد.

پی‌نوشت

۱. هدف ریبونوکئاز RNA (RNaseH) ی هیبرید با DNA است. این آنزیم وابسته به توالی خاص نیست و فقط هیبرید DNA را با RNA شناسایی می‌کند.

منابع

1. Dell, J W. & S. F. Park (2004) Molecular genetics of Bactria, *Johan Wily & sone, Inc.*

۲. سید مظفری، فریده دخت (۱۳۸۳). زیست‌شناسی سلولی و مولکولی. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه پیام‌نور.

۳. جبارزاده کابلی، پرهام (۱۳۸۷). زیست‌شناسی سلولی پیشرفته، انتشارات اقلیدس، مشهد.

تنفس نوری

سید حسین خاتمیان

کارشناس ارشد بیوشیمی

سرگروه زیست‌شناسی استان گیلان

دبیر زیست‌شناسی آستانه اشرفیه

چکیده

تنفس نوری یک از فرایندهای متابولیستی مهمی است که طی آن آنزیم روبیسکو^۱ به جای آن که O_2 را به CO_2 متصل کند، آن را به قند ریبولوز بیس فسفات (RuBISCO)^۲ می‌افزاید. در نخستین واکنش، فسفو گلیسرات (PGA)^۳ و ترکیب سمی فسفو گلیکولات (PG)^۴ تولید می‌شود. فسفو گلیسرات به چرخه کالوین می‌رود و در آن جا به سادگی به ریبولوز بیس فسفات تبدیل می‌شود. فسفو گلیکولات از کلروپلاست به پراکسی زوم و سپس به میتوکندری می‌رود و پیش از این که اتم‌های آن بتوانند مجدداً وارد چرخه کالوین شوند، واکنش‌های بسیار روی آن انجام می‌شوند. تنفس نوری با چندین فرایند متابولیستی مهم مانند فتوسنتز، جذب نیتروژن و تنفس سلولی تداخل دارد و می‌تواند هنگام افزایش مواد احیاکننده (مانند NADPH) در گیاه به عنوان سوپاپ اطمینان عمل کند. در برخی از گیاهان مکانیسم‌هایی برای کاهش تنفس نوری تکامل یافته است. تنفس نوری برای نخستین بار و همزمان با فتوسنتز اکسیژنی در سیانو باکتری‌ها تکامل یافته است.

کلیدواژه‌ها: ریبولوز بیس فسفات، پراکسی زوم، میتوکندری، سیانوباکتری.

مقدمه

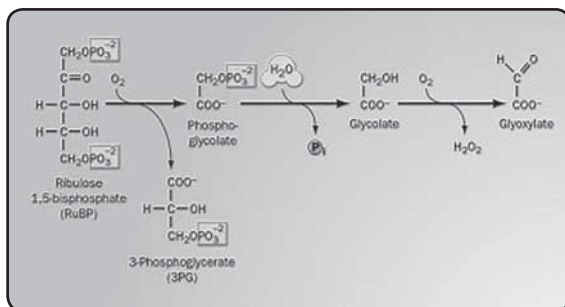
تنفس نوری در همه موجودات زنده فتوسنتزی تولیدکننده O_2 رخ می‌دهد و یکی از راه‌های اصلی متابولیسم کربن در بیوسفر است. این فرایند هنگامی که میزان CO_2 گیاه اندک است، مانند هنگامی که روزه‌ها برای جلوگیری از خروج آب در هنگام کم‌آبی بسته‌اند، رخ می‌دهد. از نظر بیوشیمیایی این فرایند با جانشینی O_2 به جای CO_2 در نخستین واکنش تثبیت CO_2 فتوسنتزی آغاز می‌شود که طی آن آنزیم روبیکسو (ریبولوز ۱ و ۵- بیس فسفات کربوکسیلاز- اکسیژناز) با افزودن CO_2 به قند ریبولوز بیس فسفات، ۳- فسفو گلیسرات (۳PGA) و ترکیب سمی ۲- فسفو گلیکولات (۲PG) را تولید می‌کند (شکل ۱). ۲- فسفو گلیکولات طی مجموعه‌ای از واکنش‌های چرخه‌ای که در گیاهان چرخه CO_2 نام دارد، ۳- فسفو گلیسرات تولید می‌کند (شکل ۲).

طی تنفس نوری ATP تولید نمی‌شود، کربن و نیتروژن (به صورت آمونیاک) از دست می‌روند، رشد گیاه کاهش می‌یابد و بازده فتوسنتزی در گیاهان C_3 بیش از ۲۰٪ کاهش پیدا می‌کند. با وجود این، کاهش تنفس نوری همواره با افزایش سرعت رشد گیاهان همراه نیست. برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تنفس نوری ممکن است جذب نیترات از خاک ضروری باشد و بنابراین کاهش آن با روش‌های مهندسی ژنتیک، یا به علت افزایش CO_2 اتمسفری ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی، برای رشد گیاه مفید نیست.

بیوشیمی تنفس نوری

مسیر تنفس نوری با فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو در

کلورپلاست آغاز می‌شود (شکل ۱)



شکل ۱. واکنش‌های آغازین تنفس نوری

مجموعه‌ای از واکنش‌ها که در پراکسی زوم، میتوکندری و مجدداً در پراکسی زوم روی می‌دهند، این فسفو گلیکولات را به سرین و سپس به گلیسرات تبدیل می‌کنند. گلیسرات به درون کلروپلاست بازمی‌گردد، با مصرف ۱ مول ATP به ۳- فسفو گلیسرات تبدیل می‌شود و به چرخه کالوین برمی‌گردد. در این جا واکنش‌هایی را که در هر یک از اندامک‌ها روی می‌دهند، به‌طور جداگانه بررسی می‌کنیم.

واکنش‌های درون کلروپلاست

۲- فسفو گلیکولات که توسط آنزیم روبیسکو درون کلروپلاست به‌وجود می‌آید، با یک آنزیم فسفاتاز اختصاصی به گلیکولات هیدرولیز می‌شود. گلیکولات حاصل توسط یک انتقال‌دهنده دو طرفه گلیکولات- گلیسرات و از طریق کانال‌های پورین مانند وارد پراکسی زوم می‌شود (شکل ۲).

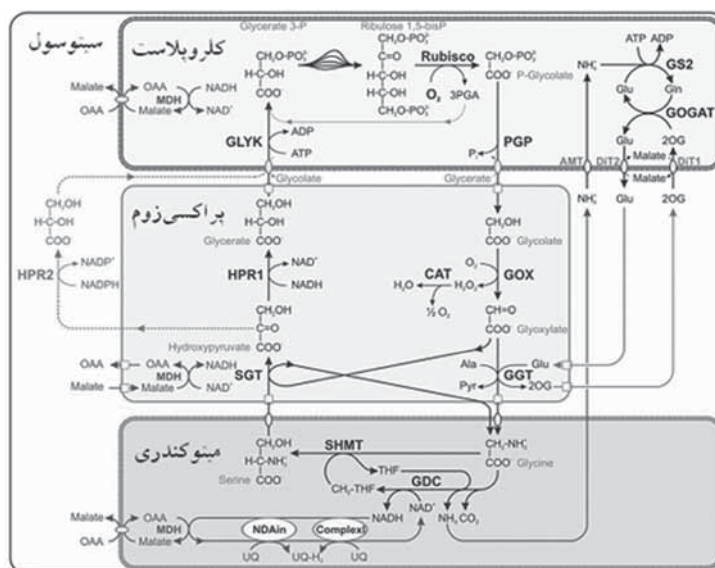
ترانسفراز (SGT) و گلوتمات گلی اکسیلات آمینو ترانسفراز (GGT) هستند. آنزیم SGT سرین را که دهنده گروه آمین است، انتخاب می‌کند؛ در صورتی که آنزیم GGT از گلوتمات تولید می‌شود و در چرخه نیتروژنی تنفس نوری به عنوان دهنده گروه آمین استفاده می‌کند. این آنزیم می‌تواند از آلانین نیز به عنوان دهنده گروه آمین استفاده کند (شکل ۲). گلیسین تولید شده از پراکسی زوم وارد میتوکندری می‌شود.

واکنش‌های درون میتوکندری

درون میتوکندری، دو مولکول گلیسین توسط عمل ترکیب‌شده دو آنزیم گلیسین دکربوکسیلاز (GDS) و سرین هیدروکسی متیل ترانسفراز (SHMT) یک مولکول سرین تولید می‌کنند. ابتدا گلیسین توسط کمپلکس آنزیمی گلیسین دکربوکسیلاز و ضمن واکنش دکربوکسیلاسیون اکسیداتیو، به CO_2 و آمونیاک اکسید می‌شود. ضمن این واکنش NAD نیز به NADH احیا می‌شود و تنها اتم کربن باقیمانده از گلیسین نیز به کوفاکتور تتراهیدروفولات (THF) منتقل می‌شود و یک مولکول متیلن تتراهیدروفولات ($\text{CH}_2\text{-THF}$) تولید می‌شود. بیشتر NADH تولیدشده در این واکنش دوباره به NAD تبدیل می‌شود و قسمتی از آن از طریق شاتل ملات به درون سیتوزول منتقل می‌شود (شکل ۲). در ادامه، آنزیم SHMT، متیلن تتراهیدروفولات را با یک مولکول دوم گلیسین برای ساخت سرین ترکیب می‌کند و تتراهیدروفولات مورد نیاز برای آنزیم GDC را بازسازی می‌کند (شکل ۲). سرین تولید شده به درون پراکسی زوم برگشت داده می‌شود.

برگشت به پراکسی زوم

درون پراکسی زوم، گروه آمینوی سرین توسط آنزیم سرین گلی اکسیلات آمینو ترانسفراز (SGT) به گلی اکسیلات منتقل می‌شود و هیدروکسی پیروات تولید شده توسط آنزیم هیدروکسی پیروات رودوکتاز وابسته به NADH (HPR1)



شکل ۲. واکنش‌های انجام شده در کلروپلاست، پراکسی زوم و میتوکندری

واکنش‌های درون پراکسی زوم

درون پراکسی زوم، گلیکولات توسط آنزیم گلیکولات اکسیداز (GOX) که نوعی آنزیم پراکسی زومی وابسته به فلاوین منو نوکلئوتید است و در حضور اکسیژن مولکولی ضمن یک واکنش یک طرفه اکسید و به آلدهید گلی اکسیلات تبدیل می‌شود. محصول جانبی این واکنش ترکیب ستمی هیدروژن پراکسید (H_2O_2) است که توسط آنزیم کاتالاز تجربه و سم‌زدایی می‌شود (شکل ۲).

در اکثر سیانوکتری‌ها و

جلبک‌ها، برای تبدیل گلیکولات به گلی اکسیلات به جای آنزیم گلیکولات اکسیداز، از آنزیم گلیکولات دهیدروژناز (GLD) استفاده می‌شود. بدین ترکیب این میکروارگانیسم‌های کمتر قسم‌بندی شده، تولید H_2O_2 را کاهش می‌دهند (شکل ۴). همچنین شواهدی دال بر حضور هم‌زمان آنزیم‌های GOX و GLD در جلبک‌های سبز وجود دارد.

مرحله بعدی شامل هوازی است که ضمن آن با افزودن شدن گروه آمین به گلی اکسیلات، گلیسین تولید می‌شود. دو آنزیم درگیر در این مرحله، آنزیم‌های سرین گلی اکسیلات آمینو

مجموعه‌ای از واکنش‌ها که در پراکسی زوم، میتوکندری و مجدداً در پراکسی زوم روی می‌دهند، این فسفو گلیکولات را به سرین و سپس به گلیسرات تبدیل می‌کنند. گلیسرات به درون کلروپلاست بازمی‌گردد، با مصرف ۱ مول ATP به ۳- فسفو گلیسرات تبدیل می‌شود و به چرخه کالوین برمی‌گردد

در اکثر سیانوکتری‌ها و جلبک‌ها، برای تبدیل گلیکولات به گلی اکسیلات به جای آنزیم گلیکولات اکسیداز، از آنزیم گلیکولات دهیدروژناز (GLD) استفاده می‌شود. بدین ترکیب این میکروارگانیسم‌های کمتر قسم‌بندی شده، تولید H_2O_2 را کاهش می‌دهند (شکل ۴). همچنین شواهدی دال بر حضور هم‌زمان آنزیم‌های GOX و GLD در جلبک‌های سبز وجود دارد

جذب نیتروژن

چرخه C_4 تنفس نوری برای تولید گلیسین از گلی اکسیلات به گلوتمات نیاز دارد و در طول ساخت متیلن-تتراهیدوفولات از گلیسین، آمونیاک تولید می‌کند. این در فرایند و تثبیت مجدد آمونیاک حاصل، چرخه نیتروژنی چرخه نیتروژنی تنفس نوری را تشکیل می‌دهد. تثبیت مجدد آمونیاک انرژی زیادی مصرف می‌کند و به دو آنزیم کلروپلاستی گلوتامین سنتتاز ($GS\gamma$) و گلوتمات سینتاز وابسته فیه فردوکسین ($fd-GOGAT$) نیاز دارد. آنزیم $GS\gamma$ آمونیاک را با گلوتمات ترکیب و گلوتامین تولید می‌کند. گلوتامین حاصل توسط آنزیم $fd-GOGAT$ برای تهیه گلوتمات از ۲-اگزوگلوتمات (۲OG) مصرف می‌شود. گلوتمات

تولید شده برای ساخت گلیسین و تثبیت مجدد آمونیاک به کار می‌رود (شکل ۲).

تنفس میتوکندریایی

ارتباطات دو مسیر تنفس نوری و تنفس میتوکندریایی در شکل‌های ۳a و ۳b نشان

داده شده‌اند. هم‌چنان که در شکل ۳a مشاهده می‌شود، محصولات مستقیم ($NADH$ و آمونیاک) و یا غیرمستقیم (ATP و $NADPH$) تنفس نوری، دارای اثر مهار الوستریک روی فعالیت آنزیم‌های پیروات دهیدروژناز (PDH) و ایزو سیتترات دهیدروژناز (IDH) تنفس سلولی‌اند. هم‌چنین اکسیداسیون گلیسین در ماتریکس میتوکندری ضمن فرایند تنفس نوری به بازسازی NAD نیاز دارد. این امر می‌تواند توسط انتقال الکترون‌ها از $NADH$ به درون زنجیره انتقال الکترون میتوکندریایی انجام شود. این انتقال ممکن است توسط یک روش

به گلیسرات احیا می‌شود (شکل ۲). $NADH$ قادر به نفوذ به درون غشای پراکسی زوم نیست و باید توسط آنزیم مالات دهیدروژناز پراکسی زومی ($pMDH$) تولید شود. این آنزیم، مالات تولید شده رد کلروپلاست‌ها و میتوکندری‌ها را مصرف می‌کند.

مشاهده شده است که حذف هیچ یک از آنزیم‌های $HPR1$ و $pMDH$ به‌طور مؤثر به رشد گیاه آسیب نمی‌زنند. این بدین علت است که هیدروکسی پیروات می‌تواند وارد سیتوزول شود و توسط هیدروکسی پیروات رودوکتاز وابسته به $NADPH$ ($HPR2$) احیا شود (شکل ۲).

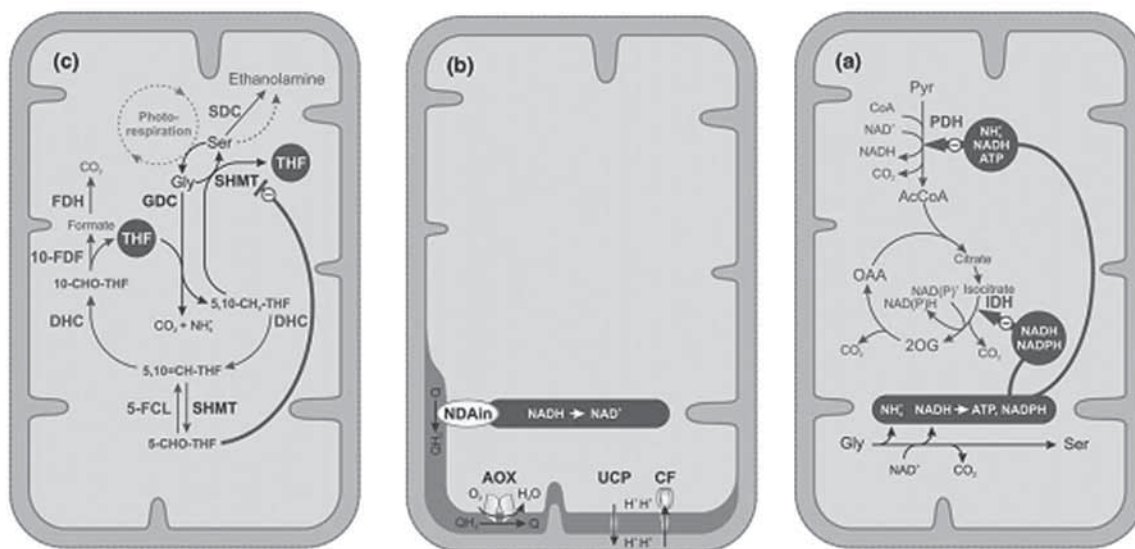
بسته شدن چرخه

در نهایت، آنزیم پلاستییدی گلیسرات ۳- کیناز ($GLYK$) با بازسازی گلیسرات ۳- فسفات، چرخه C_4 را کامل می‌کند و ۳ اتم از ۴ اتم کربن دو مولکول فسفوجلایکولات را به چرخه کالوین برمی‌گرداند (شکل ۲). $GLYK$ تنها گلیسرات کیناز

تولیدکننده گلیسرات ۳- فسفات شناخته شده است. اکثر باکتری‌ها و همه جانوران گلیسرات ۲- کینازها را استفاده می‌کنند.

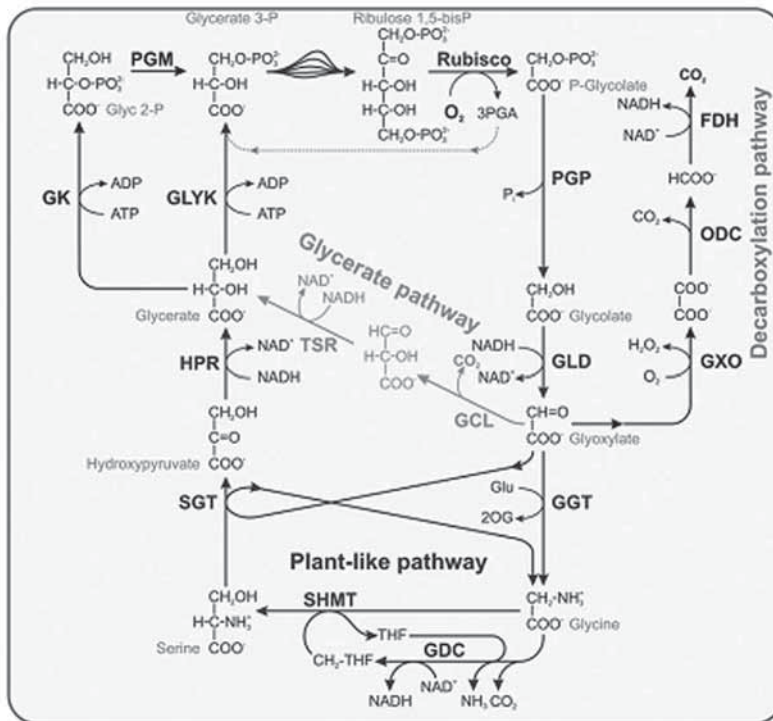
میانکنش‌های ثانویه

علاوه بر تداخل تنفس نوری با فتوسنتز، در سال‌های اخیر شواهدی برای میانکنش این مسیر با چندین فرایند متابولیستی دیگر مانند جذب نیتروژن، تنفس میتوکندریایی، و متابولیسم یک کربنی ارائه شده است که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.



شکل ۳. میانکنش‌های متابولیستی تنفس نوری

آنزیم فسفوگلیسرئوموتاز (PGM) به گلیسرال-۳ فسفات تبدیل می‌کند (شکل ۴).



متابولیسم یک کربن برای گیاهان فوق‌العاده مهم است و پیش‌ساز‌هایی برای ساخت پروتئین، نوکلئیک اسید و پانتون‌ات تأمین کرده و در ساخت لیگنین، آلکالوئیدها و بتائین‌ها نیز نقش دارد. انتقال واحدهای یک کربنی در تبدیل میتوکندریایی گلیسین به سرین توسط آنزیم‌های GDC و SHMT^۱ به مسیر تنفس نوری متصل می‌شود.

هم‌چنان که در شکل ۳C نشان داده شده است، میانکشی تنفس نوری با متابولیسم یک کربن میتوکندری، شامل تولید اتانول آمین و به چرخش در آمدن مهارکنندهٔ ۵- فرمیل تترا هیدروفولات (۵-CHO-THF) به تتراهایدروفولات می‌شود.

شکل ۴. مسیرهای متابولیستی تنفس نوری در سیاتوباکتری‌ها

سیانوباکتری‌ها می‌توانند با تبدیل مستقیم گلی اسیلات به گلیسرات توسط آنزیم‌های گلی اسیلات کربولیگاز (GCL) و تارترونیک سمی آلدهید ردوکتاز (TSR) از تبدیل گلیسین به سرین احتراز نمایند (مسیر گلیسرات).

برخی از گونه‌ها قادرند گلی‌اکسیلات را توسط آنزیم‌های گلی‌اکسیلات اکسیداز (GOX)، اگزالات دکربوکسیلاز (ODC) و فرمات دهیدروژناز (FDH) از طریق مسیر دکربوکسیلاسیون به‌طور کامل به CO_2 تجزیه کنند (شکل ۴). بنابراین برخلاف گیاهان که متابولیسم تنفس نوری به یک مسیر خاص محدود شده است، در سیاتوپاکتری‌ها این فرایند از طریق چند مسیر مختلف انجام می‌شود.

لی پوشیده شده بودند

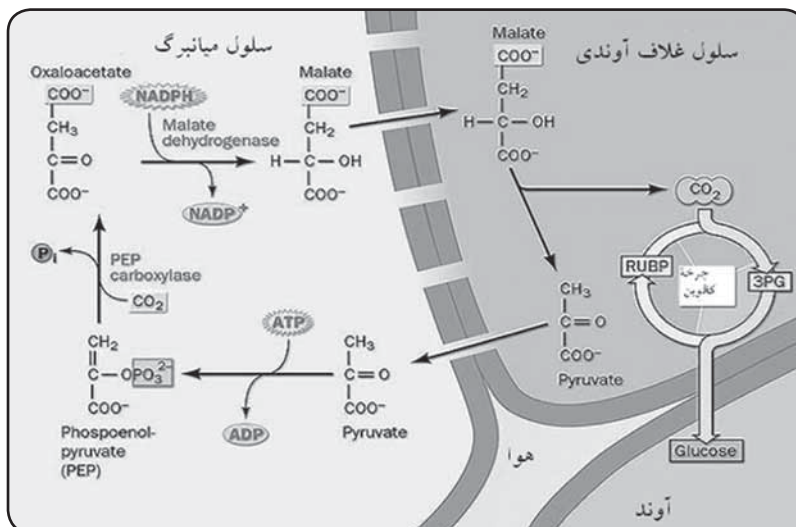
حضور مسیرهای متفاوت برای متابولیسم ۲- فسفوگلیکولات در جانداران مختلف، مطرح می‌کند که متابولیسم ۲- فسفوگلیکولات که موجود زنده را از مسموم شدن توسط محصولات مضر مانند خود ۲- فسفوگلیکولات، گلم، اکسیلات، گلیسین محافظت می‌کند، برای زیست‌پذیری همهٔ

سیانو باکتری‌ها نخستین پروکار یوت‌هایی بودند که آنزیم روبیسکو را مستقیماً در معرض اکسیژن گذاشتند. این سیانو باکتری‌های قدیمی احتمالاً در ساختارهایی مشابه به استروماتولیت‌های^۵ امروزی زندگی می‌کردند و با لایه‌های ضخیم پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی و رسوبات غیر آلی پوشیده شده بودند. در چنین شرایطی، اکسیژن می‌توانست به میزان قابل ملاحظه‌ای انباشته شود و ساخته شدن ۲- فسفو گلیکولات را تحریک کند.

آنالیزهای متالولیسیم ۲- فسفوجلیکولات در سیانوباکتری ها، هم پوشانی^۶ روش های باکتریایی و روش های گیاهی را در این پروکاریوت ها نشان می دهد. آنزیم های مشابه گلیکولات اکسیداز (GOX) گیاهی فقط در تعداد کمی از سیانوباکتری ها وجود دارند. در اکثر سیانوباکتری ها، آنزیم های گلیکولات دهیدروژناز (GLD) گلم، اکسیلات را تولید می کنند و

۳- فسفولیپیدها توسط آنزیم گلیسرول ۳- کیناز (GLYK) تشکیل می‌شود، در حالی که برخی از اسیدهای سیانوباکتری‌ها از آنزیم گلیسرول ۲- کیناز استفاده می‌کنند و گلیسرول ۲- فسفات حاصل را توسط

سیانوباکتری‌ها نخستین پروکاریوت‌هایی بودند که آنزیم روبیسکو را مستقیماً در معرض اکسیژن گذاشتند. این سیانوباکتری‌های قدیمی احتمالاً در ساختارهایی مشابه به استروماتولیت‌های امروزی زندگی می‌کرده‌اند و بایا له‌های ضخیم پلی ساکاریدهای خارج سلولی و رسوبات غیر آلی پوشیده شده بودند



جاندارانی که فتوسنتز اکسیژنی را انجام می‌دهند، صرف‌نظر از این که پروکاریوت یا یوکاریوت‌های جلبک یا گیاه باشند، ضروری است.

اهمیت (نقش) تنفس نوری

هر چند درباره عملکردهای تنفس نوری بحث و جدلهایی وجود دارد، مشخص شده است که این مسیر بر محدوده وسیعی از فرایندها نظیر بیوانرژی‌تیک، عملکرد فتوسیستم ۲، متابولیسم کربن، جذب نیتروژن و تنفس سلولی تأثیر می‌گذارند.

مسیر تنفس نوری یک منبع عمده

شکل ۵. تثبیت CO_2 در گیاهان C_4

سورگوم و علف‌انگشتی^۸ مثال‌هایی از گیاهان C_4 اند. گیاهان CAM مانند کاکتوس و گیاهان آبدار، با استفاده از آنزیم فسفو آنول پیرووات کربوکسیلاز و در مکانیسمی که متابولیسم اسید کراسولاسه‌ای نامیده می‌شود، CO_2 را در طول شب با فسفو آنول پیرووات ترکیب نموده و به دام می‌اندازند و در طول روز آن را برای سلول‌های فتوسنتز کننده آزاد می‌کنند. این فرایند، مکانیسمی را برای کاهش تعریق از طریق روزنه‌ها در طول روز فراهم می‌کند.

H_2O در سلول‌های فتوسنتز کننده است. از طریق تولید H_2O و میانکنش‌های نوکلئوتیدهای پیریدین‌دار، تنفس نوری نقشی کلیدی برای هومئوستازی احیای سلولی دارد و از این طریق بر مسیرهایی

که پاسخ‌های هورمونی و رشد گیاه، پاسخ‌های محیطی و دفاعی و مرگ برنامه‌ریزی شده سلول را کنترل می‌کنند، تأثیر می‌گذارد. بر مبنای یک نظریه دیگر، تنفس نوری ممکن است به عنوان یک سوپاپ اطمینان عمل کند. این فرایند از واکنش NADPH و ATP اضافی با اکسیژن و ایجاد رادیکال‌های آزاد، که می‌توانند عملکردهای متابولیسمی سلول را دچار اختلال کنند، ممانعت می‌کند.

در برخی از گیاهان مکانیسم‌هایی برای کاهش جذب مولکول اکسیژن توسط آنزیم روبیسکو ایجاد شده است. این گیاهان غلظت CO_2 را در برگ‌ها به حدی افزایش می‌دهند که احتمال فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو و تولید گلیکولات کاهش می‌یابد

پی‌نوشت

1. RuBISCO
2. Ribulose Bis Phosphate
3. Phosphoglycerate
4. Phosphoglycolate
5. Stromatolites
6. Overlap
7. Bundle Sheath Cells
8. Crabgrass

منابع

1. Hermann Bauwe, Martin Hagman and Alisdair R Fernie. Photorespiration: Players, Partners and Origin. Trends in Plant Science Vol. 15 N 0. 6 (2010) 330- 336
2. Roland Douce and Michel Neuburger. Biochemical dissection of Photorespiration. Current Opinion in Plant Biology 1999, 2: 214- 222.
3. <http://en.Wikipedia.org/Wiki/Photorespiration>.
4. Sigrun Reumann, Andreas P.M Weber. Plant Peroxisomes respire in the light: some gaps of Photorespiratory C2 cycle have become filled- Others remain. Biochimica et Biophysica Acta 1763 (2006) 1496- 1510.
5. www2.mcdaniel.edu/Biology/bot99/Photorespiration.htm

کاهش تنفس نوری در گیاهان C_4 و CAM

در برخی از گیاهان مکانیسم‌هایی برای کاهش جذب مولکول اکسیژن توسط آنزیم روبیسکو ایجاد شده است. این گیاهان غلظت CO_2 را در برگ‌ها به حدی افزایش می‌دهند که احتمال فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو و تولید گلیکولات کاهش می‌یابد.

گیاهان C_4 ، CO_2 را در سلول‌های میانبرگ و با استفاده از آنزیمی به نام فسفو آنول پیرووات کربوکسیلاز به دام می‌اندازند و اگرالواستات تولید می‌کنند. سپس اگرالواستات به مالات تبدیل می‌شود و به درون سلول‌های غلاف آوندی^۷ که محل تثبیت CO_2 توسط آنزیم روبیسکو است، آزاد می‌شود (شکل ۵). در آنجا CO_2 از مالات برداشته، در روش معمولی با قند ریبولوز بیس فسفات ترکیب می‌شود و چرخه کالوین رخ می‌دهد. این توانایی برای اجتناب از تنفس نوری، این گیاهان را در محیط‌های گرم و خشک که روزنه‌ها بسته‌اند و میزان CO_2 داخلی پایین است، نسبت به دیگر گیاهان بادوام‌تر می‌کند. نیشکر، ذرت،

انتقال ژن در ماهیان

سیدمرتضی ابراهیمزاده

Sm_ebrahimzadeh@hotmail.com

مجمع آموزش جهاد کشاورزی مازندران

مرکز آموزش عالی علمی کاربردی شهید حسن پور، بابلسر

چکیده

با وجود این که صید ماهیان در سال های اخیر رشد آهسته یا ثابت داشته است، تراکم جمعیت جهانی آدمی در حال افزایش و در پی آن تقاضا برای غذاهای دریایی رو به افزایش است. یکی از راه های برطرف کردن کمبود غذا و غلبه بر افزایش قیمت ها، فعالیت های آبی پروری در جهان است. از جمله مهم ترین زمینه های تحقیق در صنعت آبی پروری، استفاده از بیوتکنولوژی برای افزایش دسترسی به غذا و کاهش هزینه های تولید، به ویژه از طریق دستکاری ژن ها و کروموزوم های گونه های پرورشی است. از جمله این تکنیک ها ایجاد ماهیانی است که انتقال ژن به آن ها صورت گرفته و خصوصیات از قبیل افزایش رشد، بهبود ضریب تبدیل غذایی، مقاومت به بیماری ها، تحمل سرما و بهبود متابولیسم گیاهان خشکی زی به وجود آمده است. با وجود این، استفاده از موجودات انتقال ژن یافته در آبی پروری از نظر ملاحظات زیست محیطی و بهداشت انسانی از موضوع های بحث برانگیز بوده است. در پاسخ به این مشکل، برای کاهش خطر تولیدمثل ماهیان انتقال ژن یافته با گونه های وحشی، برخی تحقیقات انتقال ژن روی القای عقیمی تمرکز یافته است. در این مقاله مروری، پیشرفت های اخیر در زمینه انتقال ژن در ماهیان و مهم ترین ملاحظات زیست محیطی و بهداشت انسانی در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است.

کلیدواژه ها: انتقال ژن، ماهیان تراژن، بیوتکنولوژی، آبی پروری.

مقدمه

پیشرفت در بیوتکنولوژی در چند دهه گذشته، ابزارهایی مؤثر و ضروری برای دست کاری ژن ها و کروموزوم های موجودات زنده، فراهم کرده است. ایجاد ماهیان و موجودات پوسته دار انتقال ژن یافته، به علت نقش این فناوری در اصلاح و بهبود تولید، بخش اعظم تحقیقات آبی پروری را به خود اختصاص و آن را در رأس موضوع مورد توجه محققان قرار داده است. حیطة اصلی تحقیقات تراژنی در ماهیان شامل استفاده از هورمون های رشد (GH) برای افزایش رشد و ضریب تبدیل غذایی؛ استفاده از پروتیین های ضد انجماد (AFP) برای افزایش تحمل سرما و مقاومت در برابر انجماد؛ استفاده از پپتیدهای ضد میکروبی برای افزایش مقاومت به بیماری ها؛ استفاده از ژن های متابولیک برای افزایش بازدهی غذاهای کم ارزش؛

و روش های ژنتیک برای عقیم کردن است. اگرچه عمل انتقال ژن در ماهی به خوبی اجرا شده است، تحقیق در زمینه بی مهرگان دریایی بر اثر پیچیدگی معرفی و بیان ژن های بیگانه و خارجی، در مراحل مقدماتی قرار دارد. تحقیقات اولیه روی بی مهرگان دریایی با تمرکز بر اصلاح و بهبود مقاومت در برابر بیماری ها، منجر به توسعه روش های موفقیت آمیز انتقال ژن در این موجودات شده است.

صنعت آبی پروری از سال ۱۹۷۰، سریع ترین رشد را در بخش تولید غذای حیوانی با افزایش میانگین ۸/۹ درصد در سال، داشته است (FAO, ۲۰۰۴). با وجود این که برداشت از منابع آب دریایی در دوره زمانی ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰، پنج برابر شده است، رشد سالانه آن در طول ۱۵ سال گذشته ثابت باقی مانده است (FAO, ۲۰۰۴, ۲۰۰۶). در نتیجه عواملی از قبیل رشد جمعیت، شهری سازی و افزایش درآمد سرانه، از

سال ۱۹۶۱ تا سال ۲۰۰۱، مصرف ماهی سه برابر شده است و از ۲۸ میلیون تن به ۹۶/۳ میلیون تن افزایش یافته است (FAO، ۲۰۰۴). پیش‌بینی می‌شود تقاضای جهانی برای ماهی و محصولات شیلاتی از ۱۳۳ میلیون تن در سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ به ۱۸۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۵ افزایش پیدا کند. محاسبات نشان می‌دهند که صید از ذخایر طبیعی نزدیک به ظرفیت نهایی شده و یا به احداکثر ظرفیت خود رسیده است، جهان به فعالیت‌های آبی‌پروری و تکنولوژی‌های مرتبط به آن می‌نگرد تا به تقاضای رو به تزاید پاسخ دهد: انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۰ آبی‌پروری ۴۱ درصد از تولید ماهی جهانی را تأمین می‌کند (در مقایسه با ۳/۹ درصد در سال ۱۹۷۰ و ۲۹/۹ درصد در سال ۲۰۰۲) (FAO، ۲۰۰۴). با وجود پیش‌بینی رشد صنعت آبی‌پروری، ثابت ماندن میزان صید ماهی از منابع آبی و افزایش جمعیت، کمبود جهانی ماهی و تولیدات آن در سال‌های پیش‌رو اجتناب‌ناپذیر است. در نتیجه، افزایش قیمت ماهی دور از انتظار نیست، پیش‌بینی می‌شود قیمت ماهی تا سال ۲۰۱۵ در حدود ۳/۲ درصد (نسبت به سال‌های ۱۹۹۹/۲۰۰۱) (FAO، ۲۰۰۴) و تا سال ۲۰۲۰ قیمت صدف‌ها و سخت‌پوستان از ۴ تا ۱۶ درصد (نسبت به سال ۱۹۹۹/۲۰۰۱) افزایش یابد. استفاده از بیوتکنولوژی در آبی‌پروری ظرفیت لازم برای

رشد این ماهی انتقال ژن یافته در ۱۳۵ روز اول، ۳ تا ۴/۶ برابر سریع‌تر از ماهی‌های گروه شاهد بود. از سال ۱۹۸۵، در میدان عمل انتقال ژن یافته پیشرفت‌های تکنولوژیک مختلفی ایجاد شد. برای ایجاد گونه‌های ماهی تغییر یافته ژنتیکی روش‌های مختلف انتقال ژن بیگانه (از قبیل ریز تزریقی، روش ایجاد منافذ با الکتروسیسته (الکتروپوراسیون)، روش حامل‌های ویروسی، بمباران با تفنگ میکروسکوپی و روش‌های انتقال ژن با اسپرم و بیضه حامل) و ردیابی کشف ژن خارجی (از قبیل واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز (PCR) و آنالیز لکه‌گذاری سادرن) به‌وجود آمد. ماهی انتقال ژن یافته در مقایسه با سایر موجودات بیشتر مورد درخواست و توجه است، چون دستیابی به صفات مطلوب معمولاً قابل اجرائر و قابل هدایت‌تر است و می‌تواند از طریق اصلاح بازدهی تولید در آبی‌پروری، بهره اقتصادی این فعالیت‌ها را افزایش دهد. علاوه بر این، گونه‌های ماهی به دستکاری مصنوعی ژن‌هایشان در طول مراحل اولیه رشد و نمو مقاومت نسبی دارند و این امر آن‌ها را برای ایجاد تغییرات ژنتیکی آرمانی کرده است. با وجود این، موضوعات بهداشت انسانی و زیست‌محیطی متعددی در زمینه استفاده از تکنولوژی تراژنی در آبی‌پروری وجود دارد که در ادامه این مقاله به آن اشاره خواهد شد.

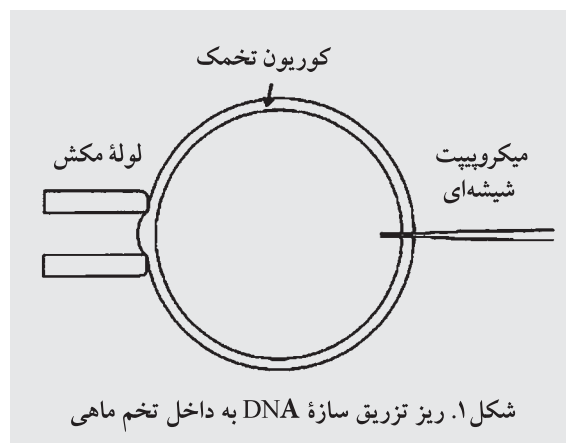
برای ایجاد ماهیان تراژن، معمولاً سازه DNA حاوی ژن‌های صفات مطلوب همراه با توالی پیش برنده^۳ به پیش هسته‌های تخم‌های لقاح یافته معرفی و انتقال داده می‌شوند. سپس این جنین‌های تزریق شده در محیط آزمایشگاه یا در بدن جاندار انکوباسیون و سپس به یک موجود زنده کاملاً رشد یافته تبدیل می‌شوند. از ماهی گورخری به علت مزیت‌های زیست‌شناختی و آزمایشگاهی اغلب به عنوان گونه مدل در مطالعات انتقال ژن استفاده می‌شود: این ماهیان به آسانی نگهداری و تکثیر می‌شوند، جنین آن‌ها در مقابل دستکاری آزمایشگاهی مقاوم است، به سرعت رشد می‌یابند، تعداد زیادی نوزاد به وجود می‌آورند و چون در برخی مراحل رشد و نمو خود شفاف هستند، استفاده از ترانس ژن‌های فلورسنت میسر می‌شود. تا به امروز، ماهیانی از قبیل اتلانتیک، کوهو و چینوک سالمون، قزل‌آلای رنگین کمان و قزل‌آلای قاتل^۴، تیلاپیا، باس راه‌راه، لوچ لجنی، گربه‌ماهی

در تعریف، موجودات انتقال ژن یافته یا موجودات تغییر یافته ژنتیک (GMOها) آن دسته از موجوداتی هستند که دارای DNA (دئوکسی ریبونوکلیک اسید) بیگانه یا خارجی هستند که به‌طور مصنوعی به ژنوم آن‌ها وارد شده باشد

کم کردن کمبودهای ماهی و کنترل افزایش قیمت آن‌ها را با افزایش بازدهی تولید، به حداقل رساندن قیمت‌ها و کاهش بیماری‌ها داراست. به هر حال، ورود موجودات انتقال ژن یافته به داخل زنجیره غذایی با انتقادهای گسترده بخش‌های محیطی و بهداشت انسانی روبه‌رو بوده است. این مقاله مروری به پیشرفت‌هایی که اخیراً در انتقال ژن برای استفاده در آبی‌پروری به‌وقوع پیوسته است، همراه با بحث‌هایی که درباره تکنولوژی انتقال ژن در آبی‌پروری مطرح شده، پرداخته است.

ماهی تراژن

در تعریف، موجودات انتقال ژن یافته یا موجودات تغییر یافته ژنتیک (GMOها) آن دسته از موجوداتی هستند که دارای DNA (دئوکسی ریبونوکلیک اسید) بیگانه یا خارجی هستند که به‌طور مصنوعی به ژنوم آن‌ها وارد شده است. اولین مورد موفق ماهی تراژن در سال ۱۹۸۵ گزارش شد، در این زمان ژن هورمون رشد انسانی به تخم‌های لقاح‌یافته ماهی طلایی^۱ ریز تزریق شد. این کار با معرفی ژن هورمون رشد به ژنوم ماهی لوچ^۲ پیگیری شد که در نتیجه آن



کانالی، کپور معمولی، کپور ماهیان هندی اصلی، ماهی طلایی، مداکا ژاپنی، اردک ماهی شمال، سیم دریایی قرمز و نقره‌ای، ماهی چشم مات (از خانواده سوف ماهیان) و ماهی گورخری برای تولید صفات به‌گزینی شده از قبیل افزایش رشد، افزایش ضریب تبدیل غذایی، تحمل سرما و مقاومت به بیماری از نظر ژنتیکی تغییر یافته‌اند.

هورمون رشد: هورمون رشد (GH) پلی پپتیدی است که از غده هیپوفیز ترشح می‌شود، با گیرنده‌های سلولی ویژه‌ای پیوند برقرار، سنتز و ترشح فاکتورهای رشد شبه انسولین (IGF-I و IGF-II) را القا می‌کند و در نتیجه از طریق بهبود اشتها، افزایش بازدهی تغذیه‌ای و افزایش میزان رشد، سبب افزایش رشد سوماتیک می‌شود. در ماهی، سیستم اعصاب مرکزی (CNS) به طور طبیعی سطوح ترشحی GH را کنترل می‌کند که با توجه به فصل متغیر است. با وجود این ژن AFP در ماهی لب کلفت اقیانوسی^۵ در طول سال در کبد بیان و تظاهر می‌یابد. تحقیقات انتقال ژن GH را به پروموتور ژن AFP ارتباط می‌دهند. افزایش ترشح GH و متعاقب آن افزایش اندازه ماهی می‌تواند هزینه تولید فعالیت‌های آبی‌پروری را با کاهش زمان اندازه‌بازاری شدن ماهی و کاهش خطر بیماری و شکارچیان، کاهش دهد. اگرچه، در این زمینه چالش بزرگی در تعیین تعادل اپتیمم GH برای به‌دست آوردن حداکثر بدون اثر زیانبار به موجود زنده باقی مانده است، به‌طوری که افزایش GH می‌تواند باعث ایجاد مشکلاتی از قبیل رشد بیش از حد بدن (آکرومگالی) (که در انسان‌ها با رشد استخوان‌های فک همراه است) و سر بزرگ شده، شود.

از اولین معرفی و انتقال ژن GH انسان به ماهی طلایی و لوچ لجنی، تحقیقات گسترده‌ای در استفاده از ژن GH در محدوده وسیعی از گونه‌های آبی به‌کار گرفته شده است. اخیراً تکنیک‌های اصلاح شده برای معرفی ترانس ژن‌ها به ژنوم‌های میزبان توسعه یافته و به‌منظور افزایش قابلیت پذیرش مصرف‌کنندگان، تمرکز روی استفاده از ژن‌های GH ماهی در مقایسه با انسان قرار گرفته است. نگرش منفی همراه با استفاده از پیش‌برنده‌های ویروسی برای بیان ژن‌های انتقال یافته، بسیاری از تحقیقات را به سمت جانشینی آن‌ها با پیش‌برنده‌های (پروموتور) ماهی برای ایجاد سازه‌های ترانس ژن تمام ماهی^۶ سوق داده است. این نژادهای ترانس ژن GH تمام ماهی، در تعدادی از ماهیان از قبیل کپور معمولی^۷، سیم دریایی نقره‌ای^۸، سیم دریایی قرمز^۹، تیلپیا^{۱۰} و آتلانتیک سالمون^{۱۱} انجام گرفته است.

یک سازه GH تمام ماهی به‌طور موفقیت‌آمیز به ماهی کپور معمولی انتقال داده شد که در نتیجه آن در مقایسه با گروه شاهد ماهیان پرورشی، میزان رشد افزایش پیدا کرده و ضریب تبدیل غذایی بهبود پیدا کرده است. آزمایش‌های در مقیاس متوسط از این کپورهای ترانس ژن GH تمام ماهی، ظرفیت بالای کاربرد تجاری این فن را در آبی‌پروری نشان داده است. در سال ۲۰۰۳، کپور معمولی و دیگر کپورها با ۱۷/۲ تن تولید (وزن زنده)، از گروه‌های اصلی تولیدات جهانی آبی‌پروری برای مصارف غذایی بودند. استفاده از تکنولوژی

انتقال ژن در کپور فواید بسیاری را عاید صنعت پرورش این ماهی و افزایش دسترسی به این ماهی‌ها در آینده خواهد کرد.

لاین‌های تراژن سیم دریایی نقره‌ای، گونه پرورشی مهم در آسیا، با استفاده از سازه‌های حاوی DAN مکمل GH (cDAN) قزل‌آلای رنگین کمان^{۱۲} با پیش‌برنده کپور معمولی توسعه پیدا کرده است. با استفاده از دو روش جدید انتقال ژن، انتقال اسپرم و بیضه حامل، بین ۵۶ تا ۷۶ درصد از جانوران، حامل ژن انتقالی شدند و رشد آن‌ها در مقایسه با گروه‌های شاهد چندین برابر شد.

سیم دریایی قرمز در چین دارای ارزش اقتصادی بالایی است، اما تولید آن به علت رشد نسبتاً کم آن‌ها اندک است. به‌منظور توسعه این صنعت، سازه ژن تمام ماهی حاوی GH چینوک سالمون^{۱۳} با پروموتور ژن AFP لب کلفت اقیانوسی با استفاده از روش الکتروپوراسیون (روشی که امکان تیمار ۱۰۰۰۰ تخم در ده دقیقه را فراهم می‌کند) به تخم‌های لقاح‌یافته، انتقال داده شد. بعد از ۳۰ روز، ۲۹ درصد از ماهیان و بعد از دو ماه، ۳۸ درصد از ماهیان حامل توای DAN بیگانه بودند. در مقایسه با گروه کنترل در ماه هفتم، میانگین وزن و طول بدن ماهی‌های انتقال ژن‌یافته به ترتیب ۲۱ و ۹/۳ درصد افزایش یافت.

صنعت آبی‌پروری از سال ۱۹۷۰، سریع‌ترین رشد را در بخش تولید غذای حیوانی با افزایش میانگین ۸/۹ درصد در سال، داشته است

تیلپیا گونه پرورشی مهمی است و در بیش از ۶۰ کشور پرورش داده می‌شود. تیلپایی تراژن تمام ماهی به‌طور موفقیت‌آمیز با ریز تزریق GH چینوک سالمون همراه با پروموتور AFP لب کلفت اقیانوسی ایجاد شد. تیلپایی تراژن چهار برابر سریع‌تر از هم‌نژادهای انتقال ژن نیافته خود رشد پیدا می‌کند. اخیراً، آزمایش‌های طولانی مدت نشان داده‌اند که میزان رشد آن‌ها ۲/۵ درصد و ضریب تبدیل غذایی ۲۰ درصد و بازدهی مصرف پروتئین، مواد خشک و انرژی در مقایسه با هم‌نژادهای انتقال ژن نیافته بیشتر بود. در ارزیابی مکان‌های بیان پروموتور نوع سوم AFP و سازه GH چینوک سالمون در تیلپیا، انتظار می‌رفت ریبونوکلیک اسید پیام‌رسان (mRNA) حاوی GH تراژن عمدتاً در کبد ردیابی شود (Caelers and others, ۲۰۰۵). اگرچه نتایج الگوی بیان منعکس‌کننده شرایط طبیعی بدن ماهی بود به‌طوری که mRNA تراژن در اندام‌های دیگر از قبیل آبشش، قلب، مغز، کلیه، طحال، روده، ماهیچه‌های اسکلتی و بیضه‌ها یافت شدند. چون شرایط غیرطبیعی در رشد این ماهی دیده نشد، محققان پیشنهاد کردند که این روش انتقال ژن شبیه به بیان طبیعی GH در اندام‌ها در طول رشد و نمو است که در نتیجه آن افزایش رشد ماهی با تناسب عادی انجام می‌گیرد.

پروتئین ضد یخ

اندیشه سیستم ضد یخ اولین بار در نوعی ماهی ساکن سواحل شمالی لابرادور تشریح شد؛ نقطه انجماد مایعات بدن این ماهی برخلاف نقطه انجماد آب شیرین (صفر درجه سانتی گراد) بیشتر مشابه انجماد آب دریا (۱/۷- تا ۲- درجه سانتی گراد) است. نهایتاً این پدیده به پتیدها و گلیکوپتیدهایی به نام AFPها و گلیکوپروتئین‌ها (AFGها) نسبت داده شد. این پتیدها در ابتدا در کبد سنتز می‌شوند و سپس به خون و فضای خارج سلولی ترشح می‌شوند؛ در آن جا به هم می‌چسبند، ساختار کریستال‌های ریز یخی پیدا می‌کنند و بنابراین از رشد کریستال‌های یخ جلوگیری می‌کنند و نقطه انجماد مایع بدن را کاهش می‌دهند. AFPها ساختارهای گوناگونی دارند و بسته به توالی پروتئین آن‌ها به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند. همچنین تعداد نسخه‌ها و انواع ژن‌های AFP با نوع گونه تغییر می‌کند. برای مثال در فلاتر زمستان^{۱۴} ۳۰ تا ۴۰ نسخه نوع ۱، در راون دریا^{۱۵} ۱۲ تا ۱۵ نسخه نوع ۲ و در ماهی لب کلفت اقیانوسی جزیره نیوفاندلند ۱۵۰ نسخه از نوع ۳ وجود دارد.

AFP نوع ۳ ماهی لب کلفت اقیانوسی به‌طور موفقیت‌آمیزی به ماهی طلایی انتقال و در این ماهی بیان شد. ژن به روش ریزتریزی

اندیشه سیستم ضد یخ اولین بار در نوعی ماهی دریایی ساکن سواحل شمالی لابرادور تشریح شد؛ نقطه انجماد مایعات بدن این ماهی برخلاف نقطه انجماد آب شیرین بیشتر مشابه نقطه انجماد آب دریاست

به اووسیت‌ها انتقال داده شد و در دو نسل به ارث رسید. تحمل ماهی طلایی ترازن نسبت به سرما در مقایسه با ماهیان کنترل بالاتر است؛ از این رو امکان استفاده از روش‌های انتقال ژن برای افزایش مقاومت به سرما در ماهی توصیه شده است.

فَن انتقال ژن AFP در صنعت آبی‌پروری کشورهایی که خطوط ساحلی آن‌ها در شرایط انجماد و زیر انجماد است، می‌تواند مفید واقع شود. برای مثال، دمای آب در فصل زمستان در سواحل آتلانتیک کانادا از ۰ تا ۱/۸- درجه سانتی‌گراد است؛ این شرایط پرورش آزاد ماهیان و دیگر ماهیان مهم تجاری را به مناطق منتخبی در مناطق جنوبی کانادای شرقی محدود می‌کند. بنابراین اخیراً تحقیقات به سمت ایجاد نژادهایی از آتلانتیک سالمونی که قادر به پرورش در محدوده جغرافیایی وسیعی باشد، سوق پیدا کرده است. این امر از این راه‌ها زیر قابل اجراست:

- معرفی مجموعه‌ای از ترانس ژن‌های AFP امکان بقای ماهی را در دمای آب پایین می‌دهند،
- معرفی ترانس ژن‌های GH برای تولید نژادهایی با رشد سریع که

نیاز به زمستان‌گذرانی نداشته باشند.

اگرچه ترانس ژن‌های AFP به‌طور موفقیت‌آمیز به ماهی آتلانتیک سالمون انتقال یافت و در بدن این ماهی بیان و از طریق جرم لاین‌ها^{۱۶} به نسل آینده به ارث رسید، اما آزاد ماهیان ترازن، AFP را به مقدار کافی تولید نکردند تا در برابر انجماد مقاوم شوند. بر مبنای نظر فلچر و همکارانش (۲۰۰۴)، باید سازه‌های ترانس ژن AFPایی ایجاد شود که در سطوح بالایی در بافت اپتلیال و کبد بیان شوند.

مقاومت به بیماری

محدودیت اصلی در برابر صنعت آبی‌پروری شیوع بیماری‌های مختلف است؛ چون ماهی پرورشی معمولاً در تراکم بالا و تحت استرس پرورش داده می‌شوند و این شرایط آن‌ها را در خطر آلودگی‌های باکتریایی قرار می‌دهد. به عنوان نمونه، در صنعت پرورش گربه ماهی سالانه به‌طور میانگین ۱۰۰ میلیون دلار خسارت به علت بیماری دیده می‌شود. گربه ماهی کانالی^{۱۷} گونه تجاری مهمی در ایالات متحده است. به‌طوری که بیش از ۶۰ درصد از تولیدات آبی‌پروری (۲۶۹۰۰۰ تن در سال) به این گونه اختصاص دارد. این ماهی مستعد به عفونت‌های باکتریایی، به‌ویژه سپتی سمی روده‌ای در اثر آلودگی به ادواردسیلا ایکتالوری‌ای^{۱۸} است. ممکن است آنتی‌بیوتیک‌ها در برابر بیماری‌ها ایجاد مقاومت کنند و فقط انواع محدودی برای استفاده در آبی‌پروری مورد توافق‌اند. اگرچه واکسن‌های مؤثری برای برخی از بیماری‌ها وجود دارد، اما برای بسیاری از بیماری‌های رایج گربه ماهی از قبیل سپتی سمی روده‌ای روش تیمار واقعاً مؤثری وجود ندارد. همچنین واکسن‌های DNA اغلب به نیروی انسانی زیادی نیاز دارند و می‌توانند استرس بالایی بر اثر دستکاری زیاد به ماهی وارد کنند. یک دانشین نویددهنده و مؤثر در این زمینه استفاده از تکنولوژی تولید نژادهای ماهی با مقاومت بالا به بیماری است. تعدادی پتیدهای ضد میکروبی با ظرفیت اصلاح و بهبود مقاومت در برابر بیماری در آبی‌پروری از ماهی جدا شده است. رمزگذاری ژن برای این پتیدها به‌خوبی انجام نشده است.

متابولیسم گیاهان خشکی‌زی

استفاده از غذای گیاهی خشکی‌زی در آبی‌پروری از غذاها با منشأ دریایی سنتی چندین مزیت دارد. تولیدات گیاهی از قبیل آرد سویا و روغن‌های گیاهی در مقایسه با آرد و روغن ماهی سطوح بالایی از پروتئین و انرژی را با هزینه کمتر تأمین می‌کند. همچنین این استدلال وجود دارد که استفاده از گیاهان در حفظ اکوسیستم‌های دریایی از طریق کاهش نیاز به برداشت ماهیان کوچک پلاژیک که اغلب به عنوان غذای ماهی استفاده می‌شوند، کمک خواهد کرد. با وجود این، چون گیاهان خشکی‌زی در مود تشکیل‌دهنده‌شان با غذاهای دریایی تفاوت دارند، اطمینان از تأمین سطوح غذایی مورد نیاز ماهیان پرورشی و دیگر عناصر مورد تقاضای آن‌ها ضروری است.

برای مثال، گیاهان خشکی‌زی فاقد برخی آمینواسیدهای ضروری و اسیدهای چرب که در آرد و روغن ماهی وجود دارد، هستند. برای جبران این مسئله، اخیراً دو فناوری تراژنی به‌منظور افزایش استفاده از غذای گیاهی به‌کار گرفته شده است.

اسیدهای چرب چند غیر اشباع امگا-۳ (n-۳ PUFAs) ایکوزاپنتانونیک اسید (EPA) و دکوزاهگزانونیک اسید (DHA) برای سلامتی انسان‌ها مفیدند. ماهیان سطوح بالای این اسیدهای چرب را از طریق زنجیره آبی به دست می‌آورند و بنابراین منبع اصلی غذایی EPA و DHA برای انسان‌ها محسوب می‌شوند. با وجود این، ماهیانی پرورشی اغلب با غذاهای غنی از روغن گیاهی تغذیه می‌شوند که حاوی اسید چرب آلفا-لینولنیک اسید (ALA) به عنوان پیش‌ساز EPA و DHA، هستند. محدودیت موجود در تبدیل ALA به EPA و DHA به علت آنزیم n-۶-desaturase است. اخیراً، سازه ژنی حاوی ژن شبه n-۶-desaturase ماسو سالمون^{۱۹} همراه با پروموتور ژن بتا-اکتین از مداکای ژاپنی به جنین تک‌سلولی ماهی گورخری ریزتزریق شد. بیان ژن شبه n-۶-desaturase در ماهی گورخری انتقال ژن یافته موجب افزایش ۱/۴ برابری مقدار EPA، افزایش ۲/۱ برابری مقدار DHA و کاهش متناظر مقدار ALA در مقایسه با گروه‌های شاهد انتقال ژن نیافته شد. با وجود این، تغییرات در ترکیب اسید چرب در ماهیان ترنس ژنیک، مقدار لیپید کل ثابت باقی ماند. این تکنولوژی به عنوان وسیله‌ای برای افزایش اسیدهای چرب N-۳ در ماهیان پرورشی و بنابراین فراهم کردن محصولات سالم‌تر برای مصرف‌کننده‌ها در آبزی‌پروری مطرح است. همچنین می‌تواند وابستگی صنعت آبزی‌پروری را به منابع غذایی حاصل از برداشت دریا کاهش دهد و امکان استفاده گسترده از غذای گیاهی ارزان‌قیمت حاوی ALA را فراهم کند. پیشرفت در گیاهان انتقال ژن یافته نیز امکان تولید دانه‌های روغنی حاوی EPA (بیش از ۱۵ درصد از کل اسیدهای چرب) و DHA (بیش از ۳/۳ درصد از کل اسیدهای چرب) را ایجاد کرده است. با وجود این که این گیاهان انتقال ژن یافته سطوح n-۳ PUFAs متغیر و محدودی را تولید می‌کنند، ظرفیت بالقوه‌ای را برای استفاده در صنعت آبزی‌پروری از خود نشان داده‌اند.

عقیمی و قطع ژن ویژه غدد جنسی

اگرچه استفاده از ماهیان انتقال ژن یافته در آبزی‌پروری موجب افزایش دسترسی به غذا و کاهش هزینه تولید می‌شود، اما امکان فرار این ماهیان به محیط طبیعی و آلودگی جمعیت وحشی از طریق آمیزش با آن‌ها وجود دارد. بنابراین، استفاده از تکنیک‌هایی که از معرفی ژن‌های انتقال یافته به ذخایر وحشی جلوگیری می‌کنند، مورد توجه قرار دارد. اخیراً دو عقیده و فکر تحقیقاتی شامل القا عقیمی قطع ژن ویژه غدد جنسی مطرح شده است. با بکارگیری عقیمی ماهی از طریق دستکاری کروموزوم، عقیمی ۱۰۰ درصدی در جمعیت ماهیان تحت تیمار به‌دست نمی‌آید و اغلب ماهیان رشد کمی دارند. اخیراً عقیمی با استفاده از روش تراژنی با توقف بیان رمزگذاری ژن هورمون

آزادکننده گنادوتروپین (GnRH) به عنوان ترکیب مهم در رشد و نمو غدد جنسی و عملکرد تولیدمثلی انجام شده است. در مطالعات آزمایشی، باروری برگشت‌پذیر در کپور معمولی که رمزگذاری ژن برای توالی RNA آنتی‌سنس (Antisense) که بیان ژن GnRH را متوقف می‌کند در آن‌ها انجام شد، دیده شد. زمانی که RNA پیامبر antisense-GnRH به تخم‌های ماهی کپور معمولی انتقال یافت، در حدود ۳۰ درصد از نوزادان غدد جنسی رشد نیافته داشتند؛ اگرچه با به‌کار بردن هورمون‌های خارجی باروری آن‌ها به‌وجود آمد.

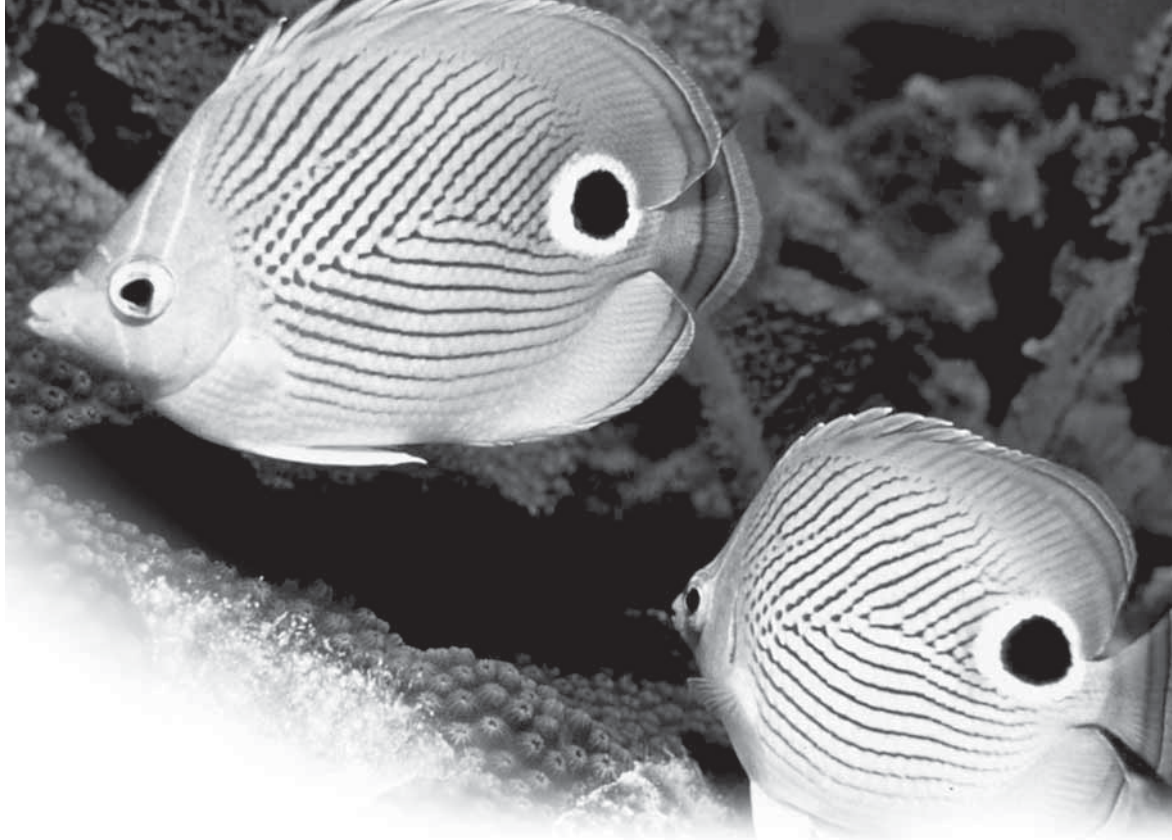
مباحث زیست‌محیطی و بهداشت انسانی

اگرچه به‌کار بردن روش‌های انتقال ژن در آبزی‌پروری مزیت‌های زیادی در توسعه این صنعت دارد و به تأمین تقاضاهای در حال رشد غذای جهانی کمک می‌کند، اما مباحث مختلفی در زمینه اثرهای بالقوه منفی ماهیان تغییر یافته به زنجیره غذایی وجود دارد. قبل از معرفی ماهیان انتقال ژن یافته به آبزی‌پروری تجاری، باید تجزیه و تحلیل خطر این عمل به‌منظور ارزیابی اثرهای زیان‌آور این روش از جنبه زیست‌محیطی و بهداشت انسانی مورد توجه قرار گیرد.

محدودیت اصلی در برابر صنعت آبزی‌پروری شیوع بیماری‌های مختلف است؛ چون ماهی پرورشی معمولاً در تراکم بالا و تحت استرس پرورش داده می‌شوند و این شرایط آن‌ها را در خطر آلودگی‌های باکتریایی قرار می‌دهد

مباحث زیست‌محیطی

علت عمده بحث در این زمینه فرار موجودات زنده پرورشی به محیط طبیعی و به تبع آن کنش و واکنش‌های آن‌ها با جمعیت‌های بومی است که ممکن است باعث تغییر شدید خصوصیات اکوسیستم‌های طبیعی بشوند. حتی در زمانی هم که محیط آبزی‌پروری محصور باشد، باز هم امکان فرار برخی از آبزیان وجود دارد. برای مثال آزادماهی‌های پرورشی فرار کرده در نروژ در حدود ۳۰ درصد آزادماهیان ساکن در رودخانه‌ها بیند (FAO، ۲۰۰۰). این ماهیان فراری می‌توانند آسیب‌های جدی به جمعیت‌های وحشی وارد کنند؛ به ویژه زمانی که پرورش در زیستگاه‌های بومی ماهیان فراری انجام شود، زمانی که تعداد ماهیان پرورشی بیشتر از جمعیت وحشی باشد یا زمانی که جمعیت وحشی در معرض عوامل بیماری‌زای ماهیان پرورشی قرار گیرند. همچنین آزادماهیان پرورشی فراری اگرچه به‌خوبی ماهی‌های وحشی تخم‌ریزی نمی‌کنند، ولی تخم‌ریزی آن‌ها در آب شیرین مشاهده شده است. زمانی که آزادماهیان پرورشی با جمعیت وحشی تولیدمثل می‌کنند نه تنها تنوع ژنتیک طبیعی آن‌ها



تغییر می‌کند، بلکه نوزادان حاصل از این آمیزش، کیفیت پایین‌تری

پیدا می‌کنند، تفاوت ندارند؛ اما افکار عمومی و بسیاری از گروه‌های زیست‌محیطی با انتقال مصنوعی ژن به‌طور محتاطانه‌ای برخورد می‌کنند (FAO، ۲۰۰۰).

بهداشت انسانی

همانند هر فناوری نوظهوری، استفاده از ماهیان تراژن با مباحث بهداشت انسانی روبه‌رو شده است. اثرهای مصرف درازمدت غذاهای تغییر یافته ژنتیک نامشخص است. همچنین اضافه کردن ژن‌های بیگانه با گونه‌ها ممکن است سبب ایجاد سموم یا مواد حساسیت‌زایی (آلرژن) شود که قبلاً وجود نداشته‌اند. دومین محل بحث افزایش مقاومت به بیماری در ماهیان انتقال ژن یافته است که ممکن است آن‌ها را به میزبانی مناسب برای عوامل بیماری‌زای جدید و انتقال به بدن انسان تبدیل کند (FAO، ۲۰۰۰). در سراسر دنیا مباحث بهداشتی مربوط به غذاهای تغییر ژنتیک یافته محل بحث و جدل‌های جدی بوده است. با وجود این، کشورهایی نظیر ایالات متحده و کانادا نسبتاً سریع غذاهای تغییر یافته ژنتیک مورد قبول واقع شده‌اند، اما این کار در اروپا به علت گستره مقاومت مردمی و تصویب قوانین ضد تغییر ژنتیک مبنی بر «اصول پیشگیرانه» به کندی پیشرفته است.

اگر ژن‌های انتقال یافته برای پروتئین آلرژیک یا پروتئینی که الفاکندنده سم غیرفعال است، رمزگذاری شوند آلرژن‌ها یا مواد سمی ممکن است در نتیجه انتقال ژن تولید شوند. برای مثال، اگر رمزگذاری برای ژن پروتئین یک نرم تن پوسته‌دار برای ایجاد ماهیان تراژن مورد استفاده قرار گیرد، مصرف‌کننده‌هایی که به نرم تن پوسته‌دار حساس‌اند، در معرض خطر واکنش‌های آنافیلاکتیک قرار دارند. همچنین، اثر پلیوتروپیک قبلاً بیان شد نیز می‌تواند منجر به پدیده‌های ناخواسته از جمله تولید سم یا آلرژی شود که در حالت طبیعی بیان نمی‌شوند. با وجود این، بیان ژن‌های سمی غیرفعال در نتیجه انتقال ژن بسیار بعید به نظر می‌رسد، چون جانورانی که به

اگرچه عمل انتقال ژن در ماهی به خوبی اجرا شده است، تحقیق در زمینه بی‌مهرگان دریایی بر اثر پیچیدگی معرفی و بیان ژن‌های بیگانه و خارجی، در مراحل مقدماتی قرار دارد

در مقایسه با والدین و هم‌نسل‌های وحشی خود دارند.

طرفداران انتقال ژن معتقدند موجودات تغییر ژن یافته در محیط طبیعی و وحشی کیفیت و کارایی کمتری خواهند داشت و به‌طور موفقیت‌آمیز قادر به رقابت با جوامع ماهیان بومی نیستند (FAO، ۲۰۰۰). با این وجود، اثرهای انتقال ژن‌های خاص روی رفتار ماهی در محیط طبیعی به سختی قابل پیش‌بینی است.

ایجاد ماهیان عقیم از طریق دستکاری کروموزوم یا ژن برخی نگرانی‌های مربوط به تولیدمثل ماهیان انتقال ژن یافته در جوامع طبیعی را کاهش داده است (FAO، ۲۰۰۰) با وجود این، روش‌هایی که اخیراً برای ایجاد موجودات عقیم مورد استفاده قرار گرفته است، ۱۰۰ درصد مؤثر نبوده و امکان این که برخی از این ماهیان تغییر یافته قادر به تولیدمثل باشند، وجود دارد. علاوه بر این ماهیان انتقال ژن یافته فراری با وجود عقیم بودن ممکن است قادر به رقابت مکانی با جوامع بومی ماهیان یا دخالت در رفتار طبیعی جمعیت ماهیان وحشی باشند. گذشته از امکان افزایش بقا و زنده ماندن ماهیان انتقال ژن یافته، ماهیان تراژن مقاوم به بیماری‌ها امکان حمل باکتری، انگل یا ویروس‌ها را که برای جوامع طبیعی مضرند، دارند. با وجود عقیده طرفداران انتقال ژن که ماهیان تغییر یافته ژنتیک چندان با گونه‌هایی که از طریق مولدسازی تغییر ژنتیکی

عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً غذاهایی ایمن و سالم برای مصارف انسانی‌اند و به‌ندرت ترکیبات سمی تولید می‌کنند. علاوه بر تولید مواد حساسیت‌زا و سموم، در بیان برخی پروتئین‌های زیست فعال از قبیل GH و سکروپین بحث‌هایی وجود دارد، به‌طوری که ممکن است خصوصیات زیستی فعالی آن‌ها بعد از مصرف نیز ادامه یابد. برای مثال، خصوصیت ضد میکروبی سکروپین‌ها می‌تواند باعث تغییر فلور طبیعی روده انسان، یا به‌طور گزینشی موجب توسعه عوامل بیماری‌زای انسانی با افزایش مقاومت شود.

با وجود این، به عقیده متخصصان FAO خطرهای همراه با استفاده از بیوتکنولوژی در آبی‌پروری «محدود و ناچیز» است (FAO, 2000). برخلاف گیاهان انتقال یافته، که معرفی آن‌ها برای رمزگذاری آنتی‌بیوتیک‌های معمولی، ترکیبات آلرژن، و مقاومت به آفات معمول و علف‌های هرز انجام می‌گیرد، ماهیان تغییر ژن یافته برای اهداف پرورشی دارای سازه‌های ژنی هورمون رشد هستند (FAO, 2000). آزمایش‌های مقدماتی در امنیت مصرف کپور معمولی انتقال یافته ژن GH تمام ماهی، اثرهای بهداشتی منفی

هورمون GH تیلاپیا روی پستاندار نخستینی را نشان نداد و اثرهای معنی‌داری روی پروفیل نمونه خون، رشد بدنی یا خصوصیات مورفولوژیک اندام‌ها و بافت‌های آن‌ها گزارش نشد.

برای ارزیابی امنیت مصرف گوشت تیلاپای انتقال ژن یافته، ۲۲ داوطلب انسانی به‌طور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند که هر دو روز یک‌بار به مدت ۵ روز تیلاپیا انتقال ژن یافته یا انتقال ژن نیافته را دریافت کردند. نمونه‌های خونی به‌طور روزانه جمع‌آوری می‌شد و برای پارامترهای بالینی و بیوشیمیایی مشابه مطالعه روی پستانداران نخستینی غیرانسان مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از آزمایش، انسان‌های مورد آزمایش به سؤالاتی که در زمینه طعم و کیفیت گوشت ماهی مطرح شد، پاسخ دادند. گوشت تیلاپای انتقال ژن یافته به‌خوبی توسط مصرف‌کننده‌ها مورد پذیرش قرار گرفت و در مقایسه با گروه شاهد گزارشی مبنی بر اثر منفی آن‌ها گزارش نشد و تغییری در پارامترهای بالینی و بیوشیمیایی دیده نشد.

پی‌نوشت

1. Carassius auratus L. 1758
2. Misgurnus anguillicaudatus
3. Promoter sequence
4. Cutthroat
5. Macrozoarces americanus
6. All-fis
7. Cyprinus carpio
8. Sparus sarba
9. Pagrosomus major
10. Oreochromis niloticus
11. Salmo salar
12. Oncorhynchus mykiss
13. Oncorhynchus tshawytscha
14. Pleuronectes americanus
15. sea raven, Hemitripterus americanus
16. Germlines
17. Ictalurus punctatus
18. Edwardsiella ictaluri
19. Oncorhynchus masou

منابع

۱. ومنت، ای. آر. و هور کی. (۱۳۸۹)، زیست فناوری و ژنتیک در شیلات و آبی‌پروری، مترجمان: دکتر سعید کیوان شکوه و دکتر سالار درافشان، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷-۱۵۲.
۲. تبو، دی. (۱۳۸۸)، مبانی ژنتیک، اصلاح نژاد و بیوتکنولوژی ماهیان، مترجم: دکتر فرهاد امینی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران، ۳۲۳-۳۵۱.
۳. (۱۳۸۸)، مبانی ژنتیک آبزیان، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۰۳-۱۳۰.
4. FAO (2008), The state of world fisheries and aquaculture, FAO fisheries and aquaculture department, pp: 3- 23.
5. Gomelsky, B. (2003). Chromosome set manipulation and sex control in common carp: a review, Aquat. Living Resour. 16, pp: 408-415.
6. Rasmussen R.S. and Morrissey M.T. (2007). Biotechnology in Aquaculture: Transgenic and Polyploidy. Comprehensive reviews in food science and food safety. Vol. 6, PP: 2- 16.

اضافه کردن ژن‌های بیگانه به گونه‌ها ممکن است سبب ایجاد سموم یا مواد حساسیت‌زا (آلرژن) بی شود که قبلاً وجود نداشته‌اند

روی موش مشاهده نشده است. موش‌هایی که با کپورهای تراژن در دوز ۵ تا ۱۰ گرم در کیلوگرم وزن بدن به‌طور روزانه به مدت ۶ هفته تغذیه شدند، با گروه شاهدی که از کپورهای انتقال ژن نیافته تغذیه شدند، در رشد، ارزیابی هیستوشیمیایی ۱۲ اندام و تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی خون مورد مقایسه قرار گرفتند. با وجود این که این مطالعه اثر منفی مصرف ماهیان انتقال ژن یافته را نشان نداد، برای تضمین بی‌تأثیر بودن این ماهیان بر انسان‌ها، آزمایش‌های دیگر که عوامل متفاوت این قبیل تأثیر مصرف بلندمدت و مصرف بالای این ماهیان را مشخص می‌کند، باید طراحی شود.

در کوبا آزمایش‌های امنیت غذایی مصرف GH تیلاپیا و گوشت ماهی تیلاپیا انتقال یافته ژن GH با استفاده از پستانداران نخستینی غیر انسان و انسان‌های داوطلب انجام گرفت. شش پستاندار نخستینی غیرانسان روزانه به مدت ۳۰ روز از طریق تزریق وریدی تحت تیمار هورمون رشد نو ترکیب تیلاپیا قرار گرفتند. نمونه‌های خونی قبل و بعد از تیمار برای پارامترهای بالینی و بیوشیمیایی از قبیل هموگلوبین، پروتئین‌های تام سرم، گلوکز، کراتینین، لکوسیت‌ها و اریتروسیت‌ها مورد آزمایش قرار گرفتند. همچنین جانوران به‌طور روزانه برای شاخص‌های بالینی از قبیل وزن، ضربان قلب و دمای راس روده (رکتال) بررسی شدند. بعد از آزمایش جانوران کشته شدند و جزئیات کالبدشکافی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج اثرهای خاص زیستی

سیس پلاتین؛ زهر زندگی بخش

برهم کنش یون فلز-نوکلئیک اسید در بیماری و پزشکی

ترجمه: حمیرا ثقفی

دانشجوی شیمی فیزیک دانشگاه آزاد شهرری

مقدمه

یون‌های فلزی نقش‌های مهمی در فرایندهای زیست‌شناختی سلول، شامل فعالیت‌های RNA و DNA ایفا می‌کنند. این یون‌ها مستقیماً با RNA و DNA برهم کنش دارند و نیز از اجزای پروتئین‌ها و آنزیم‌هایی هستند که در بیوسنتز و پردازش نوکلئیک اسیدها دخالت دارند.

علی‌رغم میل فراوان، آنچه دربارهٔ برهم‌کنش یون‌های فلزی غیرضروری و بالقوه جهش‌زا و سرطان‌زا با DNA می‌دانیم، بسیار اندک است. اغلب، این وسوسه وجود دارد که به هر ترکیبی از فلزات خاص، برچسب سرطان‌زا بزنیم، اما در واقع فقط ترکیبات معین یا گونه‌های معینی، احتمالاً سرطان‌زا هستند. می‌دانیم که بیوشیمی هر فلز به حالت اکسایش آن، تعداد و طبیعت لیگاندهای پیوند شده و شیمی فضایی کمپلکس آن مربوط است. کمپلکس‌های مختلف می‌توانند پتانسیل‌های کاهش متفاوت، تمایل‌های متفاوتی به جذب لیگاند و سرعت‌های متفاوتی در تبادل لیگاند داشته باشند.

سرانجام، به دنبال موفقیت بالینی، به ویژه در داروهای ضدسرطان پلاتین‌دار، علاقهٔ بیشتری در کاربردهای بالقوهٔ کمپلکس‌های فلزی به عنوان عامل درمان (و تشخیص) ایجاد شد. مکانیسم عمل کمپلکس‌های فلزی به عنوان دارو ممکن است با داروهای صرفاً آلی کاملاً متفاوت باشد.

در اینجا، بررسی‌های گزارش شده در برهم‌کنش فلز- پلی‌نوکلئوتید را که به حوزه‌های فوق وابسته‌اند، مرور می‌کنیم. در بعضی حوزه‌ها هنوز دانش ما اندک است و در بعضی دیگر، پیشرفت‌های جدید مهمی وجود دارد. DNA و RNA همچنان در پزشکی اهداف مهمی به‌شمار می‌آیند.

کلید واژه‌ها: یون‌های فلزی، نوکلئیک اسیدها، داروی ضدسرطان، سیس پلاتین، ترانس پلاتین.

جهش‌زایی و سرطان‌زایی

جهش، تغییرات توارثی در مادهٔ ژنتیک و شامل تغییر در پیوندهای کوالاتنسی است. DNA آسیب‌دیده می‌تواند زمانی به قدر کافی طولانی، در سلول وجود داشته باشد که منتهی به عدم الحاق توالی‌ها به وسیلهٔ آنزیم DNA پلی‌مراز شود. شکل‌های اصلی آسیب‌دیدگی؛ اکسایش، هیدرولیز و آلکیلایسیون‌اند. وقتی سیستم‌های زیستی در معرض تماس با یون‌های فلزی خاصی قرار می‌گیرند، ممکن است DNA آن‌ها آسیب ببینند. سرطان‌زایی فرایند پیچیده‌ای است که به وسیلهٔ جهش مادهٔ ژنتیک سلول‌های عادی حاصل می‌شود. این جهش توازن طبیعی میان تکثیر سلول و مرگ سلول را برهم می‌زند.

داروهای ضدسرطان با پایهٔ فلز

داروها را می‌توان مطابق با نوع اتصال به DNA طبقه‌بندی کرد: ۱. عامل پیوند کوئوردینانسی به DNA باشند، ۲. در شیار DNA پیوند شوند، ۳. به DNA افزوده شوند^۴ و ۴. به اسکلت فسفودی‌استری بچسبند^۵. برهم کنش‌های غیر کوئوردینانسی به برهم کنش‌های الکتروستاتیک، شناسایی شکل و اندازهٔ مولکول، و پیوند هیدروژنی

مربوط‌اند. امروزه تنها داروهای فلزدار که DNA را هدف می‌گیرند و کاربرد بالینی دارند، داروهای پایه پلاتین‌اند و این داروها عمدتاً با نوکلئیک اسید، با تشکیل پیوند کوئوردینانسی برهم کنش دارند.

داروهای پایهٔ پلاتین

پس از کشف فعالیت ضدنئوپلاستی سیس پلاتین (سیس-دی‌امین دی‌کلریدو پلاتین-II) در پایان دههٔ ۱۹۶۰، هزاران کمپلکس پلاتین برای فعالیت ضدسرطانی، طراحی، سنتز و آزموده شدند. اما تنها ۳ گونه از آن‌ها- سیس پلاتین، کربوپلاتین و اکسالی پلاتین- برای کاربرد بالینی در گسترهٔ جهانی مورد تأیید قرار گرفتند (این داروها به ترتیب در ۱۹۷۸، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ توسط FDA مورد تأیید قرار گرفتند). در عین حال سه گونهٔ دیگر- نداپلاتین، لوباپلاتین و هپتاپلاتین به ترتیب تنها در ژاپن، چین و کرهٔ جنوبی برای کاربردهای بالینی مورد تأیید قرار گرفتند. چندین کمپلکس دیگر پلاتین هنوز در حال بررسی‌اند. پیشرفت در بعضی سنتزها به علت اثربخشی اندک و یا بی‌اثر بودن آن‌ها نسبت به سیس پلاتین و کربوپلاتین و یا نتایج سمی بودن در حد غیرقابل تحمل، کند است.

این پژوهش روی کمپلکس‌های پلاتین، تا حدودی در جهت تولید کمپلکس‌هایی پیش می‌رود که سلول‌های سرطانی را با واکنش ذاتی کمتری نسبت به جریان شیمی درمانی، می‌کشند. کمپلکس‌های ترانس- پلاتین و کمپلکس‌های چند هسته‌ای پلاتین کاندیداهای نویدبخشی‌اند که احتمالاً

محصولات افزایشی غیر معمولی با DNA به وجود می‌آورند و به همین علت در مقایسه با سیس پلاتین و موارد مشابه آن، جریان فعالیت متفاوتی را به راه می‌اندازند (محصول افزایشی، یک ترکیب شیمیایی است که از

ترکیب مستقیم، معمولاً با نسبت‌های ساده، دو یا چند ترکیب یا عنصر پدید می‌آید). مورد دیگری، که شاید حتی جنبه مهم‌تری باشد و باید در طراحی کمپلکس‌های پلاتین مورد توجه قرار گیرد، این توانایی است که هر داروی معین تنها تحت شرایط انتخابی فعال شود. این راه‌حلی برای اثرهای جانبی شدید کنونی در به‌کارگیری کمپلکس‌های پلاتین است. مواردی از کمپلکس‌های پلاتین که با نور فعال می‌شوند وجود دارند، که تا زمانی که به وسیله طول موج‌های معینی از نور فعال نشده‌اند، بی‌اثرند.

چنانچه تک‌تک مراحل دخیل در پیوند با هدف نهایی دارو، یعنی DNA را که شامل سینتیک پیوند شدن، طبیعت محصولات افزایشی مختلف DNA، تشخیص آن‌ها توسط پروتئین‌های هسته‌ای و فرایندهای درون سلولی دیگر مانند پاسخ سلول در برابر حمله به نوکلئیک اسید است، درک کنیم؛ موجبات پیشرفت طراحی دارو و نمو روزافزون داروهای پایه پلاتین فراهم خواهد شد.

در این متن، طبیعت محصولات افزایشی سیس پلاتین - DNA را به عنوان علتی برای مکانیسم عمل سیس پلاتین و نتایجی که در اثر تشکیل چنین محصولات افزایشی‌ای در سلول حاصل می‌شود،

بررسی می‌کنیم. همچنین جریان رشد داروهای پلاتین نویدبخش دیگری را که در آینده ممکن است در شیمی درمانی کاربرد داشته باشند، مرور خواهیم کرد.

سیس پلاتین

در اواسط دهه ۱۹۶۰، روزنبرگ و همکارانش مشغول

تحقیق روی اثر میدان الکتریکی بر رشد باکتری اشرشیاکلی (*E. Coli*) بودند که در یک محلول شامل کلرید و نمک‌های آمونیم در میان سایر مواد تشکیل دهنده، از الکترودهای پلاتینی استفاده کردند. در این هنگام آنان با حادثه‌ای غیرقابل انتظار مواجه شدند: باکتری‌ها رشته‌های درازی شدند، اما تکثیر نشدند؛ بنابراین آنان فهمیدند که مانع تقسیم سلول در اشرشیاکلی شده‌اند. تحلیل گسترده این مشاهده

غیرقابل پیش‌بینی، آنان را به این نتیجه رساند که چرخه همانندسازی باکتری به وسیله کمپلکس‌های پلاتین آمین که توسط الکترولیز و الکترودهای پلاتین تشکیل شده بودند، متوقف شده است، و این نیز به استفاده از $cis-[PtCl_2(NH_3)_2]$ به عنوان داروی ضدسرطان انجامید. امروزه، ۳۰ سال پس از تأیید

سیس پلاتین به عنوان یک عامل شیمی درمانی به وسیله سازمان دارو و غذای ایالات متحده (FDA)، این دارو هنوز یکی از پرفروش‌ترین داروهای ضدسرطان در جهان است. این دارو مسئول معالجه بیش از ۹۰٪ موارد سرطان

بیضه است و نقش مهمی در درمان بعضی سرطان‌ها مانند تخمدان، سر و گردن، مثانه، دهانه رحم، ملانوما و لنفوما ایفا می‌کند.

علی‌رغم موفقیت‌های سیس پلاتین، این دارو تنها در گستره محدودی از سرطان‌ها مؤثر است و بعضی تومورها در طول درمان ایمنی حاصل و رشد می‌کنند. علاوه بر آن سیس پلاتین موجب اثرهای جانبی شدیدی می‌شود. تهوع و استفراغ، سرکوبی مغز استخوان و مسمومیت کلیه از متداول‌ترین اثرهای جانبی آن‌اند. درک پایه مولکولی این اثرها می‌تواند کمک به طراحی موارد مشابهی از داروهای پایه پلاتین کند که بر سمیت آن فایده بیاید و در عین حال اثربخشی سیس پلاتین را تأمین کند.

شواهد مطالعات پیش بالینی و نیز تحقیقات بالینی قویاً DNA را به عنوان هدف زیستی برای سیس پلاتین، از طریق تشکیل محصولات افزایشی برگشت‌ناپذیر از راه فرایند تبادل لیگاند، دخیل بسته‌اند.

آب پوشیدگی^۴ هر دارویی که قادر به هیدرولیز باشد، مستعد آن است که به محض ورود به مایعات بدن، آب‌پوش شود. در مورد سیس پلاتین، غلظت زیاد یون‌های کلرید در پلاسمای خون (در حدود 100mM) پایداری دارو را در برابر هیدرولیز حفظ می‌کند. اما غلظت به‌طور قابل ملاحظه

پایین کلر درون سلولی (در حدود ۳۲-۴mM)، هیدرولیز سریع لیگاندهای کلر را از سیس پلاتین تسهیل می‌کند، در نتیجه، گونه کاتیونی فعالی به وجود می‌آید که قادر به انجام واکنش تک یا دو عاملی است.

آب پوشیدگی سیس پلاتین در حال تحقیق و بررسی قرار گرفته است. دو مرحله هیدرولیز ابتدا $cis-[Pt(H_2O)_2(NH_3)_2]^{2+}$ و سپس $cis-[PtCl(H_2O)(NH_3)_2]^+$ را که هر دو از سینتیک مرتبه اول پیروی می‌کنند، به وجود می‌آورد. این واکنش‌ها در غیاب و حضور نوکلئیک اسید و الیگونوکلئوتیدها مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مرحله اول آب پوشیدگی دارو، که برای برهم‌کنش DNA،

پس از کشف فعالیت ضدنئوپلاستی سیس پلاتین (سیس - دی آمین دی کلرید) و پلاتین II در پایان دهه ۱۹۶۰، هزاران کمپلکس پلاتین برای فعالیت ضدسرطانی، طراحی، سنتز و آزموده شدند

در اواسط دهه ۱۹۶۰، روزنبرگ و همکارانش مشغول تحقیق روی اثر میدان الکتریکی بر رشد باکتری اشرشیاکلی (*E. Coli*) بودند که در یک محلول شامل کلرید و نمک‌های آمونیم در میان سایر مواد تشکیل دهنده، از الکترودهای پلاتینی استفاده کردند

به عنوان مرحله محدودکننده سرعت در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند تحت شرایط مختلف غلظت، دما، و قدرت یونی، به‌طور قابل ملاحظه‌ای سریع‌تر از مرحله دوم باشد. اما درباره مرحله دوم آب‌پوشیدگی با حضور DNA، در مقالات، اختلاف نظر وجود دارد. یک نظر این است که سیس پلاتین، مرحله دوم آب‌پوشیدگی را

پیش از پیوند با نوکلئیک اسید متحمل شده است و پیش از آن که با DNA پیوند شود، به فرآورده دوباره تبدیل شده است. نظر دوم که شاید تئوری پرترفداری هم باشد، آن است که کمپلکس تک‌آبه به DNA حمله می‌کند. سپس، دیگر پیوند پلاتین- کلرید در محصول

افزایشی $cis-[PtCl(DNA)(NH_3)_2]$ دچار هیدرولیز می‌شود (مرحله دوم هیدرولیز) و در پایان محصول افزایشی $cis-[Pt(DNA)_2(NH_3)_2]$ دو عاملی حاصل می‌شود (طرح زیر را دنبال کنید).

واکنش‌های میان $3'-d(AATTGGTACCAATT)-5'$ و سیس پلاتین $cis-[PtCl(NH_3)_2(OH)_2]^+$ مورد بررسی قرار گرفته‌اند و با تئوری دوم هم‌سازند. واکنش‌های میان الیگونوکلئوتید و گونه دوباره نیز مورد توجه قرار گرفتند، اما تنها برای در حدود ۱٪ از فرآورده‌های پلاتیناسیون قابل توجیه بودند. این نتیجه عمدتاً ناشی از ناسازگاری سینتیکی بود؛ آب‌پوشیدگی مرحله دوم کندتر از پلاتیناسیون DNA با گونه تک‌آبه است.

در این متن، روی برهم‌کنش سیس پلاتین با DNA، نوع محصولات افزایشی سیس پلاتین-DNA حاصل، و اینکه کدام محصولات افزایشی آسیب بحرانی در DNA به شمار می‌آیند، تمرکز می‌کنیم.

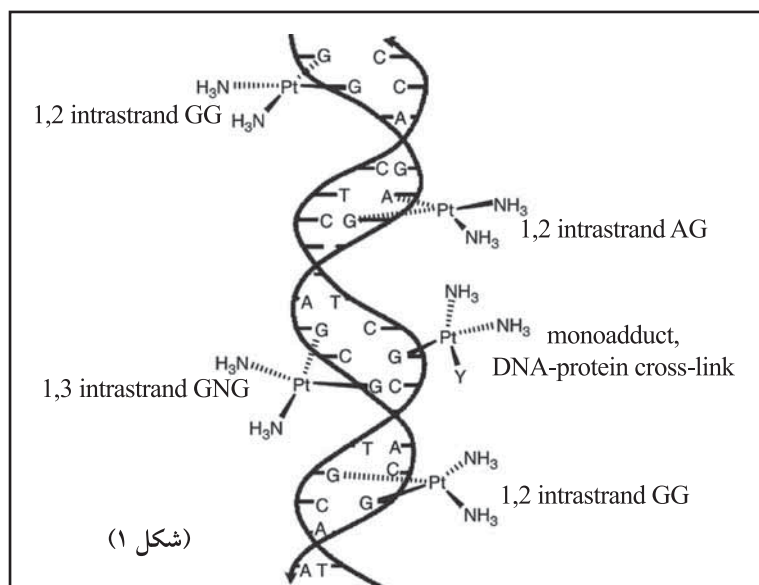
انواع محصولات افزایشی سیس پلاتین - DNA. از ابتدا

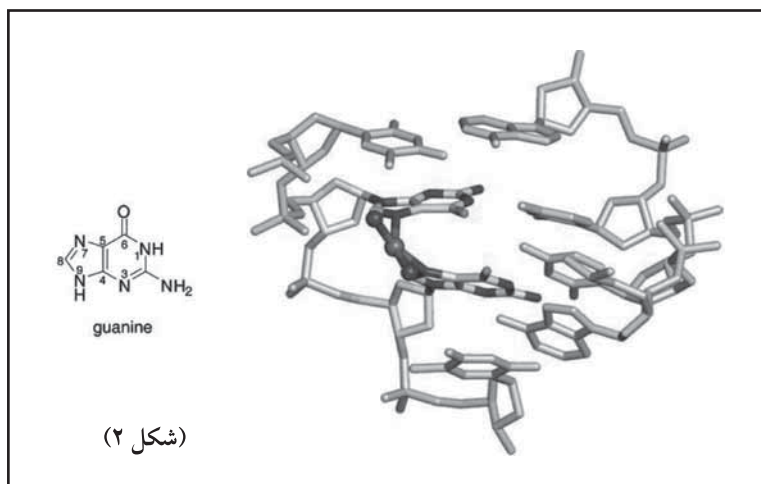
که روزنبرگ و همکارانش روی *E. coli* مطالعه کردند، این امر مورد تردید بود که عاملی وجود دارد که تقسیم سلولی با دخالت نسخه‌برداری DNA را مهار می‌کند، در حالی که رشد رشته‌ای^۵ که گفته می‌شود به وسیله RNA پروتئین‌ها انجام می‌شود، طبیعی است. بنابراین، درگیر شدن DNA در خواص سیتوتوکسیک سیس پلاتین که در دهه ۱۹۷۰ مطرح شده بود، به خوبی اثبات شد، و از این راه، این فکر نیز که DNA هسته‌ای، هدف نهایی سیس پلاتین و عوامل ضدنوکلئاستی با پایه فلزی هم خانواده آن است، تثبیت شد.

اگرچه سیس پلاتین به محض ورود به مایعات بدن، می‌تواند با انواع مختلف زیست مولکول‌ها برهم‌کنش داشته باشد، اما فعالیت ضدتوموری آن ناشی از قدرت آن برای تشکیل

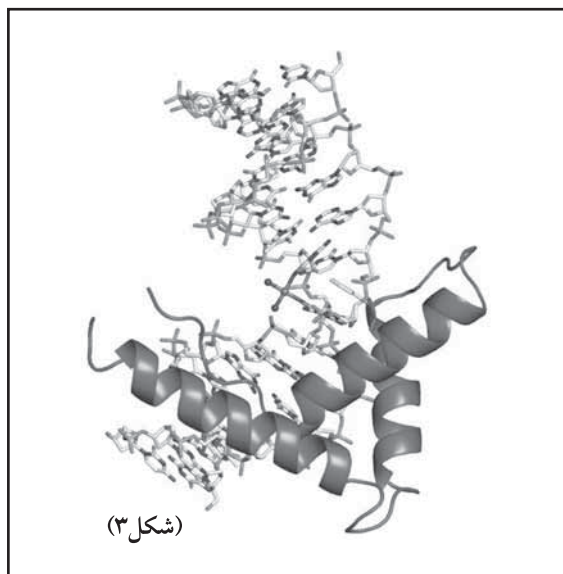
اتصال عرضی دو عاملی با DNA است. بیشتر محصولات افزایشی تشکیل شده به وسیله سیس پلاتین با DNA اتصال عرضی درون رشته‌ای دو عاملی GG دارند، یعنی جایی که لیگندهای کلرید با نیتروژن N7 مجاور باقی‌مانده‌های گوانین جانشین شده‌اند (در بیوشیمی و شیمی به ترکیبی مانند مونوساکارید، نوکلئوتید یا آمینواسید در صورتی که بخشی از مولکول بزرگ‌تری باشد، باقی‌مانده گفته می‌شود). کلیت شدن با DNA نوعی گره ویژه (خمش، پیچ‌خوردگی) در دو رشته‌ای را به وجود می‌آورد. این پیچ‌خوردگی مخصوص در DNA، به عنوان آسیب بحرانی در پایان شناسایی

دو مولکولی در سلول و یک سلسله پیشامدها، مورد توجه است. بیشترین چگالی الکترونی و محل‌های قابل دسترس روی DNA برای حمله الکتروفیلی پلاتین، اتم‌های نیتروژن N7 پورین‌اند. آن‌ها در معرض شیار بزرگ مارپیچ دوتایی قرار دارند و در پیوند هیدروژنی جفت باز دخالت ندارند. محصولات افزایشی عمده سیس پلاتین- DNA که شامل در حدود ۹۰٪ از همه محصولات افزایشی‌ای هستند که چه در تحقیقات آزمایشگاهی^۶ و چه در بررسی‌های سلولی^۷ عملاً یافت شده‌اند، عبارت‌اند از: اتصالات عرضی ۱ و ۲ درون رشته‌ای d(GpG) (میان گوانین‌های مجاور) در حدود ۶۵-۵۰٪ و اتصالات عرضی ۲ و ۲ درون رشته‌ای d(ApG) (میان آدنین و گوانین مجاور آن از ۵' به ۳') در حدود ۲۵٪ افزون بر این، اتصالات عرضی ۳ و ۱ درون رشته‌ای d(GpNpG) در کمتر از ۱۰٪ (محصولات افزایشی درون رشته‌ای میان پورین‌هایی که یک یا بیشتر باز، میان آن‌ها فاصله انداخته باشد)، همراه با اتصالات عرضی بین رشته‌ای، محصولات افزایشی تک‌عاملی با باقی‌مانده‌های گوانین و اتصالات عرضی پروتئین





برای پاسخ به این پرسش که چرا آسیب سیس پلاتین-DNA ترمیم نمی‌شود باید به درهم پیچیدگی که آن اتصال عرضی درون رشته‌ای GG در دو رشته‌ای DNA ایجاد می‌کند، برگردیم. لیپارد و همکارانش بر این عقیده‌اند که آن اتصال عرضی GG، که به پایداری باز و مسطح شدن شیار کوچک کمک می‌کند، می‌تواند یک جنبه ساختاری ضروری در شناسایی و اتصال پروتئین‌های HMG-domain باشد (شکل ۳). در چنین محصول افزایشی سه تایی HMG1-DNA-Pt، نوعی فنیل آلانین باقی‌مانده از مارپیچ پروتئینی II، میان بازها در اتصال عرضی GG پلاتینه شده، افزوده می‌شود. این امر می‌تواند به ایجاد سپری در برابر ترمیم بیانجامد؛ آسیب پا برجا بماند و در نهایت موجب برانگیختن فرایند خودکشی سلولی^۸ شود. فرضیه دومی بیان می‌دارد که سیس پلاتین-DNA آسیب‌دیده، پروتئین‌های HMG-domain را ربوده و دیگر پروتئین‌های هسته‌ای را از محل اتصال طبیعی آن‌ها دور نگه می‌دارد، در نتیجه استرس سلولی و سرانجام مرگ سلولی اتفاق می‌افتد. این دو فرضیه یکدیگر را نفی نمی‌کنند.



Pt - DNA وجود داشتند (شکل ۱).

اما در سال‌های اخیر، تناقضی دربارهٔ برهم کنش کمپایب سیس پلاتین با گونه‌های آب‌دار آن با توالی‌های پیوندی d(GpA)، به چشم خورده است. کازلکا و همکارانش نشان داده‌اند که سیس پلاتین در هر دو d(GpA) و d(ApG) یک محصول افزایشی 17-mer hair pin به نسبت تقریباً ۱ به ۲ (مطابق انتظار نسبت ۲ به ۱ d(ApG) مربوط است) تشکیل می‌دهد. نویسندگان دلایل ممکن برای این که چرا محصولات افزایشی d(GpA) دو عاملی در مطالعات قبلی شناسایی نشده بودند را، مورد بحث قرار دادند.

در بررسی‌ها معلوم شد، غلبه قابل توجه

اتصالات عرضی GG درون رشته‌ای نسبت به سایر محصولات افزایشی، در گرو مشارکت پیوند هیدروژنی، الکتروستاتیک در نزدیکی محل پیوند و اثرهای استری ساختار محصول افزایشی است. معلوم شده بود که پیوند هیدروژنی میان NH_3 کمپلکس سیس پلاتین-DNA و O6 یک گوانین نزدیک- که برای آندین امکان‌پذیر نیست- اثر زیادی روی شکل محصول افزایشی دارد، که آن نیز به نوبه خود برای پایداری و در نهایت فعالیت سیتوتوکسیک محصول افزایشی ضروری است. اما این پیشنهاد هم مطرح بود که ممکن است، اندازه کوچک گروه NH_3 قدرت بیشتر پیوند هیدروژنی را فراهم آورده باشد، که آن نیز اهمیت دارد.

ساختارهای مختلف ممکن برای اتصال عرضی درون رشته‌ای GG به جهت گیری اکسیژن بیرون حلقه‌ای O6، با در نظر گرفتن صفحه کوئوردیناسیون پلاتین، بستگی دارد (شکل ۲). بررسی‌های گوناگون روی پیوند سیس پلاتین با بازهای گوانین که در مدل cis-[Pt(NH₃)₂G₂] به کار رفته‌اند، نشان داده‌اند چه با G غیرمتصل و چه در جایی که باز گوانین در پیوند مهار شده است، ساختار سر- به - دم (HT) از همه پایدارتر است. این حالتی است که در اتصال عرضی GG میان دو رشته متفاوت که مقدار آن‌ها کمتر است، رخ می‌دهد. اما در DNA پلاتینه، ساختار اصلی سر- به - سر (HH) است، که در بیشترین اتصالات عرضی ۱ و ۲ درون رشته‌ای d(GpG) به وجود می‌آید، در حالی که در مدل‌های cis-[Pt(NH₃)₂G₂] مورد بررسی، به‌ندرت حاصل می‌شد.

پاسخ سلول به آسیب DNA. هنگامی که سیس پلاتین به

DNA می‌رسد و به آن حمله می‌کند، پاسخ سلول در جهت ترمیم آسیب است که برای فعالیت ضدسرطانی سیس پلاتین سرنوشت‌ساز خواهد بود. محصولات افزایشی سیس پلاتین-DNA ابتدا با ترمیم حذف نوکلئوتید (NER) برداشته می‌شوند که شامل شناسایی، شکافتن، برداشتن، سنتز ترمیمی و به هم وصل کردن DNA است. اگر این مکانیسم ترمیم از بین برود، احتمال نجات سلول سرطانی کاهش خواهد یافت.

HMG domain ساختاری ۸۰ آمینواسیدی است که شکل آن برای پیوند با DNA تخصصی است. HMGBI نوعی پروتئین ساختاری مهم در نگهداری ساختار کروماتین است. این پروتئین فعالیت نسخه‌برداری و کنش‌هایی را می‌افزاید که به صورت یک عامل

علامت‌دهنده برون سلولی در طی فرایندهای التهاب، تمایز سلولی، مهاجرت سلول و متازتاز تومور هستند

اما، این تنها پروتئینی نیست که پاسخ سلول را در برابر محصول افزایشی سیس پلاتین -DNA آسیب‌دیده فراهم می‌آورد. تعداد دیگری از پروتئین‌ها نیز در شناسایی محصول افزایشی Pt-

DNA شرکت دارند. پروتئین چسبیده به TATA (TBP) نیز به محصول افزایشی سیس پلاتین -DNA تغییر شکل یافته، پیوند می‌شود و از میان همه پروتئین‌های شناخته شده‌ای که به DNA پلاتینه متصل می‌شوند، تخصصی‌ترین پاسخ را با محصول افزایشی DNA-Pt مصدوم ایجاد می‌کند. پروتئین‌های دیگری که می‌توانند در افزایش این نوع اتصال شرکت داشته باشند، از جمله p53، پروتئین ناحیه تعیین جنسیت y (SRY) و فاکتور hUmp^۹ هستند.

تشکیل محصول افزایشی DNA از سیس پلاتین به عنوان دارو در کاربرد بالینی

امروزه شش داروی پایه پلاتین وجود دارند که کاربرد بالینی دارند، یعنی سیس پلاتین، کربوپلاتین و اکسالی پلاتین (1-OHP) در گستره جهانی، و ندا پلاتین (5-245)، لوباپلاتین (D-19466) و هپتاپلاتین (SKI2053R) به ترتیب در ژاپن، چین و کره جنوبی. در این بررسی معلوم شده است که کربوپلاتین نسبت به سیس

پلاتین کم‌تر سمی است. این‌طور تصور می‌شود که یک آنالوگ پلاتین با همان لیگندهای حامل^{۱۰} مانند سیس پلاتین، در DNA، آسیب یکسان به وجود می‌آورند، که ضامن فعالیت ضدتوموری سیس پلاتین است. هر گاه لیگندهای کمپلکس ناپایدارتر باشند، این آنالوگ با نوکلئوفیل‌ها، نسبت به سیس پلاتین، کم‌واکنش‌تر است و موجب کم‌تر سمی بودن آن می‌شود. بنابراین معلوم شد که کربوپلاتین، در جایی که لیگاند پذیرای آن جهت استخلاف نوکلئوفیلی، سیکلوبوتان دی‌کربوکسیلات باشد، سمیت کم‌تری نسبت به سیس پلاتین دارد،

اثر سمی قابل توجهی بر کلیه و سیستم عصبی ندارد، در عین حال به همان اندازه سیس پلاتین یا حتی فعال‌تر از آن در بعضی از تومورها مؤثر است. گزارش شده است که کربوپلاتین و سیس پلاتین به علت حضور لیگندهای حامل یکسان (NH_3)، در نهایت محصولات افزایشی DNA یکسانی تشکیل می‌دهد و

تفاوت‌های میان این دو دارو ناشی از سینتیک پیوند DNA بسیار آهسته‌تر در کربوپلاتین است.

درست همین قضیه درباره نداپلاتین، هنگامی که لیگندهای حامل آن نیز گروه‌های آمونیاک باشند، انتظار می‌رود. اکسالی پلاتین، (ترانس-IR و 2R-دی‌آمینو سیکلوهگزان)

اکسالاتوپلاتین (II)، نخستین بار توسط کیدانی و همکاران در ۱۹۷۶ سنتز شد و آخرین عامل ضدسرطان پایه پلاتین است که در گستره جهانی مورد تأیید قرار گرفته است. این دارو طیف وسیعی از فعالیت‌های ضدتوموری را در گستره وسیعی از تومورهای آدمی در تحقیقات آزمایشگاهی و بالینی نشان داده است، به طوری که با سیس پلاتین مخالفتی نداشته باشد و یا مخالفت جزئی باشد.

اکسالی پلاتین نیز خواص مشابهی از نظر پیوند با DNA، با مولد خود دارد، که به همان نوع اتصال عرضی DNA-Pt می‌انجامد، اگر چه مقادیر انواع مختلف محصول افزایشی، در مقایسه با سیس پلاتین متفاوت است، مطالعات زیادی نشان داده‌اند که اکسالی پلاتین کم‌واکنش‌تر است و نسبت به سیس پلاتین محصول افزایشی کم‌تری با DNA سلول تشکیل می‌دهد. بنابراین، علت آن که چرا محصولات افزایش اکسالی پلاتین به آسیب‌های کشنده در دودمان‌های سلولی مقاوم به سیس پلاتین می‌انجامند و این که چرا در جهش‌زایی در مقایسه با سیس پلاتین و کربوپلاتین متفاوت‌اند، ممکن است با شناختن تفاوت‌های محصولات

افزایشی سیس پلاتین و اکسالی پلاتین با پروتئین‌های سلولی، قابل توضیح باشد.

ساختار کریستالی قابل مقایسه با آن از یک محصول افزایش سیس پلاتین، توسط تاکاهارا و همکارانش معرفی شد.

کمپلکس‌های پلاتین (IV)

شواهد اولیه که نشان می‌دادند کمپلکس‌های پلاتین (IV) فعالیت ضدسرطانی دارند

در همان روزهای اول، در زمان کشف سیس پلاتین، در آزمایشگاه روزنبرگ شکل گرفت. در آزمایش‌هایی که تقسیم سلولی ای. کلی

از ابتدا که روزنبرگ و همکارانش روی E.coli مطالعه کردند، این امر مورد تردید بود که عاملی وجود دارد که تقسیم سلولی با دخالت نسخه‌برداری DNA را مهار می‌کند، در حالی که رشد رشته‌ای ۵ که گفته می‌شود به وسیله RNA و پروتئین‌ها انجام می‌شود، طبیعی است

هنگامی که سیس پلاتین به DNA می‌رسد و به آن حمله می‌کند، پاسخ سلول در جهت ترمیم آسیب است که برای فعالیت ضدسرطانی سیس پلاتین سرنوشت‌ساز خواهد بود. محصولات افزایشی سیس پلاتین -DNA ابتدا با ترمیم حذف نوکلئوتید (NER) برداشته می‌شوند که شامل شناسایی، شکافتن، برداشتن، سنتز ترمیمی و به هم وصل کردن DNA است. اگر این مکانیسم ترمیم از بین برود، احتمال نجات سلول سرطانی کاهش خواهد یافت

متوقف شد، این تصور به وجود آمد که $cis-[Pt^{IV}Cl_4(NH_3)_2]$ که گونه‌ای فعال در محلول بود، عامل تحریک در دراز شدن رشته‌ای باکتری‌هاست.

اما، به فاصله‌اندکی از این یافته، تلاش در زمینه ساخت بالینی یک داروی ضدسرطان جدید بر پایه پلاتین، روی فرم کاهش یافته سیس پلاتین $cis-[Pt^{II}Cl_2(NH_3)_2]$ متمرکز شد. زیرا این نمونه با مقدار مناسب در برابر تومورهای لوکی L1210 در موش، توسط انسیتوتوی ملی سرطان پاسخ گرفته بود. علی‌رغم این واقعیت که تعدادی از داروهای پلاتین (IV) به بررسی‌های بالینی راه یافته‌اند، (جدول ۱) و این شاهدهی برای

برهم کنش مستقیم آن‌ها با هدف زیستی، یعنی نوکلئیک اسید، در بدن موجود زنده است که همچنان گزارش می‌شود.

حالت اکسایش یافته پلاتین در کمپلکس‌ها اثر زیادی بر شکل هندسی و واکنش‌پذیری آن دارد. معلوم شده است که کمپلکس‌های پلاتین (IV) اکتاهدال در شیمی دارویی سودمندند، زیرا برای واکنش استخلافی نامناسب‌ترند و بنابراین واکنش‌های کم‌تری را برانهدام تومور تحمیل می‌کنند. در نتیجه عوارض جانبی و اطلاق دارو در اثر غیرفعال شدن نیز در مقایسه با کمپلکس‌های مربع مسطح پلاتین (II)، کم‌تر خواهد بود. به بیانی دیگر، این کمپلکس‌ها می‌توانند سمیت کم‌تر و فعالیت بیشتر داشته باشند و این یعنی شاخص درمانی بالاتر. فایده دیگر این کمپلکس‌ها قابلیت بیشترشان برای حل شدن در آب است. موشکافی این جنبه از کمپلکس‌های پلاتین IV توسط تب و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است، آنان در میان کمپلکس‌های پلاتین IV، به علت حلالیت بیشتر در آب، ایزوپروپیل $cis-[PtCl_2(OH)_2]$ و $trans$ و cis ، CHIP JM9، را برگزیدند.

ایزوپروپلاتین مراحل بررسی‌های بالینی I و II و حتی III را پشت سر گذاشت، اما در نهایت معلوم شد که از سیس پلاتین فعالیت کم‌تری دارد و در نتیجه برای کاربرد بالینی به ثبت نرسید.

تتراپلاتین (D و L-سیکلوهگزان-۱ و ۲ دی‌آمین)

$[PtCl_4]$ ، که ارمپلاتین نیز نامیده می‌شود) نیز در بررسی‌های پیش‌بالینی، نویددهنده به نظر می‌رسید، اما موجب مسمومیت عصبی شدید در بیماران تحت درمان شد و در پی آن، بررسی‌ها در فاز I رها شدند.

JM216 (ساتراپلاتین، [سیکلوهگزیل آمین $cis, trans, cis-[PtCl_2(OAc)_2(NH_3)]$ به شکلی معقول طراحی شده است، داروی لیپوفیلی که می‌تواند به صورت خوراکی مصرف شود،

و می‌تواند به جذب ناچیز معدی-رودهای سیس پلاتین و کربوپلاتین پیشدستی کند. این دارو در جریان بررسی‌های فاز III است.

مکانیسم عمل کمپلکس‌های پلاتین (IV). به‌رغم گزارش بررسی‌های آزمایشگاهی درباره اتصال گونه‌های پلاتین (IV) به مدل‌های نوکلئوباز در غیاب احیاکننده‌ها، که گواه آن بودند که گونه‌های پلاتین (IV) می‌تواند وارد سلول شوند و نیز آن‌ها می‌توانند به‌طور آهسته‌تر، اما در جاهایی مشابه با همتهای پلاتین (II) مربوط‌شان، با DNA پیوند شوند؛ این عقیده گسترش یافته است که احیای پلاتین IV به

پلاتین (II) برای فعالیت درون سلول زنده (in vivo)، جهت فعالیت ضدتوموری مؤثر در کمپلکس‌های پلاتین (IV) ضروری است. به همین علت اغلب کمپلکس‌های پلاتین IV، به عنوان پیش‌دارو مورد توجه‌اند. علاوه بر این، مقادیر کاتالیتیک کمپلکس‌های پلاتین (II)، در احیای پلاتین (IV)، نقش دارند.

اثر لیگاند‌های محوری و حامل، روی احیا و سیتوتوکسیسی کمپلکس‌های پلاتین IV با لیگاند‌های کلرید مورد بررسی قرار گرفته‌اند. کمپلکس به سریع‌ترین شکل احیا می‌شود و بلافاصله با DNA پیوند خواهد شد. ارتباط روشنی میان سرعت احیا و سیتوتوکسیسی وجود ندارد، اگر چه برای کمپلکس‌های $trans-[PtX_2Cl_2(en)]$ (که en به جای اتیلن دی‌آمین است) که تنها لیگاند‌های X محوری متفاوت داشته باشند، ارتباطی مشاهده می‌شود (سیستوتوکسیسی در این جهت افزایش می‌یابد $OH < OCOCH_3 < Cl < OCOCF_3$). کراتوچویل و بندارسکی هیچ تناسبی میان پتانسیل‌های احیا و فعالیت پیشگیری‌کننده از رشد سلول برای کمپلکس‌های سیس-دی‌کلرو- و سیس دی‌یدو (en) پلاتین IV

با لیگاند‌های محوری مختلف نیافتند. هامبلی و همکاران نیز رابطه روشن و تعمیم‌یافته‌ای میان پتانسیل احیا و سیستوتوکسیسی برای شماری از کمپلکس‌های ارگانومتالیک پلاتین IV شامل لیگاند‌های آنیونی پلی‌فلوئوریل، لیگاند‌های اتیل دی‌آمین یا آمونیاک و لیگاند‌های محوری مختلف، نیافتند. در بررسی‌های آزمایشگاهی رفتار زیستی کمپلکس Pt^{IV} می‌تواند به چگونگی احیا سریع و بلافاصله آن‌ها، نسبت داده شود، همان‌گونه که هال و هامبلی بررسی کردند.

انتظار نمی‌رود که کمپلکس‌های پلاتین IV، با نوکلئیک اسیدها بر هم کنش داشته باشند، زیرا سینتیک استخلاف آن‌ها در مقایسه با سرعت احیا کند است. به علت استخلاف کند، Pt^{IV} قبل از اینکه

امروزه شش داروی پایه پلاتین وجود دارند که کاربرد بالینی دارند، یعنی سیس پلاتین، کربوپلاتین و اکسالی پلاتین (1-OHP) در گستره جهانی، و ندا پلاتین (-245 5)، لوباپلاتین (D-19466) و هپتاپلاتین (SKI2053R) به ترتیب در ژاپن، چین و کره جنوبی

شواهد اولیه که نشان می‌دادند کمپلکس‌های پلاتین (IV) فعالیت ضدسرطانی دارند در همان روزهای اول، در زمان کشف سیس پلاتین، در آزمایشگاه روزنبرگ شکل گرفت

استخلاف شود، احیا می‌شود؛ در نتیجه از نظر مکانیستی بعید است که کمپلکس Pt^{IV} در برابر تعدادی احیاکننده در بدن، دوام بیاورد. اما، چوی و همکاران چنین استخلافی را به صورت آزمایشگاهی مشاهده کرده‌اند. واکنش بعضی از کمپلکس‌های پلاتین (IV) با 5'-GMP ظاهراً از راه استخلاف

روی Pt^{IV} به دنبال احیا، پیش می‌رود. آن‌ها همچنین اثر کاتالیتیک پلاتین (II) را که در گزارش‌های قبلی ذکر شده بود، مشاهده کردند. در بررسی جزئیات بیشتر، مکانیسم عمل تتراپلاتین $[Pt^{IV}Cl_4(dach)]$ بررسی شد، نتیجه بیانگر

استخلاف کلرید و کمپلکس Pt^{IV} به جای N7 در 5'-dGMP بودند که با چرخه حمله نوکلئوفیلی یک اکسیژن فسفات به C8 در 5'-dGMP دنبال می‌شود. در گام بعد، یک انتقال دو الکترونی درونی، نوعی حد واسط فسفودی استر حلقوی و $[Pt^{II}Cl_4(dach)]$ تولید می‌کند $(trans-R, R) = dach$ - ۲ و ۱ دی‌آمینو سیکلوهگزان)، که سرانجام به محصول افزایشی $[Pt^{II}Cl(dach)(GMP)]$ تبدیل می‌شود، حد واسط حلقوی در واکنش با آب ۸-اکسو dGMP- را می‌دهد. اخیراً، گزارش شده است که اکسیداسیون 3'-dGMP و 3'-(TTTT)-5'-d(GTTTT)-3' به وسیله تتراپلاتین به تولید Pt^{II} -G و گوانوزین حلقوی می‌انجامد. برهم‌کنش N7 در $cGMP$ ، $Mxan$ (۹-متیل زانتین)، 5'-d(TTGT)-3' و 5'-d(TTTTG)-3' مشاهده می‌شود، اما در این موارد هیچ انتقال الکترونی دیده نمی‌شود. سرانجام، طبقه‌ای از پیش داروهای پلاتین (IV) که با استخلاف شیمیایی یا احیا فعال نمی‌شوند، ولی با نور فعال می‌شوند، در این متن مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۴-۱-۴ کمپلکس‌های ترانس پلاتین

ترانس پلاتین (ترانس- دی‌آمین دی کلریدو پلاتین II) در مراحل اولیه تحقیقات پلاتین، توسط روزنبرگ در جلوگیری از تقسیم سلولی در باکتری‌ها مؤثر شناخته نشده بود. دیگر موارد مشابه ترانس پلاتین نیز در مقایسه با آنالوگ سیس آن‌ها، سیتوتوکسیک شناخته نشده بودند. بنابراین روی کمپلکس‌های ترانس پلاتین به عنوان مواد مستعد برای شیمی درمانی کار نشد. در اوایل دهه ۱۹۷۰ یکی از تناسب‌های ساختار- فعالیت ثابت کرد که «نیاز به گروه‌های ترک‌کننده سیس برای فعالیت مشاهده شده، ضابطه لازمی است، (ولی کافی نیست)».

دلیل سیتوتوکسیکیتی ضعیف کمپلکس‌های ترانس دی‌آمین، می‌توانست دست کم در بخشی، به واکنش‌پذیری سریع آن‌ها و در نتیجه غیرفعال شدن آن‌ها در مسیرشان تا هدف درون سلولی،

مربوط باشد. امکان کند شدن واکنش‌پذیری، با استفاده از، برای مثال، لیگاندهای حجیم که به نحوی دسترسی به نوکلئوفیل‌های در حال نزدیک شدن به محل‌های کوئوردیناسیون محوری به کار رفته در مسیرهای استخلافی وابسته را، به تأخیر می‌اندازند یا از آن جلوگیری می‌کنند - به وسیله

فارل و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. بیش از ۲۰ سال بعد از آن، که ترانس پلاتین بر مبنای تناسب‌های ساختار- فعالیت کنار گذاشته شده بود، فارل و همکاران کشف کردند که فعالیت ضدنئوپلاستی کمپلکس‌های جدید ترانس پلاتین با آن‌ها که

سنتز شده بودند، متفاوت است. یافته‌های آن‌ها درباره مواد مشابه ترانس پلاتین دارای هتروسیکل‌های N-دهنده آروماتیک به جای آمونیاک، به بسیاری از دیگر گروه‌های پژوهشی، برای جست‌وجوی بیشتر، جرأت داد.

نخستین کمپلکس‌های ترانس پلاتین که با فعالیت سیتوتوکسیکیتی به صورت آزمایشگاهی گزارش شدند، ترانس $[PtCl_2(NH_3)]$ (کوئینولاین) و ترانس $[PtCl_2(NH_3)]$ (تیزارول) $[PtCl_2(NH_3)]$ بودند. شیوه پیوند آن‌ها با DNA نیز توضیح داده شد.

پس از کار فارل و همکارانش، خیلی زود ناتیل و همکاران نیز از شکل هندسی (ژئومتری) ترانس پلاتین بهره بردند و کمپلکس‌هایی با لیگاندهای «یمینو» یافتند که موجب ظهور توانمندی در برابر رشد سلول توموری به صورت در آزمایشگاه می‌شدند، اغلب در برابر سلول‌های توموری که به سیس پلاتین مقاوم بودند، فعال مشاهده شدند. آنان کمپلکس ترانس $[PtCl_2(E_2-ایمینواتر)]$ را کشف کردند که محصولات افزایشی لزوماً تک‌عاملی روی باقی‌مانده گوانین DNA را تشکیل می‌دادند. آنان همچنین دریافتند که این محصولات افزایشی به وسیله پروتئین HMGB1 شناسایی نمی‌شوند اما به محض آنکه اتصال عرضی پروتئین‌ها برقرار می‌شود، آشکارا بر اثر آن‌ها در به پایان رساندن پلیمریزاسیون DNA توسط پلیمرازهای DNA به صورت آزمایشگاهی می‌افزاید و جلو جابه‌جایی این محصول افزایشی را از روی DNA توسط «پروتئین‌های ترمیم از راه بریدن» موجود در هسته (NER) می‌گیرد. آنان بیان داشتند که اتصالات عرضی سه‌تایی پروتئین - Pt-DNA مسئول فعالیت ضدتوموری این دارواند.

ناوارو- رینینگر و همکاران آن‌ها، دسته‌ای از کمپلکس‌های ترانس پلاتین زنجیره $am(m)ine$ شاخه‌دار را با سیتوتوکسیک قابل توجهی ساختند. به خصوص شکل نوع اتصال با DNA در کمپلکس $[PtCl_2(ایزوپروپیل‌امین)(دی‌متیل‌امین)]$ ، برای آن نوع فعالیت سیتوتوکسیکی که معلوم شده است در خودکشی سلولی دست دارد،

متأسفانه، هیچ کمپلکسی ترانس پلاتینی هنوز به بررسی‌های بالینی وارد نشده است. در آینده باید روی این کار شود که بفهمند چرا کمپلکس‌های معینی از ترانس پلاتین فعال‌اند و گاهی از همتای سیس پلاتین‌شان فعال‌ترند

عمدتاً شامل اتصالات عرضی بین رشته‌ای میان گوانین و سیتوزین مکمل آن است. یک مقایسه از روی کنجکاو به صورت آزمایشگاهی میان فعالیت جفت Pt^{II}/Pt^{IV} در [ایزوپروپیل آمین] (دی‌متیل آمین) $trans-[PtCl_2(OH)_2]$ و [ایزوپروپیل آمین] (دی‌متیل آمین)

$trans-[PtCl_2]$ نشان داد که تنها آنالوگ Pt^{IV} قادر به جلوگیری از رشد $CH1$ پیوندهای بافتی کرسینوما تخریبی آدمی، در موش است. از این گذشته، مطالعات اتصال با آلبومین سرم نشان داد که کمپلکس پلاتین II دارای واکنش‌پذیری بسیار بالاتری با آلبومین است تا کمپلکس‌های پلاتین(IV)، و این بیانگر آن است

که ناشستن فعالیت ضدتوموری در سلول که قبلاً نشان داده شده بود، می‌توانست مربوط به غیرفعال شدن برون سلولی آن قبل از رسیدن به محل تومور، به خاطر سرعت زیاد اتصال به پروتئین‌های پلاسما، باشد. برخلاف دیگر کمپلکس‌های ترانس پلاتین(II)، معلوم شد که کمپلکس‌هایی با لیگاندهای اروماتیک به صورت ترانس با ایزوپروپیل آمین مانند [۳] هیدروکسی متیل پیریدین (ایزوپروپیل آمین) $trans-[PtCl_2]$ و [۴- هیدروکسی متیل پیریدین] (ایزوپروپیل آمین) $trans-[PtCl_2]$ ، تعداد زیادی اتصال عرضی درون رشته‌ای تشکیل می‌دهند.

سرانجام، گیبسون و همکاران، اخیراً کمپلکس‌هایی از پلاتین(II)، با لیگاندهای حلقوی مسطح و غیرمسطح، در شکل هندسی ترانس، ساخته‌اند، که در برابر تعدادی از دودمان‌های سلول سرطانی بسیار سیتوتوکسیک‌اند.

برخی از نتایج مشاهده شده در آزمایش‌های اتصال با DNA، با هم منافات دارند. کمپلکس $trans-[PtCl_2(NH_3)(pip-pip)]^+$ (در

آن $pip-pip$ یعنی ۴ پی‌پیریدینو پی‌پیریدین) به DNA فوق‌العاده سریع متصل می‌شود. $t_{1/2}$ پیوند با DNA در تیموس گوساله (CT-DNA) در 37° ، 13 دقیقه و بدون این‌که این کمپلکس واکنش آبدار شدن اولیه را متحمل شود، کمپلکس‌های [پی‌پیریدین]

$trans-[Pt]$ (۴ پیکولین) و $trans-[PtCl_2]$ (۴ پیکولین) ساعت 48 و 76% تشکیل می‌دهند، یعنی به ترتیب پس از 48 ساعت 92% و 76% .

به‌طور خلاصه جانشین شدن یک لیگاند یا بیشتر از لیگاندهای آمین در ترانس پلاتین، با لیگاندهای هتروسیکلی N -هنده

آروماتیک، لیگاندهای آلیفاتیک آمین‌های شاخه‌دار یا «ایمینو» به ترکیباتی با قدرت پیش‌گیرنده قابل توجه در برابر رشد سلول توموری در آزمایشگاهی منجر می‌شود. این کمپلکس‌های ترانس اغلب در برابر سلول‌های توموری مقاوم در برابر سیس پلاتین فعال‌اند و در برخی موارد در سلول نیز فعالیت قابل توجهی از خود نشان می‌دهند.

خصوصیات پیوند DNA این کمپلکس‌های ترانس پلاتین با سیس پلاتین تولیدکننده آن‌ها، متفاوت است، شاید همین امر نداشتن مقاومت متقاطع را توضیح بدهد؛ (اختلال) به‌هم‌ریختگی ساختار DNA نیز با حالتی که ترانس پلاتین به تنهایی ایجاد

می‌کند، متفاوت است.

خلاصه مطالعات گزارش شده از اتصال با DNA، در جدول ۱۰ گزارش شده است.

متأسفانه، هیچ کمپلکسی ترانس پلاتینی هنوز به بررسی‌های بالینی وارد نشده است. در آینده باید روی این کار شود که بفهمند چرا کمپلکس‌های معینی از ترانس پلاتین فعال‌اند و گاهی از همتای سیس پلاتین‌شان فعال‌ترند، چرا اغلب در مورد دودمان‌هایی از سلول سرطانی که به سیس پلاتین مقاوم‌اند، فعال هستند، و طبیعت آسیب‌های سرنوشت‌ساز روی DNA چگونه است.

Ana M.Pizarro and Peter J.Sadler; Nucleic Acid-Metal Ion Interactions-2009, School of Chemistry and Biochemistry, Georgia Institute of Technology, Atlanta GA, USA.

ترانس پلاتین (ترانس- دی‌آمین دی کلریدو پلاتین II) در مراحل اولیه تحقیقات پلاتین، توسط روزنبرگ در جلوگیری از تقسیم سلولی در باکتری‌ها مؤثر شناخته نشده بود

پی‌نوشت

1. groove binders
2. intercalator
3. phosphodiester backbone binders
4. aquation
5. filamentous g
6. in vitro
7. in vivo
8. apoptosis
9. human U pstream biding
10. Carrier

مهار زیستی آفت‌های کشاورزی

مهناز بقایی‌نژاد

دبیر زیست‌شناسی جویین

m-baghiaienzahad@yahoo.com

مقدمه

اولین دخالت آدمی در طبیعت از زمانی شروع شد که کشاورزی را آغاز کرد و از همان زمان نیز در استفاده از منابع غذا با رقیبانی روبه‌رو شد. حشرات یکی از سرسخت‌ترین رقبا بودند.

برای انسانی که هر لحظه بیشتر بر جهان مسلط می‌شد، قابل تحمل نبود که بر پس‌مانده سفره آفات بنشینند. از این‌رو با تعجیل مبارزه خود را آغاز کرد و این شروع فاجعه‌ای بود که طی آن بسیاری از حشرات بی‌آزار، به آفات خطرناک، موزی و مهلک تبدیل شدند.

قدمت مهار زیستی در غرب به قرن دوازدهم میلادی می‌رسد. اما بومیان آفریقا قرن‌ها قبل از آن برای کنترل آفات، چوب‌های خیزران را به‌طور مایل روی ساقه‌های ذرت قرار می‌دادند تا مورچه‌ها از این چوب‌ها بالا بروند و آفات ذرت را از بین ببرند.

در سال ۱۹۴۰ نقطه عطفی در تاریخ مبارزه بشر با آفات به‌وجود آمد و پرتویی دنیای کشاورزی و بهداشت را فرا گرفت. در این سال پاول مبلر^۱ خاصیت حشره‌کشی ترکیبی به نام D.D.T را کشف کرد و بدین ترتیب به آرزوی دیرینه انسان که عبارت بود از پیدا کردن ماده‌ای که بتواند با استفاده از آن برای همیشه از شر آفات آسوده شود، جامه عمل پوشاند. متأسفانه عمر استفاده از این کشف بسیار کوتاه بود. هفت سال پس از این نقطه عطف، گزارش‌هایی از ایتالیا و سوئد مبنی بر مقاومت مگس خانگی به D.D.T رسید.

این رویداد نتوانست کوچک‌ترین تغییری در میزان مصرف سم ایجاد کند. تب استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی به شدت بالا گرفته بود، به‌طوری که هر ساله سموم جدیدی وارد بازار می‌شدند، تا این‌که در سال ۱۹۶۵ سازمان کشاورزی و خواربار جهانی (FAO) طی گزارش مفصلی زنگ خطر آینده مبارزه شیمیایی با آفات را به صدا درآورد. گزارش FAO حاکی از مقاومت ۱۸۰ گونه از آفات به آفت‌کش‌ها بود. این رقم در گزارش‌های بعدی صعود چشم‌گیری داشت.

خوشبختانه با مشخص شدن زبان‌های فراوان و غیرقابل جبران مهار شیمیایی در سال‌های اخیر انگیزه استفاده وسیع‌تر از مهار زیستی بیشتر شده و متخصصان را بر آن داشته است تا برای دستیابی به راه‌های جدید مهار زیستی فعالیت‌های چشمگیری انجام دهند. در مبارزه زیستی از دشمنان طبیعی آفات به‌خصوص عوامل میکروبی، انگل‌ها و جانوران شکارچی استفاده می‌کنند. در این روش می‌توان این عوامل را که معمولاً در طبیعت وجود دارند، حفظ و حمایت و با به‌کار بردن عملیات عاقلانه زراعی از تلفات شدید جلوگیری کرد. به‌علاوه، ممکن است این عوامل را از نقاط دیگر کشور و یا نواحی دیگر جهان به مناطق جدید منتقل کرد و برای مبارزه با آفات به‌کار برد.

کلیدواژه‌ها: مهار زیستی، آفت، ویروس، حشرات، باکتری.

الف- عوامل میکروبی

باکتری‌ها، قارچ‌ها و تک‌یاخته‌های بسیار مفید

در میان عوامل میکروبی، ویروس‌ها، و مؤثری برای مبارزه با آفات وجود دارند که به

مقیاس وسیع از آن‌ها استفاده می‌شود.

۱. ویروس‌ها

ویروس‌ها به عنوان عوامل کنترل حشرات از پتانسیل زیادی برخوردارند، ولی در حال حاضر مصرف آن‌ها به‌علت نگرانی‌های موجود در رابطه با ایمنی محدود است. اولین فراورده ویروسی (ویروس‌های پلی‌هیدرال) که در ایالات متحده آمریکا ثبت شد، در سال ۱۹۷۵ برای کنترل کرم غوزه پنبه بود، که هم‌اکنون نیز به‌طور محدودی

در مبارزه زیستی از دشمنان طبیعی آفات به‌خصوص عوامل میکروبی، انگل‌ها و جانوران شکارچی استفاده می‌کنند. در این روش می‌توان این عوامل را که معمولاً در طبیعت وجود دارند، حفظ و حمایت و با به‌کار بردن عملیات عاقلانه زراعی از تلفات شدید جلوگیری کرد. به‌علاوه، ممکن است این عوامل را از نقاط دیگر کشور و یا نواحی دیگر جهان به مناطق جدید منتقل کرد و برای مبارزه با آفات به‌کار برد.

به صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، ویروس‌ها غالباً موجب آفت و سقوط جمعیت‌های میزبان خود می‌شوند و لذا به‌طور غیرمستقیم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

در گروه ویروس‌ها شانزده خانواده از ویروس‌ها با حشرات ارتباط دارند. ولی خانواده Baculoviridae دارای اهمیت بیشتری است و برای مهار حشرات مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع عده زیادی از ویروس‌ها، حتی در داخل رده حشرات دارای میزبان‌های بسیار محدودی هستند.

سه نوع ویروس معروف که برای مبارزه با حشرات به‌کار می‌روند، عبارت‌اند از:

ویروس‌های NPV^۲

ویروس‌های GV^۳

ویروس‌های CPV^۴

هر سه این ویروس‌ها از نوع ویروس‌های پوشش‌دارند، یعنی ذرات ویروسی یا ویرون‌ها در داخل یک پوشش پروتئینی که ساختار پاراکریستالی دارد، قرار گرفته‌اند و آن‌ها را ذرات انکلوژیون می‌نامند. چنین ساختار ویروسی میزان محافظت ویروس را نشان می‌دهد که در ویرون‌های انفرادی وجود ندارد. این خود ویژگی مهمی در مصرف آن‌ها به عنوان عامل مهار میکروبی به‌شمار می‌آید. تاکنون در حدود ۱۲۵ نوع مختلف ویروس NPV شناسایی شده است، که نزدیک به ۹۰ درصد از آن‌ها در بدن حشرات راسته شب‌پره‌ها و روز پروازها وجود دارند و بقیه در بدن حشرات راسته زنبورها، پشه‌ها و راسته ملخ‌ها دیده می‌شود. ویروس‌های GV و CPV بیشتر روی حشرات راسته پروانه‌ها اثر می‌گذارند.

نحوه آلودگی حشرات توسط ویروس‌ها

تمامی این سه نوع ویروس مختلف باعث عفونت دستگاه گوارش حشراتی می‌شوند که از گیاهان آلوده به ویروس تغذیه کرده‌اند و در نتیجه ذرات انکلوژیون وارد بدن آن‌ها شده

است.

این ذرات در روده میانی حشرات حل می‌شوند، ویرون آزاد می‌کنند که به داخل بافت پوششی نفوذ و شروع به تکثیر می‌کنند. مراحل بعدی عفونت نسبت به نوع ویروس و همچنین نسبت به نوع میزبان فرق می‌کند. ویروس‌های نوع NPV و GV در بدن حشرات راسته پروانه‌ها معمولاً دوره تکاملی بسیار محدودی را در داخل بافت پوششی روده طی می‌کنند، آن‌ها ندرتاً در داخل سلول‌ها ذرات انکلوژیون را تشکیل می‌دهند و در عوض ویرون‌هایی تولید می‌کنند که از بافت پوششی روده به بافت پوششی مجاری تنفسی عبور می‌کنند، و سپس به داخل خون و بافت‌های دیگر نفوذ می‌کنند. مدت زمان لازم برای کشتن حشرات میزبان به غلظت ویروس، مرحله تکاملی حشره میزبان و به

خرما و نیز بر علیه نوعی لارو زنبور در جنگل‌ها، در حالی که بعضی از آن‌ها نیز روی گیاهان و محصولات یک ساله به عنوان عامل کنترل فصلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

معایب استفاده از ویروس‌ها

ویروس‌ها مانند باکتری‌ها به راحتی تولید نمی‌شوند، چراکه ویروس‌ها برای تولید مثل نیاز به موجود زنده دارند، در حالی که باکتری‌ها به راحتی روی مخمرها تکثیر می‌شوند. به همین علت استفاده از باکتری‌ها در مهار زیستی حشرات، توسعه یافته و کاربرد بیشتری دارد. همچنین اثر ویروس‌ها آنی نیست و تا حصول نتیجه مهار زمان زیادی طول خواهد کشید. در آن صورت امکان دارد به یک نوع مهار شیمیایی کوتاه مدتی

گونه‌هایی از زنبور کوچک *Trichogramma* در نقاط مختلف جهان پرورش داده می‌شوند و برای مبارزه با کرم قوزده پنبه و آفاتی مانند آن به کار می‌روند. در ایران نیز تولید و رهاسازی این زنبورها علیه آفات مختلف گیاهان زراعی و درختان میوه شروع شده است

نیز احتیاج باشد. به علاوه، به علت این که ذرات ویروسی منحصرراً روی اندام‌های خارجی گیاه پاشیده می‌شوند، فقط بر علیه میزبان‌هایی که در مرحله‌ای از زندگی خود از اندام‌های خارجی گیاهان تغذیه می‌کنند، اثر می‌کنند. از طرفی ویروس‌ها به وسیله اشعه

بسیاری از عوامل دیگر بستگی دارد. این زمان می‌تواند بین ۶ تا ۲۴ روز یا بیشتر باشد. مسئله جالب دیگر به اثبات نقش پرندگان به عنوان یکی از عوامل پخش و گسترش ویروس‌ها مربوط می‌شود. به طوری که پرندگان ویروس را به وسیله فضولات خود پخش می‌کنند. علت وجود ویروس در فضولات پرندگان احتمالاً مربوط به تغذیه آن‌ها از لاروهای آلوده به ویروس تشخیص داده شد و بدین وسیله دریافتند که خاصیت بیماری‌زایی ویروس‌ها پس از عبور از دستگاه گوارش پرندگان تشدید می‌شود.

موفق‌ترین موارد مصرف آن‌ها به عنوان عامل مهار میکروبی به صورت رهاسازی انبوه ویروس‌ها در منطقه‌ای، برای به دست آوردن مهاری با اثر طولانی مدت است، مانند استفاده ویروس‌ها بر علیه سوسک شاخدار



ماورای بنفش سریعاً غیرفعال می‌شوند.

۲. باکتری‌ها

اگرچه تقریباً ۱۰۰ نوع باکتری متفاوت در حشرات بیماری‌اری ایجاد می‌کنند، ولی فقط تعداد اندکی از آن‌ها از نظر تجاری به عنوان عوامل مہار میکروبی مورد استفاده قرار می‌گیرند که مہم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از گونه *Bacillus* مانند *B. anisopliae* و *B. thuringiensis* و *B. sphaerius* و همچنین فراورده‌هایی براساس باکتری *B. thuringiensis* به نام تورپسید، باکتان و باکتوسپین عرضه شده‌اند که علیه گروه‌های

موجب به‌وجود آمدن عفونت کشنده‌ای در حشرات می‌شود. اگر توکسین از ترکیب باکتری حذف شود، خود باکتری صرفاً پاتوژنی ضعیف به حساب می‌آید. تولید تجاری کریستال و هاگ روی سیستم‌های غیرزنده انجام می‌گیرد. باکتری روی گیاهان به حالت گرد و یا به صورت سوسپانسیون مایع به منظور اخذ اثر آبی، ولی معمولاً فقط به عنوان یک روش مہار کوتاه‌مدت مصرف می‌شود.

B. popilliae فقط روی سوسک‌های راسته سخت بالپوشان، مخصوصاً سوسک‌های خانواده *Scarabaeidae* اثر می‌گذارد.

کشور ما از نظر وجود انگل‌ها و شکارچی‌های آفات، بسیار غنی است و مورد توجه علاقه‌مندان مبارزات زیستی سراسر جهان است. زنبور انگل *Tryoxis pallidus* از ایران به کالیفرنیا برده شده و به عنوان یکی از مؤثرترین عوامل بیولوژیک علیه شته گردو به کار می‌رود

مختلف حشرات، به‌خصوص لارو پروانه‌ها به کار می‌روند و *B. Popilliae* که به عنوان عامل رهاسازی به صورت انبوه مصرف می‌شود.

نحوه آلودگی آفات توسط باکتری‌ها

B. Thuringiensis روی تقریباً ۳۰۰ نوع آفت مختلف از راسته پروانه‌ها تأثیر می‌گذارد. خود این باکتری خاصیت بیماری‌زایی ضعیفی دارد، ولی زمانی که هاگ‌زایی می‌کند کریستال‌های پروتئینی بین سلولی تولید می‌کند که حاوی سم گوارشی‌اند. کریستال‌های باکتری در معده لاروهای حساس آفت، شکسته می‌شوند و اندوتوکسین آزاد می‌کنند. این عمل باعث فلج دستگاه گوارش در تمامی گونه‌های تأثیرپذیر حشرات و در بعضی از آن‌ها سریعاً منجر به فلج عمومی بدن می‌شود. توکسین یا خود به تنهایی کشنده است یا این که پس از تأثیر بر حشرات، محیط را برای تهاجم و حمله بعدی باکتری آماده می‌کند. این عمل

مسئله مہم در این باکتری آن است که به علت داشتن هزینه سنگین تولید روی سیستم‌های زنده و عدم تأثیر باکتری روی سوسک‌های بالغ و همچنین عدم جلب توجه نسبی مزرعه‌داران کوچک نسبت به این باکتری، از علاقه شرکت‌های بزرگ سازنده مواد شیمیایی کشاورزی برای تولید این ماده کاسته شده است.

۳. قارچ‌ها

قارچ‌ها از موقعیت نسبتاً غریب و ناشناخته‌ای در رابطه با مہار آفات برخوردارند. به‌طور معمول بیش از ۵۰۰ نوع قارچ مختلف با حشرات در ارتباط‌اند و بعضی از آن‌ها بیماری‌های مہمی در آن‌ها ایجاد می‌کنند، با وجود این تعداد محدودی از آن‌ها به عنوان عوامل مہار به صورت تجاری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. چون آلودگی حشره به قارچ اصولاً از طریق جلد بدن انجام می‌گیرد، تا از راه دستگاه گوارشی آن‌ها به این علت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارند. مخصوصاً همیشه رطوبت نسبی بالایی در مراحل اولیه آلودگی مورد نیاز آن‌هاست. به‌علاوه، هاگ‌هایی که آلودگی اولیه ایجاد می‌کنند معمولاً به اشعه ماورای بنفش و به خشکی محیط خیلی حساس‌اند، لذا انبار کردن، محلول‌پاشی روی میزبان‌ها و دوام آن‌ها در مزرعه مسائل خاصی را پیش می‌آورد.

اکثریت قارچ‌های بیماری‌زا در حشرات، قارچ‌های خانواده *Entomophthoraceae* و زیرگروه‌های *Zygomycotina* و *Deutromycotina* هستند و باعث آلودگی حشراتی نظیر پروانه‌ها، شته‌ها و شپشک‌ها، زنبورها، سوسک‌ها، مگس‌ها و پشه‌ها می‌شوند. برخی دیگر از قارچ‌ها با میزبان‌های ویژه‌ای در ارتباط‌اند؛ مثلاً قارچ *Hirsutella thompsonii* اختصاصاً روی کنه‌ها و قارچ‌های آبی *Coelomomyces* و *Culicinomyces* روی پشه‌ها ایجاد آلودگی می‌کنند.

نحوه آلودگی حشرات توسط قارچ‌ها

مصرف آن امروزه محدود شده است و بیشتر در ایالات متحده آمریکا برای کنترل سوسک‌های ژاپنی استفاده می‌شود. این باکتری به خودی خود بیماریزاست و برای از بین بردن میزبان‌های خود به توکسین احتیاج ندارد، چون این باکتری در محیط زیست خیلی پایدار و با دوام است، لذا می‌توان آن را به عنوان یک عامل کنترل بادوام و با اثر طولانی مدت در مقابل آفت به صورت انبوه در منطقه رهاسازی کرد. هاگ‌های آن فقط می‌توانند روی سیستم‌های زنده تکثیر شوند. هنگامی که لاروهای سوسک‌ها درون خاک هاگ باکتری را می‌بلعند، هاگ‌ها در طول مدت ۲ روز در داخل اندام گوارشی جوانه می‌زنند. و سلول‌های رویشی زیادی تولید می‌کنند. در عرض این مدت تعدادی از سلول‌ها به دیواره معده نفوذ می‌کنند و در داخل خون شروع به رشد می‌کنند. علت مرگ حشرات کاملاً مشخص نیست، ولی به‌نظر می‌رسد گرسنگی فیزیولوژیک که به سادگی در تعدادی از سلول‌های باکتری‌ها اتفاق می‌افتد، واضح‌ترین توضیح باشد.



ب- انگل‌ها

جنس به صورت تجاری تولید شده‌اند و باری مہار ملخ‌ها و آبدزدک‌ها و کرم سفید ریشه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. وقتی به صورت محلول به کار رود با تأخیر عمل می‌کند و بعد از ۲ تا ۴ هفته علائم آلودگی ظاهر می‌شود، ولی اگر به صورت طعمه مصرف شود، حداکثر اثر آفت کشی را ایجاد می‌کند. این میکروارگانیسم‌ها از طریق تخم از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند و تا ۴ سال می‌توانند دوام پیدا کنند و لذا کنترل طولانی مدتی روی ملخ ایجاد کنند.

پرورش داده می‌شوند و برای مبارزه با کرم قوزۀ پنبه و آفات پنبه مانند آن به کار می‌روند. در ایران نیز تولید و رهاسازی این زنبورها علیه آفات مختلف گیاهان زراعی و درختان میوه شروع شده است.

زنبور انگل *Aphelinus mali* از حشرات آبی است که در مبارزه با شته مومی سیب در اروپا و آمریکا عملاً به کار برده می‌شود.

زنبور *Prosaltella berlesei* گونه تکخواری است که فقط روی شپش توت فعالیت دارد و به مقیاس وسیع علیه این آفت به کار می‌رود.

کشور ما از نظر وجود انگل‌ها و شکارچی‌های آفات، بسیار غنی است و مورد توجه علاقه‌مندان مبارزات زیستی سراسر جهان است. زنبور انگل *Tryoxys pallidus* از ایران به کالیفرنیا برده شده و به عنوان یکی از مؤثرترین عوامل بیولوژیک علیه شته گردو به کار می‌رود.

زنبور *Aphytis proclia* در کنترل انبوهی سپردار بنفش زیتون اعجاز می‌کند.

انگل‌ها موجوداتی هستند که تمام یا قسمتی از زندگی خود را در داخل و یا روی بدن موجودی دیگر به سر می‌برند و باعث ضعف شدید یا مرگ میزبان می‌شوند. گروه اخیر پارازیتوئید نامیده می‌شوند.

در میان انگل‌ها دو راستۀ مهم بال‌غشائیان و زنبورها و مخصوصاً زنبورهای خانواده *Chalcididae brachonidae*

زمانی که هاگ قارچ روی کوتیکول حشره‌ای می‌نشیند؛ جوانه می‌زند و یک لوله رویشی متورم شده تا یک اندام مکندۀ خاص از آن به وجود می‌آید. این اندام مکندۀ به داخل کوتیکول نفوذ می‌کند و در آن تکثیر می‌یابد. سپس به لایه‌های اپیدرم و هیپودرم حشره نیز حمله می‌کند و در نهایت با ایجاد ریسسه‌های معمولی یا رشته‌های میسلیمومی یا باعث تخریب بافت می‌شود، یا در داخل خون حشره تکثیر می‌یابد و باعث مرگ حشره می‌شود. این مرحله معمولاً مرحله (سaprofیتی) پیشرفت بیماری نامیده می‌شود و در شرایط مرطوب ریسسه‌ها در خارج از کوتیکول ادامه می‌یابند و تعداد زیادی هاگ قابل انتشار در محیط تولید می‌کنند که ممکن است کاملاً روی لاشه حشره را بپوشانند و اگر شرایط محیطی مناسب نباشد، می‌تواند در داخل بدن میزبان مرده به مرحله استراحت تبدیل شود و احتمالاً این مرحله می‌تواند در زمستان گذرانی عامل بیماری به آن کمک کند.

سارگلو از قدیم یکی از دشمنان مهم ملخ‌ها به‌شمار می‌رفته است. این پرنده مهاجر که به‌طور گله‌ای زندگی می‌کند، علاقه مفراطی به خوردن ملخ‌ها دارد. در نواحی گرگان و ترکمن صحرا دسته‌های بزرگ این پرندگان گاهی تلفات شدیدی روی ملخ مراکشی ایجاد می‌کنند

نحوه آلودگی آفات توسط انگل‌ها

به‌طور کلی زنبورهای انگل خانواده *Aphidinae* به طول حدود ۲-۳ میلی‌متر و عموماً به رنگ سیاه هستند. این زنبورها بعد از جفت‌گیری تخم را در داخل بدن شته‌ها قرار می‌دهند و به صورت انگل داخلی لاروهایشان را در داخل بدن شته‌ها رشد و نمو می‌دهند. تا این که به مرحله حشره کامل

و *Ichneumonidae* از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. صدها گونه از این خانواده‌ها را می‌توان نام برد که مہار شدید آفات مہم زراعی را در طبیعت به‌عهده دارند.

زنبور انگل تلنوموس، حشره کوچکی است که در تخم سن گندم و گونه‌های نزدیک به آن تخم‌ریزی می‌کند و تخم‌های این آفت را از بین می‌برد.

در خانواده *Brachonidae* تمام گونه‌های زیر خانواده *Aphidinae* بدون استثنا پارازیتوئید شپشک‌ها هستند، و برای مہار زیستی آفات گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. گونه‌هایی از زنبور کوچک *Trichogramma* در نقاط مختلف جهان

۴. تک‌سلولی‌ها

در گروه تک‌یاخته‌ها شاخه‌های *Apicomplexa* (هاگداران) و *Microspora* از مہم‌ترین تک‌یاخته‌هایی هستند که برای حشرات ایجاد بیماری می‌کنند، مخصوصاً تک‌سلولی‌های سرده *Nosema* از اهمیت بیشتری برخوردارند. تعدادی از گونه‌های این



برسند. بعد از رشد و نمو کامل لارو در داخل بدن شته تبدیل به شفیره می شود. در این مرحله بدن شته به صورت مومیایی و به رنگ زرد تا قهوه‌ای به نظر می رسد. در حالی که بدن شته‌های دیگر میزبان برخی از زنبورهای پارازیتوئید به رنگ سیاه درمی آید. زنبور کامل همانند زنبورهای پارازیتوئید شپشک‌ها بعد از رشد و نمو کامل لارو با ایجاد سوراخی در پوست بدن شته از آن خارج می شود.

بعضی از گونه‌های زنبورهای خانواده *Apidae* پارازیتوئید خارجی هستند، یعنی تخم را روی بدن شته‌ها قرار می دهند تا لارو به صورت خارجی از بدن شته‌ها تغذیه کنند.

ج- جانوران شکارچی

انواع شکارچیان، مانند بعضی دوزیستان، خزندگان، پرندگان و عده زیادی از پستانداران از حشرات و کنه‌های گیاهی تغذیه می کنند.

حشرات مضر هستند. که در ذیل به چند نمونه از آن اشاره می کنیم.

۱. کفشدوزک‌ها

کفشدوزک‌ها که جزء سوسک‌ها به حساب می آیند، دارای ۲ شاخک در سر هستند و برای زیست‌بوم‌ها بسیار سودمندند. این حشرات در مراحل رشد خود لارو و حشره کامل، شکارچی‌اند و با اشتهای فراوان از آفات مخصوصاً از شته‌ها و شپشک‌ها نباتی تغذیه می کنند. حشرات فوق در اکثر مواقع روی گیاهان مختلف در طبیعت و مزارع و باغات که مورد هجوم آفات مکنده قرار گرفته‌اند به چشم می خورند. نکته مهم در این ارتباط این است که چنانچه مقدار غذای کافی از میزبانان مختلف در محل زندگی این حشرات

تکثیر می کنند، می مانند. در بهار سوسک‌ها قبل از تخم‌گذاری از شته‌ها تغذیه می کنند. ماده‌ها ممکن است ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ تخم در طی یک دوره ۱ تا ۳ ماهه از شروع بهار تا نزدیک زمستان بگذارند. تخم‌ها معمولاً نزدیک شکار مانند شته‌ها و اغلب روی شاخه‌های کوچک در پناهگاهی روی برگ‌ها و ساقه‌ها گذاشته می شوند. سپس لاروهای



ایجاد شده از ۱ تا ۷-۴ میلی‌متر در طی یک دوره ۱۰ تا ۳۰ روزه رشد می کنند که البته وابسته به میزان اشتهاست. لاروهای بزرگ تا ۱۲ متر برای جست‌وجوی شکار مهاجرت می کنند. نسل دوم ممکن است در حدود یک ماه بعد ظاهر شود. مرحله شفیره ممکن است از ۳ تا ۱۲ روز بسته به دما طول بکشد. در محل یکی از ۲ نسل در هر سال قبل از این که بالغین وارد خواب زمستانی شوند، وجود دارد و از زمان تشکیل تخم تا بالغ شدن ممکن است ۲ تا ۳ هفته طول بکشد. در اواخر تابستان تعداد بالغین بیشترند و چند هفته یا چند ماه زندگی می کنند که البته بستگی به محل، میزان شکار و زمان سال دارد. تحمل به بعضی آفت‌کش‌ها در یک میزان مشخص شده وجود دارد. البته بالغین زمستان‌گذر حساسیت کمتری نسبت به بالغین فعال و لارو دارند.

۲. راهبک‌ها (*Mantis religiosa*)

حشرات فوق در مراحل شفیرگی و حشره کامل، به‌طور مداوم سایر حشرات را شکار و از آن‌ها تغذیه می کند. راهبک‌ها به‌طور دسته‌جمعی، تخم‌های خود را در کیسه‌های مخصوص و روی شاخه‌های

دارکوب‌ها اغلب لارو حشرات چوب‌خوار را از داخل تنه و سر شاخه درختان بیرون می کشند که می توان آن‌ها را به لانه‌گذاری در باغ‌ها ترغیب کرد

مفید موجود نباشد، جهت بقای نسل و به‌طور طبیعی به سایر مناطق مهاجرت می کنند. در حال حاضر در قسمت‌های شمالی کشور از کفشدوزک‌ها جهت مبارزه با آفاتی چون شپشک‌های استرالیایی و آرد آلو روی چای و مرکبات استفاده می کنند.

کفشدوزک گونه *Coccinella septempunctata* ظاهر نسبتاً بزرگ (۸-۷ میلی‌متر) با نقطه‌های سفید یا زرد کم‌رنگ در دو طرف سر و بدن بیضی و گنبدی شکلی دارد. لاروهای سوسک ماده تیره‌رنگ و شبیه تمساح سه جفت پای برجسته هستند و تخم‌ها دوکی شکل و کوچک هستند و حدود ۱ میلی‌متر طول دارند. محل طبیعی آن‌ها محصولات آلوده به شته شامل سیب‌زمینی، حبوبات، ذرت شیرین، یونجه، گندم و گردو است.

چرخه زندگی آن‌ها بدین صورت است که سوسک‌های بالغ در مدت زمستان در پناهگاهایی در نزدیک جایی که تغذیه و

این جانوران معمولاً پرتحرک و فعال‌اند و در دوران زندگی خود صدها بلکه هزارها حشره یا شکار خود را از بین می برند و از منابع پر ارزش نقصان انبوهی آفات هستند، مانند:

سارگلو سرخ از قدیم یکی از دشمنان مهم ملخ‌ها به‌شمار می رفته است. این پرنده مهاجر که به‌طور گله‌ای زندگی می کند، علاقه مفراطی به خوردن ملخ‌ها دارد. در نواحی گرگان و ترکمن صحرا دسته‌های بزرگ این پرندگان گاهی تلفات شدیدی روی ملخ مراکشی ایجاد می کنند.

سار معمولی از دشمنان بسیار مؤثر لارو پروانه‌ها و سخت بالپوشان، از جمله کرم برگ‌خوار چغندر قند و سر خرطومی یونجه است.

دارکوب‌ها اغلب لارو حشرات چوب‌خوار را از داخل تنه و سر شاخه درختان بیرون می کشند که می توان آن‌ها را به لانه‌گذاری در باغ‌ها ترغیب کرد.

عده زیادی از حشرات نیز شکارچی

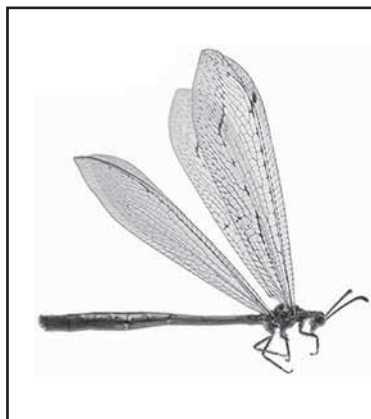


میزبان را ابتدا تخریب و سپس استفاده می کنند.

ارزش این حشره مفید در تقلیل جمعیت آفات نباتی به علت تغذیه توام شفیره و حشره کامل از یک میزبان، غالباً زیاد و در مقایسه با سایر حشرات زیستی قابل توجه است.

۶. شیرمور

شیرمور در واقع جزء بال توری های خانواده Myrmeleonidae بوده و به عنوان شکارچی مخوف خاک های نرم رودخانه و مزارع و جاده های خاکی مشهور است. این حشرات مفید تخم های خود را در خاک های نرم قرار می دهند و لارو آن ها در ته گودال تعبیه می شود و قیف مانند کمین می کنند و منتظر طعمه خود می ماند. شیرمور بیشتر از حشراتی چون: مورچه، سوسک ها و سایر حشرات رونده تغذیه می کند.



مکننده و تخم شب پره ها، باعث کاهش جمعیت آفات می شوند. تخم بال توری ها، دارای ساقه ابریشمی نسبتاً بلندی است که به وسیله آن روی برگ و ساقه و یا شاخه درختان چسبانیده می شود. حشرات کامل بال توری، از دانه های گرده، شهد های نباتی و عسلک دفعی توسط شته ها، تغذیه می کنند. به عبارت دیگر حشرات کامل بال توری قطعات دهانی جونده ای دارند، در حالی که قطعات دهانی لارو آن ها مکننده است. لاروها پر خور و پلی فازند. رژیم غذایی آن ها حتی شامل تغذیه از لارو و گونه خودی نیز می شود. وجود شکار در اطراف شکارگر می تواند به طور غیرمستقیم به وسیله شاخص های شیمیایی مثل پولک پروانه ها یا عسلک شته ها تشخیص داده شود که ممکن است تأثیر خوبی روی رفتار جست و جو داشته باشد. ولی کشف محل استقرار شکار بیشتر به شانس بستگی دارد. لارو بال توری پس از گرفتن شکار، ترشحات بزاقی به داخل بدن شکار تزریق می کند که این عمل سبب فلج شدن طعمه و همچنین سهولت هضم می شود. البته شکارها از جمله شته ها و اکنش های دفاعی نیز دارند. یکی از واکنش های شته ها این است که با نزدیک شدن لارو شکارگر خود را از روی گیاه به زمین می اندازند و شته هایی که مورد اصابت و صدمه شکارچی قرار گرفته اند، فرومون خطر را ترشح می کنند که سبب می شود سایر شته ها خطر را احساس کنند. بال توری ها به وسیله حرکت های سریع شکمی، مانند نواختن طبق صداهایی ایجاد می کنند که برای فراخوانی جفت انجام می شود.

۵. سن های شکارگر

این حشرات با فعالیت حشره خواری خود، به صورت شکارچی روی تعداد کثیری از آفات نباتی دیده می شوند، مخصوصاً شته، شپشک های نباتی و بال ریشکداران، سخت بالپوشان، پروانه ها و کنه ها. این حشره مفید در مبارزات زیستی از اهمیت زیادی برخوردار است، به مراحل مختلف رشدی آفت صدمه می زند و با تزریق آنزیم هایی محتویات بدن



گیاهان مختلف قرار می دهند که در اکثر باغات و درختان به چشم می خورند. نکته مهم در ارتباط با این حشره این است که گاهی در صورت عدم دسترسی به غذا، اقدام به همנוغ خواری می کنند و همچنین نکته منفی این حشرات نیز این است که خود به دنبال طعمه نمی روند، بلکه منتظر طعمه می مانند. میزبان های این شکارگرها شامل: ملخ ها، سیرسیرک ها، زنبورها، پروانه ها و مگس ها هستند.

۳. آسیابک ها

این حشرات نیز جزء حشرات مفید و شبیه به سنجاقک ها هستند، با این تفاوت که معمولاً جثه آن ها بزرگ تر و دارای دو جفت بال اند، حال آنکه سنجاقک ها، کوچک و یک جفت بال دارند. این حشرات نیز شکارچی اند و معمولاً در نزدیکی و روی آب استخرها، جویبارها، یا پرواز بلند و سریع خود قابل تشخیص اند. در طبیعت به رنگ های متنوعی دیده می شوند. شکارچی ها طعمه خود را در حال پرواز شکار می کنند و غذای اصلی آن ها شامل پشه ها و مگس هاست.

۴. بال توری سبز

لاروهای بال توری به عنوان شکارچی محسوب می شوند و با تغذیه از آفاتی چون شته، شپشک های نباتی و سایر حشرات



توأم دو یا چند روش مبارزه علیه آفات است. با انتخاب نوع مناسب سم و تاریخ دقیق سمپاشی می‌توان از کاربرد توأم سم و پارازیت علیه این آفت استفاده کرد.

مهارزیستی از دیدگاه اقتصادی روشی بهینه است. حتی در صورت عدم موفقیت کامل در مزرعه نسبت سود به هزینه (B/C) در این روش ۱:۱ است. براساس یک مطالعه تخمین زده می‌شود که در این روش برنامه‌های با موفقیت کامل در ازای یک واحد سرمایه ۲۲ واحد سود را باز برمی‌گرداند. این در حالی است که در تحقیق مشابهی نسبت سود به سرمایه در کنترل شیمیایی آفات فقط ۲/۵ به ۱ است.

پی‌نوشت

1. Paul miller
2. Nucleopolyhedrosis Viruses
3. Carramulosis Viruses
4. Cytoplasmic Polyhedrosis Viruses

منابع

۱. اسماعیلی، مرتضی. میکروبی، اسدالله. آزمایش فرد. پروانه (۱۳۷۴). حشره‌شناسی کشاورزی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران
۲. کاظمی، محمدحسین (۱۳۷۴). کنترل میکروبی آفات و بیماری‌های گیاهی. تبریز: انتشارات دانشگاه تبریز
۳. آزما، مینا. میراب‌زاده، عباس. (۱۳۸۳). مباحثی پیرامون کاربرد دشمنان طبیعی در کنترل بیولوژیک آفات. تهران: مرکز نشر سپهر

۷. مگس‌های شکارچی

در راستهٔ دوبالان فعالیت حشره‌خواری، غالباً منحصر به یکی از مراحل رشدی (لارو یا حشره کامل) است. در این حشرات تعداد گونه‌های شکارچی بیشتر از گونه‌های انگلی است. حشرات کامل معمولاً از شیرۀ گیاهان و عسلک دفعی حشرات مکنده تغذیه می‌کنند. لاروها شکارچی محسوب می‌شوند، مانند لاروهای مگس خانوادهٔ *Syrphidae* میزبان‌های این لاروها شکارچی شامل: انواعی از شته‌ها، موریانه‌ها و زنبورها در خانوادهٔ مگس‌های *Tachinidae* در مرحلهٔ لارو، به‌صورت انگل داخلی آفات عمل

در حال حاضر در قسمت‌های شمالی کشور از کفشدوزک‌ها جهت مبارزه با آفاتی چون شپشک‌های استریلیایی و آرد آلو روی چای و مرکبات استفاده می‌کنند

می‌کند. مگس‌های مزبور گاهی نیز به‌صورت شکارچی فعالیت می‌کنند.

گل جالیز یکی از مهم‌ترین انگل‌های گلدار گیاهان زراعی در بیشتر نقاط ایران است و خسارت‌های زیادی به بعضی از محصولات زراعی و جالیزی مثل گوجه‌فرنگی، خیار، خربزه، هندوانه، بادمجان و آفتابگردان وارد می‌کند. کنترل شیمیایی این انگل به علت ارتباط آوندی با میزبان به سختی امکان‌پذیر است، مگر با استفاده از علف‌کش‌های انتخابی که برای تعداد کمی از محصولات سنتز شده است. اما مهار زیستی جایگاه ویژه‌ای را در کاهش جمعیت این انگل دارد. یکی از این عوامل زیستی مگس گل جالیز است.

مگس گل جالیز (*phytoomyza orobanchiae*) حشره‌ای قهوه‌ای مایل به سیاه با پیشانی زرد و چشم‌های مرکب قرمز رنگ است. انتهای شکم در ماده‌ها به علت وجود تخم ریز نوک‌تیز و در نرها گرد است. طول مرحلهٔ لاروی مگس گل جالیز ۶ روز و طول دورهٔ شفیرگی حدود ۱۰ روز است. قدرت پرواز این حشره ۳-۲/۵ کیلومتر در ساعت است و وجود یک ترکیب آلکالوئیدی

به نام اروبانشامین در گل‌های جالیز عامل جلب حشرات مذکور به سمت انگل است. گیرنده‌های این ماده شیمیایی روی بند دوم شاخک قرار گرفته‌اند که می‌تواند از فاصلهٔ ۳ کیلومتری میزبان خود را پیدا کند، این مسافت را در طی ۱ روز بهیماید و به میزبان برسد. مگس‌های ماده به وسیلهٔ تخم‌ریز خود روی گلبرگ‌ها سوراخ‌هایی ایجاد می‌کنند و سپس از شیریهایی که از این محل خارج می‌شود، تغذیه می‌کنند. مگس‌های نر فقط از شهد موجود در قاعدهٔ جام گل تغذیه می‌کنند. حشرات ماده پس از جفت‌گیری تخم‌های خود را در جام گل که در مجاورت

تخم‌دان است، می‌گذارند. لاروهای سن اول پس از خروج از تخم بین لایه‌های پارانشیمی گلبرگ و جدار خارجی تخمدان تونل ایجاد می‌کنند، خود را به داخل بافت‌های زاینده می‌رسانند و از بافت تخمدان تغذیه می‌کنند. لارو سن اول تغذیهٔ چندانی ندارد، ولی لاروهای سن‌های دوم و سوم به مقدار زیاد سبب تخریب بافت زایندهٔ تخمدان و همچنین باعث پوسیدگی و قهوه‌ای شدن بافت داخلی کپسول بذر می‌شوند. لاروها پس از تکمیل دورهٔ رشد در جدار خارجی کپسول بذری سوراخ‌هایی ایجاد می‌کنند، سپس تبدیل به شفیره می‌شوند و پس از تبدیل شدن به حشرهٔ کامل از طریق سوراخ‌های ایجاد شده خارج می‌شوند.

مهار زیستی از دیدگاه اقتصادی

مبارزه زیستی در سال‌های اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته است و همراه با روش‌های دیگر اساس مبارزات تلفیقی با حشرات را تشکیل می‌دهد. آن‌چه تحت عنوان مبارزه تلفیقی بیان می‌شود، کاربرد

هیدروکربن‌های C_1-C_{15} ساده، الکل‌ها، فنل‌ها، آمین‌ها، اسیدها، استرها و آمیدها خیلی آسان تجزیه زیستی می‌شوند. ساختار شیمیایی آلاینده، وجود شاخه‌های ارتباطی اتمی‌شان بر قابلیت تجزیه زیستی اثر می‌گذارند (۲).

مواد آلاینده پلاستیک مصنوعی
ساخته دست انسان‌اند که در جامعه مدرن امروزی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند. پلی‌اورتان‌ها، پلی‌اکریلات‌ها، پلی‌استیدها، نایلون‌ها، پلی‌مرهای نشاسته در پزشکی و صنعت استفاده می‌شوند. این مواد بسیار پایداری و وقتی در محیط قرار می‌گیرند، باعث مشکلات و آلودگی محیط می‌شوند (۲).

مواد شیمیایی استروژنیک

این مواد شیمیایی نیز ساخته دست انسان‌اند با این تفاوت که اثر هورمون‌ها بخصوص استروژن‌ها را تقلید می‌کنند (۲). همانند تمام استروژن‌ها به گیرنده‌های استروژنی متصل می‌شوند. اتصال طولانی و تراکم آن‌ها در محیط بر تولید مثل انسان و جانوران اثر منفی می‌گذارند (۲). bis- فنول A (۲)، ۲-bis (۴) هیدروکسی فنیل پروپان؛ BPA) و نونیل فنول (NP) در صنایع و مناطق مسکونی استفاده می‌شوند و فعالیت استروژنیک دارند (۲).

انواع روش‌های پاکسازی

حفاری زمین در این روش آلاینده
روی یک منطقه غیرآلوده و وسیع پخش می‌شوند تا با کاهش تراکم آن‌ها به تجزیه یا عدم تغییر مواد آلاینده کمک کنند (۱۳). در شرایط طبیعی مواد شیمیایی تجزیه و یا کاملاً تغییر می‌کنند و به محیط برمی‌گردند، اما اگر پایدار شوند مقدار زیاد آن‌ها سمی است یا به فرایندهای طبیعی صدمه می‌زند در نتیجه از تجزیه و تغییر آلاینده‌ها جلوگیری می‌شود. کاهش تراکم این مواد باعث انجام تجزیه طبیعی، فرایندهای بازسازی و شروع مرحله بعدی می‌گردد

(۱۳).

تهیه کود این روش براساس یک تکنیک قدیمی است که زباله‌های خانگی را به مواد آلی قابل استفاده تغییر می‌دهد. تا چندی پیش، از روش تهیه کود برای تغییر زباله‌های صنعت نفت به مواد کم خطرتر استفاده می‌شد. روش تهیه کود اکنون برای کمک به شکست یا تغییر آلاینده‌ها و برای پایدار فلزات سنگین در خاک استفاده می‌شود (۱۳).

پاکسازی گیاهی در این روش از گیاهان

پاکسازی زیستی فرایندی طبیعی است که از جانداران برای تبدیل مواد مضر به کربن دی‌اکسید، آب و اسیدهای چرب غیرسمی استفاده می‌کند

طبیعی یا مهندسی ژنتیک شده برای عملیات پاکسازی محیط استفاده می‌شود. این روش می‌تواند در محل‌های آلوده به فلزات سنگین و ترکیبات آلی استفاده شود (۱۳). دوسازگاری تکاملی در این انعطاف‌پذیری نقش داشته‌اند:

الف) گیاهان خاصی ظرفیت بازجذب و تجمع فلزات خاص را در ریشه‌های خود دارند که برای گیاهان دیگر سمی است. در یک طرح پاکسازی ابتدا از این گیاهان برای حذف آلاینده‌های فلزی استفاده می‌شود و سپس فلزات از ریشه‌های آن‌ها استخراج می‌شود (۱۳).

ب) در گیاهان ظرفیت برهم‌کنش یا ارتباط با موجودات ایجاد شده است که می‌توانند به شکست یا تغییر بعضی آلاینده‌های خاص در ریشه گیاهان کمک کند و محصولاتی ایجاد کند که خطر برای محیط ندارد (۱۳). پاکسازی گیاهی چندین

بررسی پروتئین‌های استخراج شده از محیط کشت‌های استریل و غیراستریل و خاک استریل حاوی گیاه یونجه تأیید کرد که بعضی پروتئین‌ها دارای خاصیت پراکسیداز هستند

مشخصه جالب دارد: یک فناوری درونی است و برای تیمار خاک‌ها و آب‌های آلوده قابل استفاده است. سیستم زمین مرطوب استفاده شده یا طبیعی امروزه برای پاکسازی بسیاری از آلاینده‌ها مثل هیدروکربن‌های نفتی، زباله‌های نظامی، مثل آلاینده‌های غیرآلی، استفاده می‌شود (۱۳). هم‌چنین فقط آلودگی‌های سطحی را پاکسازی نمی‌کند.

پاکسازی زیستی

پاکسازی زیستی فرایندی طبیعی است که از جانداران برای تبدیل مواد مضر به کربن دی‌اکسید، آب و اسیدهای چرب غیرسمی استفاده می‌کند (۳). در این روش به‌طور خودبه‌خودی یا مدیریت شده از فرایندهای

زیستی برای پاکسازی مواد شیمیایی خطرناک در محیط استفاده می‌شود. مواد اصلی پاکسازی‌کننده زیستی، گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و میکروب‌های همزیست با گیاهان هستند. این نمونه‌ها به علت داشتن آنزیم‌های قوی تجزیه‌کننده، تغییردهنده ساختار و خاصیت سمی هستند (۳).

ساختار شیمیایی، غلظت و خواص مواد آلاینده و شرایط محیطی بر روش تجزیه زیستی اثر دارند. یک ترکیب شیمیایی مصنوعی که محصول سنتز زیستی نیست، در این روش تجزیه می‌شود به شرط آن که آنزیمی وجود داشته باشد که بتواند این ترکیب را به یک ماده حد واسطه به پیش ماده یکی از مسیرهای متابولیک تجزیه کند (۳).

پاکسازی زیستی شامل چندین فناوری است و از سیستم‌ها و فرایندهای طبیعی برای پاکسازی آلاینده‌ها استفاده می‌کند (۳). روش‌های پاکسازی زیستی براساس شناسایی مشکلات فیزیکی حذف، ناپدید شدن یا پایداری غیرقابل تحمل آلاینده‌ها در محیط و پیش‌بینی شرایط لازم حذف مشکلات فیزیکی است به‌طوری که دوباره فرایندهای طبیعی بتوانند عمل کنند (۳).

روش‌های پاکسازی زیستی برای عموم مردم و صنایع آشنا و مورد قبول است، زیرا به‌طور قابل توجهی کم‌هزینه‌تر از روش‌های پاکسازی قدیمی هستند و باعث کاهش نگرانی در مورد سلامت آینده و نگرانی‌های مالی و محیطی می‌شود (۱).

انواع پاکسازی زیستی آنزیم‌های خارج سلولی ریشه گیاهان

آنزیم‌های تجزیه‌کننده به وسیله ریشه گیاهان به محیط اطراف آزاد می‌شوند. معمولاً این آنزیم‌ها به دیواره سلولی متصل‌اند و مواد را به محصولاتی تجزیه می‌کنند که راحت‌تر به وسیله گیاهان یا میکروارگانیسم‌ها جذب شوند (۱۲).

بررسی نشأت آنزیم‌ها از ریشه ۱۲ گونه گیاهی در خاک‌های غیراستریل طی ۵۶ روز نشان داد که تعدادی از اعضای سرده‌های Solanaceae, fabaceae و Graminaceae آنزیم‌های اکسیداز و هیدرولاز را به خاک اطراف ریشه ترشح می‌کنند. بررسی پروتئین‌های استخراج شده از محیط کشت‌های استریل و غیراستریل و خاک استریل حاوی گیاه یونجه تأیید کرد که بعضی پروتئین‌ها دارای خاصیت پراکسیدازی هستند. عملکرد پراکسیدازهای خارج سلولی گیاهان با تغییر pH و دهنده الکترون ممکن است تغییر کند (۱۹).

تحریک زیستی

در این روش با تحریک آلاینده‌های طبیعی مثل باکتری‌ها و قارچ‌ها سعی می‌شوند زباله‌ها را به مواد کم‌خطرتر بشکنند. تحرک زیستی براساس این فرضیه است که محیط‌های آلوده (خاک، آب و غیره) از قبل دارای میکروب‌هایی هستند که می‌توانسته‌اند آلاینده‌هایی خاص را تخریب یا سم‌زدایی کنند. علت پایداری یک آلاینده ممکن است ناشی از یک یا چند مورد زیر باشد:

الف) عدم توان یا مقدار ناکافی مواد مغذی یا هوا.

ب) اتصال قوی آلاینده به محیط: این اتصال آلاینده را از دسترس میکروب‌ها دور می‌کند و اجازه نمی‌دهد تجزیه یا تغییر کنند. ج) به علت افزایش خیلی زیاد آلاینده‌ها میکروب‌های طبیعی غیرفعال می‌شوند.

بنابراین با فراهم کردن شرایط محیطی و غذایی مناسب اجازه پاکسازی آلاینده‌ها و شروع مراحل بعدی را می‌دهد (۱۶).

گروهی از هیدرولازهای خارج سلولی باکتری‌ها مثل کیتینازها پیوندهای گلیکوزیدی کیتین را در خاک هیدرولیز می‌کنند

افزایش زیستی

در این روش با افزودن میکروب‌های خاص یا آنزیم‌ها به محیط‌های آلوده به تغییر پایداری آلاینده‌ها کمک می‌کنند. تحت بعضی شرایط محیطی، میکروب‌های طبیعی مؤثر یا مناسب وجود ندارند تا آلاینده‌ها را بشکنند و آن‌ها را به مواد بی‌خطر تبدیل کنند (۷). در حقیقت بعضی میکروب‌ها با تغییرات نادرست می‌توانند باعث تولید محصولات جانبی سمی‌تری شوند (۷). یک راه برای حل این مشکل افزودن میکروب‌های خاص یا آنزیم‌های آن‌هاست که به فرایند پاکسازی کمک کنند (۷).

میکروارگانیسم‌ها

فرایند تجزیه به وسیله میکروارگانیسم‌ها اساساً ساده است. آلاینده‌هایی مثل کرومات، روغن سوخت، تولوئن و حتی PCB‌ها دارای

آنزیم‌ها ممکن است با تجزیه و تغییر آلاینده قدرت فعالیت‌شان را از دست بدهند. دانشمندان علت این پدیده را محاصره سریع و یا جذب مولکول‌های آنزیم فعال روی مجموعه‌های پلی‌مری می‌دانند

مولکول‌های کربن هستند. اغلب آلاینده‌های هیدروکربنی سمی نیز کلروین دارند. اگرچه این ترکیبات برای اکثر موجودات جهت متابولیزه کردن خیلی پیچیده یا سمی هستند، اما میکروارگانیسم‌ها به این ترکیبات حمله می‌کنند. استفاده از فناوری‌های حاوی ترکیبات شیمیایی میکروبی در حذف آلودگی مؤثر است. به‌طوری که در این فناوری مواد شیمیایی آلاینده به ذرات کوچک‌تر تبدیل می‌شوند که با شکستن آلاینده به مولکول‌های کوچک‌تر، سطح تماس میکروب‌ها با مواد آلاینده افزایش می‌یابد. امولسیون‌کننده‌ها و آنزیم‌ها، آلاینده را طوری می‌شکنند که میکروب‌ها بتوانند از کربن آن‌ها استفاده کنند. این فرایند شبیه واکنش‌های متابولیکی چربی‌ها، قندها و سایر مواد غذایی در بدن انسان است. همراه مواد شیمیایی مواد مغذی، آب و آنزیم‌ها نیز وجود دارند (۱۷).

اولین مرحله تغییر مواد گزنوبیوتیک^۴ مثل مواد تجزیه‌نشده و حتی تجزیه پلاستیک، با آنزیم‌های پیرامون و خارج سلولی ترشح شده به وسیله سلول‌ها کاتالیز می‌شود. آنزیم‌های خارج سلولی شامل انواع اکسید و ردوکتازها و هیدرولازها هستند. هر دو نوع آنزیم به عمل تجزیه و تغییر مواد پلی‌مری به محصولات اکسیدشده یا کمی تجزیه شده کمک می‌کنند. این محصولات برای سلول‌ها قابل جذب‌اند.

برای تجزیه زیستی آلاینده‌ها باید با سیستم‌های آنزیمی موجودات تجزیه‌کننده برهم‌کنش بدهند. آن‌ها باید به راحتی بتوانند وارد سلول شوند، اگر نامحلول باشند، باید به شکل محلول یا محصولات قابل دسترسی سلول تبدیل شوند. مهم‌ترین مرحله برای تغییر مواد نامحلول مثل پلاستیک‌ها برهم‌کنش، با آنزیم‌های پیرامون و خارج سلولی است. این فرایند برای بعضی مواد مثل سلولز سریع و برای بعضی ترکیبات گزنوبیوتیک آهسته است. اکسیداسیون جزئی آلاینده‌های پایدار مثل PAH‌ها به

وسيله آنزيم‌های اکسيدکننده خارج سلولي محصولات توليد می‌کند که قطبيت و حلاليت بيشتري در آب دارند و بهتر تجزيه می‌شوند. تجزيه بیوتکنولوژیکی هیدروکربن‌های نفتی در انواع خاک‌ها گزارش شده است. تروموفیل‌ها عمدتاً باسیل هستند دارای خاصیت بالقوه برای تخریب آلاینده و محیط‌زیست. برای پاکسازی خاک‌های آلوده به نفت از کمپوس استفاده می‌شود (۱۷).

انواع آنزيم‌های میکروبی مؤثر در تجزيه زیستی آلاینده‌ها

الف) اکسيد و ردوکتازها

در شرایط درون سلولي، اکسيد و ردوکتازهای میکروبی آنزيم‌های پری پلاسمی^۵ متصل به سطح سلول‌های زنده هستند. منابع اصلی آن‌ها قارچ‌هایی مثل بازیدیومیست‌های تجزيه‌کننده پوست، بازیدیومیست‌ها، قارچ‌های اکتومیکوریزال و اکتیومیسیت‌ها هستند (۱۸). امروزه تمایل زیادی وجود دارد که از قارچ‌ها برای تجزيه زیستی استفاده شود. اکثر قارچ‌ها قوی و سالم هستند و نسبت به باکتری‌ها تحمل بيشتري از مواد آلاینده دارند. به دلایل زیر قارچ‌های ریشه سفید برای تجزيه زیستی مکان‌های آلوده مورد توجه هستند:

۱) این قارچ‌ها در محیط‌های طبیعی فراوانند.

۲) سیستم آنزیمی اکسيدکننده خارج سلولي خیلی قوی دارند که این سیستم‌های آنزیمی را به دو گروه می‌توان تقسیم کرد:

الف) سیستم آنزیمی تجزيه‌کننده لیگنین که با پیش‌ماده‌های زیادی میان‌کنش می‌دهد و قادر به اکسيد کردن تعدادی زیادی از آلاینده‌های محیطی است.

آنزيم‌های تجزيه‌کننده لیگنین آنزيم‌های کلیدی فرایند، فقط در شرایط طبیعی ترشح می‌شوند. این خصوصیت باعث می‌شود موجودات توليدکننده آن‌ها با مواد شیمیایی تجزيه شده سازگاری پیدا نکنند (۱۸). با بررسی *Phanaerochaete chrysosporium* مشخص

شد که این آنزيم‌ها تحت شرایط فقر غذایی ساخته و در اکثر خاک‌های آلوده یافت می‌شوند (۱۸). دو پراکسیداز حاوی هم‌گلیکوزیله شده، لیگنین پراکسیداز (Lip) و پراکسیداز وابسته به Mn^{2+} ، همچنین یک فنول اکسیداز حاوی Mn^{2+} ، مس، لاسکاز از ترکیبات آنزیمی تجزيه‌کننده لیگنین قارچ‌های ریشه سفید هستند (۱۸). (ب) آنزيم‌های غیر لیگنینولیتیک، مثل سلوبیوز دهیدروژنازها ممکن است در تغییر آلاینده‌ها شرکت کنند. سلوبیوز دهیدروژنازها معمولاً تحت شرایط غیر لیگنینولیتیک ترشح

یکی از دانش‌آموزان اثر قارچ درختی را روی تجزيه پلاستیک بررسی کرد که نتایج آن در جدول ثبت شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر تجزيه قارچ درختی قابل توجه بود

می‌شوند و زمانی که سلولز منبع کربن غذایی است آن‌ها مستقیم یا غیرمستقیم آلاینده‌ها را اکسيد می‌کنند. در نتیجه بسیاری از آلاینده‌های سمی محیط مثل ترکیبات نامحلول به وسیله قارچ‌های ریشه سفید تجزيه و به مواد معدنی تبدیل می‌شوند (۱۸). ۳) این قارچ‌ها از نوع قارچ‌های رشته‌ای هستند و می‌توانند به آلاینده‌های خاک خود را برسانند در حالی که باکتری‌ها نمی‌توانند.

ب) هیدرولازهای میکروبی

باکتری‌های و قارچ‌ها تعدادی از آنزيم‌های برون و درون سلولي مثل پروتئازها، کربوهیدراتازها (مثل سلولازها، آمیلازها، گزیلاتازها)، استرازها، فسفاتازها و فیتازها را توليد می‌کنند. این آنزيم‌ها برای موجودات زنده لازم‌اند. به‌خاطر غیر اختصاصی عمل کردن ذاتی آن‌ها، هیدرولازها نقش اصلی

برای ما مسلم شد که در بعضی منابع طبیعی مثل آب‌های معدنی و خاک‌ها و گیاهان، میکروارگانیسم‌هایی وجود دارند که می‌توانند مواد پلاستیکی و نفتی را تجزيه کنند

را در تجزيه زیستی آلاینده‌های مختلف دارند. گروهی از هیدرولازهای خارج سلولي باکتری‌ها مثل کیتینازها پیوندهای گلیکوزیدی کیتین را در خاک هیدرولیز می‌کنند. اکتیو باکتری‌ها دارای مهم‌ترین و مؤثرترین مواد تجزيه‌کننده کیتین در خاک‌اند (۵). در قارچ‌ها فیتازهای خارج سلولي مؤثرتر از آنزيم‌های درون سلولي بودند اما اکثر فسفاتازهای قلیایی و اسیدی درون سلول فعالیت داشتند مواد اصلی تجزيه‌کننده زیستی پلاستیک‌ها آنزيم‌های خارج سلولي مثل استرازها و دپلی‌مرازها هستند. یک استراز خارج سلولي از باکتری گرم منفی *comamans acidovorans* جدا شده است که قادر به تجزيه PUR پلی‌استر است. این آنزيم دارای یک بخش هیدروفوبیک است که به PUR متصل می‌شود و یک بخش ضروری و کاتالیتیک است. این بخش در سایر آنزيم‌های

تجزيه‌کننده پلی‌استرهای جامد و حتی در سلولازها هم وجود دارد و باعث تجزيه پیش ماده‌های جامد آب‌گریز می‌شود (۵).

ج) آنزيم‌های آزاد

تغییر و تبدیل بسیاری از آلاینده‌ها می‌تواند هم وابسته به حضور و عمل آنزيم‌های خارج سلولي و هم سلول‌های مترشحه آن‌ها باشد (۱۵).

در بعضی موارد تجزيه زیستی آلاینده با آنزيم‌های خارج سلولي شروع می‌شود، اما برای تکمیل نیاز به حضور کل سلول و مسیرهای متابولیک آن دارد (۱۵).

آنزيم‌های آزاد و بی‌نیاز از سلول نسبت به سلول‌های میکروبی مزایای بيشتري دارند، مهم‌ترین خصوصیات آنزيم‌های آزاد ویژگی سوبسترای اختصاصی، قدرت کاتالیتیک بالا و عملکرد بالاتر آن‌ها در حضور بسیاری از سموم پایدار و یا تحت شرایط محیطی نامطلوب برای سلول‌های میکروبی (مثل دمای نسبتاً بالا، pH، غلظت نمک، غلظت‌های بالای مواد آلاینده) و حساسیت کم آن‌ها به مهارکننده‌های

Tab-Zaeem ۸۷۴۱۹)

۲. پلیت
۳. بشر
۴. استوانه مدرج
۵. ترازو
۶. میکروتیوپ
۷. همزن
۸. پیپت
۹. چراغ گاز

هنگام طراحی روش آزمایش هدف ما تعیین و غربالگری گیاهان سنتی، آب‌های معدنی و طبیعی و خاک‌هایی در ناحیه شهرری بود که حاوی باکتری‌ها و قارچ‌ها و آنزیم‌هایی بودند که می‌توانستند مواد پلاستیکی را تجزیه کنند، به‌طوری که حذف شوند یا به مواد بی‌خطرتر تجزیه شوند. با توجه به شرایط آزمایشگاه و زمینه علاقه دانش‌آموزان ابتدا دانش‌آموزان را به ۴ گروه تقسیم کردیم:

۱. گروهی روی آب‌های معدنی کار کردند.
۲. گروهی روی خاک کار کردند.
۳. گروهی روی گیاهان وحشی و سنتی کار کردند.
۴. گروهی روی قارچ‌های جمع‌آوری شده کار کردند.

تهیه محلول‌ها

در ابتدا چهار نوع محیط کشت تهیه کردیم.

طرز تهیه محیط کشت

نوع ۱) ابتدا سیب‌زمینی را خوب شستیم، خشک کردیم، با پوست رنده کردیم و حدود ۱۵ دقیقه در هاون کوبیدیم و بعد آب و عصاره آن را صاف کردیم.

۸ گرم عصاره سیب‌زمینی و ۱۵ گرم آگار و ۲ گرم گلوکز را در آب حل کردیم و حجم آن را به یک لیتر رساندیم.

نوع ۲) عصاره مخمر ۰/۵ درصد، گلوکز ۲/۵ درصد و آگار ۱/۵ درصد را مخلوط کردیم.

در خاک آنزیم‌ها به شکل کمپلکس وجود دارند، مجموعه‌های سه‌بعدی ذرات معدنی و آلی قابلیت تحرک آنزیم‌ها را محدود و بر فعالیت‌شان اثر بگذارد. مولکول‌های آنزیم ممکن است جذب، متحرک یا محاصره شوند. در نتیجه سینتیک، پایداری و قابلیت تحرک آن‌ها تغییر می‌کند (۸).

روی فعالیت آنزیم تنها اجزای خاک به‌طور متفاوت اثر می‌گذارند. بای‌بی تحرک شدن آنزیم، اثر آن بر پیش‌ماده تغییر می‌کند. جداسازی و تخلیص آنزیم تکنیکی گران‌قیمت است و برای کارهای عملی به‌صرفه نیست. استفاده از تکنیک‌های ارزان مثل استفاده از زباله‌های کشاورزی به عنوان منبع کربن برای افزایش رشد میکروارگانیسم‌های تولیدکننده آنزیم و برای کاهش قیمت تولید آنزیم مناسب است. حتی اگر آنزیم خیلی ارزان و در دسترس باشد، استفاده از آن‌ها به‌عنوان آنزیم آزاد به علت طول عمر کوتاه‌شان در یک محیط غیراستریل مثل خاک مناسب نیست (۸).

آزمایش

مواد آزمایش

۱. کلرید سدیم
۲. پتاسیم فسفات دی‌هیدروژن
۳. گلیسرول
۴. سولفات منیزیم
۵. سولفات آهن
۶. آگار
۷. عصاره مخمر (ماء‌الشعیر)
۸. گلوکز
۹. عصاره سیب‌زمینی
۱۰. نمونه‌های خاک
۱۱. نمونه‌های آب
۱۲. گیاهان دارویی (دارچین، زنبوب، زیره سیاه، ...)
۱۳. جوانه عدس
۱۴. لیوان یک‌بار مصرف
۱۵. کیسه فریزر

وسایل

۱. اتو کلاو (Zaim medical-Iran)

متابولیسم میکروب‌ها و تغییرات شدید غلظت مواد آلاینده است. تابلو ۳ انواع آلاینده را نشان می‌دهد. PCBها، پلی‌کلروفلن‌ها، PAHها و سایر آلاینده‌های سمی با اکسیدوردوکتازها و هیدرولازهای جدا شده از قارچ‌ها، باکتری‌ها و سلول‌های گیاهی تجزیه شده‌اند (۱۵).

برای مثال آنزیم‌های تبدیل‌کننده نیتریل‌ها براساس نوع و خصوصیت پیش‌ماده‌شان به ۳ دسته تقسیم می‌شوند: نیتریلازها، نیتریل‌هیدراتازها و آمیدازها. خصوصیات مشترک آنزیم‌ها داشتن فعالیت مناسب در pH قلیایی و زیرقلیایی و داشتن ثبات خوب در دماهای مختلف است. این آنزیم‌ها در ساخت داروها و مواد شیمیایی کاربرد دارند. این آنزیم‌ها کاتالیزورهای چندکاربردی هستند و زباله‌های مایع صنایع سازنده آکریلو نیتریل را تجزیه زیستی می‌کنند (۱۵).

بعضی مواد غیرسوپسترا نیز بر فعالیت آنزیم اثر می‌گذارند. فاکتور کلیدی دیگر قابلیت دسترسی به مواد آلاینده با مواد سم‌زدا است. قابلیت دسترسی زیستی تحت تأثیر خواص ذاتی آلاینده (مثل غلظت، ساختار مولکولی، حلالیت در آب یا مواد آلی) و مشخصات محیط می‌باشد (۱۵).

در خاک خصوصیات مثل مقدار مواد آلی، ضخامت، دانه‌های خاک، حضور مواد آلی حل نشده، جمع شدن اجزای خاک و ناهمگونی می‌تواند بر قابلیت دسترسی آلاینده‌ها اثر بگذارد، جذب، یا محاصره آلاینده‌ها را یا درون کلونیدی‌های آلی و غیرآلی خاک سیستم را پیچیده‌تر می‌کند و باعث محدودیت دسترسی آلاینده و سلول‌های میکروبی یا آنزیم‌های خارج سلولی به یکدیگر می‌شود. فرآیند پیرشدن باکتری‌ها باعث کاهش قابل توجه قدرت دسترسی می‌شود (۱۵).

ضررهای آنزیم

آنزیم‌ها ممکن است با تجزیه و تغییر آلاینده قدرت فعالیت‌شان را از دست بدهند. دانشمندان علت این پدیده را محاصره سریع و یا جذب مولکول‌های آنزیم فعال روی مجموعه‌های پلی‌مری می‌دانند. آن‌ها مانع برهم‌کنش پیش‌ماده و آنزیم می‌شود.



نتایج

نتایج ثبت شده در زیر محصول سه بار تکرار آزمایش هاست.

علاوه بر تغییر وزن، ظاهر نمونه‌های پلاستیک لیوان‌های یک‌بار مصرف نیز تغییر کرده بود و مثل پلاستیک نایلون فریزر نازک شده بود. یکی از دانش‌آموزان اثر قارچ درختی را روی تجزیه پلاستیک بررسی کرد که نتایج آن در جدول ۳-۴ ثبت شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر تجزیه قارچ درختی قابل توجه بود.

نمونه‌های جمع‌آوری شده از خاک اطراف میدان معلم و خاک دولت‌آباد شهری به خوبی توانسته‌اند از وزن پلاستیک‌هایی که

نمونه‌های خاک (۱۰ gr) یا آب (۱۰ cc) جمع‌آوری شده از مناطق مختلف، یا عصاره ریشه و ساقه گیاهان تیره نخود (۱۰ cc)، یا پودر دارچین، حنا، قارچ خرد شده (۱۰ gr) و لیوان یک‌بار مصرف خرد شده (۱ gr) وزن شده را اضافه کردیم.

۱. پس از یک هفته نمونه‌های پلاستیک را خارج کردیم، شستیم، خشک کردیم و وزن کردیم.

۲. بعضی نمونه‌ها را در همان محیط کشت قبلی و بعضی نمونه‌ها را در محیط کشت جدید قرار دادیم.

۳. به مدت چند هفته این کار را تکرار و



نوع ۳) ۲۰ گرم عصاره مخمر، ۲۰ گرم گلوکز و ۲۰ گرم آگار را مخلوط کردیم و حجم مواد را به یک لیتر رساندیم.

نوع ۴) کلرید سدیم ۲ درصد، پتاسیم فسفات دی‌هیدروژن ۰/۰۵ درصد، سولفات منیزیم ۰/۰۱ درصد، سولفات آهن ۰/۰۱ درصد، گلیسرول ۰/۵ درصد، آگار ۱/۵ درصد را با یکدیگر مخلوط کردیم (۱). لازم به تذکر است که پلیت‌ها، شیشه‌های مربا و محیط‌های کشت درون اتوکلاو استریل شدند.

روش انجام آزمایش

کشت قارچ‌ها و باکتری‌های خاک و آب

چراغ گازی را روشن کردیم و ۱۵ سانتی‌متر اطراف آن در شیشه حاوی محیط کشت را باز کردیم و محیط کشت را درون پلیت یا شیشه‌های مربا ریختیم و به آن

وزن پلاستیک نمونه زیستی	وزن پلاستیک روز اول	وزن پلاستیک هفته اول	وزن پلاستیک هفته دوم	وزن پلاستیک هفته سوم	وزن پلاستیک هفته ششم
خاک استریل	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم
خاک میدان معلم	۱ گرم	۰/۹۶ گرم	۰/۹۲ گرم	۰/۷۱ گرم	۰/۶۳ گرم
خاک باغچه پژوهش‌سرا	۱ گرم	۰/۹۲ گرم	۰/۸۴ گرم	۰/۷۱ گرم	۰/۶۵ گرم
خاک قنات زمان‌آباد	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم

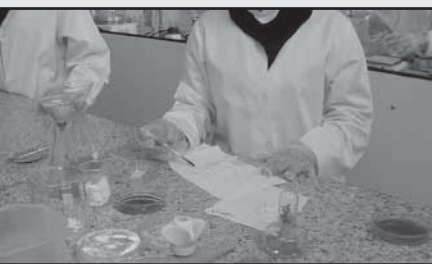
جدول ۱-۴ نتایج تیمار نایلون با خاک‌های مختلف را نشان می‌دهد.

در ابتدای آزمایش در این نمونه‌ها توزین شده بودند، بکاهند.

نمونه‌های جمع‌آوری شده از آب منطقه زمان‌آباد به خوبی توانسته‌اند از وزن پلاستیک‌هایی که در ابتدای آزمایش در این نمونه‌ها توزین شده بودند، بکاهند.

یکی از دانش‌آموزان اثر قارچ درختی را روی تجزیه پلاستیک بررسی کرد که نتایج آن در جدول ثبت شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر تجزیه قارچ درختی قابل توجه بود.

هر هفته پلاستیک‌ها را وزن می‌کردیم. ۴. پس از چند هفته نمونه‌ها را خارج نکردیم و پس از یک ماه آن‌ها را خارج و وزن کردیم.



بحث

فرآیند تجزیه زیستی یکی از مؤثرترین و ارزان ترین فرایندها برای تجزیه آلاینده های پایدار در محیط زیست است. مطالعات انجام شده در این زمینه و مزیت های استفاده از این روش گواه این مطلب اند (۴).

بعضی منابع آب و خاک تأثیر قابل توجهی بر تجزیه عوامل مورد بررسی داشتند و وزن پلاستیک ها تغییر کرده بود. همچنین منابع قارچی مثل قارچ درختی جمع آوری شده از محل فیروزآباد و خاک اطراف آن به خوبی عمل تجزیه را انجام داده و وزن پلاستیک ها به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت.

برای ما مسلم شد که در بعضی منابع طبیعی مثل آب های معدنی و خاک ها و گیاهان، میکروارگانیسم هایی وجود دارند که می توانند مواد پلاستیکی و نفتی را تجزیه کنند. هنگامی که باکتری ها و قارچ های حاصل از کشت آب و خاک در شرایط سخت و دشوار مثل کمبود غذا قرار می گرفتند (چنانچه محیط کشت آن ها را پس از یک هفته عوض نمی کردیم) سرعت تجزیه آن ها بیشتر می شود. میکروارگانیسم ها در شرایط

وزن پلاستیک / نمونه زیستی	روز اول	هفته اول	هفته دوم	هفته ششم
آب استریل	۱ gr	۱ gr	۱ gr	۱ gr
آب فردیس کرج	۱ gr	۱ gr	۰/۸ gr	۰/۴ gr
آب بیدگنه کرج	۱ gr	۱ gr	۱ gr	۰/۷ gr
آب مولوی	۱ gr	۰/۹ gr	۰/۸ gr	۰/۶ gr
آب زمان آباد	۱ gr	۰/۹ gr	۰/۴ gr	۰/۳ gr
آب موتور آب	۱ gr	۰/۶ gr	۰/۴ gr	۰/۴ gr

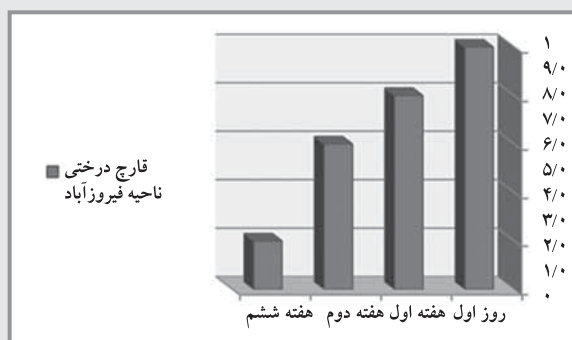
جدول ۲-۴ نتایج تیمار مواد پلاستیکی را با منابع مختلف آب نشان می دهد.

وزن پلاستیک / نمونه زیستی	روز اول	هفته اول	هفته دوم	هفته ششم
قارچ درختی ناحیه فیروزآباد	۱ gr	۰/۸ gr	۰/۶ gr	۰/۲ gr

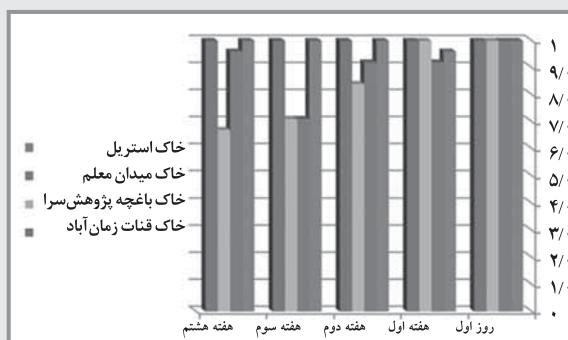
جدول ۳-۴ اثر قارچ و را بر تجزیه پلاستیک نشان می دهد.

وزن پلاستیک / نمونه زیستی	روز اول	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته پنجم	هفته هشتم	هفته یازدهم
عصاره ریشه عدس	۱ gr	۰/۹۷ gr	gr	gr	gr	۰/۶۹ gr	۰/۶۱ gr
عصاره ساقه عدس	۱ gr	gr	gr	gr	۰/۷۲ gr	۰/۶۸ gr	۰/۵۹ gr
عصاره ریشه عدس و حنا	۱ gr	gr	gr	gr	gr	۰/۶۹ gr	۰/۶۵ gr
عصاره ساقه عدس و حنا	۱ gr	gr	gr	gr	gr	۰/۷۳ gr	۰/۷۱ gr
عصاره ریشه عدس و دارچین	۱ gr	gr	gr	gr	gr	۰/۶۹ gr	۰/۶۴ gr
عصاره ساقه عدس و دارچین	۱ gr	gr	gr	gr	gr	۰/۷۳ gr	۰/۶۶ gr

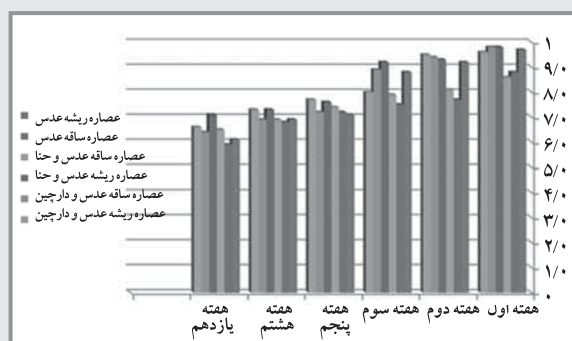
جدول ۲-۴ نتایج تیمار مواد پلاستیکی را با منابع مختلف آب نشان می دهد.



نمودار شماره ۴-۴ مربوط به تجزیه پلاستیک در قارچ درختی



نمودار شماره ۴-۱ مربوط به تجزیه پلاستیک در نمونه خاک



نمودار شماره ۴-۳ مربوط به تجزیه پلاستیک در عصاره های گیاهی



نمودار شماره ۴-۲ مربوط به تجزیه پلاستیک در نمونه آب

مترجم: سجاد شهیدی
کارشناس ارشد زیست شناسی گیاهی

تأثیر شوری بر رشد هالوفیت آتریپلکس هور تنسیس (کنو پود یاسه)

چکیده

تأثیر تنش نمک بر رشد آتریپلکس هور تنسیس با رشد دادن گیاهان در خاک هایی که هرچند وقت یکبار آبیاری می شوند و مواد غذایی محلول دارای مقادیر کم و متوسط و بالایی از NaCl هستند، تعیین شد. گیاهان آتریپلکس در محیط کشت ماسه ای تحت شرایط کنترل شده گلخانه ای رشد یافتند. در این آزمایش دو وارینه آتریپلکس هور تنسیس مورد مقایسه قرار گرفتند.

رشد محصول با افزایش غلظت نمک به طور تصاعدی کاهش یافت. آتریپلکس هور تنسیس هالوفیتی یک ساله است که ارتفاع و بیومس آن تحت شرایط تنش شوری به طور معنی داری کاهش می یابد.

هنگامی که گیاهان تحت شرایط شوری زیاد رشد می کنند، فعالیت فتوسنتزی آن ها کاهش می یابد و این به کاهش رشد و محصول منجر می شود. سطوح پایین شوری (NaCl 5/NaCl 1) مانع رشد نمی شوند، اما افزایش غلظت های نمک سبب کاهش تصاعدی طول و وزن گیاه می شود.

تنش نمک سبب کاهش عمده مساحت برگ می شود، ولی بر مقدار آب برگ تأثیر زیادی ندارد. نتایج مطالعه اخیر نشان می دهند که این دو گیاه آتریپلکس تفاوتی در بردباری به شوری ندارند. نتیجه دیگر که موجب بهبود بردباری به شوری شد، ممکن است باعث کاهش رشد و فعالیت های فتوسنتز شود. بر مبنای این یافته ها بردباری آتریپلکس می تواند در خاک های آلوده به نمک متوسط رشد کند.

کلیدواژه ها: آتریپلکس، تنش نمک، تولید بیومس، غلظت کلروفیل، حجم آب، هدایت روزانه ای.

- 14th of April in rainy conditions. At one point, 7. R.E. Hinchey, J. L. Means, D. R. Burris. ... (1995), San Diego, (CA), Volumen: 3(10), Battelle Press, Columbus, Ohio, pp. 125-131. Grabis C, Hall DO, Llama MJ, Serra JL (1994) Inorganic nitrogen and phosphate... 8. Sotsky and Atlas 1994; Whyte et al. 1997, 1999. So far, only alkB+psychro-... 9. T. Cairney. Contaminated Land, p. 4. Blakie, London (1993). 2. R. B. King, G. M. Long, J. K. Sheldon. Practical Environmental Bioremediation: The Field... 10. Tucker, B., C. Radtke, S. I. Kwon, and A. J. Andersson. 1995. Suppression of bioremediation by *Phanerochaete chrysosporium* by soil factors. J. Hazard. Mat. 41: 251-265. 11. U.S. EPA Seminars. Bioremediation of Hazardous Waste Sites: Practical Approach to Implementation. EPA/625/K-96/001 12. Vyas, B. R. M., S. Bakowsky, V. Šašek, and M. Matucha. 1994. Degradation of anthracene by selected white rot fungi. FEMS Microbiol. Ecol. 14: 65-70. 13. wangji, bioremediation process, swghwj 898. copedu.cn, 2007 14. Zak D., Holmes W., MacDonald N. and Pregitzer K (1999) Soil temperature, matri potential, and the kinetics of microbial respiration and nitrogen mineralization. Soil science Society of America Journal; 63: 575-584. 15. Zhou J., Xia B., Huang H., Palumbo A. and Tiedge J. (2004) Microbial diversity and heterogeneity in sandy subsurface soils. Applied and Environmental Microbiology; 70 (3); 1723-1734. 16. Zh. White, T. J., T. Bruns, S. Lee, and J. Talor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics, p. 315-322. In M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, and T. J. White (ed.), PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, San Diego, Calif. 17. ZI. Wunch, K. G., T. Feibelman, and J. W. Bennett. 1997. Screening for fungi capable of removing benzo [a] pyrene in culture. Apple. Microbiol. Biotechnol. 47: 620-624.

فقر غذایی به تغذیه از طریق مواد آلاینده می پردازند (۹).

پیشنهادهای

با انتخاب، تغلیظ و استفاده درست از میکروارگانیسم ها می توانند به روش های طبیعی حذف آلاینده ها سرعت ببخشیم. میکروارگانیسم ها مثل تمام شکارچی های زنده، به مواد غذایی مثل نیترون، فسفات، کربن، آب و محیط برای رشد و بقا نیاز دارند. وقتی این شرایط وجود دارد بعضی میکروارگانیسم ها ترکیبات آلی را می شکنند تا منبع کربن برای انرژی و رشد به دست آورند.

پی نوشت

۱. white-rot: قارچ های ریشه سفید قارچ هایی هستند که تجزیه کننده لیگنین و تولیدکننده آنزیم هایی مانند لاکاز هستند.
2. PAH5: Polycyclic aromatic hydrocarbon
3. Poly Chlorinated Biphenyls
۴. Xenobiotic: ماده ای شیمیایی که در موجود زنده یافت می شود، مانند آنتی بیوتیک ها.
۵. Periplasmic فضای بین سیتوپلاسمی غشای داخلی و خارجی باکتری های گرم منفی و یا فضای معادل در خارج از غشای درونی باکتری های گرم مثبت.

منابع

1. A. S. Allard and A. H. Neilson 1997. Int. Biodeterioration Biodegradation 39, 253-285
2. RAO M. A. 2004. Potential of extra cellular enzymes in remediation of polluted soils: a review. Enz. Microb. Technol., 35, 339-354.
3. Braddock, D. (1999). Aging and developmental disabilities: Demographic and policy issue affecting American families. Mental Retardation, 37(2), 155-161....
4. Hongguang; Hao, Jingcheng 2007 cationic surfactant aqueous solutions of ... Science and Engineering, S Gong, School of Dong-Hua; Yu,...
5. Norris and Johnson, (1998), though strains of both of these bacteria... linkinghub. elsevier. com/retrieve/pii/S0304386X01002249
6. The 1985 Paris-Roubaix was ridden on the

لیلا جمشیدپور،

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زیست‌شناسی علوم جانوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم

دکتر محسن فروزان‌فر،

استادیار گروه زیست‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

دکتر وحید حمایت‌خواه جهرمی،

استادیار گروه زیست‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم و نویسنده مسئول

حسین کارگر جهرمی،

کارشناس ارشد علوم جانوری و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم

بررسی اثرهای قرص‌های اکستازی (MDMA) بر محور هورمونی هیپوفیز-گناد در موش‌های صحرایی نر نابالغ

چکیده

دسته‌ای از عوامل دارویی و شیمیایی که از دیرباز مورد سوء مصرف قرار گرفته‌اند، عوامل محرک دستگاه عصبی مرکزی‌اند که از میان آن‌ها آمفتامین و مشتقات آن جایگاه و توانایی بالایی در ایجاد سوء مصرف دارند. در سالیان اخیر مصرف MDMA معروف به قرص «اکستازی» رواج یافته است که علاوه بر اثرهای مخربی که روی دستگاه عصبی مرکزی دارند، روی اکثر اندام‌ها و بافت‌های دیگر بدن نیز تأثیر می‌گذارند. در این مطالعه تجربی، اثرهای مصرف قرص اکستازی بر محور هورمونی هیپوفیز-گناد و تغییرات بافتی بیضه‌های موش‌های صحرایی نر نابالغ مورد بررسی قرار گرفته است.

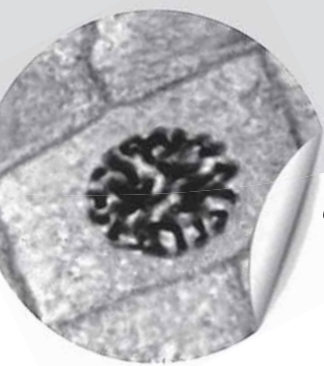
روش کار: ۳۵ رأس موش صحرایی نر نابالغ از نژاد ویستار با وزن تقریبی 10 ± 90 گرم و محدوده سنی ۴۵-۴۰ روزه به پنج گروه ۷ تایی شامل گروه‌های تجربی، کنترل و شاهد تقسیم شدند. گروه‌های تجربی مقادیر ۲، ۴ و ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم قرص اکستازی دریافت کردند و گروه شاهد نیز سرم فیزیولوژی دریافت کرد و گروه کنترل هیچ دارویی دریافت نکرد. چون ماده مؤثر MDMA قرص‌ها دقیقاً مشخص نبود، ابتدا آن‌ها وزن شدند و سپس توسط سرم فیزیولوژی غلظت‌های مورد نظر تهیه و توسط سرنگ انسولین تزریق درون صفاقی در مدت ۱۴ روز انجام شد. پس از اتمام تزریقات، نمونه‌های خونی جمع‌آوری شد و بافت بیضه از بدن خارج و توزین شد. غلظت‌های سرمی هورمون‌های LH، FSH و تستوسترون اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: در مقادیر غلظت سرمی هورمون تستوسترون در گروه‌های تجربی دریافت‌کننده دوز متوسط و حداکثر

نسبت به گروه‌های شاهد و کنترل، افزایش معنی‌داری در سطح $0.05 \leq P$ مشاهده شد. همچنین در مقادیر غلظت سرمی هورمون FSH گروه‌های تجربی دریافت‌کننده دوز حداقل و متوسط نسبت به گروه‌های کنترل و شاهد کاهش معنی‌داری در سطح $0.05 \leq P$ مشاهده شد. در مقادیر غلظت سرمی هورمون LH نیز در گروه‌های تجربی دریافت‌کننده دوز حداقل و متوسط نسبت به گروه‌های کنترل و شاهد کاهش معنی‌داری در سطح $0.05 \leq P$ مشاهده شد.

همچنین نتایج حاصل از توزین بیضه‌ها نشان‌دهنده آتروفیه شدن بیضه‌ها در گروه‌های تجربی دریافت‌کننده دوز متوسط و حداکثر نسبت به گروه‌های کنترل و شاهد است که این کاهش وزن بیضه‌ها در سطح $0.05 \leq P$ معنی‌دار است. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که مصرف این قرص‌ها اثرهای تخریبی بر محور هیپوفیز-گناد و روند رشد و نمو بیضه اعمال می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تستوسترون، اکستازی، FSH، LH، موش صحرایی نر.



مریم انصاری
کارشناس گروه زیست‌شناسی
دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی



طرح درس سلول

موضوع: ساختار و

عملکرد انواع سلول‌ها (کتاب

زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱

چاپ ۱۳۹۰ (صص ۳۷-۲۲)

زمان: ۳ جلسه در کلاس و یک

یا دو جلسه خارج از کلاس برای مطالعه و گزارش‌نویسی

راهنمای یاددهی - یادگیری: روش

همیاری و استفاده از ICT

مفاهیم اساسی: اندامک‌ها و ساختارهای

سلول‌ها، سلول‌های یوکاریوت و پروکاریوت،

سلول‌های جانوری، سلول‌های گیاهی

امکانات مورد نیاز

- کتاب‌های منبع
- میکروسکوپ و وسایل تهیه اسلاید
- برگ پیاز، تره یا کاهو
- پوستر انواع سلول جانوری، گیاهی و آغازیان
- نمونه جانداران تک‌سلولی به همراه آب برکه
- رایانه با امکان دسترسی به اینترنت و شبکه ارتباط داخلی و نرم‌افزار و واژه‌نامه
- تصاویر و انیمیشن‌های آماده

مهارت‌های پیش‌نیاز

۱. توانایی انجام کار گروهی
۲. توانایی گزارش‌نویسی
۳. توانایی کار با میکروسکوپ
۴. آشنایی به زبان انگلیسی
۵. توانایی کار با رایانه و جست‌وجوی اطلاعات در اینترنت

پیش‌دانسته‌ها

۱. آشنایی با سلول

۲. آشنایی با میکروسکوپ و طرز کار آن

هدف‌های درس

پس از یادگیری این درس دانش‌آموزان باید بتوانند:

۱. اطلاعات لازم درباره سلول را از منابع مختلف استخراج کنند.
۲. ساختار و عملکرد انواعی از سلول را معرفی کنند.
۳. ساختار سلول‌های یوکاریوت و پروکاریوت را مقایسه کنند.
۴. ساختار و عملکرد سلول‌های جانوری و گیاهی را مقایسه کنند.
۵. اندازه سلول‌های مشاهده شده را برآورد کنند.
۶. درباره تأثیر شناخت سلول در زندگی انسان گزارش تهیه کنند.

ارزش‌یابی

- گزارش در سه سطح خوب، قابل قبول (با امکان رفع نقص) و غیرقابل قبول (با تکرار فعالیت) درجه‌بندی می‌شود.
- مهارت‌ها براساس فهرست و آرسی معلم ساخته ارزشیابی می‌شود.
- به گروه نمره واحد تعلق می‌گیرد.
- به خلاقیت و ابتکار امتیاز ویژه داده می‌شود.
- درصدی از نمره دانش‌آموزان به آزمون مداد- کاغذی اختصاص دارد.

فعالیت‌های قبل از کلاس

۱. تصویرها و پویمایی‌ها را از اینترنت تهیه کنید و در پوشه‌های الکترونیک قرار دهید. اگر لازم می‌دانید، تصویرها نام‌گذاری نداشته باشند. نام‌ها را با استفاده از ابزارهای

نرم‌افزار پینت پاک کنید. (با از تصاویر چاپ شده، از تصاویر کتاب‌های منبع و یا پوستر استفاده کنید) تصویرها و پویمایی‌ها را به ترتیب زیر در پوشه‌ها قرار دهید:

- پوشه دسته ۱: انواع سلول‌های گیاهی
- پوشه دسته ۲: انواع سلول‌های جانوری
- پوشه دسته ۳: انواعی از آغازیان
- در هر پوشه تعدادی تصویر سلول باکتری نیز بگذارید.
- ۲. یک پوشه به نام پوشه معلم در رایانه خود با امکان دسترسی دانش‌آموزان سر گروه بسازید و جدولی مشابه جدول زیر تهیه و در آن قرار دهید.

۳. از هر یک گروه‌های دانش‌آموزان بخواهید یک پوشه برای خود بسازند و آن را به اشتراک بگذارند (یا هر گروه در رایانه معلم پوشه تشکیل دهد) تا اطلاعات در آن وارد کنند

۴. یک یا چند دسته آزمون مروری با پرسش‌های بسته پاسخ و کوتاه پاسخ تهیه و به تعداد دانش‌آموزان تکثیر کنید. در پرسش‌های بسته پاسخ علت درستی یا نادرستی هر گزینه را هم بپرسید.

۵. تهیه محیط کشت آغازیان (پارامسی) که پیش از جلسه سوم کلاس باید انجام شود: یک قطره آب برکه یا حوض را روی لام بچکانید. چند رشته پنبه هم روی لام قرار دهید تا جانداران بین آن‌ها محبوس شوند و تحرک کم‌تری داشته باشند. می‌توانید مقداری یونجه خشک را به مدت چند روز در آب خیس کنید و از آن برای تهیه لام استفاده کنید.

روش کار

دانش‌آموزان را به گروه‌های ۳ یا ۴ نفری

تقسیم کنید. هر گروه در محل خود مستقر و آماده کار شوند.

جلسه نخست

فعالیت ۱ (ارزشیابی آغازین):

گروه‌ها را به ۳ دسته و از هر دسته بخواهید یکی از ۳ پوشه زیست‌شناسی را انتخاب و تصاویر آن را مشاهده کنند. پس از آن هر یک از گروه‌ها به این پرسش‌ها پاسخ دهند:

● کدام بخش‌ها را در سلول‌هایی که دیده‌اید، می‌شناسید؟ این بخش‌ها چه عملکردی دارند؟

● چه اجزایی را نمی‌شناسید آن‌ها را تا حد ممکن توصیف کنید؟

هر گروه پاسخ را در پوشه خود قرار دهد.

فعالیت ۲

هر دسته از گروه‌ها پاسخ گروه خود را با سایر گروه‌های دسته خود که معلم در اختیارشان قرار می‌دهد، مقایسه کنند. دانش‌آموزان هر دسته فهرستی از بخش‌های سلول‌هایی را که دیده‌اند و نیز یک فهرست از پرسش‌هایی که پاسخ آن‌ها را نمی‌دانند تهیه کنند و در اختیار دسته‌های دیگر قرار دهند.

فعالیت ۳

هر دسته از گروه‌ها نتیجه کار خود و دو دسته دیگر و نیز پوشه تصاویر آن‌ها را بررسی و با یکدیگر درباره آن‌ها تبادل نظر می‌کنند. در ضمن معلم با سؤالاتی ذهن دانش‌آموزان را بیشتر درگیر می‌کند، از جمله:

● چه ساختارهای مشترکی در سلول‌ها مشاهده کردید؟ در این سلول‌ها چه عملکردهای مشترکی وجود دارد؟

● چه تفاوت‌های ساختاری‌ای در سلول‌های مختلف مشاهده کردید؟ آیا در عملکرد این سلول‌ها نیز تفاوتی وجود دارد؟

● چه سؤالاتی درباره انواع سلول‌های بررسی شده دارید؟

هر گروه پاسخ این پرسش‌ها را در پوشه خود قرار دهد.

فعالیت ۴

پس از تبادل نظر گروه‌ها کتاب درسی درباره ساختار سلول‌ها را به کمک دانش‌آموزان به سه بخش تقسیم کنید. هر دسته از دانش‌آموزان یک بخش را مطالعه کنند به این شکل که مطلب بین گروه‌ها و در هر گروه نیز بین افراد تقسیم شود و هر دانش‌آموز پس از مطالعه درس چکیده مطلب را برای دیگران ارائه کند.

فعالیت ۵

پس از آن که دانش‌آموزان هر گروه بر مطلب مربوط به خود مسلط شدند. از هر گروه مربوط به یک دسته، یک نفر با اعضای گروه‌های دیگر، گروه جدیدی تشکیل می‌دهند تا مطالب مربوط به دسته خود را با یکدیگر مبادله کنند.

فعالیت ۶ (تکلیف)

● هر گروه از مطلب آموخته شده یک نقشه مفهومی تهیه کند.
● مطالب درس را مرور کنند و به پرسش‌های کتاب مربوط به بخش خود پاسخ دهند.

جلسه دوم

فعالیت ۷

دانش‌آموزان نقشه‌های مفهومی گروه‌های یک دسته را با هم ترکیب کنند و یک نقشه مفهومی ارائه کنند و در ضمن با یکدیگر و معلم برای رفع اشکالات احتمالی گفت‌وگو کنند.

فعالیت ۸

پس از تسلط همه اعضای یک دسته بر مطلب خود، اعضای دسته‌های مختلف نیز مثل اعضای گروه‌ها جابه‌جا می‌شوند تا مطالب خود را مبادله کنند و همه دانش‌آموزان همه مطلب را فرا گیرند.

* معلم هنگام انجام فعالیت ۴، ۵ و ۸ در میان گروه‌ها گردش می‌کند و به پرسش‌ها پاسخ می‌دهد و نیز عناوین مطالبی را که باید برای همه کلاس توضیح دهد، مشخص می‌کند و روی تابلوی کلاس می‌نویسد.

فعالیت ۹

معلم توضیحی کوتاه درباره درس ارائه می‌کند. او ضمن توضیح خود از دانش‌آموزان سؤال و برخی از اشکالات احتمالی را برطرف می‌کند. همچنین پرسش‌های دانش‌آموزان و پرسش‌های خود را به عنوان موضوع پژوهش در پوشه خود وارد می‌کند. همچنین معلم برای توضیح از پویانمایی‌های مناسب موجود در پوشه خود استفاده می‌کند.

فعالیت ۱۰

هر دسته از دانش‌آموزان نقشه مفهومی‌های دسته‌های دیگر را بررسی و یک نقشه مفهومی از درس تهیه کنند.

فعالیت ۱۱

آزمون پرسش‌های مروری را در اختیار دانش‌آموزان قرار دهید تا به آن پاسخ دهند و بعد با مبادله پاسخنامه‌ها آن‌ها را تصحیح کنند و به معلم ارائه کنند تا نتیجه کار دانش‌آموز پاسخ‌دهنده و تصحیح‌کننده را بررسی کنند.

فعالیت ۱۲ (تکلیف)

● نقشه‌های مفهومی‌ای را که دانش‌آموزان هر یک از سه دسته تهیه کرده‌اند در اختیار همه دانش‌آموزان قرار دهید تا یک نقشه مفهومی واحد از درس به‌دست آورند.

● هر گروه با مراجعه به واژه‌نامه‌های کاغذی یا اینترنتی ریشه و معنای اصطلاحات مربوط به سلول را جست‌وجو و در جلسه بعد ارائه کند.

● افراد هر گروه با یکدیگر درس را مرور کنند.

جلسه سوم

نتایج تکلیف هر گروه در کلاس بررسی و معلم به کمک دانش‌آموزان به آن‌ها امتیاز می‌دهند.

فعالیت ۱۳: مشاهده سلول

هر گروه (و یا هر دسته گروه‌ها) با راهنمایی معلم از سلول انتخابی لازم تهیه، و زیر میکروسکوپ مشاهده کنند.

دسته ۱: سلول اپیدرم برگ تره (یا پیاز یا کاهو)

دسته ۲: سلول پوششی دهان

دسته ۳: سلول پارامسی

دانش آموزان باید:

● از مشاهده‌های خود تصویر رسم کنند و بخش‌هایی را که مشاهده کرده‌اند، نام‌گذاری کنند

● اندازه سلول مشاهده شده را برآورد کنند: برای این کار دانش آموزان باید در یک بزرگ‌نمایی مشخص قطر میدان دید را با استفاده از یک خط کش مدرج و شفاف اندازه بگیرند و با شمارش تعداد سلول‌ها در آن و با استفاده از تناسب، اندازه تقریبی یک سلول را برآورد کنند.

● مشخص کنند کدام ساختارهای سلولی را در نمونه خود مشاهده نکرده‌اند؟ حدس بزنند چرا این ساختارها را مشاهده نکرده‌اند؟ هر گروه باید پاسخ خود را در اختیار معلم قرار دهد.

● در مرحله بعد دانش آموزان هر دسته لام آماده دسته‌های دیگر را نیز مشاهده می‌کنند.

فعالیت ۱۴:

● هر یک از گروه‌ها پاسخ‌های خود و سایر گروه‌ها که معلم در اختیار آن‌ها قرار داده است را بررسی می‌کنند. آن‌ها ضمن تبادل نظر درباره پاسخ پرسش‌های طرح شده، بهترین پاسخ‌ها را مشخص می‌کنند.

● دانش آموزان از بهترین تصاویر در خارج از کلاس پوستر تهیه و در کلاس و یا آزمایشگاه نصب کنند.

● علاوه بر آن دانش آموزان با بررسی سلول‌ها درباره تفاوت شکل آن‌ها و رابطه آن با عملکرد این سلول‌ها بحث می‌کنند و در صورت امکان مثال‌های دیگری از تنوع شکل و عملکرد سلول‌ها را ارائه می‌کنند.

● همچنین دانش آموزان درباره حرکت سلول‌های مشاهده شده (حرکت داشتن و یا نداشتن و نوع وسیله حرکتی آن‌ها) تبادل نظر کنند

فعالیت ۱۵

اکنون هر یک از گروه‌ها به پوشه خود

مراجعه و با بررسی کارها و پاسخ‌های خود مشخص می‌کند در طی درس چه چیزهای تازه‌ای آموخته است.

فعالیت ۱۶ (تکلیف)

● معلم از دانش آموزان می‌خواهد جدول موجود در پوشه معلم را با استفاده از منابع تکمیل و پس از ارسال برای معلم، در اختیار سایر گروه‌ها قرار دهند و پس از دریافت نظرات سایرین و درج آن در فایل مورد نظر و اصلاح آن، فایل را به دوباره برای معلم ارسال کنند

● دانش آموزان باید سلول‌های جدول را ابتدا به دو دسته پروکاریوت و یوکاریوت تقسیم کنند و سپس آن‌ها را در سه گروه سلول‌های جانوری، گیاهی و آغازیان طبقه‌بندی کنند و در هر مورد درباره طبقه‌بندی خود توضیح دهند.

فعالیت‌های خارج از کلاس

فعالیت ۱۷

دانش آموزان باید کلیدواژه «ساختار سلول» را در اینترنت جست‌وجو کنند و حداکثر ۵ نشانی (که می‌تواند شامل پایگاه‌های انگلیسی و فارسی باشد) را شناسایی و با نوشتن محتوای هر نشانی آن‌ها را به شکل جدول در پوشه خود ذخیره کنند تا پس از تأیید معلم در فهرست منابع قرار گیرد. دانش آموزان می‌توانند در صورت نیاز از واژه‌نامه موجود در رایانه استفاده کنند.

فعالیت ۱۸

هر یک از گروه‌ها باید استفاده از یک نرم‌افزار ارائه مطلب، یکی از عنوان‌های زیر را انتخاب و درباره آن گزارش تهیه کنند:

● گزارشی درباره یکی از انواع سلول‌های جدول پوشه معلم ارائه دهند. گزارش باید شامل اندامک‌ها، ساختارها و عملکردهای سلول انتخابی به همراه تصاویر میکروسکوپی مناسب باشد.

● گزارشی از جست‌وجو برای پاسخ به

این پرسش که شناسایی ساختار سلول چه فایده‌هایی برای زندگی انسان دارد را همراه تصاویر مناسب ارائه دهند.

● علاوه بر آن هر گروه می‌تواند یکی از پرسش‌های موجود در پوشه معلم را انتخاب و درباره آن پژوهش و گزارش آن را در اختیار معلم و دیگر گروه‌ها قرار دهند.

هر یک از گروه‌ها باید گزارش خود را در اختیار گروه‌های دیگر هم قرار دهند.

● بهترین گزارش‌ها در یکی از جلسات کلاس برای دانش آموزان ارائه شود.

ارتباط با درس بعد

دانش آموزان باید درباره این پرسش‌ها فکر کنند و در ابتدای جلسه بعد نظر خود را بیان کنند:

● چه موادی ممکن است از یک سلول خارج و یا به آن وارد شوند؟

● چه بخش‌هایی از غشای سلول در ورود و خروج مواد نقش دارند؟

منابع

۱. کتاب‌ها برای معلم و دانش آموزان
۲. زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱
۳. زیست‌شناسی پیش‌دانشگاهی (فصل‌های آغازین و باکتری‌ها)
۴. جانورشناسی بی‌مهرگان، ترجمه دانشفر حسین؛ علمی غروی حمیده، انتشارات مدرسه، ۱۳۷۹
۵. مباحثی از بیولوژی سلولی مولکولی، رسول صالحی، نشر مانی، ۱۳۸۴
- نشانی‌های اینترنتی
۶. صفحه سلول سایت رشد: <http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page>
۷. پویانمایی‌های مربوط به سلول: <http://www.cellsalive.com/cells>
<http://www.johnkyrk.com/index.html>
<http://highered.mcgraw-hill.com>
۸. واژه‌نامه به همراه ریشه اصطلاحات زیست‌شناسی: biologyonline.org/dictionary

کودکی می‌رفت در ره می‌گریست

درنگی در روش‌های آموزش زیست‌شناسی

کلیدواژه‌ها: آموزش زیست‌شناسی، مدل‌های آموزش علوم، هربارت، جان دیویی، مدل ۵ت.

اشاره

در روز پنجشنبه، بیست و چهارم آذرماه ۱۳۹۰ به دعوت دبیران زیست‌شناسی آذربایجان غربی به ارومیه سفر کردم تا درباره روش‌های آموزش زیست‌شناسی سخنرانی کنم. این نوشته بخشی از این سخنرانی است که تقدیم علاقه‌مندان آموزش علوم می‌شود.

گفته شد در فرهنگ ما صفتی ستوده و نیک به‌شمار می‌رفته است، اما نوشته‌های پیشینیان که انعکاس افکار عمومی زمان خودند، سرشارند از مذمت عالمان بی‌عمل. مثلاً سعدی عالم بی‌عمل را زنبور بی‌عسل نامیده است (سعدی، گلستان):

تلمیذ بی‌ارادت عاشق بی‌زرت و رونده
بی‌معرفت مرغ بی‌پر و عالم بی‌عمل درخت
بی‌پر و زاهد بی‌علم خانه بی‌در... یکی را گفتند
عالم بی‌عمل به چه ماند؟ گفت به زنبور
بی‌عسل.

زنبور درشت بی‌مروت را گوی
باری چو عسل نمی‌دهی نیش مزین
سعدی هم چنین عالم بی‌عمل را این
چنین نیز می‌دید:

نه محقق بود نه دانشمند
چارپایی بر او کتابی چند
آن تهی مغز را چه علم و خبر
که بر او هیزم است یا دفتر

ابوحفص عمر سه‌روردی به نقل اقوال مشایخ بزرگ درباره ویژگی‌ها و انواع علم‌آموزی نتیجه گرفته است که علم‌آموزی فی نفسه وقتی مفید است که منجر به عمل شود و علم بدون عمل تلقین شیطان است (سه‌روردی ۱۳۶۴).

هجویری در «کشف المحجوب» بابتی تحت عنوان «باب اثبات العلم» درباره انواع علم و ویژگی‌های هر یک، همراه با آیات قرآنی و احادیث آورده است. او علم‌آموزی را فریضه می‌دانسته و علمی را مفید به‌شمار می‌آورده که آدمی را از نادانی به در آورد، او را به معرفت

اگر دانش اندر ثریا بود
بدان دست یابند ایرانیان^{۴،۵}
شاعران و نویسندگان ما نیز در ستایش علم‌ورزی به فراوانی نوشته‌اند. مثلاً ناصر خسرو (۳۹۴-۴۸۱ ه.ق) چنین سروده است:

درخت تو گر بار دانش بگیرد
به زیر آوری چرخ نیلوفری را
و رودکی (وفات ۳۲۹ ه.ق) در ستایش علم و دانش ابیاتی نغز دارد:

تا جهان بود از سر عالم فراز
کس نبود از راز دانش بی‌نیاز
مردمان بخرد اندر هر زمان
راز دانش را به صد گونه زبان
گرد کردند و گرامی داشتند
تا به سنگ اندر همی بنگاشتند
دانش اندر دل چراغ روشن است
وز همه بد بر تن تو جوشن است

علم‌آموزی در ایران قدیم

به علت جایگاه والای علم‌آموزی در فرهنگ خودی، پیشینیان ما تا آن‌جا که در توان داشتند کودکان خود را به قصد علم‌آموزی راهی مدارس می‌کردند. البته، علم‌آموزان ایران قدیم معمولاً نخست تحصیلات مقدماتی را در خانه، مسجد، یا مکتب می‌گذرانند، سپس وارد مدارس دینی می‌شدند و در آن‌جا فرصت شرکت در مباحث مختلف، مانند مباحث علمی را پیدا می‌کردند.

زنبوران بی‌عسل

از سوی دیگر، اگرچه علم‌ورزی چنان‌که

کودکی می‌رفت و در ره می‌گریست
کاملی گفتش که این گریه ز چیست
گفت بر استاد باید خواند درس
چون ندارم یاد، می‌گیرم ز ترس
شیخ عطار
به نام خداوند جان و خرد. همکاران گرامی
خواسته‌اند به تناسب فرصت کوتاهی که در اختیار داریم، باب آموزش زیست‌شناسی^۱ را بگشاییم و نگاهی گذرا به درون این حیطه از معرفت و فعالیت آدمی بیندازیم.

بخش نخست: علم‌آموزی در ایران

باری، شاید سخن گفتن درباره اهمیت علم‌آموزی در فرهنگ و جامعه ایران نزد شما که خود زاده این آب و خاک‌اید و از سرچشمه جاری فرهنگ غنی این سرزمین نوشیده و بالیده‌اید، توضیح واضح‌ات باشد؛ اما به‌نظم چندان بی‌جا نخواهد بود اگر محض یادآوری، نخست به چند مورد بپردازم.

تصور می‌کنم در ذکر اهمیت علم‌آموزی در آموزه‌های دینی‌مان یادآوری دو سخن از پیامبر اکرم (ص) کافی باشد: یکی یادگیری مادام‌العمر:

چنین گفت پیغمبر راست گوی
ز گهواره تا گور دانش بجوی (فردوسی)
و دیگری حدود دستیابی ایرانیان به علم و دانش:

تو ای پور بیدار ایران زمین
تو ای شعله دودمان کیان
سزد گر سپاری بدین نکته هوش
که فرموده پیغمبر آن را بیان

حق تعالی نزدیک کند و در نهایت به سود او باشد (هجوی ۱۳۵۸).

شیخ عطار نیشابوری نیز در «تذکره الاولیاء» نتیجه گرفته است که علم باید انسان را در عمل آرد تا به خدای رسد (عطار- ۱۳۶۰).

امام محمد غزالی در کتاب «ایها الولد» کسب علم را به تنهایی کارساز نمی‌داند، بلکه توصیه می‌کند که علم مفید علمی است که همراه با عمل باشد. غزالی کتاب «ایها الولد» را در پاسخ به پرسش‌های یکی از شاگردانش، که او را در این رساله «فرزند» خطاب می‌کند، نگاشته است. غزالی در این کتاب نوشته است: «ای فرزند! علم بی‌عمل، دیوانگی است و عمل بی‌علم، شدنی نیست... پس اگر صد سال درس بخوانی و هزار کتاب جمع‌آوری کنی، سزاوار رحمت خداوند نمی‌گردد، مگر با عمل به آموخته‌هایت (غزالی ۱۳۶۴).

شاید به سبب رویارویی با عالمان بی‌عمل باشد که برخی از عارفان ما، از جمله مولانا بی‌رحمانه بر علم‌آموزان بی‌عمل تاخته‌اند. مولانا فراگیران علم ریاضی، نجوم، طب و فلسفه را یکسره با یک چوب می‌راند، علم را علف آخور دانشمندان می‌داند و عالمان و علم‌ورزان را افرادی گیج و منگ می‌خواند:

خرده‌کاری‌های علم هندسه
یا نجوم و علم طب و فلسفه
که تعلق با همین دنیاستش
ره به هفتم آسمان بر نیستش
این همه علم بنای آخور است
که عماد بود گاو و آشتر است
بهر استبقای حیوان چند روز
نام آن کردند این گیجان، رموز
علم راه حق و علم منزلش
صاحب دل داند آن را با دلش
(مثنوی معنوی، دفتر چهارم، از بیت ۱۵۱۶)

البته، از نظر این عارفان، آن‌چه ناپسند و نامعقول به‌شمار می‌رفته، خود علم‌آموزی نبوده است، بلکه صفاتی ناپسند، مانند غرور و حسد ناشی از عدم کاربست علم آموخته شده در رفتار بوده است که بر اثر روش‌های نادرست عمل‌آموزی در برخی از آدمیان پدیدار می‌شوند.

دشواری‌های علم‌آموزی

به دلایلی که پرداختن بدان‌ها در این جا میسر نیست، پیشینیان ما که از ستایشگران و پیشگامان علم‌آموزی بوده‌اند، در برهه‌هایی از زمان راه علم‌آموزی را گم کرده و خواسته‌اند فرزندان خود را از کورراهی دشوار به سر منزل مقصود برسانند و لذا گاه به جای کعبه، سر از ترکستان درآورده‌اند. شوربختانه، ما نیز امروزه وارث همین روش‌ها و عادت‌های نادرست علم‌آموزی هستیم و متأسفانه برخی معلمان ما هنوز تحت تأثیر این دیدگاه‌های نادرست، با باورهای معلم‌محوری پای به کلاس درس می‌گذارند.

مثلاً مؤلف قابوس‌نامه^۵ روش علم‌آموزی را چنین پیشنهاد کرده است: «کودک، علم به چوب آموزد نه به شفت». و شیخ مصلح‌الدین سعدی شیرازی نیز از جور استاد به نیکی یاد کرده و حتی آن را از مهر پدري بهتر دانسته است (سعدی، گلستان):

پادشاهی پسر به مکتب داد
لوح سیمینش بر کنار نهاد
بر سر لوح او نبشته به زر
جور استاد به ز مهر پدر

روش‌های نادرست، علم‌آموزی را به یکی از دشوارترین و ناخوشایندترین فعالیت‌های آدمی‌زادگان تبدیل کرده‌اند. پیشینیان ما از این ناخوشایندی‌ها و ناخشنودی‌ها سخن بسیار گفته‌اند. مثلاً شیخ عطار نیشابوری روش‌های نادرست علم‌آموزی و ترس و غصه علم‌آموزان جوان سرزمین‌مان را با زبانی شیرین که سرلوحه سخن امروز ما قرار گرفته، معرفی و توصیف کرده است (عطار، مصیبت‌نامه):

کودکی می‌رفت و در ره می‌گریست
کاملی گفتش که این گریه ز چیست
گفت بر استاد باید خواند درس
چون ندارم یاد، می‌گیرم ز ترس

اندیشمندان به کمک می‌آیند

از دیدگاه مولانا علم‌آموزی بر سه نوع است: آموزش علوم تجربی، آموزش علوم حرفه‌ای و سرانجام آموزش علوم فقر یا صوفیانه. مولانا برای آموزش علم روش سخنرانی را پیشنهاد کرده است:

علم‌آموزی طریقیست قولی است
حرفت‌آموزی طریقیست فعلی است
فقر خواهی آن به صحبت قائم است
نی زبانت کار می‌آید نه دست
(مثنوی معنوی، دفتر ۵، از بیت ۱۰۶۲)

یکی از نخستین کسانی که روش‌هایی نو برای علم‌آموزی پیشنهاد کرده است، خواجه نصیرالدین طوسی (۶۷۲-۵۹۸ ه.ق) است. او در آغاز کتاب «آداب المتعلمین» تصریح کرده است که تحصیل علم برای علم‌آموزان دشوار است و کسانی هم که در این کار مجاهدت می‌کنند، ممکن است در بسیاری موارد بهره چندانی از علم‌آموزی نبرند. او در این کتاب تلاش کرده است که راه و روش علم‌آموزی را، آن‌چنانکه از استادان خویش آموخته یا در کتاب‌ها خوانده بود، به اختصار بیان کند.

خواجه طوس کتاب «آداب المتعلمین» را به دوازده فصل تقسیم کرده است. فصل نخست را به بحث در ماهیت علم و برتری آن نسبت به دیگر زمینه‌ها اختصاص داده و با استناد به احادیث و بدهایت عقل، علم‌آموزی را وسیله نیل به سعادت ابدی و به منزله غذای روح دانسته است. او در فصل سوم این کتاب به بحث درباره چگونگی انتخاب رشته علمی و استاد و هم‌درس پرداخته و متذکر شده است که لازم است آموزنده علم بهترین رشته‌های علمی را که به کار دین و آینده‌اش بیایند، برگزیند؛ از استادان، پرهیزکارترین، دانشمندترین و کهنسال‌ترین را انتخاب کند و چون به طلب علم وارد شهری شود، دو ماه درنگ کند تا بهترین استادان را بشناسد و آنگاه به گزینش دست زند و چون استادی برگزید، او را ترک نکوید و پایدار بماند تا کار را به انجام رساند. آموزنده علم، به‌ویژه در انتخاب درس، باید از راهنمایی و تجارب استاد بهره‌مند شود. او در انتخاب هم‌درس نیز باید سخت‌هشیار باشد تا کسی را بیابد که دارای طبعی مستقیم و از تنبلی‌گریزان باشد؛ سخن دراز نکوید و فتنه‌گر و فسادگر نباشد (طوسی، خواجه نصیرالدین، ۱۳۸۸).

بخش دوم: ره گم‌کردگی جهانی

به‌نظر می‌رسد گم‌کردگی راه علم‌آموزی و روی آوردن به شیوه‌های نادرست، خسته‌کننده

و بیزار کننده که یکی از بزرگ ترین موانع رشد علمی جوامع بوده است، موضوع و مسئله‌ای خاص جامعه ما نبوده، بلکه موضوعی دیرینه و جهانی باشد. چنان که مثلاً ارسطو فرایند علم آموزی را تلخ، اما میوه آن را شیرین می دانست است.

خواجه نصیرالدین طوسی یکی از نخستین اندیشمندانی بود که در جست و جوی روش های بهتر علم آموزی، به خلاف نویسندۀ قابوس نامه نامهربانی های معلم را محکوم کرد و از آن شکوه و شکایت سر داد. او فصل هشتم کتاب «آداب المتعلمین» خود را به ذکر فواید مهربانی معلم نسبت به دانش آموز اختصاص داده و اهل علم را به مهربانی، پندآموزی و دوری از حسادت سفارش کرده است تا دیگر آن کودک علم آموز در راه مدرسه گریه سر ندهد. او به معلمان توصیه کرده است که بکوشند تا شاگردانی ممتاز تربیت کنند. شاگردان نیز باید از هرگونه نزاع و دشمنی پرهیز کنند و به قهر با مخالفان در نیاویزند.

در جهان غرب، ژاک ژان روسو از نخستین اندیشمندانی بود که در کتاب معروف خود «امیل» علم آموزی همراه با رنج و زجر را محکوم و روش های نادرست آموزش را نکوهش کرده است.

هاینریش پستالوزی^۶ آموزشگر سوئیسی سده هجدهم نیز ضمن محکوم کردن خشونت در آموزش بر این باور بود که آموزش را باید با مهربانی همراه کرد.

پیدایش مدل های آموزشی

جان فریدریش هربارت^۷ اندیشمند آلمانی نیز در قرون هجدهم و نوزدهم همسویی آموزش را با علاقه دانش آموزان توصیه می کرد. به علاوه، هربارت نخستین کسی بود که به منظور اصلاح روش های علم آموزی، مدل آموزشی طراحی کرد. طراحی مدل های آموزشی که امروزه رواج فراوان یافته است، مدیون اندیشه و کار هربارت است و از او آغاز شد.

الف. مدل هربارت

هربارت نیز مانند خواجه نصیرالدین طوسی و ژان ژاک روسو عقیده داشت که

آموزش باید با علاقه دانش آموز همراه باشد. به نظر او علاقه و توجه ارتباط نزدیک با یکدیگر دارند.

هربارت علاقه را نخستین اصل آموزش می دانست. او اعتقاد داشت که دو نوع علاقه در دانش آموزان پدید می آیند: یکی علاقه درونی دانش آموز که براساس تجربه های مستقیم خود او در طبیعت شکل گرفته است و دیگر علاقه ای که بر پایه ارتباط های اجتماعی در او به وجود می آید. معلم می تواند در تشکیل و توسعه علاقه های نوع دوم به دانش آموز کمک و علم آموزی را در او تقویت کند. معلم می تواند به آسانی کنجکاوی دانش آموزان را نسبت به طبیعت برانگیزد و اشیای طبیعی را به دانش آموز بشناساند. به عقیده هربارت یکی از مواردی که می تواند در این راه به معلم و دانش آموز یاری رسانند، مشاهده و جمع آوری موجودات زنده است (Herbart, J., ۱۹۰۱).

مدل هربارت برای آموزش علوم علائق اجتماعی دانش آموزان و تعامل آنان با افراد دیگر را نیز در آموزش مشارکت می دهد. به اعتقاد او مدل آموزشی باید موقعیت هایی برای ارتباط های اجتماعی بین دانش آموزان با یکدیگر و نیز بین دانش آموزان و معلم را دربر گیرد.

یکی از مهم ترین موضوع های مدل هربارت پیوستگی اندیشه هاست. او معتقد بود که هنگام یادگیری اندیشه جدید باید با اندیشه های قبلی ارتباط برقرار کند. به زبان امروزی، پیش دانسته ها نقاط آغازین آموزش اند؛ یعنی معلم باید هنگام آموزش دانسته های قبلی دانش آموزان را نیز در نظر بگیرد و مفاهیم جدید را بر آن ها سوار کند. بدون در نظر گرفتن دانسته های قبلی دانش آموزان، نمی توان مفاهیم جدید را به نحو مناسب آموزش داد. بدین منظور، معلم باید در نخستین گام آموزش از دانش آموز سؤال کند. گام دوم مدل هربارت آموزش مستقیم است. معلم در این گام، به روشی سیستمی اندیشه هایی را که انتظار نمی رود دانش آموز خود به طور مستقل کشف کند، شرح می دهد.

در گام آخر معلم از دانش آموزان می خواهد تا مفاهیمی را که آموخته اند، در

موقعیت های جدید به کار ببرند و بدین وسیله میزان درک خود را از آن مفاهیم نشان دهند. مدل هربارت یکی از نخستین مدل های رویکردهای سیستمی به آموزش است که معلمان علوم بیش از یکصد سال آن را در کلاس های درس به کار گرفتند. هربارت مدل خود را در اصل در ۴ مرحله پیشنهاد کرد^۸:

۱. آمادگی^۹

معلم در این مرحله علاقه دانش آموزان به موضوع جلب، تجربه ها و دانسته های قبلی دانش آموز را کشف و آن ها را به او یادآوری می کند.

۲. ارائه مطالب^{۱۰}

معلم در این مرحله مفاهیم جدیدی به دانش آموزان معرفی و آن ها را با تجربه های قبلی او مربوط می کند.

۳. تعمیم^{۱۱}

معلم در این مرحله مفاهیم را توضیح می دهد و به گسترش مفاهیم می پردازد.

۴. کاربرد^{۱۲}

معلم در این مرحله با فراهم کردن موقعیت هایی دانش آموز را وادار به نشان دادن درک خود در موقعیت های جدید می کند.

ب. مدل جان دیویی

جان دیویی^{۱۳} که در اینجا بی نیاز از معرفی است، کار سترگ خود را در کسوت معلمی علوم آغاز کرد. بی گمان تأثیرهایی که تدریس علوم بر دیویی داشت، بر نگرش او درباره چگونگی تفکر و نیز اندیشه کاوشگری علمی او اثر داشته است. او در کتاب «چگونه فکر می کنیم» (۱۹۳۳-۱۹۱۰) مراحل تفکر را چنین معرفی کرده است (Dewey, J., ۱۹۷۱).

۱. تعریف مسئله،
۲. بررسی موقعیت مسئله،
۳. فرضیه سازی برای حل مسئله،
۴. بررسی جزئیات راه حل های مختلف،
۵. آزمون اندیشه ها برای پیدا کردن بهترین راه حل ها.

جان دیوئی اعتقاد داشت که نخستین مرحله آموزش احساس وجود مسئله‌ای است که شخص نمی‌تواند آن را حل کند. بدون این احساس آموزش روی نمی‌دهد. او اعتقاد داشت که باید میان دانش ارائه شده، علاقه و تجربه‌های دانش‌آموز تعادل وجود داشته باشد.

به عقیده دیوئی معلم نباید در کلاس رویه‌روی دانش‌آموزان بایستد و بین آنان اطلاعات توزیع کند، بلکه معلم باید نقش راهنما و پیش‌برنده آموزش را داشته باشد. به اعتقاد دیوئی معلم باید به تجربه و تفکر در برنامه‌های آموزشی اهمیت بدهد و انباشتن اطلاعات بی‌روح و بی‌معنی در ذهن دانش‌آموز، یادگیری واقعی نیست. دیوئی با روش‌های سنتی آموزش مانند سخنرانی و حفظ کردن مطالب درسی مخالف بود. او به کارگروهی، همکاری معلم و دانش‌آموز و دانش‌آموزان با یکدیگر اهمیت می‌داد.

از نظر دیوئی معلم راهنما و همکار دانش‌آموزان است. لذا، دیوئی بر تربیت معلمان تأکید فراوان داشت و معتقد بود که برای تغییر و اصلاح جامعه باید آموزش و پرورش را متحول کرد و معلم را آماده نگه داشت و دائماً آموزش داد و معلم را به عنوان یکی از ارکان مهم در تربیت مؤثر و مفید به رسمیت شناخت.

رویکردی آموزشی که جان دیوئی در پیش می‌گیرد، براساس تجربه است و به تفکر نیاز دارد. به زبان امروزی، انجام فعالیت‌های دستی آموزشی در آموزش علوم کافی نیست، بلکه این تجربه‌ها باید با فعالیت ذهنی نیز همراه باشند. در سال ۱۹۳۸ گزارش علوم در آموزش عمومی (کمیسسیون آموزش متوسطه)^{۱۴} مدل تفکر منطقی دیوئی را به رسمیت شناخت. در بخشی از این گزارش تحت عنوان «چگونه معلم علوم می‌تواند تفکر منطقی را برانگیزد» عناصر مدل آموزشی دیوئی چنین توصیف شده‌اند. مدل آموزشی پیشنهادی دیوئی برای آموزش علوم شش مرحله دارد:

۱. احساس مشکل

معلم با ایجاد موقعیتی احساس قرار گرفتن در برابر مسئله را در دانش‌آموزان القا

می‌کند.

۲. توضیح مسئله

معلم به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مسئله را مشخص و تعریف کنند.

۳. ساختن فرضیه‌های موقتی

معلم به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا بتوانند (راه‌حل) بسازند و سعی می‌کند رابطه‌ای بین موقعیت مسئله و تجربه‌های قبلی آنان برقرار کند.

۴. آزمون فرضیه‌ها

معلم به دانش‌آموزان فرصت می‌دهد انواع آزمایش‌های ذهنی، کاغذ قلمی و آزمایش‌های واقعی را برای آزمودن فرضیه‌های خود انجام دهند.

۵. بازبینی آزمون‌های دشوار

معلم آزمون‌هایی پیشنهاد می‌کند که نتیجه آن‌ها پذیرش یا رد فرضیه‌هاست.

۶. گزارش کار حل مسئله

معلم از دانش‌آموزان می‌خواهد تا با جمله‌ای نتایج کار و فعالیت‌های ممکن را بیان کنند.

ج. چرخه یادگیری اوبورن و هوفمان^{۱۵}

مدل آموزشی جان دیوئی تا سال ۱۹۵۰ در کتاب‌های درسی روش‌های آموزش علوم وجود داشت. در آن زمان مؤلفان کتاب‌های درسی چرخه‌های یادگیری خود را براساس مدل تفکر دیوئی تکمیل می‌کردند. چرخه یادگیری اوبورن و هوفمان یکی از آن‌هاست (Heiss, Obour, & Hoffman, ۱۹۵۰).

۱. بررسی واحد درسی

معلم در ذهن دانش‌آموزان سؤال‌هایی ایجاد می‌کند. دانش‌آموزان پاسخ‌هایی برای آن سؤال‌ها پیشنهاد می‌کنند و طرح‌هایی برای آزمون درستی پاسخ‌ها ارائه می‌دهند.

۲. کسب تجربه

دانش‌آموزان پاسخ‌های خود را آزمون می‌کنند، داده‌ها را جمع‌آوری و تفسیر می‌کنند و نتیجه می‌گیرند.

۳. سازماندهی یادگیری

دانش‌آموزان درباره سخرخطها، نتایج و خلاصه‌های مفاهیم آزمون می‌شوند.

۴. کاربرد یافته‌های آموزش

دانش‌آموزان اطلاعات، مفاهیم و مهارت‌ها را در موقعیت‌های جدید به کار می‌گیرند.

د. مدل هاوکینز

در اواخر سال‌های دهه ۱۹۵۰ و سال‌های آغازین دهه ۱۹۶۰ که دوره اصلاحات در برنامه‌های درسی علوم بود، مدل‌های آموزشی مختلفی ابداع شد. مثلاً، دیوید هاوکینز^{۱۶} (۱۹۶۵) روشی برای ایجاد مدلی آموزشی توصیف کرد که در آن برای نشان دادن مراحل آموزش از نشانه‌های مثلث و مربع استفاده کرد.

اگرچه مدل هاوکینز راهبردهای اساسی لازم را برای واحدهایی درسی فراهم می‌کرد. با این حال رویکرد سیستمی او به آموزش نتوانست پذیرش گسترده دیگر برنامه‌ریزان درسی، به‌ویژه برنامه‌ریزان «مطالعات بهبود برنامه درسی علوم» (SCIS)^{۱۷} را جلب کند.

ه. چرخه یادگیری اتکین-کارپلوس^{۱۸}

رابرت کارپلوس^{۱۹} که پزشک بود، در سال‌های دهه ۱۹۵۰ به آموزش علوم علاقه‌مند شد. در سال ۱۹۶۱ جی‌میرون اتکین^{۲۰} از دانشگاه ایلینویز به کارپلوس پیوست و سرانجام این دو با همکاری یکدیگر مدل آموزشی اکتشاف هدایت شده^{۲۱} را ارائه دادند (Atkin & Karplus, ۱۹۶۲). در مدل اکتشاف هدایت شده یا کاوش رهبری شده، معلم همه مراحل فعالیت‌های ذهنی و جسمی یادگیری را برنامه‌ریزی و سازماندهی می‌کند و انتظار دارد دانش‌آموزان خود با روش استقرایی به مفهوم برسند. کارپلوس به تصحیح مدل خود ادامه داد، آن را روی مواد آموزشی مختلف آزمون و پاسخ‌های کودکان را مشاهده و بررسی کرد. حاصل کارهای او و همکارانش، چرخه یادگیری اتکین-کارپلوس است که چنین است:

۱. شناسایی

دانش‌آموز اولین تجربه را با پدیده انجام می‌دهد.

۲. توضیح

دانش‌آموز با اصطلاحات جدید در رابطه با مفاهیمی که باید یاد بگیرد، آشنا می‌شود.

۳. تعمیم

دانش آموز مفاهیم و اصطلاحات را در موقعیت‌های جدید به کار می‌برد.

ابراهام و رنه (۱۹۸۶)^{۲۲} این پژوهش‌ها را خلاصه کرده‌اند. جک‌رنه و همکاران او (۱۹۸۵) Renner, Abraham, & Birnie, به ترتیب شکل‌های کسب اطلاعات در چرخه یادگیری، ترتیب مراحل چرخه یادگیری و لزوم هر یک از این مراحل را بررسی کرده‌اند. این مطالعات استفاده از چرخه یادگیری برنامه «مطالعه برای بهبود برنامه‌های درسی علوم» را که در ابتدا با ابتکار آتکین و کارپلوس پیشنهاد شده بود، پشتیبانی می‌کنند.

چرخه یادگیری در اصل از اصطلاحات شناسایی، توضیح و تعمیم برای توصیف مراحل و ترتیب مراحل این مدل استفاده کرده است. در سال‌های دهه ۱۹۸۰ لاوسون^{۲۳} (۱۹۸۸) و دیگران این اصطلاحات را اندکی تغییر دادند و به شکل شناسایی، دوره معرفی و کاربرد مفاهیم درآوردند. اگرچه در اصطلاحات تغییر صورت پذیرفت، اساس مفهومی چرخه یادگیری بدون تغییر باقی ماند.

آنالیز برنامه‌های ابتدایی نشان می‌دهد که برنامه «مطالعه برای بهبود برنامه‌های درسی علوم» یکی از مؤثرترین برنامه‌هاست (Shymansky, Kyle, & Alport, ۱۹۸۳). حداقل بخشی از این اثرهای مثبت بر یادگیری به علت وجود چرخه یادگیری است. چرخه یادگیری برنامه «مطالعه برای بهبود برنامه‌های درسی علوم» در مرکز یکی از تئوری‌های آموزشی لاوسون، ابراهام و رنه (Lawson, Abraham, & Renner, ۱۹۸۹) قرار گرفت. به علاوه، چرخه یادگیری برنامه «مطالعه برای بهبود برنامه‌های درسی علوم» به‌طور موفقیت‌آمیزی در مراحل مختلف آموزشی به کار رفته است.

۵. مدل‌ها

بنابر آن‌چه گفته شد، مدتی است که معلمان پیشرو در بسیاری از کشورها برای آموزش علوم از «چرخه‌های یادگیری» استفاده می‌کنند. چرخه‌های یادگیری زنجیره‌ای از حلقه‌های به هم پیوسته‌ای‌اند که یکی پس از دیگری اجرا می‌شوند و در واقع،

کاربست یافته‌های پژوهشی در زمینه آموزش علوم‌اند.

پژوهش‌های اخیر^{۲۴} درستی یافته‌های متخصصان آموزش علوم را که سال‌هاست بدان‌ها دست یافته‌اند، تأیید کرده‌اند: کاربرد مدل‌های آموزشی مؤثر و پژوهش محور به یادگیری مفاهیم بنیادی علوم و دیگر موضوع‌ها کمک می‌کند. هر مدل آموزشی باید مؤثر باشد، پژوهش‌ها از آن پشتیبانی کنند و همواره موجب ارتقای یادگیری و یاددهی بشود.

همه مدل‌های آموزشی به قصد شیرین کردن تلخی آموزش علم، دلچسب و مفید کردن آن و تربیت عالمان متعهد و عملگرا بوده است. همه اینها برای کمک به علم‌آموزان طراحی شده‌اند تا از این پس با یاری معلم خود نه فقط راه مدرسه را با گریه طی نکنند، بلکه شادمان راهی کلاس علم‌آموزی شوند. آیا اندیشمندان تعلیم و تربیت توانسته‌اند با ترکیب یافته‌های تربیتی، روان‌شناختی، فیزیولوژیک و اجتماعی به مدلی کارآمد برای آموزش علوم برسند؟

پاسخ مثبت است. مدل موسوم به «مدل‌ها» که در ابتدا ویژه آموزش زیست‌شناسی طراحی شده است، آخرین گونه مدل‌های آموزشی است که از قضا مورد استقبال گسترده جهانیان قرار گرفته است و هم‌اکنون معلمان دیگر موضوع‌های علمی، به جز زیست‌شناسی هم در کلاس‌های درس خود از آن استفاده می‌کنند، معلمانی که می‌کوشند پیوسته روش‌های تدریس خود را بهبود بخشند تا به دانش‌آموزان بیشتر کمک کنند.

پژوهش‌های اخیر درستی اندیشه‌هایی را که متخصصان آموزش علم سال‌هاست بدان‌ها دست یافته‌اند، تأیید کرده‌اند: کاربرد مدل‌های آموزشی پژوهش‌محور می‌تواند به یادگیری مفاهیم بنیادی علم و دیگر زمینه‌ها کمک کند.

«مدل آموزشی‌ها» از سال‌های دهه ۱۹۸۰ در تولید مواد درسی جدید و نیز در آموزش ضمن خدمت معلمان پیوسته مورد استفاده بوده است. این مدل به ترتیب از این مراحل تشکیل شده است: ترغیب، تحقیق، توضیح، تعمیق و تصحیح. هر مرحله عملکرد

خاص دارد و به انسجام آموزش معلم و تنظیم درک بهتر دانش علمی فناورانه، مهارت‌ها و نگرش‌ها کمک می‌کند.

مراحل مختلف مدل‌ها

مدل‌ها همان گونه که از نامش پیداست، از پنج مرحله متوالی تشکیل شده است که همگی با حرف «ت» آغاز می‌شود. اکنون به توضیح بیشتر در باره هر یک از مراحل‌ها می‌پردازیم. این مراحل را می‌توان در طراحی مواد درسی دوره‌های مختلف تحصیلی برای یک واحد درسی یا برای همه فعالیت‌های طول سال تحصیلی به کار برد.

۱. ترغیب

در این مرحله دانش آموز با فعالیتی آموزشی درگیر می‌شود، یعنی ذهن او بر شیئی، مسئله، موقعیت یا رویدادی متمرکز می‌شود. او طی این فعالیت‌ها بین دانسته‌های قبلی خود ارتباط برقرار، بدفهمی‌های خود را آشکار می‌کند و نقص‌های شناختی را کاهش می‌دهد. پرسیدن سؤال، تعریف مسئله، نشان دادن رویدادی جالب و قرار دادن دانش آموز در موقعیت مسئله‌ای غامض، همه راه‌هایی برای درگیر کردن دانش‌آموزان با موضوع و جلب توجه آنان هستند. نقش معلم در این مرحله ترغیب و شناسایی دانسته‌های پیشین دانش‌آموز است. نتیجه مرحله «ترغیب» درگیر کردن دانش‌آموز با فعالیت(های) هدفدار آموزشی است. در اینجا منظور از «فعالیت» هم فعالیت ذهنی است و هم فعالیت بدنی است.

۲. تحقیق

پس از آن که دانش‌آموزان در مرحله «ترغیب» درگیر فعالیت‌هایی شدند، باید در اندیشه‌های خود به جست‌وجو بپردازند. در این مرحله فعالیت‌هایی تحقیقی برای آنان طراحی می‌شوند تا دانش‌آموزان درون کلاس تجربه‌هایی مشترک و واقعی داشته باشند و براساس آن‌ها به مفاهیم، فرایندها و مهارت‌ها برسند. در این مرحله می‌توان از نرم‌افزارهای آموزشی استفاده کرد، اما این نرم‌افزارها باید با دقت طراحی شده باشند، به‌طوری که بتوانند

به گونه‌ای سیستمی و منظم مفاهیم علمی دقیق را ارائه کنند. دانش‌آموزان طی این مرحله وقت دارند تا به بررسی اشیاء، رویدادها یا موقعیت‌ها بپردازند. دانش‌آموزان در نتیجه درگیری ذهنی و جسمی در فعالیت‌ها روابطی برقرار می‌کنند، الگوهایی مشاهده، متغیرهایی را شناسایی و در مورد رویدادها سؤال می‌کنند. نقش معلم در این مرحله تسهیل کننده یا راهنمایی کننده است. معلم فعالیت را شروع می‌کند و به دانش‌آموزان وقت و فرصت می‌دهد تا هر دانش‌آموز براساس اندیشه خود به بررسی اشیاء، مواد و موقعیت‌ها بپردازد. معلم ممکن است دانش‌آموزان را هنگامی که به بازسازی توضیحات خود می‌پردازند، راهنمایی کند.

۳. توضیح

منظور از «توضیح» آشکار کردن، قابل درک کردن و روشن کردن مفاهیم، فرایندها یا مهارت‌هاست. در این مرحله معلم توجه دانش‌آموز را به جنبه‌های ویژه مرحله «ترغیب» و تجربه‌های «تحقیق» جلب می‌کند. نخست، معلم از دانش‌آموزان می‌خواهد که توضیحات خود را ارائه دهند. دوم، معلم توضیحات علمی را به روش مستقیم، صریح و رسمی ارائه می‌کند. کلید این مرحله ارائه مفاهیم، فرایندها یا مهارت‌ها به صورت خلاصه، ساده، روشن و مستقیم و رفتن به مرحله بعدی است. معلمان انواعی از فنون و راهبردها را برای توضیح در اختیار دارند. آنان معمولاً زبانی توضیح می‌دهند؛ ولی تعدادی از راهبردهای دیگر هم مانند ویدئو، فیلم و درس‌افزار وجود دارند و به کمک می‌آیند. در پایان، دانش‌آموزان باید بتوانند تجربه‌های تحقیقی خود را با اصطلاحات

عمومی توضیح دهند.

۴. تعمیق

پس از آن که دانش‌آموزان مرحله «تحقیق» را پشت سر می‌گذارند، و در مرحله «توضیح» با اصطلاحات آشنا می‌شوند، باید برای تحکیم یادگیری آنان را در تجربه‌های بیشتر درگیر کرد تا مفاهیم، فرایندها و مهارت‌ها را عمیق تر درک کنند. این مرحله انتقال مفاهیم را به موقعیت‌های مشابه و جدید، تسهیل می‌کند. در برخی از موارد، در این مرحله هنوز دانش‌آموزان دچار بدفهمی‌اند. مرحله «تعمیق» فرصتی برای تعمیق یادگیری فراهم می‌کند. آدري شامپین^{۲۵} (۱۹۸۷) توضیح روشنی از این مرحله دارد:

دانش‌آموزان طی مرحله «تعمیق» برای جست‌وجوی اطلاعات در بحث‌ها و فعالیت‌هایی درگیر می‌شوند. هدف گروه شناسایی و اجرای تعداد اندکی رویکرد محتمل در تکلیف است. دانش‌آموزان طی بحث گروهی رویکردهای خود را نسبت به مفاهیم یادگرفته شده ارائه و از آن‌ها دفاع می‌کنند. نتیجه این بحث شناسایی بهتر مفهوم و نیز شناسایی و جمع‌آوری اطلاعات لازم برای تکمیل آن مفهوم است. چرخه یادگیری رو به اطلاعات خارج از دایره کلاس بسته نیست. دانش‌آموزان از یکدیگر، از معلم، از مواد چاپی، متخصصان و پایگاه‌های داده‌های الکترونیک و نیز از آزمایش‌هایی که انجام می‌دهند، اطلاعاتی به دست می‌آورند. این پایگاه اطلاعات نامیده می‌شود. هر یک از دانش‌آموزان در نتیجه شرکت در بحث‌های گروهی، می‌توانند براساس مفهوم مورد بررسی، پایگاه اطلاعات و راهبردهای ممکن

برای رقابت عمق بدهند (ص ۸۲).

توجه داشته باشید که تعامل بین دانش‌آموزان فقط قسمتی از فرایند «تعمیق» است. بحث گروهی و یادگیری مشارکتی برای دانش‌آموزان موقعیت‌هایی فراهم می‌کنند تا درک خود را از موضوع بیان کنند و بازخورد دیگران را که به سطح درک او بسیار نزدیک هستند، دریافت کنند.

۵. تصحیح

این موقعیتی مهم برای دانش‌آموزان است که مهارت‌هایی را که به دست آورده‌اند، در ارزیابی درک خود استفاده کنند. به علاوه، باید از توضیحات خود بازخورد داشته باشند. ارزیابی غیررسمی را می‌توان در آغاز یا در طول مراحل ۵ انجام داد. معلم می‌تواند ارزیابی رسمی را پس از مرحله تعمیق انجام دهد. معلم باید به عنوان مواد آموزشی عملی، به برون‌ده آموزش نیز دست یابند. در این مرحله معلم ارزش‌یابی را مدیریت می‌کند تا به میزان درک هر یک از دانش‌آموزان دست یابد. از سال‌های آخر دهه ۱۹۸۰ بدین سوی، سازمان مطالعات برنامه‌های درسی علوم زیستی برای تولید مواد درسی خود و نیز آموزش معلمان فقط از مدل آموزشی ۵ استفاده کرده است. این مدل دارای ترتیبی از برنامه‌ها، واحدها و درس‌هاست.

پی‌نوشت

۱. منظور از «آموزش زیست‌شناسی» در این نوشته، آموزش زیست‌شناسی در مدارس، یعنی دوره‌های ابتدایی، راهنمایی و به‌ویژه متوسطه است؛ به بیان دیگر، در اینجا کاری با آموزش زیست‌شناسی در دوره‌های آموزش عالی نداریم.
۲. این اندیشه که یادگیری باید مادام‌العمر باشد، در غرب اندیشه‌ای به نسبت نوین به‌شمار می‌آید و در زبان انگلیسی به (Life Long Learning) مشهور است.

مقایسه چرخه یادگیری برنامه «مطالعه برای بهبود برنامه‌های درسی علوم» با مدل ۵

چرخه یادگیری «مطالعات بهبود برنامه درسی علوم»	مدل ۵
-	ترغیب (جدید)
تحقیق	تحقیق
ابتکار (معرفی اصطلاح)	توضیح (متناسب با «مطالعات بهبود برنامه درسی علوم»)
کشف (کاربرد مفهوم)	تعمیق (متناسب با «مطالعات بهبود برنامه علوم»)
-	تصحیح (جدید)

طرح تکامل مدل‌های آموزشی

مدل‌های تکمیلی
اتکین - کارپلوس ۵

هربارت
(اوایل قرن بیستم)

آمادگی
ارائه
تعمیم
کاربرد

دیویی (حدود دهه ۱۹۳۰)

احساس قرار گرفتن در
موقعیت مسئله‌دار
شناسایی مسئله
فرضیه وقت
آزمون فرضیه
بازبینی آزمون
فعالیت برای حل مسئله

هیس، اوبروم و هوفمن

شناسایی واحد
درسی
کسب تجربه
سازمان‌دهی
یادگیری
کاربرد یادگیری

توجه

شناسایی ← تحقیق

ابتکار ← توضیح

توضیح ← تعمیم

تصحیح

۲. سهروردی، عوارف‌المعارف، ترجمه ابومنصور
عبدالمؤمن اصفهانی، ۱۳۶۴ ص ۲۰-۱۸

۳. هجویری، کشف المحجوب، ۱۳۵۸، ص
۲۱-۱۹ و ۴۹۸

۴. عطار نیشابوری، تذکره‌الاولیاء، ۱۳۶۰، ص
۷۲۰-۲۲۷

۵. امام محمد غزالی، ایها الولد، ترجمه: باقر
غباری، تهران، جهاد دانشگاهی، چاپ اول،
۱۳۶۴

۶. روسو، ترجمه ع، سبحانی، امیل یا آموزش و
پرورش، مؤسسه مطبوعاتی فرخی

۷. کرام‌الدینی، محمد؛ آموزش زیست‌شناسی:
روندهای نوین، رویکردهای نوین، هدف‌های
نوین، سخنرانی در جمع دبیران زیست‌شناسی
کشور، اردیبهشت ماه ۱۳۸۲

کرام‌الدینی، محمد؛ زیستن چون پروانه: درنگی
در آموزش زیست‌شناسی؛ انتشارات خانه
زیست‌شناسی، تهران، ۱۳۹۰

8. Herbart, J. (1901). Outlines of
Educational Doctrine, trans. C.
DeGarmo; ed. A. Lange, New York:
Macmillan

9. Atkin, J. M. and Karplus, R. (1962).
Discovery of invention? Science
Teacher 29 (5): 45.

10. Karplus, R. and Their, H. D.
(1967). *A new look at elementary
school science*. Chicago, IL: Rand
McNally.

11. Renner, A barahan, & Birnie,
1985; A braham & Renner, 1986;
Renner, Abraham, & Birnie, 1988.

12. Dewey, J. (1971). How we
think. Chicago, Henry Regnery Company.
Originally published in 1910.

13. Heiss, E. D., Obourn, E. S., et al. (1950).
Modern Science Teaching. New York, NY:
Macmillan.

14. Karplus, R. and Their, H. D. (1967). *A
new look at elementary school science*.
Chicago, IL: Rand McNally.

15. Shymansky, J. A., Kyle, W. C., et al.
(1983). The effects of new science curricula
on student performance. *Journal of Research
in Science Teaching* 20: 387- 404.

16. Lawson, A. E., Abraham, M., et al.
(1989). A theory of instruction: Using the
learning cycle to teach science concepts
and thinking skills., NARST Monograph,
Number One.

17. Champagne, A. (1987). The psychological
basis for a model of science instruction.

18. Commissioned paper for IBM- supported
design project. Colorado Springs. CO: BSCS.

Curriculum, 1937)

15. Obourn, and Hoffman

16. David Hawkins

17. Science Curriculum Improvement Study
(SCIS)

18. Atkin- Karplus

19. Robert Karplus

20. J. Myron Atkin

21. guided discovery

22. Abraham and Renner (1986)

23. Lawson

۲۴. مانند این دو پژوهش

a. How People Learn: Brain, Mind,
Experience, and School (Bransford, Brown
& Cocking, 2000)

b. How Students Learn: Science in the
Classroom (Donovan & Bransford, 2005)

25. Audrey Champagne

منابع

۱. خواجه نصیرالدین طوسی، آداب المتعلمین، برگردان
عبدالرسول چمن‌خواه و اسماعیل ارسن، انتشارات
روزبهان، ۱۳۸۸

۳. این بیتی است از شعر شفیعی کدکنی که سرود
کتابخانه ملی ایران نیز هست.

۴. گونه‌های دیگر از این نقل قول نوشته روی
اسکناس‌های رایج پنجاه‌هزار ریالی در دست همه
شماست: دانش اگر در ثریا هم باشد، مردانی از سرزمین
پارس بدان دست خواهند یافت. پیامبر اعظم (ص)

۵. عنصرالمعالی کیکاووس بن اسکندر بن قابوس بن
وشمگیر

6. Johann Heinrich Pestalozzi

7. Johann Friedrich Herbart

۸. اگرچه هربارت مدلی چهار مرحله‌ای پیشنهاد کرد،
اما پیروان او پنجمین مرحله ربط و تداعی را هم به
آن افزودند. در این مرحله دانش‌آموز مفاهیم جدید را
با آموخته‌های قبلی خود ارتباط می‌دهد و تشابهات و
تفاوت‌های آن‌ها را مشخص می‌کند.

9. Preparation

10. Presentation

11. Generalization

12. Application

13. John Dewey

14. Science in General Education
(Commission on Secondary School

● نتایج مسابقات سال گذشته

در چهار شماره از این مجله که در سال تحصیلی گذشته منتشر شدند، چهار مسابقه شناخت گیاهان و جانوران برگزار شد. اگرچه استقبال مخاطبان از مسابقه شماره ۱ خوب بود، اما به علت‌هایی که یکی از آن‌ها دشواری شناخت دقیق گیاهان و جانوران از روی عکس بود، از مسابقه‌های شماره ۲، ۳ و ۴ استقبال مناسبی نشد و پاسخ‌هایی که به مسابقه‌های ۲ تا ۴ رسید، هیچ یک کامل و دقیق نبود.

شرح چگونگی داوری مسابقه شماره ۱، همراه با اسامی شرکت‌کنندگان و برندگان در صفحه‌های ۶۲ و ۶۳ شماره ۸۴ (پاییز ۱۳۹۰) درج شد و هم‌چنین اسامی چند برنده نسبی مسابقه ۲ در شماره ۸۵ (زمستان ۱۳۹۰) به چاپ رسید. بنابراین، به علت عدم استقبال از مسابقه‌های شماره ۳ و ۴، به آگاهی می‌رسانیم که این مسابقه‌ها برنده نداشتند.

● وبلاگ مجله راه سریع دسترسی به ما

در صفحه ۱ هر شماره از این مجله نشانی وبلاگ رسمی مجله درج می‌شود. این وبلاگ محل مناسبی برای ارتباط مخاطبان مجله با سردبیر و اعضای هیئت تحریریه است. می‌توانید پرسش‌های خود را در این وبلاگ مطرح کنید و پاسخ‌های خود را در همان‌جا دریافت کنید؛ یا از رسیدن مقالات یا عکس‌های خود مطمئن شوید. نشانی این وبلاگ چنین است:

<http://www.roshdmag.ir/weblog/zistshenasi>

در این وبلاگ هم‌چنین نشانی پایگاه دانلود مقالات شماره‌های پیشین مجله وجود دارد که می‌توانید آن‌ها را به رایگان به دست آورید و استفاده کنید.

● ارسال تصویر

چندی است که بیش از پیش تصاویری از محیط زیست طبیعی و جانوران و گیاهان سرزمین‌مان از سوی خوانندگان وفادار مجله به دست‌مان می‌رسد که تاکنون از تعدادی از آن‌ها در رو یا پشت جلد مجله استفاده کرده‌ایم. یکی از پرسش‌های رایج در این باره این است که تصویرهای ارسالی چه ویژگی‌هایی باید داشته باشند؟

می‌توان ویژگی‌های اصلی این تصویرها را چنین برشمرد:

الف. حق عکاس: عکس‌های ارسالی باید اصل باشند، یعنی خود فرستنده عکس یا عکس‌ها را گرفته باشد و در جای دیگر مانند اینترنت پیدا نکرده باشد. اگر عکس را خود فرستنده نگرفته باشد، صاحب عکس باید اجازه کتبی انتشار آن را داده باشد.

ب. محتوا: عکس‌ها باید به صورت نمای درشت یا نمای ریز از طبیعت و حیات‌وحش ایران، مثلاً گیاهان یا جانوران یا آثار آن‌ها گرفته شده باشند. واضح باشند و نیز با برنامه‌هایی مانند فتوشاپ در حد افراط دستکاری نشده باشند.

متابولیت‌های ثانویه گیاهان

صابر غیابی

دبیر زیست‌شناسی منطقه میانه
کارشناس ارشد زراعت

متابولیت‌های ثانویه گیاهی^۱، ترکیباتی آلی هستند که مستقیماً در رشد، نمو یا تولیدمثل گیاه دخیل نیستند. این ترکیبات دارای ساختار شیمیایی پیچیده‌تری نسبت به متابولیت‌های اولیه (مثل آمینواسیدها) هستند که برای بقا و زندگی سلول‌ها ضروری‌اند. آلکالوئیدها (مورفین، کدین، آتروپین)، ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، رنگیزها و تانن‌ها از جمله مهم‌ترین این ترکیبات هستند. سلول‌های گیاهی مقادیر متنوعی از این فرآورده‌ها را تولید می‌کنند. بسیاری از این ترکیبات سمی هستند و اغلب در وزیکول‌های خاص یا واکوئول‌ها ذخیره می‌شوند. این نوع ذخیره‌سازی از یک طرف نوعی سمیت‌زدایی برای گیاه است و از طرف دیگر نوعی مخزن ذخیره برای موادی مانند مولکول‌های غنی از نیتروژن است. اگرچه متابولیت‌های ثانویه گیاهی بسیار رایج‌اند، اما هر گیاهی قادر به تولید هر نوع ترکیب ثانویه‌ای نیست و برخی ترکیبات نیز فقط منحصر و محدود به گونه خاصی هستند. اهمیت متابولیت‌های ثانویه برای گیاهان از ماهیتی اکولوژیک برخوردار است و این ترکیبات نیز دارای کارکردهای متنوعی‌اند که از آن جمله می‌توان به عملکرد دفاعی در برابر صیادان، انگل‌ها و عوامل بیماری‌زا، فیتوالکسین‌ها (سموم گیاهی) در هنگام ابتلا به قارچ برای جلوگیری از گسترش میسلیم قارچ در گیاه، رقابت‌های بین گونه‌ای، یا تسهیل فرآیندهای تولیدمثلی (مثل تولید بوهای جاذب، یا مواد رنگی) و یا ایجاد ارتباط با گرده‌افشان‌ها اشاره کرد. برخی از ترکیبات ثانویه گیاهان دارای عملکرد سیگنالینگ‌اند که در این میان هورمون‌های گیاهی جایگاه ویژه‌ای دارند.

فیتوشیمی دانش بررسی و مطالعه ترکیبات شیمیایی گیاهی است. به بیان دیگر می‌توان گفت: فیتوشیمی شاخه‌ای از علم شیمی است که موضوع آن، مطالعه ترکیبات شیمیایی گیاهان است. از جمله این ترکیبات، متابولیت‌های ثانویه گیاهی است. در مفهومی اختصاصی‌تر، فیتوشیمی با شیمی گیاهان دارویی مرتبط است و در طول قرون متمادی بسیاری از ترکیبات گیاهی نقشی اساسی در صنایع داروسازی داشته‌اند. تکنیک‌های رایج در این علم عبارتند از: استخراج و جداسازی، تغلیظ، آنالیز و تکنیک‌های کروماتوگرافی و الکترو فورز که در نهایت شناخت فرمول‌های دقیق ساختاری و مسیرهای بیوسنتزی را امکان‌پذیر می‌کند. شواهد فیتوشیمیایی از جمله شواهد و صفات مورد استفاده در طبقه‌بندی‌های فیلوژنتیک‌اند، به گونه‌ای که در گونه‌های دارای قرابت و خویشاوندی با یکدیگر، ترکیبات مشابهی یافت می‌شود، اما همیشه نیز این گونه نیست.

پی‌نوشت

1. Secondary Metabolites in Plants

منابع

1. <http://www.answers.com/topic/secondary-metabolite?cat=technology>
2. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e20/20.htm>
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_metabolite
4. http://www.usask.ca/agriculture/plantsci/classes/plsc416/projects_2002/gibson/seco.html

با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های رشد توسط دفتر انتشارات کمک آموزشی سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شوند:

مجله‌های دانش‌آموزی

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

(برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه‌ی اول دوره‌ی دبستان)

(برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره‌ی دبستان)

(برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم و پنجم دوره‌ی دبستان)

(برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)

(برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه و پیش‌دانشگاهی)

مجله‌های بزرگسال عمومی

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

♦ رشد آموزش ابتدایی ♦ رشد آموزش راهنمایی تحصیلی ♦ رشد تکنولوژی

آموزشی ♦ رشد مدرسه فردا ♦ رشد مدیریت مدرسه ♦ رشد معلم

مجله‌های بزرگسال و دانش‌آموزی اختصاصی

(به صورت فصلنامه و ۴ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

♦ رشد برهان راهنمایی (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی) ♦ رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه) ♦ رشد آموزش قرآن ♦ رشد آموزش معارف اسلامی ♦ رشد آموزش زبان و ادب فارسی ♦ رشد آموزش هنر ♦ رشد مشاور مدرسه ♦ رشد آموزش تربیت بدنی ♦ رشد آموزش علوم اجتماعی ♦ رشد آموزش تاریخ ♦ رشد آموزش جغرافیا ♦ رشد آموزش زبان ♦ رشد آموزش ریاضی ♦ رشد آموزش فیزیک ♦ رشد آموزش شیمی ♦ رشد آموزش زیست‌شناسی ♦ رشد آموزش زمین‌شناسی ♦ رشد آموزش فنی و حرفه‌ای ♦ رشد آموزش پیش‌دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و اختصاصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران و کارکنان اجرایی مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شوند.

♦ نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره‌ی ۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات کمک آموزشی.

♦ تلفن و نمابر: ۰۲۱ - ۸۸۳۰۱۴۷۸

ج قالب: قالب عکس‌ها ترجیحاً به صورت jpg با وضوح حدود ۳۰۰ دی‌پی‌آی با قطع حداقل ۸۴ باشد. عکس‌های کوچک که در صفحه نمایش شطرنجی شکل می‌شوند، برای چاپ مناسب نیستند. در انتظار عکس از همه نقاط کشور عزیزمان.

● نشانی برای ارسال مقاله

یکی از درخواست‌هایی که هنوز به فراوانی مطرح می‌شود، اعلام نشانی و نحوه ارسال مقالات مخاطبان برای چاپ است. این نشانی‌ها در هر شماره در صفحه اول مجله چاپ می‌شوند. اگر می‌خواهید نوشته‌های خود را با پست بفرستید، به این نشانی بفرستید: تهران، صندوق پستی ۶۵۸۵-۱۵۸۷۵، رشد آموزش زیست‌شناسی؛ اما اگر می‌خواهید آن‌ها را با رایانامه (ایمیل) ارسال کنید، می‌توانید به یکی از این نشانی‌ها یا به هر دو بفرستید:

mohammad@karamudini.com

zistshenasi@roshdmag.ir

● اعلام وصول

این نوشته‌ها از این همکاران ارجمند برای چاپ در مجله رسیده‌اند که هنوز در دست بررسی‌اند:

● مقاله دانش‌آموزی «پاکسازی زیستی خاک‌های آلوده به نفت»، از تعدادی از دانش‌آموزان انجمن زیست‌شناسی پژوهش سرای رازی ری.

● پرورش در قفس در ایران از مرتضی ابراهیم‌زاده

● سیستم مداربسته پرورش ماهی در ایران از مرتضی ابراهیم‌زاده

● تأثیر شوری بر رشد هالوفیت آتریپلکس هورتنسیس (کنو پودیاسه) از سجاد شهیدی

● عمل لیپید در قطبیت سلول از سجاد شهیدی

● تفاوت‌های مغز زن و مرد از مهرانه یزدانی

● هورمون براسینواستروئید از مهدیه هوشنی

● سیانوباکتری‌ها/محبوبه صوفی

● سلول‌های کشنده طبیعی از محبوبه صوفی

● دستگاه گلزی از محبوبه صوفی

● مطالعه زیرگروه‌های کشنده طبیعی در بیماران مبتلا به سل ریوی حساس و مقاوم به دارو از محبوبه صوفی

● پرندگان ایران (شرح برخی از پرندگان مسابقه شماره ۴ مجله) از پوریا نیک‌نام

● چای و تأثیر کافئین آن بر DAN از مریم شیخ‌لر

● گلیسی‌یریزین، ماده مؤثر گیاه شیرین بیان از مهندس مهرزاد کازرانی

● رهیافتی بر کاربرد فناوری نانو در علوم مختلف از بتول حیدری



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

Ministry of Education
Organization for Educational
Research and Planning

Bureau for Educational
Complementary
Publications

Roshd Biological Education Vol.25.No.4-

Summer 2012-issn 1606-9153

Managing Editor: Mohammad Naseri
Editor-In-Chief: Mohammad Karamudini

Executive Director: Elaheh Alavi

Art Director: Fariba Bandi

Editorial Board : Dr. Abbas Akhavan-Sepahi, Ali
Al- e- Mohammad,

Dr. Alireza Sari, Nezam Jalilian, Elaheh Alavi,
Dr. Shahriar Gharibzadeh & Dr. Hossein Lari-Yazdi

P.O.Box 15875-6585
www.roshdmag.ir
zistshenasi@roshdmag.ir
mohammad@karamudini.com



برگ اشتراک مجله‌های رشد

نحوه اشتراک:

شما می‌توانید به دو صورت مشترک مجله شوید:

۱. واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت، شعبه
سمراه آزمایش کد ۳۹۵، در وجه شرکت افست و تکمیل فرم اشتراک به
همراه ثبت مشخصات فیش واریزی در سایت مجلات رشد به آدرس:

www.roshdmag.ir

۲. ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شده اشتراک با پست
سفارشی (کپی فیش را نزد خود نگه‌دارید)

♦ نام مجلات درخواستی:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

♦ در صورتی که قبلاً مشترک مجله بوده‌اید، شماره اشتراک خود را ذکر نمایید:

امضاء:

♦ نشانی: تهران - صندوق پستی امور مشترکین: ۱۶۵۹۵/۱۱۱

♦ نشانی اینترنتی: www.roshdmag.ir

♦ اشتراک مجله: ۰۲۱-۷۷۳۳۶۵۶-۷۷۳۳۵۱۱۰-۷۷۳۳۹۷۱۳-۱۴

♦ هزینه اشتراک یک‌ساله مجلات عمومی (۸ شماره): ۹۶۰۰۰ ریال

♦ هزینه اشتراک یک‌ساله مجلات تخصصی (۴ شماره): ۶۰۰۰۰ ریال

قلم را حتی بروی بگریانم

گویی از صحبت ما نیک به تنگ آمده بود،
بار بر بست و به گردش نرسیدیم و برفت
حافظ

حمیده علمی غروی مترجم توانا، پرکار و پیشکسوت علوم زیستی بار بر بست و از میان ما رفت. او در سال ۱۳۰۷ در نجف اشرف دیده به روشنی جهان گشوده بود و از نوادگان میرزا حبیب‌الله رشتی از مراجع عظام تقلید نجف اشرف بود؛ پانزده ساله بود که همراه با خانواده به میهن کوچید، در وطن تحصیل علم را ادامه داد، در سال ۱۳۳۹ از دانشگاه تهران لیسانس علوم طبیعی گرفت و به خدمت در آموزش و پرورش درآمد. او در کسوت معلمی به دانشجویی ادامه داد تا در سال ۱۳۴۱ مدرک لیسانس زمین‌شناسی خود را نیز از دانشگاه تهران گرفت. در سال ۱۳۴۳ برای سفری کوتاه به آمریکا سفر کرد و پس از بازگشت در سال ۱۳۵۳ با درجه فوق لیسانس در رشته علوم زیستی از دانشگاه تهران فارغ‌التحصیل شد. او باز هم از پای نشست و در سال ۱۳۵۶ برای ادامه تحصیل در مقطع دکتری در رشته آموزش علوم راهی دانشگاه ایلینویز در آمریکا شد. اما به علت بیماری مادر نتوانست تحصیلات خود را به اتمام برساند و به میهن بازگشت.

حمیده علمی غروی در سال ۱۳۷۲ از خدمت در آموزش و پرورش بازنشسته شد، اما هم‌چنان خستگی‌ناپذیر به کار ترجمه کتاب‌های علوم زیستی ادامه داد و تا واپسین لحظه عمر خود نیز از این کار نیاسود. نخستین کتاب او «داستان عصر یخبندان» در سال ۱۳۴۸ و آخرین آن‌ها «علم تکامل و جامعه» در سال ۱۳۸۸ منتشر شدند. او در این فاصله ۴۰ ساله بین اولین و آخرین کتاب خود، بیش از ۲۳ عنوان کتاب ترجمه و منتشر کرد.

دریغا که پریشان حالی مجالم نمی‌دهد تا به نحوی که شایسته اوست، از وی یاد کنم و «قلم را لختی بر وی بگریانم»؛ اما سکوت نیز نمی‌توانم کردن که او معلم زیست‌شناسی بود، معلمی بزرگوار، بزرگ‌منش، صادق، به‌کار خویش مؤمن، اعتلاجوی و در زمره انسان‌های کمیاب زمانه ما بود. به یاد ندارم نخستین بار کی و کجا او را ملاقات کردم، اما آخرین دیدارمان را به روشنی به یاد دارم. چند روزی پیش از مرگ، باوقار همیشگی وارد شد، هم‌چنان که عادت او بود، آهسته پیش آمد. استوار ایستاد و از مرگ قریب‌الوقوع خود خبر داد. شگفتا که در لحن گفتارش نه لرزشی بود، نه شکایتی؛ نه آهی، نه افسوس و نه ماتمی که نشان از جدیت ادعا باشد. افسوس که این خبر را چندان جدی نگرفتیم و قدر آخرین لحظه‌های عمر استاد را ندانستیم. هم صحبتی با او همیشه برای من مانند کلاس درسی بی‌همتا بود، نه فقط در زمینه متن‌سازی، ویراستاری و ترجمه، بلکه در صفات انسانی از قبیل مسئولیت‌پذیری، دقت و جدیت در کار نیز. او یکایک کلمات دست‌نوشته‌هایی که به او ارجاع می‌شد، با دقت خاص خود می‌خواند، زیر برخی کلمات یا جملات خط می‌کشید و سپس درباره آن‌ها به بحث می‌نشست. تا قانع نمی‌شد یا دیگران را قانع نمی‌کرد دست نمی‌کشید و هرگز از آنچه درست و به‌حق می‌پنداشت، عقب نمی‌نشست و آنچه را نادرست می‌دانست، نمی‌پذیرفت. او در ترجمه استادی بود توانا و کارگشته. در مدتی که کتابی را در دست ترجمه داشت، دمی نمی‌آسود. همه دغدغه او ترجمه کتابش بود و بس. شب و روز در فکر محتوای کتاب بود و برای بهتر شده آن همواره اندیشه‌های نو ساز می‌کرد.

حمیده علمی غروی بانویی بی‌ریا، بی‌تکلف، راستگو و دقیق بود که عمری دراز در خدمت به آموزش زیست‌شناسی سپری کرد. اعتماد به نفس و شهامت کم‌نظیری داشت و بی‌تکلف و دور از هیاهو، دنیاخواهی، فخر فروشی، جاه‌طلبی، تفاخر و تبلیغات رایج، هدفمند قلم زد. او فردی فروتن و همیشه دانشجو بود و گرچه بر بلندی‌های استادی ایستاده بود، گاه برای دانستن بیشتر، عیب نمی‌دانست که از دانشجویی جوان و تازه کار نیز بیاموزد. رک‌گویی او که بیانگر صداقت او بود در اندیشه و عمل، گاه رنجش‌هایی در دل افرادی که به او چندان نزدیک نبودند و اخلاق و منش صادقانه او را به‌خوبی نمی‌شناختند، ایجاد می‌کرد. اما او همان بود که می‌نمود و هرگز به غیر از آنچه در دل داشت تظاهر نمی‌کرد.

اکنون اگر چه حمیده غروی دیگر در میان ما نیست، اما آثار او برای همیشه به یادگار در میان جویندگان راه علم زنده‌اند. او لحظه‌هایی از عمر خود را که به کار ترجمه مشغول بود، جاودانه ساخت و آن‌ها را در شط زمان روانه کرد. روانش شاد، یادش گرامی و راهش پر رهرو باد.

محمد کرام‌الدینی





عکس: لاله واژگون

عکس از رحمت صفری، دبیر زیست‌شناسی مریوان