



رشد

آموزش زیست شناسی ۹۵

فصلنامه آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی ■ دوره بیست و هفتم ■ شماره ۴ ■ تابستان ۱۳۹۳



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

- مدیر مسئول: محمد ناصری
● سردبیر: محمد کرام الدینی
● مدیر داخلی: الهه علوی
● هیئت تحریریه (به ترتیب الفبا):
دکتر عباس اخوان سپهری، سید علی آل محمد،
دکتر علیرضا ساری، نظام جلیلیان،
الهه علوی، دکتر شهریار غریب زاده و
دکتر حسین لاری یزدی
● طراح گرافیک: فریبا بندی
● نشانی پستی دفتر مجله:
تهران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
● تلفن: ۰۲۷-۸۸۸۳۱۶۰، داخلی ۲۷۷
- وبگاه: www.roshdmag.ir
● وبلاگ:
www.roshdmag.ir/weblog/zistshenasi
● پیام نگار: zistshenasi@roshdmag.ir
mohammad@karamudini.com
● نشانی امور مشترکین: تهران - صندوق
صندوق پستی: ۱۶۵۹۵/۱۱۱
● تلفن: ۷۷۳۳۶۶۵۵-۷۷۳۳۶۶۵۶
● چاپ: شرکت افست
● شمارگان: ۷۰۰۰
- ۲ سرمقاله / تنها خواهیم ماند / سردبیر
۴ کوتاه و فواید / بارکد DNA برای ماهیان / سیدمرتضی ابراهیمزاده
۶ کتب و کتاب / ساز و کارهای مولکولی گل دهی / حمید اسدی
۱۱ کتب و کتاب / گفت و گوی باکتری ها! / سعید پیرمرادی
۱۴ گفت و گو / مغز و موسیقی / محمدرضا خوش بین خوش نظر
۱۸ پژوهش های دانش آموزی / تأثیر نور خورشید بر رشد باکتری های آب / شهره سلیمی
۲۱ ترویج / تشریح قلب گوسفند / عزیز عذرا و ...
۲۷ کتب و کتاب / تفکر انتقادی و نقش سؤال های مناسب در آموزش زیست شناسی / محمد کارگری
۳۰ کتب و کتاب / سازگاری جنسی و سیستم های آمیزشی قارچ ها / زهرا لرکی
۳۴ در کلاس درس / نمونه سؤال هایی از رفتار شناسی
۴۰ کتب و کتاب / مهاجرت سلول ها / مریم انصاری
۴۷ اوراق / کاربردهای شگفت چاپگرهای سه بعدی در علوم زیستی / اباذر اسماعیلی
۵۳ کتب و کتاب / گویچه های سرخ داسی شکل و مقاومت به مالاریا / جلال عیسی خواجه
۵۶ کتب و کتاب / سیگنال های الکتریکی و کاربرد آن ها در گیاهان / حمیدرضا خواجه ماسوله و ...
۶۰ اوراق / کاربرد پویانمایی در آموزش زیست شناسی / نرگس محمودی
۶۲ پژوهش /

- مجله رشد آموزش زیست شناسی، نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، به ویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشند، می پذیرد.
● مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته یا در صورت امکان تایپ شوند.
● محل قرار گرفتن شکل ها، جدول ها، 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 واژه های علمی و فنی دقت لازم به کار رفته باشد.
● مقاله های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد.
● در متن های ارسالی، باید تا حد امکان از معادل های فارسی واژه ها و اصطلاحات استفاده شود.
● پی نوشت ها 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 مقاله های رسیده مختار است.
● آرای مندرج در مقاله ها، ضرورتاً تبیین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسئولیت پاسخ گویی به پرسش های خوانندگان، با شخص نویسنده یا مترجم است.
● مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی شوند، معذور است.



ماهی خورک سینه سفید
Halcyon smyrnensis
عکس از حسن مقیمی



تنها خواهیم ماند

کاغذ، حشره کش، مواد آرایشی، حمل و نقل هوایی، احداث جاده و بزرگراه، تولید کشتی و کشتی رانی، تغییر زمین برای استفاده از آن، معدن کاری، دستکاری ها و آلودگی های ژنتیک، بهره برداری بیش از حد از منابع و جنگ افروزی.

نتیجه این دخالت های آدمی نابودی آب سنگ های مرجانی، جنگل زدایی، بیابان زایی، فرسایش خاک، گرمایش زمین، تخریب زیستگاه ها، به هم خوردن نظم چرخه های زی - زمین - شیمیایی، اسیدی شدن آب اقیانوس ها و تخریب لایه اوزون و خلاصه، کاهش تنوع زیستی، انقراض گروهی و نابودی تدریجی گونه ها بوده است. به همین علت «ادوارد ویلسون» زیست شناس معاصر که در شماره پیشین این مجله به معرفی

به کار برد و از آن پس واژه «آنتروپوسن» از زبان ها و قلم ها جاری شد و به طور غیررسمی رواج یافت.

یکی دیگر از این عوامل رواج این واژه کثرت و شدت دخالت های مخرب انسان در اکوسیستم های سیاره زمین است. آثار و شواهد این دخالت ها بر کسی پوشیده نیست. کافی است هر کس اندکی به دور و بر خود دقت کند تا نمونه های بسیاری از آثار دخالت انسانی را با چشم خود ببیند و مشاهده کند. نمونه ها کم نیستند: کشاورزی، ماهی گیری، دامپروری، آبیاری؛ تولید سوخت های زیستی، سوزاندن زغال سنگ و نفت، تولید نیروگاه های برق، استخراج نفت، احداث کارخانه ها، تولید مواد دارویی، مواد شوینده، بتون، فرآورده های نانوفناوری، رنگ،

می دانیم که زمین شناسان تاریخ زمین را به چهار دوران و هر دوران را به چند دوره و هر دوره را به چند دور یا عهد تقسیم کرده اند. برپایه این تقسیم بندی، زمین اکنون دوران چهارم یا سنوزویک^۱، دوره کواترنری^۲ و دوره هولوسن^۳ را سپری می کند. هولوسن از ۱۱/۷ هزار سال پیش شروع شده و تا امروز ادامه دارد.

در سال های نخستین دهه ۱۹۸۰، اوژن سترمر^۴ (۱۹۳۷-۲۰۱۳) دیاتوم شناس معروف پیشنهاد کرد که بهتر است به علت اثرهای عمیق انسان بر سیاره زمین، دور کنونی را «آنتروپوسن» (دور انسان) بنامیم. اما در آن زمان استقبال چندانی از این واژه پیشنهادی نشد تا اینکه در سال ۲۰۰۰ پال کروتزن^۵ برنده نوبل شیمی ۱۹۹۵ این واژه را

او و طرح دانش‌نامه زندگی‌اش پرداختیم به تازگی در یادداشتی در هفته‌نامه اکونومیست^۷ از همگان خواسته است که هر کاری که از دستان برمی‌آید برای نجات موجودات زنده سیاره زمین انجام دهیم. ویلسون در این نوشته پیشنهاد کرده است که بهتر است دور کنونی را به جای «آنتروپوسن»، «اروموسن»^۸ (دوره تنهایی) بنامیم. او در ادامه چنین توضیح داده است: روش رایج برای محاسبه تنوع زیستی شمارش تعداد گونه‌های زنده است. این روش از سال ۱۷۵۸ که توسط کارل لینه برای رده‌بندی کلاسیک خود به کار گرفته شد، تا امروز مورد استفاده است. در زمان لینه فقط ۲۰۰۰ گونه جاندار شناخته شده بود؛ در حالی که این شمار تا سال ۲۰۰۹ به ۱/۹ میلیون رسید. حال اگر بی‌مهره‌ها، قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌هایی را که کشف نشده‌اند به این رقم اضافه کنیم، تعداد گونه‌های امروزی سر به ۵ تا ۱۰۰ میلیون می‌زند. از سوی دیگر، همواره سیلی از گونه‌های زنده جدید برای شناسایی، نام‌گذاری و رده‌بندی به آزمایشگاه‌ها و موزه‌های سراسر جهان سرازیر می‌شوند، اما این آزمایشگاه‌ها و موزه‌ها می‌توانند فقط ۲۰۰۰ گونه را در سال شناسایی و نام‌گذاری کنند. با این سرعت لاک‌پشتی، اگر حداقل ۵ میلیون گونه ناشناخته برای رده‌بندی باقی مانده باشند، کار تا میانه قرن بیست و سوم به پایان نخواهد رسید. این حرکت آهسته که شایسته علوم زیستی نیست، بر این اساس استوار است که گروهی معتقدند رده‌بندی موجودات زنده پایان یافته و بنابراین، سیستماتیک رشته‌ای کهنه و خارج از رده است و لذا باید آن را از دانشگاه‌ها به موزه‌های تاریخ طبیعی منتقل کرد، در حالی که موزه‌ها توان کافی برای چنین کاری ندارند. به‌یاد داشته باشیم که فون و فلور

هر اکوسیستم چیزهایی بسیار فراتر از مجموعه‌هایی از موجودات زنده هستند. مجموع جانداران هر اکوسیستم در واقع سیستمی پیچیده از میان کنش‌اند. به همین علت انقراض یک گونه اثرهای عمیقی بر گونه‌های دیگر دارد. واقعیت تلخ موجود در علم محیط‌شناسی آن است که نجات اکوسیستم‌ها بدون شناخت همه گونه‌های زنده تشکیل‌دهنده آن‌ها که سر به هزاران می‌زند، امکان‌پذیر نیست. نسبت دانش تاکسونومی و مطالعات زیست‌شناختی وابسته به آن برای علم بوم‌شناسی مانند نسبت آناتومی و فیزیولوژی برای پزشکی است. اگر اکثریت بزرگ موجودات زنده زمین را نشانسیم، چگونه خواهیم توانست از گونه‌های تشکیل‌دهنده آن مراقبت کنیم؟ زیست‌شناسان حفاظت معتقدند که تعداد بسیار زیادی از گونه‌ها پیش از آنکه شناسایی شوند، منقرض می‌شوند. از نظر اقتصادی نیز هزینه این انقراض بسیار زیاد است. تحقیق‌هایی درباره تعداد اندکی از گونه‌های وحشی باعث کشف و رواج داروهای جدید و پیشرفت فناوری زیستی کشاورزی شده است. تازه این آغاز راه است. اکوسیستم‌های طبیعی تأمین‌کننده و ذخیره‌کننده آب شیرین‌اند، اقلیم‌ها را تثبیت و نیز هوایی را که استنشاق می‌کنیم تأمین می‌کنند.

البته علاقه و کوشش‌های بسیاری در جهان برای نقشه‌برداری از تنوع زیستی وجود دارد. برنامه‌های آمار حیات دریایی^۹ و دانش‌نامه زندگی روی اینترنت در دسترس‌اند و بسیاری از گونه‌های شناخته شده را پوشش می‌دهند. گرچه اخیراً فنون نوینی برای کشف گونه‌های جدید و شناسایی آن‌هایی که قبلاً نام‌گذاری شده‌اند، به وجود آمده و در این راه کمک بسیار می‌کنند، اما یکی از قابل

توجه‌ترین آن‌ها بارکد کردن DNA، یعنی شناسایی گونه‌ها با قطعه کوچکی از DNA آن‌هاست. برای اطلاع بیشتر در این باره به سرمقاله شماره ۸۶ این مجله و نیز مقاله «DNA بارکد برای ماهیان» در صفحه ۴ همین شماره مراجعه کنید.

تخمین می‌زنند که اگر این کوشش‌ها همچنان به خوبی به پیش بروند، خواهند توانست در حدود یک پنجم از سرعت زوال گونه‌ها بکاهند. این خود یک پیشرفت بزرگ است، اما برای پایداری محیط زنده زمین کافی نیست. قرن بیست و یکم را گردن بطری و به عبارتی تنگنایی می‌دانند که اثرهای فزاینده انسان آن را به وجود آورده است. این تنگنا فشاری است از جنس کاهش تنوع زیستی بر گلو محیط زیست. بیایید همه ما مسئولیت خود را در قبال زمین و نسل‌های آینده انجام دهیم، تا آنجا که امکان دارد باقی‌مانده‌های حیات را دریابیم، از انقراض آن‌ها بکاهیم و کمک کنیم تا بتوانیم دوره کنونی را نه «آنتروپوسن»، نه «ارموسن»، بلکه «دینیک»^{۱۰} (دوره بهشتی) بنامیم. به‌یاد داشته باشیم که ما معلمان برای این کار ابزاری بسیار مؤثر و نیرومند در اختیار داریم که همان آموزش است.

سر دبیر

پی‌نوشت‌ها

1. Cenozoic
2. Quaternary
3. Holocene
4. Eugene F. Stoermer
5. Anthropocene
6. Paul J. Crutzen
7. Edward O. Wilson, Beware the Age of Loneliness, The Economist, Nov 18th 2013
8. Eremocene
9. Census of Marine Life
10. Edenic



بارکد DNA برای ماهیان

تازه‌فروانی

سیدمرتضی ابراهیم‌زاده

کلیدواژه‌ها: ماهیان، بارکد DNA، رده‌بندی.

مقدمه

ماهیان بزرگ‌ترین گروه مهره‌دارانند که تنوع وسیعی در ویژگی‌ها و سازگاری‌های زیستی از خود نشان می‌دهند. گونه‌های ماهیان براساس وجود خصوصیات ریختی تشخیصی از سایر گونه‌ها متمایز می‌شوند. اما تعداد زیادی ویژگی‌های درون‌گونه‌ای یا هم‌پوشانی‌های ریخت‌شناختی بین گونه‌ای در بین ماهیان وجود دارد که چالشی مهم پیش روی تاکسونومیست‌ها برای شناسایی دقیق ماهیان آن‌هاست. محدودیت‌های ذاتی در سامانه‌های تشخیصی مبتنی بر خصوصیات ریختی، محققان را بر آن داشته است که به دنبال روش‌های مولکولی برای تشخیص گونه‌ها باشند. ژن DNA میتوکندریایی سیتوکروم اکسیداز زیرواحد I (cox1) به‌عنوان یک بارکد در تشخیص گونه‌ای بسیاری از ماهیان، از جمله ماهیان دریایی استرالیا، ماهیان آب شیرین کانادا و ماهیان زینتی امریکای شمالی، مؤثر و کارا بوده است. از این روش علاوه بر تشخیص گونه برای مطالعات رده‌بندی ماهیان، می‌توان برای شناسایی محصولات شیلاتی و جلوگیری از تقلب در بازار فروش این محصولات نیز بهره برد.

بارکد DNA

از دیرباز مشخص شده است که می‌توان از تنوع توالی DNA، به‌صورت ارزیابی مستقیم یا غیرمستقیم از طریق آنالیز پروتئین، برای تمایز گونه‌ها استفاده کرد. اولین بار بیش از ۴۰ سال پیش، از تکنیک الکتروفورز پروتئین، برای تشخیص گونه‌ها استفاده شد. تقریباً از ۳۰ سال پیش، آنالیز توالی ژن منفرد DNA ریبوزومی برای بررسی روابط تکاملی در سطوح بالا مورد استفاده قرار گرفته ولی روش‌های بررسی DNA میتوکندریایی تکنیک‌های غالب در مطالعات سیستماتیک در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ بوده است.

توالی DNA از ۳۰ سال پیش برای کمک به تشخیص گونه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. از آن زمان تاکنون توالی‌های مختلف برای گروه‌های تاکسونومیک مختلف و آزمایش‌های

متفاوت مورد استفاده قرار گرفته است. هبرت و همکاران (۲۰۰۳) پیشنهاد کردند که یک توالی ژنی منفرد برای تمایز همه یا حداقل اکثریت مطلق گونه‌های جانوری کافی است و استفاده از ژن DNA میتوکندریایی سیتوکروم اکسیداز زیرواحد I (cox1) به‌عنوان یک سامانه تشخیص زیستی جانوری را در این راستا معرفی کردند.

تا امروز بیش از ۳۰۰۰۰ گونه ماهی در جهان شناسایی شده‌اند. این تعداد در حدود ۵۰ درصد از همه گونه‌های مهره‌داران را شامل می‌شود. ماهیان از نظر سیستماتیک بسیار متنوع‌اند، از گونه‌های فاقد آرواره (آگناتا: هگ‌فیش و لامپری) تا ماهیان غضروفی (الاسموبرانش‌ها: کوسه‌ها و شیمراها) و ماهیان استخوانی قدیمی و جدید (مارماهیان، کپورماهیان، آزادماهیان و غیره) تفاوت‌های



می‌توان برای استخراج DNA استفاده کرد. تکثیر و تعیین توالی DNA قدم بعدی در این روش است. تکثیر DNA هدف، مرحله مهم در تعیین توالی DNA است.

برای تکثیر می‌توان از کشت‌های باکتریایی (کلون کردن) یا روش واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) استفاده کرد. بعد از قابل مشاهده کردن محصولات PCR روی ژل الکتروفورز، محصول مورد نظر برای

تعیین توالی انتخاب می‌شود. نتیجه حاصل از تعیین توالی، مشخص شدن ترتیب بازهای آدنین (A)، گوانین (G)، سیتوزین (C) و تیمین (T) در ژن مورد نظر است. پس

از تهیه بارکد، اطلاعات را می‌توان در بانک‌های اطلاعاتی ذخیره کرد و به‌عنوان کتابخانه مرجع برای شناسایی گونه‌های مجهول یا مورد مطالعه مورد استفاده قرار داد.

بسیاری با هم دارند. تشخیص دقیق و بدون ابهام ماهی‌ها و محصولات آن‌ها، از تخم تا ماهی بالغ، در بسیاری از مناطق اهمیت دارد. این امر

به مدیریت پایدار ذخایر شیلاتی و بهبود حفاظت از بوم‌سازگان کمک خواهد کرد. بنابراین، تکنیک بارکدگذاری DNA می‌تواند در تشخیص دقیق گونه‌های ماهیان مؤثر باشد. پویش (کمپین) بین‌المللی بارکدگذاری ماهی^۱

متعلق به کنسرسیوم بین‌المللی بارکد DNA برای شناسایی گونه‌ها (iBOL)، پایگاه داده استاندارد شده‌ای برای توالی مرجع همه ماهیان

ایجاد کرده است. تا امروز ۱۰۰۹۷ گونه ماهی در این پایگاه اطلاعاتی بارکدگذاری شده‌اند. با توجه به پیچیدگی و محدودیت خصوصیات ریختی در تاکسونومی سنتی، چندین روش مبتنی بر PCR برای آنالیز ژنوتیپ، به منظور

شناسایی گونه‌های ماهیان، به‌ویژه تخم، لارو و محصولات تجاری، توسعه یافته است. آنالیز توالی قطعات مختص به گونه DNA (اغلب ژن‌های میتوکندریایی یا ریبوزومی) و PCR قطعات حفاظت شده DNA برای تشخیص گونه‌های ماهی به کار می‌رود. با این حال، این روش‌های مولکولی به گونه‌های خاص شناخته شده محدودند و به آسانی قابل استفاده برای محدوده وسیعی از ماهیان نیستند. بنابراین، برای ماهیان، قطعه‌ای از DNA با ۶۵۲ جفت باز نزدیک به ناحیه انتهایی ۵' ژن میتوکندریایی سیتوکروم اکسیداز زیرواحد I پیشنهاد شده است.

روش کار

به منظور تهیه بارکد DNA گونه مورد مطالعه، بعد از صید و تهیه نمونه ماهی، از بخش‌های مختلف بدن برای استخراج DNA استفاده می‌شود. از بافت‌های مختلف بدن ماهی از جمله بافت آبشش، عضلات، چشم، کل بدن ماهی در ماهیانی که اندازه کوچکی دارند

• محدودیت‌های ذاتی در سامانه‌های تشخیصی مبتنی بر خصوصیات ریختی، محققان را بر آن داشته که به دنبال روش‌های مولکولی برای تشخیص گونه‌ها باشند

• پس از تهیه بارکد، اطلاعات را می‌توان در بانک‌های اطلاعاتی ذخیره و به‌عنوان کتابخانه مرجع برای شناسایی گونه‌های مجهول مورد استفاده قرار داد

پی‌نوشت‌ها

1. FISH-BOL
2. <http://www.fishbol.org>

منابع

1. Jun-Bin Zhang, Robert Hanne (2011), **DNA barcoding is a useful tool for the identification of marine fishes from Japan**. Biochemical Systematics and Ecology, Volume 39, Issue 1, Pages 31-42.
2. Lise Frézal, Raphael Leblois, (2008), **Four years of DNA barcoding: Current advances and prospects** Infection, Genetics and Evolution, Volume 8, Issue 5, Pages 727-736.
3. Nicolas Hubert, Erwan Delrieu-Trottin, Jean-Olivier Irisson, Christopher Meyer, Serge Planes (2010), **Identifying coral reef fish larvae through DNA barcoding: A test case with the families Acanthuridae and Holocentridae**, Molecular Phylogenetics and Evolution, Volume 55, Issue 3, Pages 1195-1203.

سازوکارهای مولکولی گل دهی

حمید اسدی

دبیر زیست‌شناسی ناحیه ۲ قم
کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی

کلیدواژه‌ها: مریستم، L₁، L₂، L₃، تونیکا، کورپوس، سلول‌های بنیادی، CLV₁، CLV₂، CLV₃.

مقدمه

تغییرات محیطی مؤثر بر رشد، به‌عنوان نیروهای کمکی، طرح پیکر گیاهان را بعد از جنین‌زایی تنظیم می‌کنند. این انعطاف‌پذیری در نمو و اندام‌زایی را منبعی از سلول‌ها که خاصیت چندتوانی و قدرت تقسیم فراوان دارند و در ساختارهایی به نام مریستم مستقرند، فراهم می‌کنند.

دو گروه از سلول‌های مریستمی طی جنین‌زایی به‌وجود می‌آیند. این سلول‌ها در طول زندگی گیاه در دو قطب رشد می‌کنند. مریستم انتهایی ساقه معمولاً بخش‌های هوایی گیاه را ایجاد می‌کند و مریستم انتهایی ریشه ایجادکننده بخش‌های زیرزمینی است. مریستم انتهایی ساقه پیوسته سلول‌هایی تولید می‌کند که برای تولید بافت‌های ایجادکننده ساقه، اندام‌های جانبی (مانند ساقه، برگ‌ها و گل‌ها) و مریستم‌های جانبی با یکدیگر هماهنگی و همکاری می‌کنند.

وضعیت ظاهری مریستم انتهایی ساقه

بعد از یک مرحله رشد رویشی که طی آن بافت‌های ساقه و برگ‌ها شکل می‌گیرند، مریستم انتهایی ساقه و هر یک از مریستم‌های جانبی به مریستم گل‌دهنده (گل‌آذین) که گل ایجاد می‌کند، تبدیل می‌شود. گل‌ها به وسیله انواع مخصوصی از مریستم‌ها، به نام مریستم‌های گل که آن‌ها نیز از مریستم ساقه به‌وجود می‌آیند، ایجاد می‌شوند. بر حسب جایگاه سلولی، مریستم گل همان سازمان‌دهی مریستم انتهایی ساقه را دارد؛ اما از دو نظر با آن متفاوت است:

• مریستم‌های گل ساختارهای رویشی ایجاد نمی‌کنند، بلکه فقط گل ایجاد می‌کنند.

• مریستم‌های گل ساختارهایی پایان‌دهنده هستند، یعنی فعالیت

زودگذر دارند و بعد از آنکه به مقدار کافی سلول برای تشکیل اجزای گل تولید کردند کار خود را متوقف می‌کنند. پایان یافتن کار مریستم گل به فعالیت عامل‌های خاصی نیاز دارد که در مریستم ساقه حضور ندارند (Cristel et al, 2003).

ساختار مریستم انتهایی ساقه

تحلیل‌های سلول‌شناختی و بافت‌شناختی در برخی از گونه‌های

گیاهان گل‌دار (نهان‌دانگان) دو وضعیت ساختاری اصلی را برای مریستم انتهایی ساقه آشکار ساخته است: لایه‌ها و نواحی^۱ (شکل‌های ۱ و ۲).

لایه‌ها

اولین و مشخص‌ترین وضعیت مریستم انتهایی ساقه به صورت چند لایه سلولی است. در ابتدا مریستم انتهایی ساقه به تونیکا و کورپوس تقسیم می‌شود (F, 2006). ax or (E. Tax). ناحیه تونیکا، شامل ۱ تا ۵ لایه کلونی سلولی

است که در بیشتر دو لپه‌ای‌ها دو لایه‌ای (L₁ و L₂) و در تک لپه‌ای‌ها یک لایه‌ای (L₁) است (Cristel et al, 2003; GroB et al, 2003).

et al سلول‌های لایه L₁ فقط به صورت آنتی‌کلینال

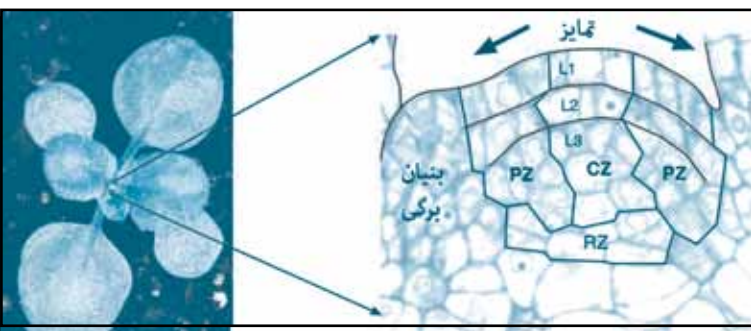
تقسیم می‌شوند که نتیجه آن حفظ لایه سلولی L₁ در مریستم است. این لایه در واقع از یک لایه سلولی ضخیم ساخته می‌شود و در طول اندام‌زایی باقی می‌ماند.

در لایه L₂ نیز تا حد زیادی تقسیم از نوع آنتی‌کلینال است که یک جمعیت سلولی کاملاً مجزا از دیگر لایه‌های سلولی را تشکیل می‌دهد. اما سلول‌های لایه L₂ طی نمو اندام‌ها علاوه بر تقسیم آنتی‌کلینال، به صورت پری‌کلینال نیز تقسیم می‌شوند، ولی از

• اولین و مشخص‌ترین وضعیت مریستم انتهایی ساقه به صورت چند لایه سلولی است. در ابتدا مریستم انتهایی ساقه به تونیکا و کورپوس تقسیم می‌شود

ساقه می‌شود که عبارت‌اند از (شکل‌های ۱ و ۲):

- ناحیه جانبی یا پیرامونی^۴،
- ناحیه مرکزی^۵،
- ناحیه مریستم زمینه‌ای^۶



شکل ۲. سازمان دهی مریستم انتهایی ساقه. دانه‌زست آرابیدوپسیس که از انتها نشان داده شده (سمت چپ). برش طولی از مریستم انتهایی و طرح تقریبی نواحی، PZ، CZ و RZ (سمت راست).

اندام‌های جانبی از سلول‌هایی که از ناحیه جانبی PZ به خدمت گرفته شده‌اند به وجود می‌آیند (Bowman.J. et al, 2000) در حالی که بافت‌های ساقه از سلول‌های ناحیه مریستم زمینه‌ای RZ به وجود می‌آیند.

با استفاده از کایمرها مشخص شده است که در هر لایه مریستمی در رأس ساقه دست کم ۳ الی ۴ سلول بنیادی وجود دارد که با یکدیگر ناحیه مرکزی (CZ) را تشکیل می‌دهند. نگه داری این منبع سلول‌های بنیادی در ناحیه مرکزی مریستم انتهایی ساقه برای اینکه مریستم انتهایی ساقه رشد نامحدود داشته باشد، لازم است (Stahl.et.al, 2005).

بنابراین، ناحیه مرکزی به عنوان ذخیره‌ای از سلول‌های بنیادی عمل می‌کند که تأمین کننده سلول‌های لازم برای ناحیه جانبی (PZ) و نیز برای ناحیه مریستم زمینه‌ای (RZ) هستند، به علاوه، یک پارچگی در ناحیه مرکزی را نیز حفظ می‌کند (Bowman et al, 2000).

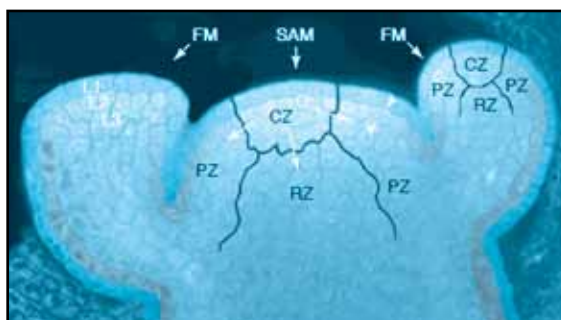
البته می‌توان یک ناحیه دیگر هم به این سه ناحیه اضافه کرد: ناحیه‌ای که از هم پوشانی L۳ و ناحیه مرکزی به وجود می‌آید و به عنوان مرکز سازماندهی (OC)^۷ عمل می‌کند. این منطقه شامل سلول‌های مجاور زیرین سلول‌های بنیادی است. بنابراین، منطقه ناحیه مرکزی شامل دو بخش است: در قسمت بالا سلول‌های بنیادی و در زیر آن منطقه سازماندهی قرار می‌گیرد (Wang et al, 2008). سلول‌های

بنیادی ذخیره که در انتهایی ترین نقطه مریستم انتهایی ساقه واقع شده‌اند، با تجدید کردن خود، کلید رشد و نمو پیوسته بخش‌های هوایی گیاهان عالی هستند. این سلول‌های بنیادی به آرامی تقسیم و سلول‌های دختری

لایه‌های سلولی زیرین خود L۳ تا حد زیادی جدا باقی می‌مانند. لایه L۳ متفاوت است و سلول‌های آن به طور مرتب در جهات مختلف تقسیم می‌شوند. این لایه زیرین L۳ همان کورپوس است (Clark et al, 2001).

در گیاه آرابیدوپسیس لایه L۱ در ایجاد روپوست برای ساقه، برگ‌ها و گل‌ها و لایه L۲ در ایجاد بافت‌های زمینه‌ای^۲ و سلول‌های بنیادی جنینی^۳ (Clark et al 2001)، گامت‌ها (Stahl et al, 2005) و لایه L۳ در ایجاد بافت‌های آوندی ساقه و بیشتر بافت‌های درونی برگ‌ها و گل‌ها کمک می‌کنند. (Cristel et al, 2003)

L۱، L۲ و L۳ در واقع کلونی‌های سلولی هستند که در طول نمو حفظ می‌شوند. این امر امکان پذیر است، چون همان‌طور که گفتیم تقسیم سلولی در L۱ و L۲ از نوع آنتی کلینال است (هنگام تشکیل اندام‌ها در L۲ تقسیم پری کلینال هم وجود دارد)؛ بنابراین، سلول‌ها در لایه‌ای که از آن ایجاد شده‌اند باقی می‌مانند و در L۳ سلول‌ها در همه جهات تقسیم می‌شوند، اما به طور کلی سلول‌های حاصل نمی‌توانند سلول‌های لایه L۲ را که در همسایگی آن‌ها هستند مورد هجوم قرار دهند. یک چنین جدایی‌های دقیق لایه‌ها در کل مریستم انتهایی ساقه، برای فعالیت سلول‌های بنیادی در هر لایه مجزا ضرورت دارد (Stahl et al, 2005).

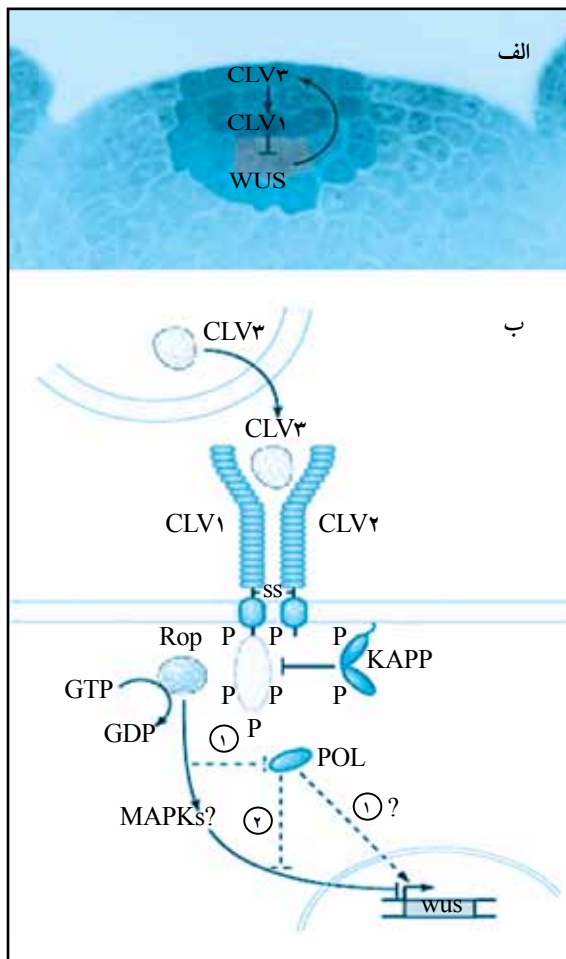


شکل ۱. در این شکل لایه‌ها و مناطق موجود در مریستم انتهایی ساقه مشخص شده‌اند. دولایه سلولی اپیدرمی L۱ و زیر اپیدرمی L۲ تونیکا و لایه داخلی L۳ کورپوس را تشکیل می‌دهند. دو پیکان کوتاه موجود در لایه L۲ یک سلول در حال تقسیم (عمود بر سطح یا آنتی کلینال) را نشان می‌دهد. خطوط تیره نشان دهنده مرزهای تقریبی بین نواحی مختلف مریستمی‌اند. سلول‌های نواحی جانبی (PZ) برای تولید اندام‌های جانبی، سلول‌های ناحیه RZ برای رشد ساقه عمل و سلول‌های ناحیه مرکزی (CZ) به عنوان مرکز تولید سلول برای PZ و RZ عمل می‌کنند. اگرچه سلول‌های ناحیه PZ و CZ از نظر بافت‌شناسی قابل تشخیص‌اند، ولی مرز مشخص و دقیقی بین آن‌ها وجود ندارد. نواحی PZ و CZ شامل سلول‌های تونیکا و کورپوس هستند در حالی که ناحیه RZ در لایه‌های عمقی کورپوس قرار دارد و زیرنواحی دیگر مدفون شده است.

نواحی

آرایش سلول‌ها بر اساس تراکم سیتوپلاسم سلول‌ها و سرعت تقسیم آن‌ها منجر به ایجاد سه ناحیه مجزا در مریستم انتهایی

• در گیاه آرابیدوپسیس لایه L۱ در ایجاد روپوست برای ساقه، برگ‌ها و گل‌ها و لایه L۲ در ایجاد بافت‌های زمینه‌ای و سلول‌های بنیادی جنینی، گامت‌ها و لایه L۳ در ایجاد بافت‌های آوندی ساقه و بیشتر بافت‌های درونی برگ‌ها و گل‌ها کمک می‌کنند



شکل ۳. سلول‌های بنیادی در مریستم انتهای ساقه از طریق حلقه باز خوردی CLAVATA-WUSCHEL تنظیم می‌شوند. بیان ژن CLV۳ اساساً به لایه‌های L۱ و L۲ ناحیه مرکزی محدود می‌شود. ژن WUS در برخی از سلول‌های ناحیه مرکزی که با همدیگر ناحیه سازماندهی را تشکیل می‌دهند بیان می‌شود. حلقه باز خوردی CLV-WUS تشکیل شده است از یک پیام با واسطه WUS از ناحیه سازماندهی که هویت سلول‌های بنیادی را در لایه‌های بیرونی تعیین می‌کند و مسیر پیام‌دهی CLV که اندازه ناحیه سازماندهی محل بیان ژن WUS را محدود می‌کند (الف). مسیر پیام‌دهی CLV در سطوح سلولی CLV۱،۲ گیرنده‌های پروتئینی غنی از تکرارهای لوئسینی (LRR) هستند. این گیرنده می‌تواند از طریق سیستم‌های حفاظت شده کناری ناحیه LRR پل‌های دی سولفیدی (S-S) تشکیل و به صورت هومو یا هتروداایمر درآیند. اتصال CLV۳ به جایگاهی که توسط CLV۱،۲ ایجاد شده است سبب تشکیل مجموعه KD ۴۵۰ می‌شود. در قسمت پائین دست، یک پروتئین فسفاتاز (KAPP) و یک GTP-از مشابه RhO وجود دارد. KAPP تنظیم‌کننده منفی پیام‌دهی CLV است که قادر به دفسفریله کردن ROP CLV۱ (hsj یک پیام‌گیر از طریق CLV۱ و انتقال آن به هدف‌های پائین دستی است. احتمالاً ROP از طریق آشارهای MAPK عمل می‌کند. یکی دیگر از مهارکننده‌ها POL است که تنظیم‌کننده منفی پیام‌دهی CLV۳ است و در پائین دست CLV۱ عمل می‌کند (ب).

می‌کند (Williams et al, 2005). اما نمی‌تواند در حفظ تعداد کافی از سلول‌های بنیادی برای حفظ طولانی مدت رشد و نمو موفق عمل کند (Cristel et al, 2003).

• با استفاده از کایمرها مشخص شده است که در هر لایه مریستمی در رأس ساقه دست کم ۳ الی ۴ سلول بنیادی وجود دارد که با یکدیگر ناحیه مرکزی (CZ) را تشکیل می‌دهند

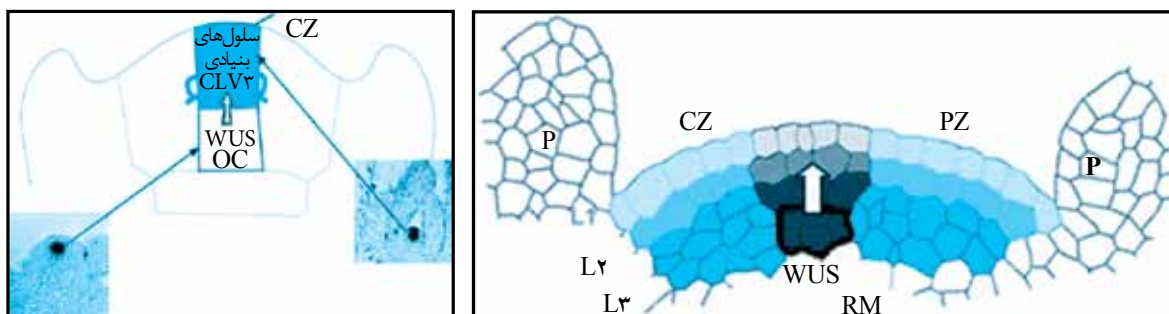
ایجاد می‌کنند که ممکن است دو نوع سرنوشت داشته باشند. آن دسته از سلول‌های دختری که در ناحیه مرکزی توقف می‌کنند به شکل سلول‌های بنیادی باقی می‌مانند؛ در حالی که دیگر سلول‌های دختری به‌طور پیوسته از ناحیه مرکزی به سمت بیرون، یعنی به ناحیه جانبی یا به سمت پائین به قسمت‌های درونی‌تر تغییر مکان می‌دهند. این سلول‌ها نسبت به سلول‌های بنیادی مرکزی با سرعت بیشتری تقسیم می‌شوند و سلول‌هایی پایه‌گذار، هم برای تشکیل اندام‌های جانبی و هم برای ساقه اصلی را فراهم می‌کنند.

اگرچه حرکت پیوسته سلول‌های دختری حاصل از سلول‌های بنیادی در جهت ایجاد اندام‌های جانبی است، تعداد سلول‌های بنیادی ثابت باقی می‌ماند. این نشان می‌دهد که به کارگیری سلول‌ها در جهت تشکیل اندام‌های جدید به دقت از طریق تشکیل سلول‌های بنیادی جدید مشتق شده، تنظیم می‌شود (Williams et al, 2005).

حفظ مریستم انتهایی ساقه به وسیله حلقه باز خوردی^۸ CLV-WUS

تعداد سلول‌های بنیادی در مریستم انتهایی ساقه آرابیدوپسیس به وسیله دو مسیر مخالف تنظیم می‌شود که فعالیت سلول‌های بنیادی را به ترتیب افزایش یا کاهش می‌دهند. این دو مسیر با تبادل سیگنال‌ها در ابتدا و نوک - قاعده محور گیاه بین سلول‌های بنیادی مریستم رأسی با سلول‌های ناحیه مرکز سازماندهی درگیرند (Stahl et al, 2005). مطالعات در آرابیدوپسیس آشکار کرده‌اند که مدار فیدبکی CLV-WUS نقش اصلی را در نگهداری فعالیت‌های مریستم انتهایی ساقه دارد (wang et al, 2008). ژن‌هایی که در این مسیر فیدبکی دخالت دارند ژن‌های CLV۳, CLV۲, CLV۱ و ژن WUS (در زبان آلمانی یعنی ژولیدگی مو) هستند. (شکل‌های ۴ و ۵). یک مدار فیدبکی بین سلول‌های بنیادی و سلول‌های مرکز سازماندهی با واسطه ژن‌های CLV۳ و WUS وجود دارد. علامت‌دهی با واسطه ژن WUS از مرکز سازماندهی جهت تعیین هویت سلول‌های بنیادی که در دورترین لایه‌های سلولی مریستم انتهایی واقع هستند و برگشت سیگنال از طریق ژن CLV برای محدود کردن اندازه مرکز سازماندهی که بیان‌کننده ژن WUS هستند، صورت می‌گیرد.

جایگاه بیان ژن WUS به بخشی از لایه L۳ محدود می‌شود که در ناحیه مرکزی قرار دارد و به‌عنوان مرکز سازماندهی عمل می‌کند و سلول‌های بنیادی در بالای این منطقه در همسایگی قرار می‌گیرند (Criste et al, 2003). پس سلول‌های مرکز سازماندهی ژن WUS را بیان می‌کنند و این ژن یک فاکتور رونویسی هومئودومینی را از اعضای خانواده WOX



شکل ۴. یکی از اجزای کلیدی مسیر افزایش سلول‌های بنیادی، ژن *WUS hsj* در نبود عمل ژن *WUS* مریستم انتهایی ساقه ایجاد می‌شود.

قادرند به سیگنال‌های ژن *WUS* در خارج از جایگاه خود پاسخ بدهند؟

آن دسته از سلول‌های لایه L_1 که در ناحیه مرکزی قرار گرفته‌اند به‌طور مؤثری از طریق اتصالات سیتوپلاسمی (پلاسمودسم‌ها) با یکدیگر پیوند برقرار می‌کنند و حرکات مولکولی بین آن‌ها آسان است؛ در حالی که این سلول‌ها نسبت به سلول‌های احاطه‌کننده جانبی عایق هستند، یعنی ارتباط سیتوپلاسمی با آن‌ها ندارند، اگر این مطلب درست باشد، برای همه سلول‌های ناحیه مرکزی چنین عایق سیتوپلاسمی می‌تواند توضیح دهد که چرا سیگنال‌های با واسطه ژن *WUS* فقط سلول‌های محدود شده‌ای را در ناحیه مرکزی هدف‌گیری می‌کنند. (GroB et al, 2003)

هم‌چنین نتیجه نبود عمل ژن *WUS* تشخیص غلط سلول‌های بنیادی و پایان زودرس مریستم انتهایی ساقه است. بنابراین، ژن *WUS* برای باقی ماندن ذخیره سلول‌های بنیادی ضروری است (Williams et al, 2005).
موتان‌های ژن (*WUS*) تشکیل بنیان‌های خارج از جایگاه خود، با سلول‌های مریستمی بزرگ‌تر و با واکوئل‌های بیشتر نسبت به نوع وحشی را نشان می‌دهند (Wang et al, 2008). ژن *WUS* ابتدا در مرحله ۱۶ سلولی جنین‌زایی در سلول‌هایی که مریستم انتهایی ساقه را تشکیل می‌دهند، بیان می‌شود (Laux et al, 2004) و بعد از آن RNAی مربوط به ژن *WUS* فقط در سلول‌های ناحیه مرکز سازماندهی ظاهر می‌شود که در همسایگی و در زیر سلول‌های بنیادی واقع شده‌اند (Stahl et al, 2005; Williams et al, 2005).

سیگنال‌های CLV تنظیم

کننده فعالیت ژن *WUS*

در این لوپ ژن‌های CLV_1 ، CLV_2 و CLV_3 جمعیت سلول‌های بنیادی را هم در مریستم انتهایی ساقه و هم در مریستم گل تعیین می‌کنند (Wang et al, 2008). ایجاد موتاسیون در یکی از این سه ژن باعث تجمع سلول‌های بنیادی

• آن دسته از سلول‌های لایه L_1 که در ناحیه مرکزی قرار گرفته‌اند به‌طور مؤثری از طریق اتصالات سیتوپلاسمی (پلاسمودسم‌ها) با یکدیگر پیوند برقرار می‌کنند و حرکات مولکولی بین آن‌ها آسان است
• افزایش اندازه مریستم در موتان‌های CLV_1 نشان می‌دهد که مسیرهای سیگنالینگ (*CLV*) اندازه سلول‌های بنیادی را محدود می‌کند

سلول‌های صلاحیت‌دار

بنیادی می‌توانند به سیگنال‌های مولکولی فعال شده توسط ژن *WUS* پاسخ دهند، برای مثال، ممکن است کروماتین آن‌ها شکل فضایی خاصی داشته باشند، یا گیرنده‌های مخصوصی را بیان می‌کنند که قادرند به سیگنال‌های مولکولی پاسخ دهند. مطالعات جدید مدارکی فراهم کرده‌اند

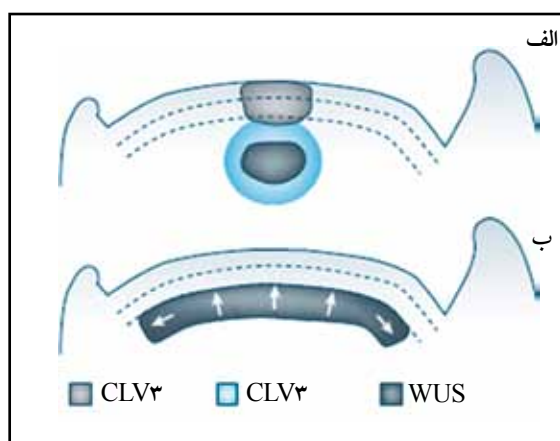
که از تئوری سلول‌های بنیادی صلاحیت‌دار حمایت می‌کنند (Williams et al, 2005). تا به حال هیچ نشانی از اینکه پروتئین، ژن *WUS* خود به سمت بیرون و به سمت سلول‌های همسایه حرکت کند وجود ندارد. (مانند آنچه برای دیگر عامل‌های رونویسی گیاهی مشاهده شده) اما ژن *WUS* ممکن است سیگنالی ایجاد کند و هویت سلول‌های بنیادی را در همسایگی ارتقا دهد (Wang et al, 2008; stahl et al, 2005).
در مریستم انتهایی پیام‌دهی سلول‌های بنیادی و سلول‌های مرکز سازماندهی باید درست روی سلول‌های بنیادی مشخصی، هدف‌گیری بشود و از سلول‌های دیگر دور نگه داشته شود، برای مثال، چطور شناسایی سلول‌های بنیادی به سلول‌های بالای مرکز سازماندهی محدود می‌شود در حالی که بقیه سلول‌های مریستم انتهایی هم

در مریستم‌های ساقه و گل می‌شود. مریستم‌های موتان‌های *CLV* سلول‌های بنیادی بیشتری را از آنچه برای حمایت از رشد نرمال مریستمی لازم است، در ناحیه مرکزی نگهداری می‌کنند. در نتیجه، مریستم توسعه یافته و شکلی مانند کمر بند ایجاد می‌شود (شکل ۶). این افزایش اندازه ناحیه مرکزی همچنین اثر مستقیمی روی تعداد اندام‌ها دارد به‌خاطر اینکه ناحیه جانبی *PZ* که ناحیه مرکزی (*CZ*) را احاطه کرده به همان نسبت افزایش پیدا می‌کند که فرصت می‌دهد تا اندام‌های بیشتر تشکیل شود، در یک نمو نرمال و طبیعی ژن‌های *CLV* با همدیگر عمل و تکثیر سلول‌های بنیادی را محدود می‌کنند. CLV_1 یک رستپورکیناز را کد می‌کند که شامل سه بخش است:

- بخش خارج سلولی، غنی از تکرارهای لوسینی LRR،
- TMD

• دُمین سرین/اترئونین کیناز سیتوپلاسمی.

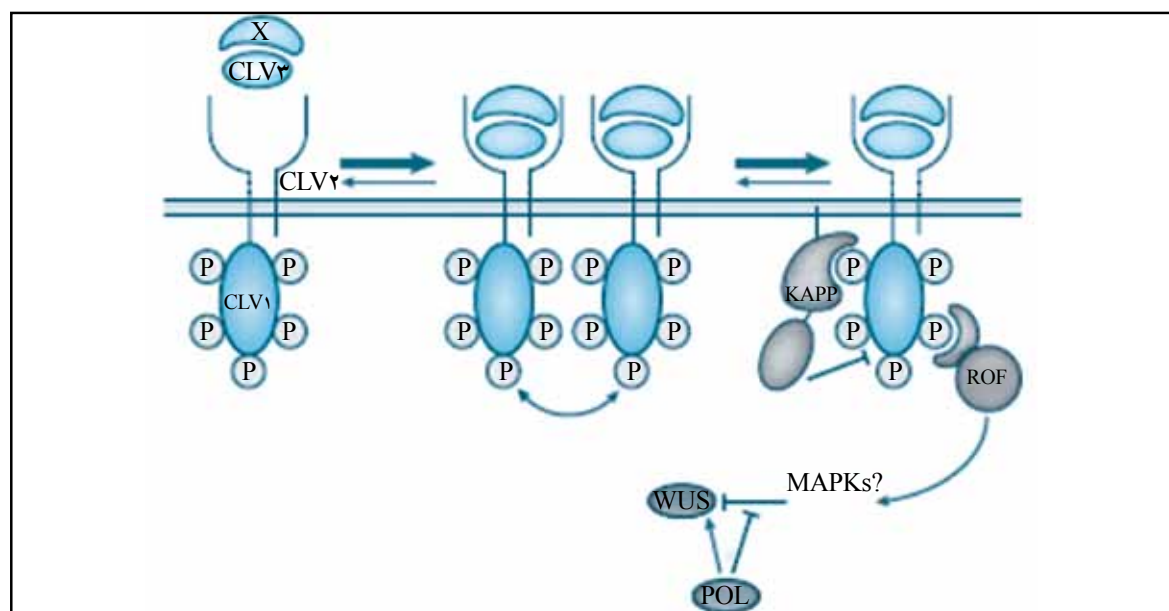
CLV₁ توسط سلول‌های لایه L₃ در ناحیه مرکزی (CZ) که سلول‌های بیان‌کننده (ژن WUS) را در برگرفته‌اند بیان می‌شود. CLV₂ پروتئینی را کد می‌کند که LRR رستپور است و فاقد نیمه‌کینازی است. محصول ژن‌های CLV₁ و CLV₂ با هم یک رستپور هتروداایمری را شکل می‌دهند تا هسته یک رستپور بزرگ‌تر و پیچیده‌تر تشکیل شود (Stahl et al, 2005, شکل‌های ۴ و ۷).



شکل ۵. نواحی تقریبی بیان (mRNA) برای ژن‌های CLV₁ و CLV₂ و WUS. توجه کنید که ژن WUS در سلول‌هایی که بلافاصله در زیر سلول‌های بنیادی قرار گرفته‌اند بیان می‌شود. عمل ژن‌های CLV₁ و CLV₂ مهار ژن WUS است. همچنان که ناحیه بیان ژن WUS و سلول‌های بنیادی در گیاهان موتان CLV توسعه پیدا می‌کنند (الف). بیان ژن WUS در موتان‌های CLV پیکان‌ها نشان می‌دهند که بیان ژن WUS به سمت نواحی جانبی و انتهایی توسعه پیدا می‌کند (ب).

افزایش اندازه مریستم در موتان‌های CLV₁ نشان می‌دهد که مسیرهای سیگنالینگ (CLV) اندازه سلول‌های بنیادی را محدود می‌کند. به عبارت دیگر CLV مخالف ژن WUS عمل می‌کند. در واقع در موتان‌های CLV، در یک محدوده وسیع ژن WUS بیان می‌شود و این نشان می‌دهد که ژن WUS به صورت منفی توسط ژن‌های CLV تنظیم می‌شود. ژن CLV₃ یک پروتئین کوچک ترشحی را کد می‌کند و فقط در سلول‌های بنیادی بیان می‌شود (Stahl et al, 2005). این پلی‌پپتید ۹۶ آمینواسیدی اساساً در لایه‌های L₁, L₂ ناحیه مرکزی بیان می‌شود (Cristel et al, 2003). مطالعات ژنتیک مدارک محکمی فراهم کرده است که این سه ژن (CLV₁, CLV₂ و CLV₃) به صورت مشترک در یک مسیر ترارسانی پیام برای نگهداری تعادل بین CZ و PZ عمل می‌کنند. پیشنهاد شده است که CLV₁ و CLV₂ تشکیل یک کمپلکس هترومیریک می‌دهند که در آن CLV₁ به وسیله CLV₂ تثبیت می‌شود و پیشنهاد شده است که CLV₃ به عنوان یک لیگاند که رستپور کمپلکس CLV₁-CLV₂ را فعال می‌کند، عمل می‌کند هر چند هیچ مدرک مولکولی وجود ندارد که برهم‌کنش مستقیم بین CLV₃ با کمپلکس CLV₁-CLV₂ را در سلول نشان دهد (Wang et al, 2008).

شواهد موجود در حال حاضر از مدلی پشتیبانی می‌کند که به کمک آن CLV₃ از طریق سلول‌های بنیادی ترشح می‌شود و مسیر پیام‌رسانی CLV₁ را در سلول‌هایی که در اطراف ناحیه مرکز سازمان دهی و در زیر سلول‌های بنیادی واقع شده‌اند، جهت مهار بیان ژن WUS فعال می‌کند. از آنجا که بیان CLV₃ در سلول‌های بنیادی مریستم ساقه دوباره به بیان ژن WUS وابسته است، این تنظیم دو



شکل ۶ اتصال CLV₁ و CLV₂ از طریق تشکیل پل‌های دی‌سولفیدی بین جفت سیستئین‌های حفظ شده در کناره‌های دُمین LRR آن‌هاست (Cristel et al, ۲۰۰۳).

سعید پیرمرادی

کارشناس ارشد زیست‌شناسی سلولی مولکولی
دبیر زیست‌شناسی شهرستان دلفان (استان لرستان)

گفت‌وگوی باکتری‌ها!

گفت‌وگو

مقدمه

از زمان کشف زندگی
باکتری‌ها تصور می‌شد که
چون این موجودات ساده
زندگی تک‌سلولی دارند، تنها

هدف و کار آن‌ها تقسیم‌شدن و ایجاد تعداد بیشتری باکتری است. بر این اساس معتقد بودند که باکتری‌ها موجودات منفردی هستند و به‌صورت انفرادی به تحریکات خارجی پاسخ می‌دهند. این نظریه در سال‌های اخیر دچار تغییرات بسیاری شده است. اکنون مشخص شده است که تعداد زیادی از فرایندهای رشد و نمو و سایر رفتارهایی که در باکتری‌های منفرد وجود ندارند و معمولاً در یک موجود پرسلولی مشاهده می‌شوند، از عوامل ضروری و حیاتی در زندگی این میکروارگانیسم‌ها محسوب می‌شوند. چندین مطالعه ژنتیکی و بیوشیمیایی در سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ شواهد و مدارک کاملی مبنی بر وجود یک «رفتار اجتماعی سازمان یافته» که سیستم‌های ارتباطی پیچیده‌ای را به خدمت می‌گیرند، ارائه کردند. اگرچه در ابتدا این پدیده نادر به‌نظر می‌رسید و شامل چندین مثال محدود بود، اما اکنون این مسئله به‌صورت فزاینده‌ای مطرح می‌شود که دامنه وسیعی از میکروارگانیسم‌ها توانایی درک کردن و پاسخ به جمعیت سلولی اطراف خود را دارند. اصطلاح «حس رسیدن به حد نصاب» برای توصیف چنین پدیده‌ای که وابسته به تراکم جمعیت است، به‌کار برده شد. اصطلاح انگلیسی «Quorum sensing» معادل «حس رسیدن به حد نصاب»، برای اولین بار در سال ۱۹۹۴ در یک مقاله مروری مورد استفاده قرار گرفت (۱) و اساساً منعکس‌کننده حداقل آستانه توده سلول‌های منفرد برای شروع یک پاسخ دسته‌جمعی و هماهنگ است.

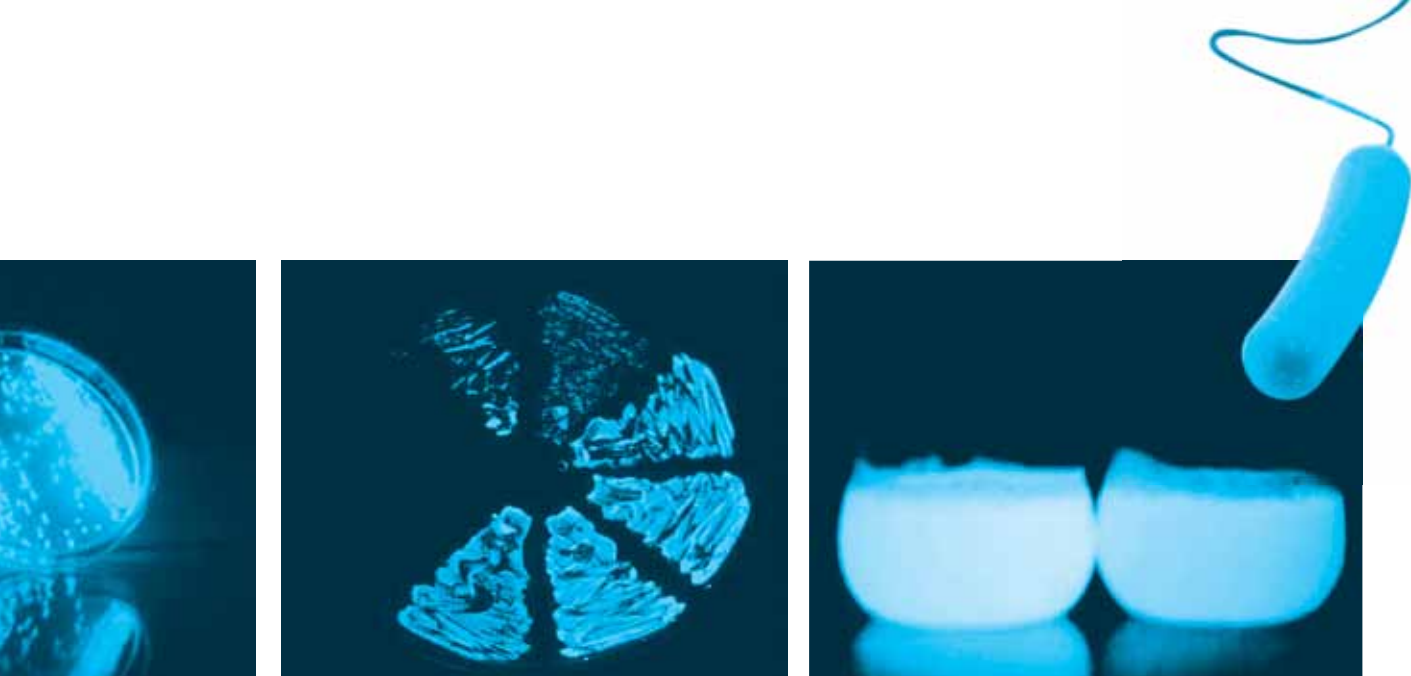
طرفه و وابستگی متقابل بین WUS و $CLV3$ را می‌توان به صورت یک فیدبک تنظیمی مدار بسته $CLV-WUS$ -feedback loop در نظر گرفت.

پی‌نوشت‌ها

1. zones
2. ground tissue
3. germ cell
4. Peripheral Zone
5. Central Zone
6. Rib Zone (Rib or Pith Meristem)
7. Organizing Center
8. $CLV-WUS$ feedback loop
9. Wuschel

منابع

1. Bowman.J and Eshed. Y.(2000) Formation and maintenance of the shoot apical meristem., Vol. 5. No. 3 1360 - 1385/00/\$ – see front matter © 2000 Elsevier Science Ltd. All rights reserved. PII: S1360-1385(00)01569-7
2. Clark.S. (2001) Macmillan Magazines Ltd CELL SIGNALLING AT THE SHOOT MERISTEM NATURE REVIEWS | MOLECULAR CELL BIOLOGY
3. Cristel C. Carles and Jennifer C. Fletcher.(2003) Shoot apical meristem maintenance: the art of a dynamic balance USDA/UC Berkeley, Plant Gene Expression Center, 800 Buchanan Street, Albany, CA 94710, USA .TRENDS in Plant Science Vol.8 No.8 August 2003
4. Groß-Hardt R. Laux T. Stem cell regulation in the shoot meristem(2003). Journal of Cell Science 116, 1659-1666 © 2003 The Company of Biologists Ltd. doi:10.1242/jcs.00406
5. Laux.T, Würschum.T and Breuninger.H. Genetic Regulation of Embryonic Pattern formation(2004). The Plant Cell 16:S190-S202
6. Mayer.K Schoof.H, Haecker.A, Lenhard.M, "rgens.G, and Laux.T*(1998) Role of WUSCHEL in Regulating Stem Cell Fate in the Arabidopsis Shoot Meristem. Cell, Vol. 95, 805–815, December 11, 1998,
7. Sablowski.R. Flowering and determinacy in Arabidopsis. Journal of Experimental Botany(2007) 58(5):899-907; doi:10.1093/jxb/erm002
8. stahl.Y and SIMON.R (2005). Plant stem cell niches. Int. J. Dev. Biol. 49: 479-489
doi: 10.1387/ijdb.041929ys
9. Tax.F or (E. Tax)F (2006) Meristems in the Movies: Live Imaging as a Tool for Decoding Intercellular Signaling in Shoot Apical Meristems The Plant Cell 18:1331-1337
10. Wang.Y. and Li.J. Molecular Basis of Plant Architecture. (2008). Annu. Rev. Plant Biol. 59:253–79. doi:10.1146/annurev.arplant.59.032607.092902
11. Williams.L and Fletcher.J. (2005). Stem cell regulation in the Arabidopsis shoot apical meristem. 1369-5266/\$ – see front matter # 2005 Elsevier Ltd. All rights reserved. DOI 10.1016/j.pbi.2005.09.010



کلیدواژه‌ها: حس رسیدن به حد نصاب، Quorum sensing، نورزایی زیستی.

نورزایی زیستی اولین فنوتیپ کشف شده‌ای است که توسط «حس رسیدن به حد نصاب» کنترل می‌شود

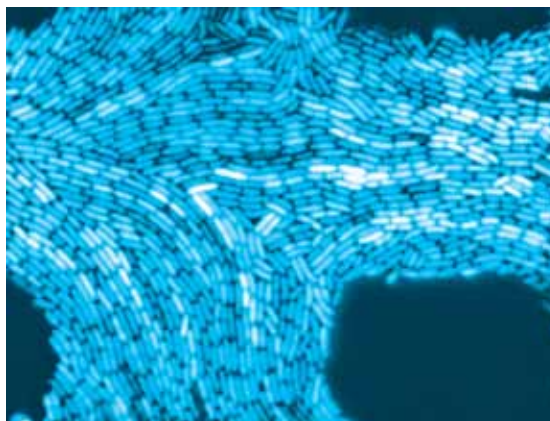
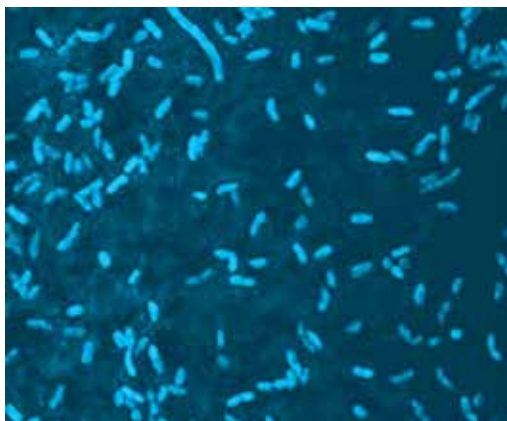
«حس رسیدن به حد نصاب» اولین بار در نوعی باکتری نورزای دریازی به نام *Vibrio fischeri* توصیف شد. در سال ۱۹۷۰ سه محقق از دانشگاه هاروارد مشاهده کردند تا زمانی که تراکم جمعیت این باکتری‌ها به حد خاصی نرسد، نور تولید نمی‌کنند. آنان براساس این مشاهده حدس زدند که ویژگی نورزایی *V. fischeri* احتمالاً به وسیله مولکول‌های پیام‌رسانی که بین سلول‌ها منتقل می‌شود، تنظیم می‌گردد. آن‌ها این مولکول‌های پیام‌رسان را «خودتحریک‌کننده»^۱ نامیدند. این نام به این مسئله اشاره داشت که خودتحریکی در پاسخ به مایع حاصل از محیط کشت باکتری‌ها ایجاد می‌شود. آنان نشان دادند که این مولکول‌ها می‌توانند وارد سلول‌های هدف شوند و بیان ژن‌های مسئول نورزایی زیستی (نورزایی زیستی) را فعال کنند^(۲). *V. fischeri* هم‌زیست اختیاری ماهی‌ها و نرم‌تن‌های مرکب دریایی است. باکتری در دستگاه نوری این جانوران دریازی زندگی و نوری تولید می‌کند که جانور با کمک آن از شکارچیان فرار می‌کند. در مقابل، باکتری از میزبان خود غذا و محل زندگی دریافت می‌کند^(۳). مطالعات بیشتر روی *V. fischeri* مشخص کرد که این باکتری خیلی سریع رشد می‌کند و وارد فاز ایستایی می‌شود اما فنوتیپ نورزایی زیستی تنها در حدود نیمه فاز لگاریتمی رشد (زمانی که تراکم سلولی به 10^{10} – 10^{11} سلول در هر میلی‌لیتر می‌رسد) به شکل ناگهانی افزایش می‌یابد. این افزایش ناگهانی در نورزایی زیستی به تنظیم رونویسی آنزیم لوسیفراز که خود وابسته به یک حد آستانه از تراکم سلول‌های باکتری است، نسبت داده می‌شود^(۴).

کاربردهای «حس رسیدن به حد نصاب»

روشن شدن برخی از جنبه‌های گفت‌وگوی باکتری‌ها (و نه همه آن‌ها) ایده‌هایی برای استفاده از این پدیده در ذهن محققان ایجاد کرده است: کنترل بیماری‌های گیاهی و جانوری، طراحی شبکه‌های ژنی سنتتیک، کاربردهای آن در تولید محصولات مفید و مضر تخمیری.

کنترل بیماری‌های گیاهی و جانوری

الف. تولید گیاهان تراژن: پدیده «حس رسیدن به حد نصاب» برای کنش بیان باکتری (چه پاتوژن و چه هم‌زیست) و گیاه میزبان ضروری است. فعال شدن و بروز صفاتی که مسئول کنش باکتری با گیاه میزبان هستند در مراحل زمانی مشخص، جای‌گیری موفقیت‌آمیزی را برای جمعیت باکتریایی در گیاه میزبان تضمین می‌کند. بروز زودهنگام این صفات ممکن است باعث تحریک سیستم دفاعی میزبان شود و بنابراین نابودکننده جمعیت باکتریایی باشد. از این ایده برای تولید گیاهان تراژنی که آنزیم‌های AHL^۲ سنتز باکتریایی را کم می‌کنند، به کار گرفته شده است. تولید مولکول‌های سیگنال AHL توسط گیاه تراژن پیامی اشتباهی به باکتری در مورد تراکم جمعیت آن‌ها می‌فرستد که نهایتاً باعث بروز صفات کنترل‌شونده به واسطه «حس رسیدن به حد نصاب» می‌شود و سیستم دفاعی میزبان را قبل از افزایش جمعیت باکتریایی تحریک می‌کند. به عنوان مثال، ژن *exp1* از باکتری *E. carotovora* را که مسئول سنتز 3-oxo-C6HSL است، وارد گیاه تنباکو کردند. نتایج نشان داد که گیاهان تراژن مولکول سیگنال AHL را تولید می‌کنند و مقاومت شدیدی نسبت به عفونت نوع وحشی باکتری *E. carotovora* نشان می‌دهند. اگرچه تولید گیاهان تراژن به وسیله کلون کردن AHL سنتزها امیدهایی را برای جلوگیری از بروز بیماری‌های گیاهی ایجاد کرده است، اما این مسئله می‌تواند همچنین سیستم‌های «حس رسیدن به حد نصاب» را در سایر فلورهای بالقوه مفید موجود در خاک، مورد هدف قرار دهد و منجر به



بروز نتایج و پیش‌آمدهای نامطلوب شود. از طرفی این راهکار ممکن است باکتری را مجبور کند تا از انواع دیگر مولکول‌های خودتحریک‌کننده برای سیستم «حس رسیدن به حد نصاب» استفاده کند که برخی از آن‌ها ممکن است واقعاً برای میزبان پاتوژن باشند(۵).

ب. کنترل تشکیل بیوفیلم: اغلب باکتری‌ها در طبیعت اجتماعی را روی سطوحی تشکیل می‌دهند. جوامع میکروبی یا بیوفیلم از باکتری‌هایی تشکیل شده‌اند که درون زمینه‌ای از جنس پلی‌ساکارید قرار دارند. باکتری‌ها به‌صورت تصادفی در این ماده زمینه‌ای توزیع نمی‌شوند، بلکه به‌صورت ساختارهایی سازمان‌یافته هستند. این شکل سازمان‌یافته به آن‌ها این امکان را می‌دهد که مواد غذایی و مواد زاید را به‌راحتی به درون و خارج از بیوفیلم منتقل کنند. بیوفیل‌ها در طبیعت ندرتاً از یک گونه باکتریایی خاص تشکیل یافته‌اند؛ بلکه در اجتماع بیوفیلم می‌تواند چندین گونه باکتری وجود داشته باشد. برای مثال بیوفیل‌های دهان (پلاک دندانی) از صدها گونه باکتری تشکیل شده‌اند. بیوفیلم از لحاظ بیماری‌زایی و کلینیکی مشکلی مهم و اساسی است؛ چرا که بیوفیلم باکتری‌ها مقاومت بالایی را به عوامل ضد میکروبی و مکانیسم‌های دفاعی میزبان نشان می‌دهند. بنابراین دانستن مکانیسم‌هایی که تشکیل بیوفیلم را کنترل می‌کنند مهم است. ارتباط سلول - سلول یکی از مکانیسم‌هایی است که برای توسعه و پایداری جوامع میکروبی و سازمان‌یابی بیوفیلم ارائه شده است. بنابراین تداخل با ارتباطات سلول - سلول در میکروارگانیسم‌ها به‌عنوان یک راهکار فرعی برای جلوگیری از تشکیل بیوفیلم پیشنهاد شده است(۶).

پی‌نوشت‌ها

1. Autoinducer

۲. آسیل هموسرین لاکتون‌ها (AHL) مهم‌ترین گروه خودتحریک‌کننده‌ها در باکتری‌های گرم منفی هستند.

منابع

1. Fuqua, W. C., Winans, S. C. and Greenberg, E. P. 1994. **Quorum sensing in bacteria: the LuxR-LuxI family of cell density-responsive transcriptional regulators.** J. Bacteriol. 176: 269-75.
2. Fuqua, C., M. R. Parsek, and E. P. Greenberg. 2001. **Regulation of gene expression by cell-to-cell communication: acyl-homoserine lactone quorum sensing.** Annu. Rev. Genet. 35: 439-68.
3. Visick, K. L. and McFall-Ngai, M. J. 2000. **An exclusive contract: specificity in the Vibrio fischeri-Euprymna scolopes partnership.** J. Bacteriol. 182: 1779-87.
4. Hastings, J. W. and Greenberg, E. P. 1999. **Quorum sensing: the explanation of a curious phenomenon reveals a common characteristic of bacteria.** J. Bacteriol. 181: 2667-68.
5. Dong, Y. H., L. H. Wang, J. L. Xu, H. B. Zhang, X. F. Zhang, and L. H. Zhang. 2001. **Quenching quorum-sensing-dependent bacterial infection by an N-acyl homoserine lactonase.** Nature 411:813-17.
6. Dong, Y.H., Wang, L.H., and Zhang, L.H. 2007. **Quorum-quenching microbial infections: mechanisms and implications.** Phil. Trans. R. Soc. B. 362: 1201-11.

مغز و موسیقی

پای صحبت اولیور ساکس استاد عصب‌شناسی و روان‌پزشک

گفت‌وگو: سوزان کروگلینسکی^۱
ترجمه: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

کلیدواژه‌ها: آفازی، زوال عقل، ساوانت.

اشاره

چندی است پژوهش‌های زیست‌شناسی گرایش بیشتری به کشف ساختار و کار مغز آدمی پیدا کرده و در این مورد پروژه‌های بزرگی در حال انجام‌اند. در چند شماره اخیر به معرفی برخی از این پژوهش‌ها پرداختیم. این گفت‌وگو در ادامه کارهای مشترک زیست‌شناسان و محققان دیگر در این زمینه است.

درباره اولیور ساکس

اولیور ولف ساکس^۲ در ۹ جولای ۱۹۳۳ در شمال لندن به دنیا آمد. پدرش پزشک و مادرش یکی از نخستین جراحان زن انگلستان بود. او در سال ۱۹۵۱ وارد کالج کوئین دانشگاه آکسفورد شد و در سال ۱۹۵۴ مدرک کارشناسی خود را در رشته‌های روان‌شناسی و زیست‌شناسی از این کالج گرفت، سپس تحصیلات تکمیلی خود را نیز در همین دانشگاه پی گرفت و پس از اخذ مدرک پزشکی از این دانشگاه، دوره فلوشیپ خود را در سانفرانسیسکو گذراند. او از سال ۱۹۶۵ به نیویورک کوچ کرد و هم‌اکنون استاد عصب‌شناسی و روان‌پزشکی دانشگاه کلمبیاست. بیشترین شهرت ساکس در نوشتن انبوهی از کتاب‌های پرفروش است که براساس تجربیات روان‌پزشکی و روان‌درمانی خود به رشته تحریر درآورده است.^۳ یکی از مشهورترین کتاب‌های او، کتاب Awakenings است (که شاید تنبیه‌ها ترجمه مناسبی برای آن باشد) که او آن را در سال ۱۹۷۳ نگاشت و براساس آن فیلمی نیز در سال ۱۹۹۰ ساخته شد که نامزد دریافت جایزه اسکار شد. این فیلم تلاش

دکتر مالکوم سایر را در مداوای بیماران در خود فرومانده کاتالونیایی به تصویر می‌کشد که عملاً فعالیت عادی‌شان متوقف شده است. از دیگر کتاب‌های مشهور ساکس، کتاب «عشق موسیقی: حکایت‌هایی از موسیقی و مغز» است که در این مصاحبه به آن پرداخته شده است.

● کتاب‌های شما به اندازه‌ای مشهورند که بیشتر مردم باور ندارند شما یک حرفه روزمره نیز دارید. کار روزانه شما چیست؟

من هر روز چند بیمار را ویزیت می‌کنم. برخی‌شان در آسایشگاه‌های سالمندان و برخی‌شان در انستیتوهای بیماری‌های مزمن همچون بیمارستان بث آبراهام^۴ که حوادث کتاب Awakenings حدود چهل سال پیش در آن می‌گذرد و با آسایشگاه‌های سالمندان وابسته به مؤسسه خیریه خواهران کوچک مساکین^۵ که با آن‌ها هم حدود چهل سال است همکاری می‌کنم. به کلینیک هم می‌روم و چند ویزیت خانگی هم انجام می‌دهم که از قضا خیلی به آن علاقه دارم. مثلاً من خودم شخصاً به شخصی با بیماری امیوزیا^۶ آناتوانی

در درک تون‌ها و ریتم‌های موسیقایی^۱ در برونس^۷ سر می‌زنم.

● زندگی بدون موسیقی این شخص چگونه می‌گذرد؟

او فردی باهوش است و قبلاً معلم بوده است. از اوان کودکی قادر به تشخیص هیچ نوع موسیقی نبوده، یعنی درواقع نمی‌توانسته چیزی به صورت موزیک بشنود. یک‌بار خودش به من گفت: «می‌خواهید بدانید وقتی موزیکی می‌شنوم چه حسی دارم؟ بروید آشپزخانه و قابلمه‌ها و ماهی‌تابه‌ها را پرت کنید. این، آن چیزی است که من می‌شنوم». بنابراین گرچه اشخاصی وجود دارند که به‌طور قابل توجهی قادر به تشخیص تون‌های موسیقی نیستند، ولی این ابداعاً قابل مقایسه با کسانی نیست که اصلاً قادر به تشخیص و درک موسیقی نیستند. بیمار من با این موضوع که بیماری ارثی او پایه و اساس عصب‌شناختی دارد خیلی راحت کنار آمده بود. البته این مختص به او نیست، بیماران دیگری نیز چنین هستند، ولی این چیزی نسبتاً نادر است. او قبلاً با همسرش به کنسرت می‌رفته. می‌گوید آرزو داشته ۷۰ سال زودتر به بیماری خود پی می‌برده.

احتمالاً عمری را در حالی که به موسیقی گوش می‌داده، مؤدب و مبادی آداب، ولی خسته، کلافه و گاه با انزجار گذرانده است.

● در کتاب عشق موسیقی، شما از یک تجربه شخصی سخت در ۳۳ سال پیش سخن گفته‌اید، وقتی که پای شما در پی یک کوه‌نوردی به شدت آسیب دید. موسیقی چطور به شما کمک کرد؟

من در ارتفاع حدود دو هزارمتری کوه تنها بودم که پایم آس و لاش شد. هیچ کس از جای

من خبر نداشت - آن موقع هنوز تلفن‌های همراه در کار نبود - و من مجبور بودم سعی کنم خودم را هر جوری شده زنده نگه دارم. اتفاقاً چتری همراهم بود، آن را برداشتم و به پایم بستم. سعی کردم با فشردن آرنج‌هایم به دیواره کوه، خودم را پائین بکشم. کاری واقعاً سخت و طاقت‌فرسا بود. همان موقع ترانه ولگا بوتمن^۸ در سرم می‌پیچید. با هر کوبش موسیقی این ترانه، خودم را به پائین می‌کشیدم و فریاد پیروزی سر می‌دادم. گویی موسیقی به پائین آمدنم از کوه کمک می‌کرد. پائین آمدنم لذت‌بخش، آسان و کارآمد شده بود. همه چیز با کوبش‌های آهنگ ترانه هماهنگ و موزون شده بود.

● پس موسیقی به بهبودی خود شما نیز کمک کرده است؟ بله، جان سالم به‌در بردم و پایم جمع‌وجور شد، اما هنوز از لحاظ عصبی فعال نبود. در آسیب‌هایی از این دست، تصویر جسم^۹ آدر

مغز^{۱۰} تغییر می‌کند. این را تصویربرداری MRI کارکردی^{۱۱} نشان داده است. اگر عضوی برای مدتی بی‌استفاده بماند، تصویر آن به‌عنوان بخشی از تصویر جسم که در مغز نگاشته شده است از دست می‌رود و استفاده مجدد از آن مشکل می‌شود. آن تصویر به‌خودی خود برنمی‌گردد و تقریباً باید با شگردهایی برگردد. باید ناگهان چیزی رخ دهد. برای من، یک شکل آن وقتی رخ داد که ناگهان موسیقی‌ای

به سراغم آمد - ویلون کنسرت مندلسون^{۱۱} که از آن موقع تا حالا بارها و بارها به آن گوش داده‌ام، مثل یک وهم به سراغم آمد. مرا به حرکت واداشت و توانستم دوباره راه بروم. یک‌بار زنی را دیدم که لگن خاصره‌اش

اگر عضوی برای مدتی بی‌استفاده بماند، تصویر آن به‌عنوان بخشی از تصویر جسم که در مغز نگاشته شده است از دست می‌رود و استفاده مجدد از آن مشکل می‌شود. آن تصویر به‌خودی خود برنمی‌گردد و تقریباً باید با شگردهایی برگردد

شکسته بود و هیچ‌کس نمی‌دانست که چرا نمی‌تواند پایش را حرکت دهد. او به من گفت وقتی توانسته پایش را تکان دهد که آهنگ تند ایرلندی^{۱۲} را شنیده.

● شما همچنین دریافته‌اید که اشخاص با بیماری آفازی^{۱۳} [ناتوانی در سخن گفتن به دلیل آسیب عصبی] می‌توانند گاهی اوقات آواز بخوانند.

بله، با شباهت بالنسبه خوبی می‌توانند. بنابراین من هرگاه بیمارانی آفازیایی را می‌بینم، آن‌ها را درگیر ترانه «تولدت مبارک» می‌کنم. در پس کلام و ساختار این ترانه

احتمالاً تکامل درک صداهای آهنگین کاملاً با درک صداهای معمولی متفاوت است و یقیناً موسیقی بخش‌های فراوان و بسیار متفاوتی از مغز را نسبت به تکلم به کار می‌گیرد

و ترانه‌هایی از این دست، به‌نظر می‌رسد به‌طور خودکار زبانی نهفته است. من از واژه «خودکار» خوشم نمی‌آید، ولی وقتی شما شعری را می‌خوانید، وجود دارد و به‌صورت شکل متفاوتی از حافظه متفاوت با حافظه کلامی^{۱۴} استفاده می‌شود. به‌صورت حافظه رویه‌ای^{۱۴} به‌کار گرفته می‌شود. ولی این به‌معنی آن نیست که صرفاً مکانیکی باشد.

● ظاهراً موسیقی در بسیاری از اعمال

مغز نقش دارد: می‌تواند به حافظه کمک کند، به حرکت و جنبش یاری برساند، و آغازگر احساسات باشد. چرا این‌طور است؟

احتمالاً تکامل درک صداهای آهنگین کاملاً با درک صداهای معمولی متفاوت است و یقیناً موسیقی، نسبت به تکلم، بخش‌های فراوان و بسیار متفاوتی از مغز را به کار می‌گیرد. به‌همین ترتیب ریشه عصبی موسیقی بسیار ستر است. اشخاص دارای بیماری‌های مغزی شدید وجود دارند که همچنان به موسیقی واکنش نشان می‌دهند.

● آیا این حاکی از آن نیست که موسیقی به طریقی برای بقای انسان، یا دست‌کم بقای اجتماعی انسان‌ها الزامی است؟

این پرسشی مهم است. تنها چیزی که می‌توانم بگویم این است که هیچ تمدنی بدون موسیقی وجود نداشته است. تقریباً هیچ شخصی فارغ از موسیقی وجود ندارد. آن بیمارم در برونکس یک استثنا در یک میلیون است و در هر تمدنی، موسیقی یک ابزار اجتماعی برای آواز است. موسیقی بخش تغییرناپذیری از آیین‌ها و نیز تشریفات مذهبی است و از همین روست که چیزهایی مثل موسیقی کار^{۱۵} وجود دارد. استیون پینکر^{۱۶} در جایی گفته است «موسیقی می‌توانست از زندگی ما حذف شود، بی‌آنکه شیوه زندگی ما واقعاً تغییری بکند» من با این گفته کاملاً مخالفم و فکر می‌کنم هیچ انسان‌شناسی در جهان پیدا نشود که با آن موافق باشد.

● موسیقی سال‌هاست که شما را مفتون خود کرده است، پس چرا فقط اکنون درباره آن می‌نویسید؟

از ۴۰ سال پیش، به‌شدت تحت تأثیر قدرت درمانی موسیقی بر بسیاری از بیمارانت قرار گرفتم: بیمارانی با بیماری‌های پارکینسون، آفازی، دمانتی [زوال عقل]. اما صرفاً در ۲۰ سال اخیر به این توانایی رسیدیم که مغز زنده

را در حین گوش دادن مردم به موسیقی یا زمزمه موسیقی یا تصنیف موسیقی بررسی کنیم و توضیح دهیم که به هنگام گوش دادن موسیقی، زمزمه موسیقی، تصنیف موسیقی و غیره در بخش‌های مختلف مغز چه رخ می‌دهد - کاری که ۳۰ سال پیش از آن اصلاً قابل تصور نبود. گرچه من به توان موسیقی و تجربیات موسیقایی گوناگون از ۲۰ یا ۳۰ سال پیش پی برده بودم، ولی نمی‌توانستم به آن پشتوانه علمی بدهم. این کار امروز میسر است.

● در کتاب عشق موسیقی، شما توضیح می‌دهید که واکنش‌های احساسی به موسیقی ممکن است از سایر واکنش‌های احساسی متمایز باشد. منظورتان از این تمایز چیست؟

به گمان من واکنش‌های احساسی به موسیقی می‌توانند به‌طرزی باورنکردنی پیچیده، اسرارآمیز و عمیق باشند. ممکن است قدری عذاب بکشید. قدری به وجد بیایید و با این حال ندانید که واقعاً چه رخ داده است. شما حتی نمی‌توانید بگویید این چه احساسی است. احساس‌های معمول دقیقاً نمی‌توانند با تجربه‌های موسیقایی جور در بیایند. از جنبه بالینی، برخی مواقع علاقه بیماران به موسیقی - شاید پس از یک صدمه به سر یا یک تصادف - ناگهان از بین می‌رود، در حالی که همچنان از هر چیز دیگری لذت می‌برند و در همان حال موسیقی را نیز به‌خوبی درک می‌کنند. از طرفی، برعکس این نیز ممکن است، که کتاب من نامش را از آن گرفته است: اشخاصی که نیاز ویژه عجیبی به موسیقی دارند.

● عجیب به نظر می‌رسد که موسیقی می‌تواند چنین ولعی ایجاد کند؛ شبیه به نیازی که برای غذا و خواب وجود دارد.

موافقم و این می‌تواند بسیار، بسیار ویژه باشد، زیرا شما اغلب صرفاً به موسیقی نیاز ندارید، شما می‌خواهید مثلاً موسیقی‌ای از برامس^{۱۷} یا یک پیانیست خاص گوش دهید.

فقط آن موسیقی خاص متناسب با شرایط شماست و یک خلأ را پر می‌کند. این کار از پس هیچ موسیقی دیگری بر نمی‌آید.

● و برخی دیگر، یعنی ساوانت^{۱۸} ها قابلیت‌های موسیقایی فراتر از طبیعی دارند. از این بیماران چه آموخته‌اید؟

ساوانت‌ها اشخاصی با قابلیت‌های شگرف در محاسبات، موسیقی، یا نقاشی هستند که معمولاً از هوش پائینی برخوردارند؛ یک ناهنجاری بسیار حیرتانگیز. من نخستین بار یک بیمار مبتلا به سندرم ساوانت را در محلی مختص بیماران آتیزمی در مرکز روانی برونکس دیدم. اسم آن بیمار استیون ویتشایر^{۱۹} است که واقعاً دارای احساسات غیرارادی است. نگاهی مختصر از گوشه چشم به یک منظره می‌اندازد و سپس آن را نقاشی می‌کند. او ممکن است در حین نقاشی به اطراف منظره نیز نگاه کند، در حالی که سوت هم می‌زند. به‌نظر می‌رسد هیچ تمرکزی ندارد. او به شیوه‌ای بسیار غریب کار می‌کند. هیچ طرح یا خصوصیت برجسته‌ای را در ابتدا نمی‌کشد. از یک طرف کاغذ شروع می‌کند و جلو می‌رود. او ساوانت موسیقی نیز هست. او نه‌تنها دایره‌های کاملی دارد، بلکه می‌تواند ساختار قطعه‌های موسیقایی فوگ^{۲۰} [قطعه‌هایی که در آن چند تن پشت

● در مغز چنین اشخاصی چه رخ می‌دهد؟

برخی نورولوژیست‌ها بر این گمان‌اند آنچه که برای یک ساوانت رخ می‌دهد ناشی از حفظ و ارتقای توان‌های ذهنی و محاسباتی انسان‌های اولیه در نیم‌کره راست مغز است. این توانایی‌ها با تکامل زبان و هوش انتزاعی به‌طور طبیعی بازداشته شده‌اند. اگر زبان و هوش انتزاعی تکامل نمی‌یافت، ممکن بود اصطلاحاً رهاتر هم بشوند. چیزی که ممکن است این فکر را تقویت کند، شاید ظهور کند توانایی‌های شبه ساوانتی در اشخاص مبتلا به دمانس پیش گیجگاهی^{۲۱} باشد که دقیقاً همراه با تحلیل هوش گفتاری و مطلق است. گاهی این‌ها را در اشخاص دارای توان‌های هنری مشاهده می‌کنیم. آزمایش‌های پرمنازع و تا حدی جدل‌آمیزی در استرالیا توسط محقق بنام آلن اسنایدر^{۲۲} با استفاده از TMS^{۲۳} برای تضعیف لب گیجگاهی چپ صورت گرفته است. من سعی کردم آن را روی خودم هم انجام دهم، ولی پس از ۱۵ دقیقه سردرد عجیبی گرفتم و واقعاً کمی از اثرهای TMS روی دستگاه عصبی‌ام بیمناک شدم.

● یعنی شما برای بروز خلایق سعی کردید مغزتان را برانگیخته کنید؟! نتیجه چه شد؟

سعی کردم یک سگ را نقاشی کنم. نقاشی من خیلی بد است. البته سگی که می‌کشم شبیه یک آمیب نمی‌شود، بلکه از لحاظ طرح هندسی به یک جانور چهار دست و پا می‌ماند که ممکن است فیل یا موش هم باشد. آزمایشگرها

می‌خواستند دریابند که آیا ممکن است من یکی از خصوصیات نهادینه خود را از دست بدهم و یک سگ درست و حسابی نقاشی کنم. شاید اگر بیشتر تاب می‌آوردم... ولی در ناحیه صورت درد عجیبی حس کردم. نمی‌دانم چرا. شاید یک واکنش ذاتی صرفاً مربوط به من بود. اما این یقیناً فکری وسوسه‌انگیز است که چنین توانایی‌های ساوانتی ممکن است در همه نهفته باشد و

به گمان من واکنش‌های احساسی به موسیقی می‌توانند به‌طرزی باورنکردنی پیچیده، اسرارآمیز و عمیق باشند. ممکن است قدری عذاب بکشید. قدری به وجد بیایید و با این حال ندانید که واقعاً چه رخ داده است

هم دنباله آواز را می‌گیرند] را نیز درک کند. واقعاً دیدن اشخاصی که در یک زمینه بسیار متبحر و درخشان‌اند و در زمینه‌های دیگر به‌طرز حیرتانگیزی ناتوان‌اند، بسیار تکان‌دهنده است. این ناهمگونی می‌تواند بر اثر تمرین و ممارست بیمارگونه افزایش یابد، زیرا آن خصوصیت شاید تنها چیز بسیار رضایت‌بخش و قابل اعتنای زندگی آن‌ها باشد.

تحت شرایطی خاص بروز کند. اما اگر بروز این توانایی‌ها موجب از دست دادن قدرت تکلم - یکی از توان‌های سطح بالا - شود، شاید چنین کاری ارزش نداشته باشد.

هیچ چیزی را که به او گفته می‌شد یا هر چیزی را که در برابرش رخ می‌داد برای بیش از ۵ ثانیه به‌خاطر بسپارد و ضمناً محوشدگی خاطرات گذشته نیز وجود داشت. بنابراین آنچه در چندین سال پیش از این بیماری و تقریباً در سرتاسر زندگی‌اش بر او گذشته بود، کاملاً از دست رفته بود. به یک معنا، او شخصی بدون حافظه بود و به‌نظر می‌رسید که کاملاً از هم پاشیده باشد؛ اما همسرش که او نیز یک موسیقیدان و عضو گروه کُر بود، دریافت که حس موسیقایی کلاویه - توانایی او در تشخیص و اجرای موسیقی در بالاترین سطح حرفه‌ای - کاملاً سالم مانده است. او می‌توانست آواز بخواند، پیانو بنواز، یک ارکستر یا یک گروه کُر را رهبری کند. بنابراین پارادکسی وجود داشت: حافظهٔ مربوط به رویدادها عملاً پاک شده بود، در حالی که حافظهٔ مربوط به اجرا و به‌خصوص اجرای موسیقی، کاملاً سالم مانده بود. او در سطح یک موسیقیدان حرفه‌ای باقی مانده بود و این وضع تا بیش از ۲۰ سال بعد نیز همچنان: یاب حاماند.

- *A Leg to Stand On* (1984) London: Duckworth; New York: Summit Books
- *The Man who Mistook his Wife for A Hat* (1985) London: Duckworth; New York: Summit Books
- *Seeing Voices: A Journey into the World of the Deaf* (1990) Berkeley: University of California Press; London: Picador
- *An Anthropologist on Mars* (1995) New York: Alfred A. Knopf; London: Picador
- *The Island of the Colorblind* (1996) New York: Alfred A. Knopf; London: Picador
- *Uncle Tungsten: Memories of a Chemical Boyhood* (2001) New York: Alfred A. Knopf; London: Picador
- *Oaxaca Journal* (2002) Washington DC: National Geographic Directions
- *Musicophilia: Tales of Music and the Brain* (2007) New York: Alfred A. Knopf; London: Picador
- *The Mind's Eye* (2010) New York: Alfred A. Knopf; London: Picador
- *Hallucinations* (2012) New York: Alfred A. Knopf

تأثیر نور خورشید بر رشد باکتری‌های آب

شهره سلیمی

دبیر زیست‌شناسی و کارشناس آزمایشگاه پژوهش‌سرای دانش‌آموزی محمدبن زکریای رازی ناحیه یک ری
زهره شجاعی و نرگس ترابی، دانش‌آموزان عضو انجمن زیست‌شناسی از دبیرستان حضرت ابراهیم ناحیه یک ری

چکیده

در این آزمایش رابطه میان تابش آفتاب و میزان رشد باکتری‌های موجود در سه نمونه آب آشامیدنی، آب فاضلاب و آب دریاچه مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های روی هر سه نمونه آب، از طریق اندازه‌گیری قطر کلنی‌های ایجاد شده در محیط کشت باکتری‌های موجود در آب نشان داد که میزان رشد باکتری‌های موجود در آب پس از قرار گرفتن در معرض نور خورشید کاهش خواهد یافت.

کلیدواژه‌ها: آب آشامیدنی، باکتری، اشعه فرابنفش، ضدعفونی کردن.

مقدمه

دسترسی به آب آشامیدنی در حال حاضر یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های اجتماعی و اقتصادی در بسیاری از نقاط جهان است. در کل جهان تنها ۳۸ درصد مردم به آب سالم دسترسی دارند. حدود ۵ میلیون نفر در سال به دلیل مصرف آب آلوده در جهان می‌میرند. تأمین آب آشامیدنی سالم در شهرها و روستاها از نگرانی‌های دولت‌مردان جهان است. بیشترین جمعیتی که در جهان از نعمت داشتن آب سالم محروم هستند در آسیا و آفریقا زندگی می‌کنند و در روستاها ساکن‌اند.

از عوامل بیماری‌زای موجود در آب می‌توان از باکتری و ویروس‌ها که سبب وبا می‌شود، همچنین باکتری‌های غلاف‌دار که غالباً در آب‌های آلوده واحدهای تصفیه آب و فاضلاب یافت می‌شود و شامل سه جنس اسفاروتیلوس، ناتانوس، کرنوتریکس، لپتوتریکس است نام برد. باکتری‌های پایه‌دار نیز در آب‌های غنی از آهن وجود دارند و در سیستم‌های توزیع آب یافت می‌شوند. باکتری‌های فاضلاب را به این صورت گروه‌بندی می‌کنند:

باکتری‌های بی‌هوازی اختیاری گرم منفی (مانند ائروموناس، ویبریو، انتروباکتر، اشرشیا، کلبسیلا، و شیگلا)

باکتری‌های هوازی گرم منفی (مانند پseudomonas، الکالیژنس، فلاووباکتریوم و اسینتوباکتر)

باکتری‌های گرم مثبت تشکیل‌دهنده هاگ (مانند گونه‌های باسیلوس)

باکتری‌های گرم مثبت بدون هاگ (مانند اترتروباکتر، کورینه باکتریوم، رودوکوس).

ضدعفونی کردن آب از طریق نور آفتاب

یکی از ساده‌ترین روش‌های ضدعفونی کردن آب آشامیدنی این است که آب را درون یک بطری شفاف که نور خورشید را از خود عبور می‌دهد بریزیم و آن را در معرض تابش نور خورشید قرار دهیم.

اگر این بطری آب به مدت زمان کافی و مناسب در معرض تابش نور خورشید قرار بگیرد، تقریباً همه باکتری‌های موجود در آن نابود خواهند شد. این امر به این دلیل است که اشعه فرابنفش در دمای بالا موجب از بین بردن میکروارگانیسم‌های موجود در آب می‌شود.

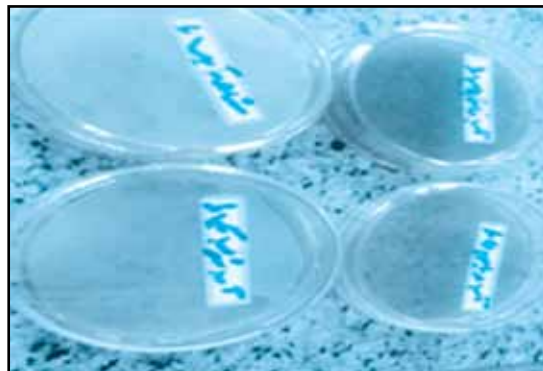
این روش ضد عفونی آب های آشامیدنی، در کشورهای توسعه نیافته که از سیستم های پیشرفته و فیلترینگ محروم هستند و دسترسی به آب آشامیدنی سالم ندارند مرسوم و متداول است و به نام ضد عفونی از طریق آفتاب شناخته شده است. این روش بسیار ساده و از نظر اقتصادی بسیار با صرفه است، زیرا نیازی به سرمایه اولیه، یا وسایل نگهداری ندارد و اساساً آنچه مورد نیاز است یک بطری خالی و نور آفتاب است.

یکی از ایراداتی که به این روش وارد می شود این است که در هنگامی که نور خورشید شدید نباشد و یا امکان دسترسی به آن وجود نداشته باشد کارایی ندارد. این آب برای اینکه برای آشامیدن مناسب باشد باید به مدت ۶ الی ۱۲ ساعت در معرض نور خورشید قرار بگیرد و دیگر اینکه این روش تنها برای کشتن میکروارگانیسم های موجود در آب مناسب است و سایر آلودگی های شیمیایی و یا آلودگی های ناشی از فلزات سنگین را نمی تواند از بین ببرد.

فرضیه: میزان رشد باکتری های موجود در آب پس از قرار گرفتن در معرض نور خورشید کاهش خواهد یافت.

مواد و وسایل مورد نیاز

۱. پلیت حاوی محیط کشت آگار استریل
۲. اسفنج ضد عفونی شده
۳. یک بطری آب استریل شده
۴. یک بطری شفاف پر از آب آشامیدنی
۵. یک بطری شفاف حاوی آب جمع آوری شده از فاضلاب
۶. یک بطری شفاف حاوی آب دریاچه



شکل ۱. میزان رشد باکتری های موجود در آب قبل از قرار گرفتن در معرض نور خورشید

۷. خط کش یا وسیله اندازه گیری مخصوص
۸. یک عدد مائیک

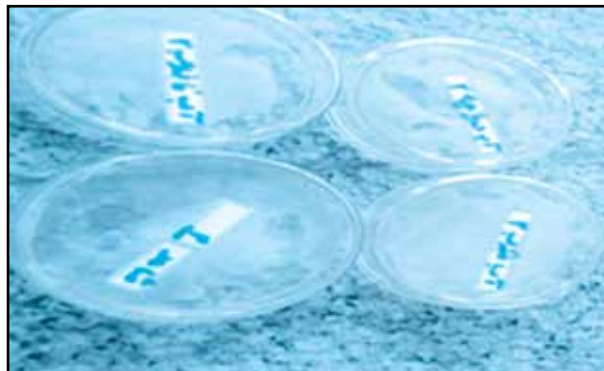
روش انجام آزمایش

در این آزمایش، متغیر مستقل شامل آب آشامیدنی، آب دریاچه و آب فاضلاب؛ و متغیر وابسته «میزان رشد باکتری ها در ظرف محیط کشت» محسوب می شود. میزان رشد باکتری ها از طریق اندازه گیری قطر کلنی باکتری ها در محیط کشت است. متغیرهای کنترلی ثابت عبارت اند از دمای اتاق، میزان نور خورشید.

۱. هشت ظرف محیط کشت حاوی آگار را که استریل شده اند درون یخچال قرار می دهیم. این ظرف ها را یک ساعت قبل از شروع آزمایش از یخچال خارج می کنیم و در دمای اتاق قرار می دهیم تا با دمای محیط سازگار شوند. این ظروف را با برچسب های به ترتیب شاهد ۱ و ۲ و آب آشامیدنی ۱ و ۲، آب باران ۱ و ۲ و آب دریاچه ۱ و ۲ نام گذاری می کنیم. سپس ۴ عدد از ظروف کشت نام گذاری شده را (شاهد ۱، آب آشامیدنی ۱، آب باران ۱ و آب دریاچه ۱) برای مرحله اول آزمایش جدا می کنیم.

۲. اسفنج های ضد عفونی شده را برای هر نوع آب جداگانه استفاده می کنیم. به این صورت که ابتدا اسفنج اولی را در آب ضد عفونی شده فرو می بریم و بعد آن را در ظرف شاهد ۱ می چلانیم. سایر اسفنج ها را به همین منوال درون آب فاضلاب و آب آشامیدنی و آب دریاچه فرو می بریم و به ترتیب درون ظروف کشت خالی می کنیم. این چهار ظرف را در یک محیط خنک و سایه که باکتری ها بتوانند در آن رشد کنند قرار می دهیم. میزان رشد کلنی باکتری ها را پس از ۵ روز اندازه گیری و در جدولی ثبت می کنیم.

۳. بطری های شفاف حاوی آب را به مدت دو روز در معرض



شکل ۲. میزان رشد باکتری های موجود در آب بعد از قرار گرفتن در معرض نور خورشید

فعالیت‌های آینده

ما در آزمایش‌های بعدی خود در نظر داریم بطری‌ها را در معرض نور خورشید با مدت زمان‌های متفاوت قرار دهیم تا از این طریق بتوانیم میزان زمان واقعی مورد نیاز برای از بین بردن آلودگی و ضدعفونی کردن را تعیین کنیم. همچنین در این آزمایش می‌خواهیم از بطری‌های پلاستیکی با رنگ‌های متفاوت و همین‌طور از بطری‌های شیشه‌ای استفاده کنیم و تفاوت میان بطری‌های شیشه‌ای و پلاستیکی را با یکدیگر مقایسه کنیم.

منابع

۱. مولایی، محمد حسن (۱۳۷۹)؛ بازنگری شاخص‌های فقر آبی، آبی، مجله آب و محیط زیست، شماره ۴

۲. مجله آب و فاضلاب (۱۳۷۲)؛

مسئله مصر، آب رودخانه نیل، شماره ۵
3--Ashbolt, N.J., Grabow, W.O.K., Snozzi, M., 2001. **Indicators of microbial water quality**. In: Fewtrell, L., Bartram, J.

(Eds.), **Water Quality: Guidelines, Standards and Health Risk assessment and management for water-related infectious disease**. IWA Publishing, London (Chapter 13

4- Bailey CA, Neihof RA, Tabor PS (1983) **Inhibitory effect of solar radiation on amino acid uptake in bacteria in the Chesapeake Bay**. *Appl Environ Microbiol* 46: 5-Edberg, S.C., Rice, E.W., Karlin, R.J., Allen, M.J., 2000. **Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection**. *J. Appl. Microbiol. Symp. Suppl.* 88 (Suppl. S) 6. Enriquez, C., Nwachuku, N., Gerba, C.P., 2001. **Direct exposure to animal enteric pathogens**. *Rev. Environ. Health* 16 (2), 6. Hunter, P.R., Waite, M., Ronchi, E., 2002. **Drinking Water and Infectious Disease: Establishing the Links**. IWA Publishing, London 7-Hobbins M. (2003). **The SODIS Health Impact Study**, Ph.D. Thesis, Swiss Tropical Institute Basel

8-Paul R. Hunter.(1998).**Water born disease , epidemiology and ecology** , John willy and sons publication.

9-Plastic Bags for Water Treatment: A new Approach to Solar Disinfection of Drinking Water. University of British Columbia (Vancouver). 2011

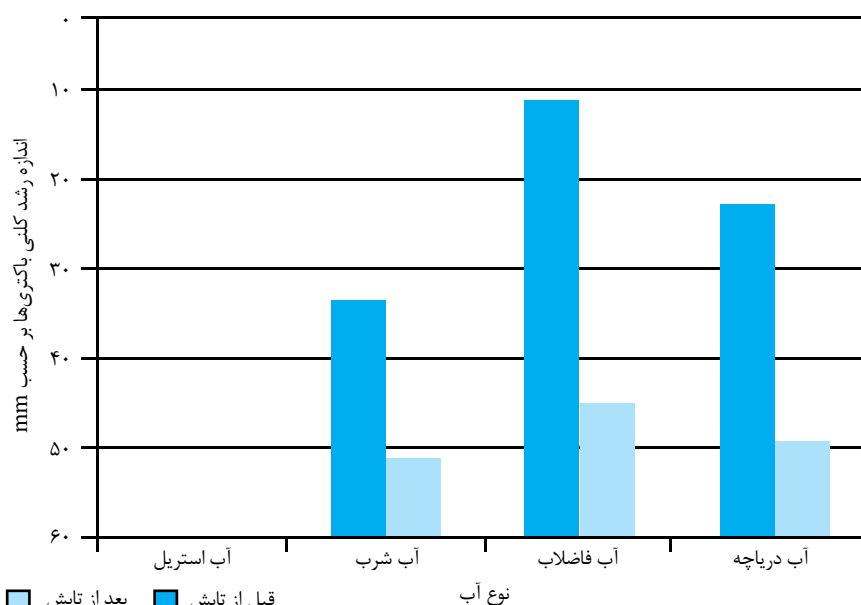
مستقیم تابش نور خورشید قرار می‌دهیم، سپس مرحله ۲ را برای بطری‌های آب (استریل، آشامیدنی، فاضلاب، دریاچه) در ظرف‌های (شاهد ۲، آب آشامیدنی ۲، آب باران ۲ و آب دریاچه ۲) تکرار می‌کنیم. ۴. در پایان روز پنجم مرحله دوم آزمایش قطر کلنی باکتری‌ها و تعداد آنها را ثبت می‌کنیم.

مشاهدات

نتایج به‌دست آمده نشان دادند که میزان رشد باکتری‌ها در ظروف کشت میکروب برای آب‌هایی که در معرض تابش نور خورشید قرار گرفته بودند بسیار کمتر از آب‌هایی است که در دمای اتاق قرار داده شده‌اند.

نوع آب و وضعیت	آب استریل	آب آشامیدنی	آب فاضلاب	آب دریاچه
قبل از تابش	۰	۲۷	۴۹	۳۷
بعد از تابش	۰	۹	۱۵	۱۱

میزان رشد باکتری در محیط کشت پس از پنج روز بر حسب mm



نتیجه‌گیری

این آزمایش، فرضیه ما را، در مورد کاهش میزان رشد باکتری‌ها در آب پس از قرار گرفتن در معرض تابش نور خورشید، تأیید کرد.



تشریح قلب گوسفند

عزیز عذار، ژاله احمدی و مهرباب آقاعلی‌نژاد
دبیران زیست‌شناسی، نقده

اشاره

این فعالیت با هدف درک بهتر مطالب مربوط به تشریح قلب، مندرج در صفحه‌های ۶۳ تا ۷۷ کتاب زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱ تهیه شده و مکمل فعالیت ۱-۶ صفحه ۷۸ است.

کلیدواژه‌ها: قلب گوسفند، لایه‌های دیواره قلب، عملکرد دریچه‌های قلب.

مقدمه

از آنجا که آزمایش‌های علمی واقعی برای دانش‌آموزان جذابیت بسیاری دارد و در درک عمیق و بهتر مطالب کتب درسی کمک زیادی به آن‌ها می‌کند، لذا برنامه‌ریزی مناسب و طراحی آزمایش‌های عملی در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان کمک شایانی است. وقتی دانش‌آموزان عملاً آزمایشی انجام می‌دهند از حواس پنج‌گانه خود و نیز کنجکاوی و حقیقت‌جویی خود استفاده می‌کنند، سعی می‌کنند ضمن انجام کار گروهی، مطالب را دقیق و عمیق یاد بگیرند و این مطالب را در حافظه درازمدت خود جای دهند. ما در این فعالیت سعی کرده‌ایم در تشریح قلب، به این اهداف دست یابیم:

- تشریح قلب گوسفند به سه روش (دو روش ابتکاری) و استفاده از روش هوشمند
- ایجاد انگیزه و روحیه همکاری، ابتکار و نوآوری در یادگیری
- ایجاد درک عمیق از ساختار و کارکرد قلب و مشاهده نحوه باز و بسته شدن دریچه‌های آن

مواد و وسایل لازم

- رایانه
- دوربین قابل اتصال به رایانه و ویدئو پروژکتور
- لوازم تشریح و تشتک تشریح به تعداد گروه‌ها
- قلب گوسفند برای هر گروه ۳ عدد

- مولاژ قلب به تعداد گروه‌ها

اطلاعات لازم

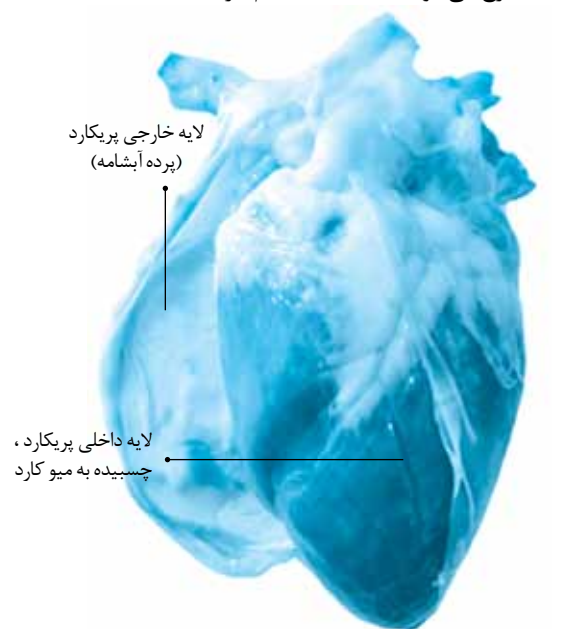
قلب گوسفند دارای پرده آبشامه در خارج، ۴ حفره، ۲ سرخرگ، ۶ سیاهرگ، ۲ دریچه دهلیزی - بطنی و ۲ دریچه سینی است.

روش کار

ابتدا دانش آموزان را به چند گروه ۵ نفری تقسیم و سپس دوربین و ویدئو پروژکتور را به رایانه وصل می‌کنیم تا همزمان با تشریح به وسیله معلم، تصاویر روی پرده نمایش داده شوند. دانش آموزان با مشاهده آن‌ها به صورت گروهی کار تشریح را انجام می‌دهند. برای توضیحات تکمیلی می‌توان از اسلایدهای آماده نیز استفاده کرد.

مرحله اول: بررسی پری کارد و آبشامه قلب

ابتدا قلبی را تهیه می‌کنیم که رگ‌های آن کمی بالاتر از دهلیزها بریده شده باشند و پرده آبشامه روی آن موجود باشد. در سطح خارجی قلب پرده آبشامه قلب (لایه خارجی پریکارد) قابل مشاهده است (شکل ۱). بعد از برش این پرده، مایعی لغزنده از حفاصل این پرده و لایه داخلی پریکارد که چسبیده به سطح خارجی میوکارد است، خارج می‌شود که آبشامه قلب نام دارد.

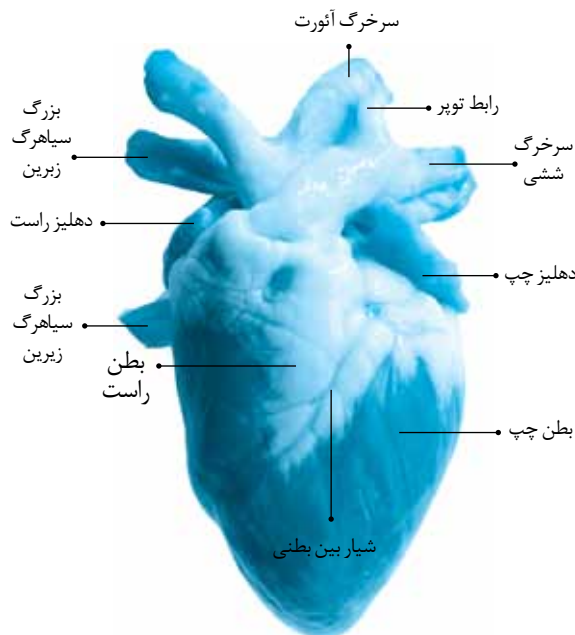


شکل ۱. لایه خارجی قلب

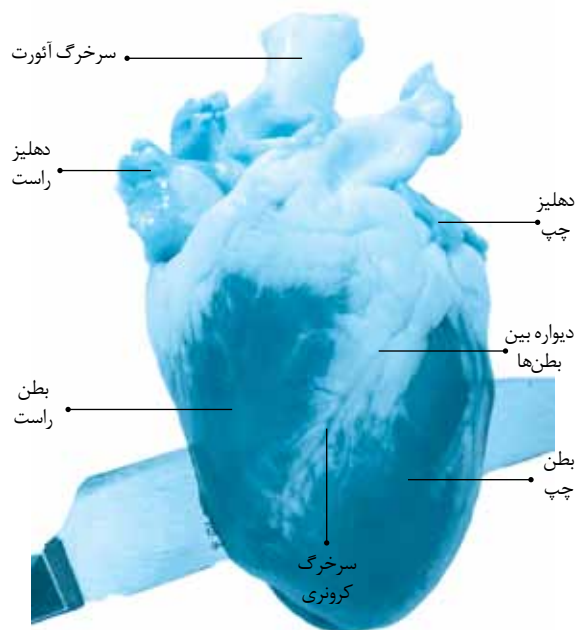
مرحله دوم: روش‌های تشخیص سطح شکمی یا جلویی یا سرخرگی قلب

ابتدا قلب را طوری در تشتک قرار می‌دهیم که قاعده آن به طرف شخص تشریح کننده باشد، سپس با استفاده از این موارد سطح شکمی را تشخیص می‌دهیم:

- شیار بین دو بطن در وسط قاعده قلب به صورت اریب و متمایل به طرف راست شخص تشریح کننده قرار دارد.
- در این سطح سرخرگ‌ها نمایان تر است. سرخرگ ششی در جلو سرخرگ آئورت قرار دارد (شکل‌های ۲ و ۳).
- گوشک چپ در سطح شکمی نمایان تر است (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲. سطح شکمی قلب گوسفند

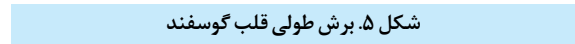


شکل ۳. برش طولی قلب گوسفند

مرحله سوم: روش‌های تشخیص سطح پشتی یا عقبی یا سیاهرگی قلب

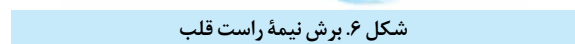
اگر قاعده قلب به طرف شخص تشریح کننده قرار گیرد و سطح شکمی چسبیده به تشتک باشد، با استفاده از این موارد سطح پشتی قابل تشخیص است:

- شیار بین بطن‌ها از وسط قاعده به طرف رأس ادامه یافته و



الف. تشریح قلب راست

دریچہ سینی ابتدای سرخرگ ششی



تقریباً عمودی است.

سرخرگ
آنورت

بزرگ سیاهرگ
زیرین

دهلیز
راست

سرخرگ ششی
سیاهرگ ششی

بطن چپ
بطن راست

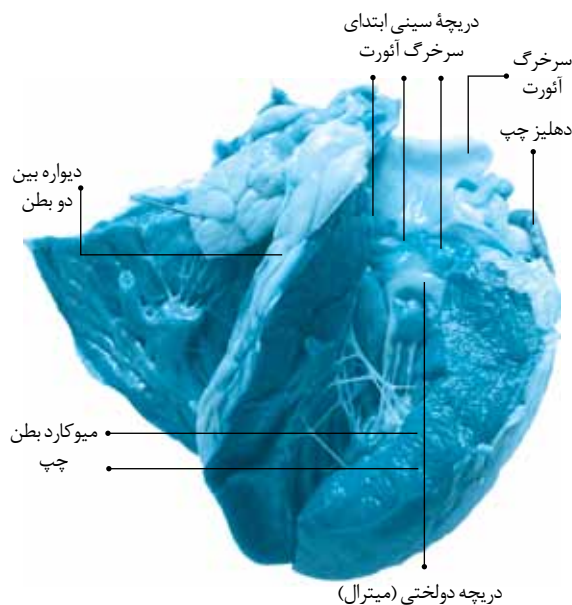
رابط توپر

بزرگ سیاهرگ
زیرین

• سرخرگ ششی در سطح شکمی به سمت جلو و در پشت آن سرخرگ آئورت قرار دارد

با استفاده از سوند: سرخرگ ششی در سطح شکمی به سمت جلو و در پشت آن سرخرگ آئورت قرار دارد. با وارد کردن سوند به سرخرگ ششی، سوند وارد بطن راست می‌شود و با وارد کردن سوند به سرخرگ آئورت، سوند وارد بطن چپ می‌شود.

- با لمس کردن دیواره بطن‌ها- دیواره بطن چپ ضخیم‌تر از بطن راست است.

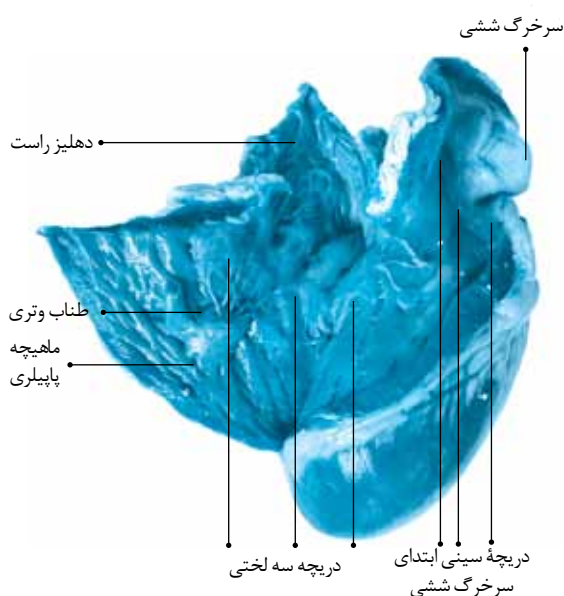


شکل ۸. برش نیمه چپ قلب

الف. دریچه دولختی (میترال) که در حد فاصل دهلیز چپ و بطن چپ واقع شده و توسط طناب‌های وتری به ماهیچه‌های پاپیلری متصل و از جنس بافت پیوندی است.
ب. دریچه سینی ابتدای سرخرگ آنورت، که سه قسمتی، شفاف و هلالی شکل است و قسمت‌های آن طوری قرار دارند که مانع بازگشت خون به بطن چپ می‌شود (شکل ۹). در بالای این دریچه دو سوراخ که ابتدای سرخرگ‌های کرونری راست و چپ‌اند، دیده می‌شوند.



شکل ۹. دریچه سینی ابتدای آنورت



شکل ۷. برش نیمه راست قلب

الف. دریچه سینی (شبه حرف س) ابتدای سرخرگ ششی که سه قسمت دارد و هر قسمت به شکل یک هلال و از جنس بافت پوششی است که بافت پیوندی آن را محکم می‌کند.
ب. دریچه سه لختی، که در حد فاصل بین دهلیز راست و بطن راست قرار دارد و دارای سه لت است که از قاعده در حد فاصل دهلیز راست و بطن راست، به میوکارد بطن راست و از انتها توسط طناب‌های وتری به ماهیچه‌های پاپیلری (پایک نوع اول) در کف بطن راست متصل است تا موقع بسته شدن دریچه سه لختی از برآمده شدن بیش از حد لت‌های آن جلوگیری شود.
ج. یک ماهیچه طناب مانند (پایک نوع دوم) دیواره دو طرف بطن راست را به هم متصل می‌کند.
در ادامه برای تشریح دهلیز راست، سوند شیارداری را از وسط دریچه سه لختی وارد دهلیز راست و از بزرگ سیاهرگ زیرین خارج می‌کنیم. سپس با قیچی این مسیر را برش می‌زنیم و قسمت‌های زیر را مشاهده می‌کنیم:
دیواره نازک دهلیز راست، گوشک راست، بزرگ سیاهرگ‌های زیرین و زیرین و محل ورود سیاهرگ‌های کرونری به دهلیز راست و سینوس‌های سیاهرگی.

ب. تشریح قلب چپ

ابتدا سوندی را وارد سرخرگ آنورت می‌کنیم تا به انتهای بطن چپ برسد. در ادامه با کمک قیچی، سرخرگ آنورت را تا ابتدای شیارد بین بطنی می‌بریم. سپس برش را در حدود یک سانتی‌متری سمت چپ شیارد بین بطنی تا رأس قلب ادامه می‌دهیم. در این حال با باز کردن بطن چپ بخش‌های زیر را مشاهده می‌کنیم (شکل ۸):

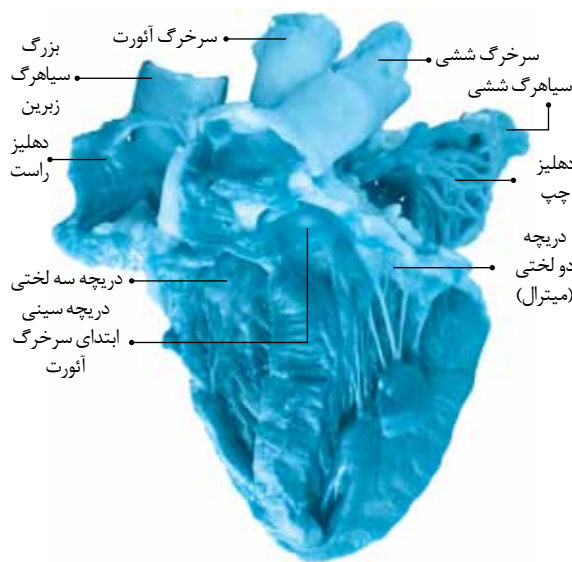
ج. میوکارد که ضخامت آن بیشتر از میوکارد بطن راست و دهلیزهاست.

د. آندوکارد که سطح درونی بطن‌ها و دهلیزها را می‌پوشاند و کمی روشن‌تر است و با خون ورودی به قلب در تماس مستقیم است. در ادامه برای تشریح دهلیز چپ، سوندی را از طریق سوراخ دهلیزی - بطنی وارد دهلیز چپ می‌کنیم تا از یکی از سیاهرگ‌های ششی خارج شود. در این حال به وسیله قیچی مسیر فوق را طوری می‌بریم که تا حد امکان به دهلیز راست نزدیک باشد. سپس لبه بریده دهلیز چپ را برمی‌گردانیم تا قسمت‌های درونی آن قابل مشاهده باشند. در دیواره بین دو دهلیز، یک فرورفتگی کم‌رنگ وجود دارد که حفره بیضی نام دارد. می‌توانیم با وارد کردن سوند، سیاهرگ‌های ششی را نیز مشاهده کنیم. همچنین گوشک چپ و سینوس‌های سیاهرگی را می‌توان دید.

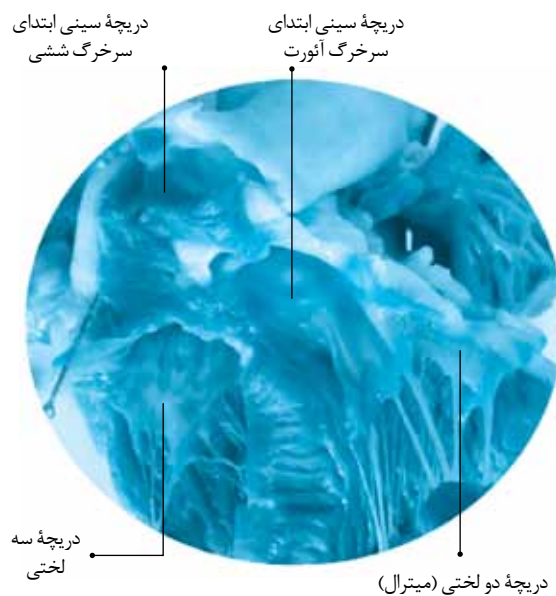
روش دوم

برش طولی قلب برای مشاهده بخش‌های مختلف قلب و همه دریچه‌ها، حفره‌ها و رگ‌های قلب در محل خودشان: ابتدا قلب را طوری در داخل تشتک تشریح قرار می‌دهیم که سطح شکمی قلب به سمت بالا و سطح پشتی آن چسبیده به تشتک

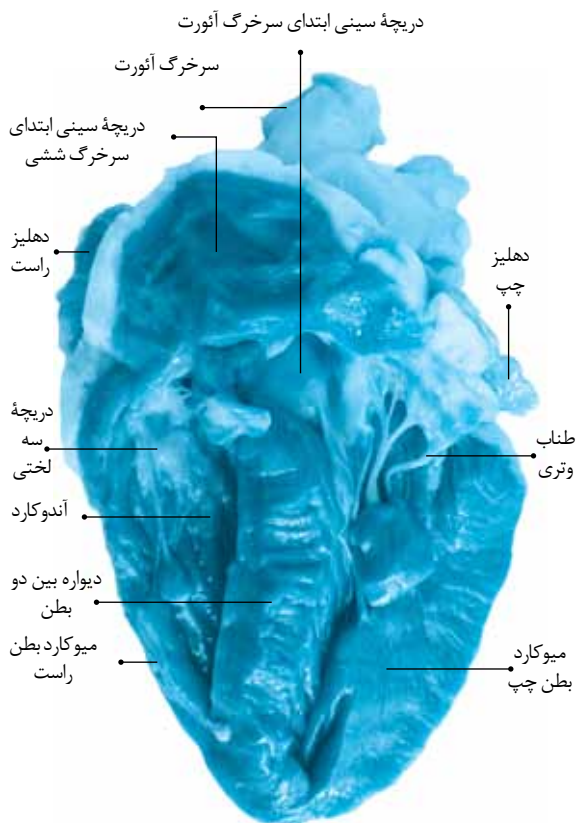
باشد. سپس یک دست را روی سطح شکمی قلب قرار می‌دهیم و با یک کارت تیز از نوک قلب به صورت طولی بطن‌ها را برش می‌دهیم تا به دریچه‌های دولختی و سه لختی برسیم (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). سپس از محل دریچه‌ها، بطن‌ها را از حد فاصل دهلیزها و بطن‌ها به صورت عرضی برش می‌زنیم تا یک نیمه بطن‌ها جدا شود. در این حالت، دریچه‌های دولختی و سه لختی و سینی‌ها قابل مشاهده خواهند شد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).



شکل ۱۱. برش طولی قلب گوسفند



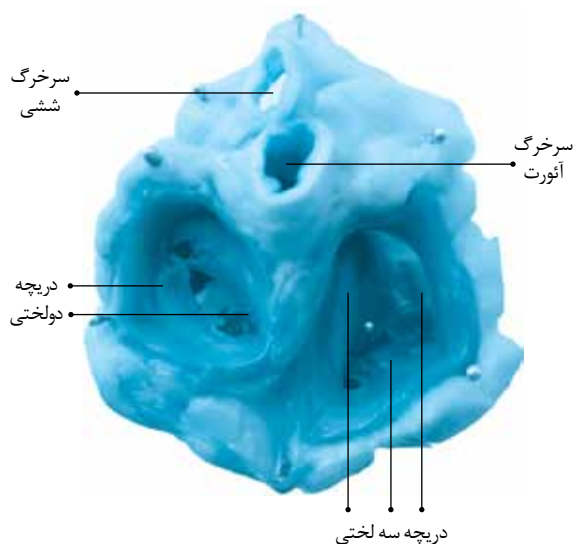
شکل ۱۲. دریچه‌های قلب



شکل ۱۰. برش طولی قلب گوسفند



شکل ۱۶

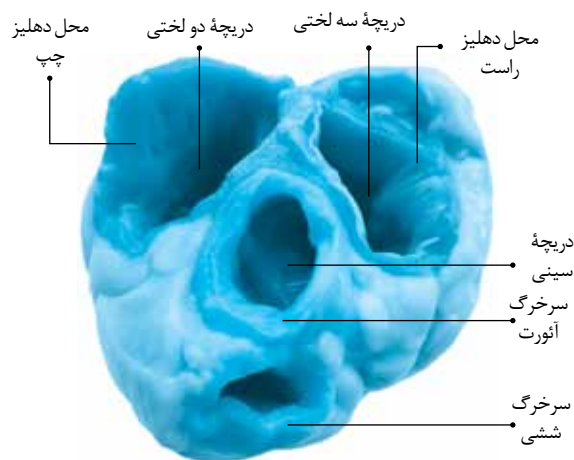


شکل ۱۵. دریچه‌های دولختی و سه لختی

برای مشاهده داخل دهلیزها، آن‌ها را از حد فاصل بطن‌ها و دهلیزها به صورت عرضی و سپس طولی برش می‌زنیم. در این حالت ۴ سیاهرگ ششی و ۲ سیاهرگ زهرین و زیرین را می‌توان مشاهده کرد.

مرحله ششم: مشاهده نحوه باز و بسته شدن دریچه‌های قلب

ابتدا از محل حد فاصل بین دهلیزها و بطن‌ها، دهلیزها را با دقت برش می‌دهیم و برمی‌داریم (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).



شکل ۱۳. دریچه‌های قلب از بالا بعد از برش دهلیزها

• قلب را طوری در تشتک قرار می‌دهیم که سطح شکمی آن به طرف بالا و سطح پشتی در تماس با تشتک باشد. در این حالت، سوندی را وارد سرخرگ ششی می‌کنیم تا به انتهای بطن راست برسد

در ادامه برای مشاهده باز و بسته شدن دریچه‌ها، ابتدا با کمک پیست از محل دریچه سه لختی، بطن راست را با آب پر می‌کنیم. با پر شدن بطن راست، دریچه سه لختی کمی بسته می‌شود. در این حالت با فشار دادن بطن راست، دریچه سه لختی کاملاً بسته و دریچه سینی ابتدای سرخرگ ششی باز می‌شود. وقتی فشار دادن متوقف می‌شود، دریچه سینی ابتدای سرخرگ ششی بسته و دریچه سه لختی باز می‌شود. برای مشاهده باز و بسته شدن دریچه‌های دولختی و سینی ابتدای سرخرگ آئورت، همانند آنچه گفته شد در مورد بطن چپ عمل می‌کنیم.

- منابع**
۱. احمدی، ژاله و عذار، عزیز، **اطلس تشریح جانوری**؛ انتشارات ادیبان ارومیه، اسفند ۱۳۸۹
 ۲. چاشنی دل، یدالله و دیگران، **تشریح و فیزیولوژی - فنی و حرفه‌ای (گروه تحصیلی کشاورزی، رشته امور دامی)**، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۸
 ۳. فتوحی، حسین، **آزمایشگاه زیست‌شناسی جانوری (رشته زیست‌شناسی)**، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، چاپ دوم، ۱۳۸۱
 ۴. کرام الدینی، محمد و دیگران، **زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۲ برای سال سوم علوم تجربی**، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۱
 ۵. کریستوفر، مویز، پاتریشام، شولت، ترجمه آمنه زارع چاهوکی، زهرا شیرازی‌زند و سیدپیمان مقدسی، **مبانی فیزیولوژی جانوری جلد (۱)**، ویراست دوم، انتشارات فاطمی، چاپ اول، ۱۳۹۰

تفکر انتقادی و نقش سؤال‌های مناسب در آموزش زیست‌شناسی

محمد کارگری

دبیر زیست‌شناسی، ناحیه سه قم

چکیده

هدف اصلی برنامه‌های درسی علوم تجربی در حال حاضر، ایجاد و توسعه سواد علمی در دانش‌آموزان است. تقویت مهارت تفکر و اندیشیدن به‌ویژه تفکر انتقادی و تفکر خلاقانه از اهداف بسیار مهم سواد علمی و برنامه‌های درسی است. برای دستیابی به اهداف برنامه‌های درسی، تأکید بر روش‌هایی است که یادگیرنده در آن‌ها نقش فعال دارد. طرح سؤالات درسی در سطوح بالای شناختی یکی از بهترین راهکارها در جهت تقویت مهارت تفکر انتقادی است. درگیر کردن دانش‌آموزان با سؤالات مناسب چالش‌برانگیز در درس زیست‌شناسی می‌تواند از یک سو، کیفیت یادگیری این درس را ارتقا بخشد و از سویی دیگر به تقویت تفکر انتقادی کمک کند.

کلیدواژه‌ها: تفکر انتقادی، سؤال‌های درسی سطح بالا، آموزش زیست‌شناسی.

مهارت تفکر انتقادی

تفکر انتقادی تفکری اندیشمندانه است نه گله‌مندانه (سیف، ۱۳۸۷). مهارت تفکر انتقادی (نقادانه) به ما می‌آموزد تا هر چیزی را به سادگی قبول یا رد نکنیم، بلکه ابتدا در مورد آن موضوع، سؤال و استدلال کنیم، سپس آن را بپذیریم یا رد کنیم. کسانی که از تفکر نقادانه برخوردارند، کمتر فریب دیگران را می‌خورند و به راحتی جذب گروه‌ها و افراد یا مواد مخدر نمی‌شوند، چرا که همواره با سؤال کردن به عاقبت کار می‌اندیشند.

به‌طور کلی می‌توان گفت: تفکر انتقادی (نقادانه) فرایندی شناختی، فعال، هدفمند و سازمان‌یافته است که شخص با استفاده از آن به بررسی افکار و عقاید خود و دیگران، یا موقعیت‌های خاص می‌پردازد و با ارزیابی و تفسیر ماهرانه خود، به درک و فهم روشن‌تر و بهتر دست می‌یابد. داشتن روحیه پرسشگری، نقدپذیری، دید وسیع، قدرت تجزیه و تحلیل و استنتاج موضوع‌های مختلف، عدم یکسونگری و داشتن قضاوت به دور از تعصب از ویژگی‌های مهم افراد دارای تفکر انتقادی است.

بسیاری از صاحب‌نظران تربیتی معتقدند که فقر تفکر دانش‌آموزان نتیجه حاکمیت روش‌های آموزش سنتی در مدارس است. تحقیقات انجام شده در این زمینه بیانگر آن است که هنوز بسیاری از معلمان بیشترین زمان کلاس خود را صرف ارائه مطالب، یا طرح سؤال‌هایی می‌کنند که صرفاً جمع‌آوری مجدد حقایق ساده علمی را می‌طلبد و فقط یک درصد از زمان صرف شده در کلاس را به سؤال‌هایی

اختصاص می‌دهند که به پاسخ متفکرانه نیاز دارد. در مدارس باید زمینه دستیابی به مهارت تجزیه و تحلیل اطلاعات فراهم شود و فرصت‌هایی در فرایند آموزش ایجاد شود تا در زمینه‌های مختلف آن، دانش‌آموزان به مباحثه، مناظره و تعامل فکری بپردازند. این امر به پرورش استقلال آنان در تصمیم‌گیری و قضاوت می‌انجامد و آنان نحوه دفاع از قضاوت خود را می‌آموزند (شعبانی، ۱۳۸۲).

یکی از اهداف مهم علم‌آموزی این است که توانایی دانش‌آموزان را در فکر کردن به‌صورت نقادانه و گرفتن تصمیم‌های عاقلانه درباره اینکه چه کاری باید انجام دهند یا به چه چیزی معتقد باشند، تقویت کنیم، مانند هر هدف دیگری، یادگیری فکر کردن به‌صورت نقادانه نیازمند تمرین است. آموزش مؤثر تفکر نقادانه بستگی دارد به اینکه جوّ در کلاس ایجاد کنیم که پذیرش دیدگاه‌های گوناگون و بحث آزاد را ترغیب کند. به جای اینکه فقط روی پاسخ‌های درست تأکید کنیم، باید روی ارائه دلایل برای عقاید تأکید کنیم. هدف اصلی آموزش تفکر انتقادی، به‌وجود آوردن جوّ نقادانه است؛ به طوری که دانش‌آموزان را ترغیب کند آنچه را می‌شنوند، مورد سؤال قرار دهند و تفکر خودشان را در رابطه با مغایرت‌های منطقی یا مغلط‌ها بررسی کنند (اسلاوین، ۱۳۸۵).

مهارت‌های تفکر انتقادی و تفکر خلاق دو مهارت بسیار مهم در تفکر است که در فرایند یاددهی - یادگیری مورد توجه و عنایت متخصصان تعلیم و تربیت قرار دارد. دانش، منش و اقتدار سه عامل بسیار مهم در ایجاد زمینه مناسب برای تدریس تفکر انتقادی است؛

دانش: برای مثال تمایز و تشخیص حقایق از عقاید، مهارتی است که به تجربه و دانش نیاز دارد. اگر افراد دانش لازم در یک زمینه خاص نداشته باشند، قادر به تفکر انتقادی در آن زمینه نخواهند بود.

منش: منش یا گرایش به تجزیه و تحلیل پدیده‌ها، یکی دیگر از عوامل بسیار مؤثر است، بعضی از افراد، اصولاً تمایلی به تفکر انتقادی ندارند. به عکس، برخی دیگر شخصیتی کاوشگرانه دارند.

اقتدار: اقتدار از فرهنگ جامعه نشأت می‌گیرد. اگر فرهنگ جامعه‌ای فرهنگ سلطه باشد، طبیعی است که اندیشیدن به‌طور انتقادی در آن جایی نخواهد داشت. فرهنگ جامعه، خط مشی و سوگیری نظام‌های آموزشی را تعیین می‌کند (شعبانی، ۱۳۸۲).

تفکر، شیوه‌ای برای معنادار کردن رویدادها، مفاهیم، اصول، اشیا و غیره است. وقتی انتقادی می‌اندیشیم، به نحوی فعال توانایی‌ها، دانش و هوش خود را برای رویارویی با موقعیت‌های خاص ذهنی و عینی زندگی به کار می‌بریم. باور بر این است که تفکر انتقادی یکی از شاخص‌های «عالی‌ترین نوع تفکر» است. اگر طبقه‌بندی حیطه شناختی بلوم را در نظر آوریم، عناصر شش‌گانه حیطه شناختی در دو سطح تفکر، طبقه‌بندی می‌شوند. دانش، درک و فهم و کاربرد در طبقه «تفکر سطح پایین» و تجزیه و تحلیل، ترکیب و ارزشیابی در طبقه «تفکر سطح بالا» قرار می‌گیرند. برای آموزش و تدریس از راه تفکر انتقادی، باید به دانش‌آموزان کمک کرد تا روحیه نقادی را در فضایی مطلوب کسب کنند. در کلاسی که فضای آن برای سؤال کردن، ایجاد چالش، زیر سؤال بردن راه‌حل‌ها و برهان خواهی، آماده باشد، زمینه لازم برای تفکر انتقادی و یادگیری از راه تفکر انتقادی فراهم شده است (آقازاده، ۱۳۸۵).

نکات ویژه در ارتباط با آموزش تفکر انتقادی

۱. فرصت‌های متعدد و متفاوتی به دانش‌آموزان بدهید تا اندیشه‌ها را تحلیل و ارزیابی کنند و تصمیم‌های منطقی بگیرند.
۲. وضعیت کلاس درس را به گونه‌ای آماده کنید که به دیدگاه‌های متفاوت ارج گذاشته شود و تبادل اندیشه‌ها و گفت‌وگوی آزاد بین دانش‌آموزان تشویق شود.
۳. از دانش‌آموزان بخواهید تا در برخورد با عقاید دیگران و دفاع از عقاید خود از روی عقل و منطق عمل کنند، نه از روی هیجانات و احساسات (سیف، ۱۳۸۷).
۴. از سؤالات مبتنی بر تفکر استفاده کنید و این نوع سؤالات را در تدریس خود مهم بشمارید، چرا که در فهم عمیق تر موضوع به دانش‌آموزان کمک می‌کند (بیابانگرد، ۱۳۸۴).

اهمیت سؤال‌های درسی

طراحی و استفاده از سؤالات سطوح بالای شناختی از مهم‌ترین راهکارهایی است که در پرورش تفکر نقادانه نقش بسزایی دارد. سؤال

کردن موجب تقویت تعامل میان معلم و شاگردان می‌شود و این تعامل، خود عامل مهمی در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان است؛ سؤال‌های درسی راهی برای فرایند یادگیری باز می‌کنند، به طور کلی، با افزودن تعداد سؤال‌های مناسب «چرا»، «چگونه» و «اگر - آنگاه» می‌توان بر کارایی این روش افزود (شهرتاش و دیگران، ۱۳۸۷).

راهکار سؤال کردن

۱. معلم قبل از شروع به سؤال کردن، باید توجه دانش‌آموزان را جلب کند. سؤال باید کل کلاس را مخاطب قرار دهد و نباید دانش‌آموزی در موقعیت سخت (شرمنده شدن از ندانستن پاسخ) قرار گیرد. سؤالات خوب باید به دقت برنامه‌ریزی شده و به وضوح بیان شوند و در رابطه با هدف مورد نظر مرتب شوند.

۲. اهمیت دادن به زمان انتظار (وقفه یا فاصله بین سؤال کردن و شنیدن پاسخ) بسیار مهم است. فراهم آوردن وقت اضافی، حتی بعد از پاسخگویی یک دانش‌آموز، این فرصت را ایجاد می‌کند تا همه دانش‌آموزان قبل از بحث راجع به پاسخ داده شده، فکر کنند. دادن وقت اضافی بیشتر به دانش‌آموزان، به پاسخ‌های مفصل‌تر و متنوع‌تر، مطرح شدن سؤال‌های دیگر و پاسخ‌های سطح بالاتر منجر می‌شود (شهرتاش و دیگران، ۱۳۸۷).

۳. در مقابل سؤال‌های دانش‌آموزان، علاوه بر جواب سؤال، دلایل آن را نیز بگویید.

۴. در سؤال‌هایی که شما از دانش‌آموزان می‌پرسید هم «چه چیزی» و هم «چگونه» و هم «چرا» اتفاق افتاده است را بخواهید (سیف، ۱۳۸۷).

طبقه‌بندی و سطوح پرسش‌ها:

معلمان بیشتر وقت خود را صرف پرسیدن سؤال‌های شناختی سطح پایین (همگرا) می‌کنند. این پرسش‌ها بیشتر بر واقعیاتی تمرکز دارند که قابل یادسپاری اند؛ (دانش، درک و فهم و کاربرد) مانند: «علت و علائم بیماری تالاسمی را بنویسید (زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۲، ص ۱۸۲)»، «برای هر کدام از فیبرهای محلول و فیبرهای نامحلول دو منبع غذایی نام ببرید (علوم زیستی و بهداشت، ص ۲۷)»، یا «گلوومرول چیست؟ (زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱، ص ۱۰۳)». این نوع سؤالات در رساندن دانش‌آموزان به فهم دقیق مطالب درسی خیلی مؤثر نیستند.

در مقابل، سؤال‌هایی با سطوح شناختی بالا (تجزیه و تحلیل، ترکیب و ارزشیابی) موجب می‌شوند که دانش‌آموزان برای پاسخ‌گویی به آن‌ها ملزم به استفاده از مهارت‌های سطوح بالای تفکر و استدلال باشند. دانش‌آموزان با استفاده از این مهارت‌ها، نه تنها حقایق را به یاد می‌آورند، بلکه می‌توانند از دانش خود برای حل مسئله، تجزیه و تحلیل و ارزشیابی نیز استفاده کنند؛ همچنین در پرورش تفکر

انتقادی در آن‌ها نقش مؤثری خواهند داشت. از آنجا که پاسخگویی به این گونه سؤال‌ها به درک عمیق از موضوع مورد مطالعه نیاز دارد، بیش از هر چیز مشخص می‌کنند که دانش آموز واقعاً مطلب را درک کرده است یا خیر. پرسش‌های باز (واگرا) پاسخ‌های گوناگون دارند؛ یعنی اگر آن‌ها را از جنبه‌های مختلف بررسی کنیم به پاسخ‌های متفاوتی خواهیم رسید. پرسش‌های باز امکان دسترسی به دیدگاه‌ها، احساسات و افکار دانش‌آموزان را به وجود می‌آورند و انگیزه پرسش کردن را در ایشان بیدار می‌کنند. مثال:

۱. اثر داروهای تب بر ربا روند بیماری‌های عفونی مورد بحث قرار دهید (زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۲، ص ۱۰).

۲. با اینکه لوبیا و سویا از گوشت ماهی بیشتر پروتئین دارند ولی چرا پروتئین گوشت ماهی، از پروتئین لوبیا و سویا با ارزش‌تر است؟ (علوم زیستی و بهداشت، ص ۲۹).

۳. نقش زیستی کدام آنزیم زیر با بقیه متفاوت است؟ چرا؟ لیپاز، لیزوزیم، پتالین، پپسین. (زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱، فصل ۴).

۴. چرا نسبت طول روده نوزاد قورباغه به طول بدن، بسیار بیشتر از این نسبت در قورباغه بالغ است؟ (زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱، ص ۶۵).

۵. دو شباهت و دو تفاوت مهم میان میتوکندری و کلروپلاست بیان کنید. (زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱، صص ۳۴ و ۳۵ و ۳۶).

۶. روزنه‌های برگ گیاهان تیره گل ناز و سایر گیاهان، در شب و روز هر کدام چه وضعیتی دارند؟ (زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱، ص ۹۶).

۷. تفاوت عمل تراوش و عمل ترشح را در تشکیل ادرار با یکدیگر مقایسه کنید (زیست‌شناسی و آزمایشگاه ۱، ص ۱۰۵).

معلمانی که می‌خواهند در دانش‌آموزان خود تفکر انتقادی و خلاق به وجود آورند نباید با رسیدن به یک پاسخ درست، بحث را تمام‌شده تلقی کنند؛ باید پاسخ‌های دیگر را هم مورد بررسی قرار دهند و دلیل نادرست بودن آن‌ها را با دانش‌آموزان در میان بگذارند و اگر قسمتی از پاسخ دانش‌آموزان درست باشد باید برای همان مقدار هم ارزش قائل شوند. با این کار به شاگردان خود می‌فهماند که به فکر کردن آنان بیش از خود محتوا اهمیت می‌دهند.

پرسش‌هایی برای پرورش مهارت‌های فرایندی: آن دسته از مهارت‌های تفکر را که بیشتر در ارتباط با کاوشگری هستند به عنوان مهارت‌های فرایندی علوم می‌شناسند. این مهارت‌ها در واقع، ابزار تحقیقات و پژوهش‌های علمی‌اند (شهرتاش و دیگران، ۱۳۸۷).

نمونه پرسش‌هایی برای پرورش مهارت‌های فرایندی

نوع مهارت فرایندی	مثال
مهارت مشاهده	بخش‌های مختلف بدن یک باکتری را از خارج به داخل مشخص کنید (علوم زیستی و بهداشت، ص ۸۷) تفاوت ساختاری و شباهت سلولز، گلیکوژن و نشاسته را بنویسید (علوم زیستی و بهداشت، صص ۱۲ و ۱۳) تفاوت ساختاری ماهیچه قلبی و اسکلتی چگونه است؟ (زیست و آزمایشگاه ۱، ص ۴۶)
مهارت فرضیه‌سازی	چرا خوردن دانه‌های برنج خام ارزش غذایی چندانی ندارد؟ چرا خوردن چربی بیش از هیدرات کربن باعث چاقی می‌شود؟
مهارت پیش‌بینی	در مورد گیاهان در حال رشد، اگر به آن‌ها آب، نور و گرمای بیشتر یا کمتر بدهیم چه می‌شود؟
مهارت تشخیص و کنترل متغیرها	چگونه اطمینان حاصل می‌کنید که موسیقی روی میزان شیردهی گاوها تأثیر دارد؟ (علوم زیستی و بهداشت، ص ۱۰)
مهارت تفسیر داده‌ها و نتیجه‌گیری	آیا میان سرعت رشد گیاه و مقدار آب، نور و گرمایی که دریافت شده است، رابطه‌ای وجود دارد؟ آیا میان سن افراد و تعداد ضربان قلب آن‌ها، رابطه‌ای وجود دارد؟ در آزمایش هاپکینز، عامل اصلی زنده ماندن یا مردن موش‌ها چیست؟ (علوم زیستی و بهداشت، ص ۳۴)
مهارت برقراری ارتباط	روش تحقیق خود را چگونه می‌نویسید؟ نتایج خود را چگونه برای دیگران توضیح می‌دهید؟

منابع

۱. آقازاده، محرم (۱۳۸۵). راهنمای روش‌های نوین تدریس، تهران، نشر آبیژ.
۲. اسلاوین، رابرت لی (۱۳۸۵). روان‌شناسی تربیتی نظریه و کاربری، مترجم، یحیی سیدمحمدی، تهران، نشر روان.
۳. بیابانگرد، اسماعیل (۱۳۸۴). روان‌شناسی تربیتی، تهران، نشر ویرایش.
۴. سیف، علی اکبر (۱۳۸۷). روان‌شناسی پرورشی نوین (روان‌شناسی یادگیری و آموزش)، تهران، انتشارات دوران. ویرایش ششم.
۵. شعبانی، حسن (۱۳۸۲). روش تدریس پیشرفته (آموزش مهارت‌ها و راهبردهای تفکر)، تهران، سمت.
۶. شهرتاش، فرزانه و دیگران (۱۳۸۷). مبانی نظری و مهارت‌های آموزش علوم، تهران، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
۷. کتب درسی زیست‌شناسی سال اول و دوم و سوم دبیرستان، چاپ ۱۳۹۱.

سازگاری جنسی

وسیستم‌های آمیزشی قارچ‌ها

زهرا لَرکی

کارشناس ارشد بیماری‌شناسی گیاهی

دبیر زیست‌شناسی ناحیه ۳ اهواز

Zahra.larki1356@gmail.com

چکیده

دو عامل تولید مثل جنسی را در قارچ‌ها هدایت می‌کنند: جنسیت و سازگاری. قارچ‌ها، از نظر جنسیت، خود به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: قارچ‌های یک‌پایه یا هرمافروdit، قارچ‌های دوپایه و قارچ‌های غیرقابل تمایز از نظر جنسیت. قارچ‌های هرمافروdit خودسازگار ۱ یا خودناسازگار ۲ هستند. در قارچ‌های خودسازگار اندام نر قادر به تلقیح اندام ماده همان تال است و تولیدمثلی جنسی روی یک تال، که از یک هاگ منفرد یا یک قطعه ریشه به‌دست آمده باشد، اتفاق می‌افتد. قارچ‌های خودناسازگار آن‌هایی‌اند که در آن‌ها اندام نر و ماده موجود روی یک تال ناسازگارند و قادر به لقاح با همدیگر نیستند. از این‌رو، برای تولیدمثل جنسی، به یک تال سازگار دیگر نیاز دارند. قارچ‌های دوپایه به‌طور اجباری خودناسازگارند. بیشتر بازیدیومیست‌ها خودناسازگارند. در موقع تشکیل هاگ، دو هسته متفاوت جنسی وارد یک هاگ می‌شوند. اگر چنین هاگی جوانه بزند و رشد کند، تالی به‌وجود می‌آورد که خودبارور است. بنابراین، اگرچه چنین قارچی خودناسازگار است، اما مثل یک قارچ خودسازگار عمل می‌کند. به این نوع خودسازگاری، خودسازگاری ثانویه یا کاذب گفته می‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که از نظر سازگاری جنسی، قارچ‌ها به سه گروه خودناسازگار، خودسازگار و خودسازگار ثانویه تقسیم می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: سازگاری جنسی، تیپ آمیزشی، قارچ.

مقدمه

اگرچه سازگاری جنسی وابستگی نزدیکی با جنسیت دارد، ولی نباید با آن اشتباه گرفته شود. وجه تمایز جنسیت و سازگاری جنسی در این نکته است که اگرچه قارچ‌های خودناسازگار ممکن است هرمافروdit باشند، ولی قادر به تولید مثل جنسی نیستند. عامل سازگاری جنسی در اینجا تعیین‌کننده تولیدمثل جنسی است. قارچ‌های خودناسازگار سیستم ژنتیکی (سیستم آمیزشی) ویژه‌ای دارند که سبب می‌شود تلاقی جنسی بین دو سلول با ماهیت ژنتیکی یکسان صورت نگیرد. درواقع این قارچ‌ها خودعقیم یا خودناسازگار هستند. در همه این قارچ‌ها، وقتی آمیزش جنسی اتفاق می‌افتد که دو سویه ۳ با تیپ آمیزشی ۴ مختلف با هم تلاقی یابند. تلاقی بین سویه‌های مختلف تحت تنظیم ژن‌های تیپ آمیزشی ۵ قرار دارند. تاکنون چندین سیستم آمیزشی در قارچ‌ها معرفی شده است که شرح داده می‌شود.

• سیستم آمیزشی تک عاملی (دو قطبی) با دو تیپ آمیزشی

تیپ آمیزشی در آسکومیست‌های خودناسازگاری به وسیله یک ژنگاه (لوکوس) تیپ آمیزشی^۷ (که با MAT نشان داده می‌شود) با دو آل مختلف (MAT-۱ و MAT-۲) تنظیم می‌شود. از این رو تلاقی بین سلول‌های هاپلوئید (یا ریسۀ هاپلوئید) وقتی موفقیت آمیز است که بین دو تیپ آمیزشی مختلف صورت گیرد. بنابراین تلاقی فقط بین MAT-۱ و MAT-۲ بارور خواهد بود و تلاقی بین MAT-۱ و MAT-۱ یا MAT-۲ با MAT-۲ نابارور خواهد بود. به نظر می‌رسد علاوه بر تیپ آمیزشی، ویژگی‌های دیگری نظیر وجود ترکیبات مولکولی پیچیده از قبیل کاروتن‌ها، استروئیدها و یا سیگنال‌های مولکولی ناشناخته برای تکمیل چرخۀ جنسی مؤثر باشند. بنابراین، وقتی بعد از کاریوگامی

یک سلول دیپلوئید حاصل می‌شود، بعد از میوز ۵۰ درصد از هاگ‌ها از تیپ آمیزشی MAT-۱ و ۵۰ درصد MAT-۲ خواهند بود. این نوع سیستم آمیزشی در اغلب قارچ‌های شاخۀ آسکومیکوت نظیر *Saccharomyces cerevisiae* و *Neurospora crassa* از قارچ‌های زیگومیکوت و برخی از بازیدیومیکوت‌ها مثل قارچ‌های مولد رنگ‌ها و برخی سیاهک‌ها دیده می‌شود. با توجه به اینکه این نوع سیستم آمیزشی توسط یک ژنگاه و دو آل تنظیم می‌شود، سیستم آمیزشی خودناسازگاری تک عاملی یا دو قطبی نامیده می‌شود.

در فرایند جذب تیپ‌های آمیزشی به طرف یکدیگر هر کدام از آل‌ها نقش ویژه‌ای دارد. هر تیپ آمیزشی حضورش را به تیپ آمیزشی دیگر به وسیله تولید فرمون‌های پپتیدی مخصوص اعلام می‌کند (۲). مثلاً در *Saccharomyces cerevisiae* سلول تیپ MAT-۱ عامل a را ترشح می‌کند که توسط یک پروتئین گیرنده در سلول تیپ آمیزشی MAT-۲ شناسایی می‌شود و برعکس سلول‌های MAT-۲ عامل b را تولید می‌کند که به گیرنده‌ای در سلول MAT-۱ می‌چسبد. چسبیدن فرمون‌ها به توقف موقتی چرخۀ رویشی سلول می‌انجامد و موجب تولید فرمون‌هایی در سطح سلول می‌شود که لقاح و آمیزش را آسان می‌کند.

در آسکومیست‌های خودسازگار، MAT-۱ و MAT-۲ معمولاً در یک هسته وجود دارند و این نشان دهنده این موضوع است که هر دو آل برای تکمیل چرخۀ جنسی لازم هستند.

• سیستم آمیزشی تک عاملی (دو قطبی) با بیش از دو تیپ آمیزشی

بعضی از قارچ‌ها نظیر قارچ بازیدیومیستی *Coprinus comatus* دارای یک ژنگاه (مکان ژنی) تیپ آمیزشی هستند اما آل‌های تیپ

آمیزشی متعدد دارند. لقاح بین دو ریسۀ هاپلوئید که دارای آل‌های مختلف هستند، صورت می‌گیرد لذا بازیدیوم دیپلوئید هتروزیگوت خواهد بود و از چهار بازیدیوسپور دارای یک تیپ و دو هاگ دیگر دارای تیپ دیگر خواهند بود. با توجه به وجود یک ژنگاه، این سیستم هم تک عاملی (دو قطبی) است اما چون بیش از دو تیپ آمیزشی دارد، در یک گروه مجزا قرار گرفته است.

• سیستم آمیزشی دو عاملی (چهار قطبی)^۸

در اکثر بازیدیومیست‌ها سازگاری جنسی توسط بیش از یک ژنگاه (معمولاً دو ژنگاه) واقع در کروموزوم‌های مختلف تنظیم می‌گردد که به آن خودناسازگاری دو عاملی یا چهار قطبی گفته می‌شود. البته اصطلاح خودناسازگاری دو عاملی زمانی به این قارچ‌ها اطلاق شد که تصور می‌شد فقط دو ژنگاه در این قارچ‌ها دخالت دارد اما بعد معلوم شد در بسیاری از بازیدیومیست‌ها، بیش از دو ژنگاه مسئول تیپ آمیزشی است و ممکن است سه عاملی یا چهار عاملی باشد؛ ولی به طور معمول اصطلاح دو عاملی برای این قارچ‌ها به کار برده می‌شود. این سیستم آمیزشی در سه گونه *Ustilago maydis* (سیاهک ذرت)، *Coprinus cinereus* (عامل پوسیدگی چوب) و *Schizophyllum commune* به خوبی مطالعه شده است.

جدول ۱ نمونه ساده برای تیپ آمیزشی دو عاملی در یک بازیدیومیست با دو ژنگاه A و B را نشان می‌دهد. اگر در این قارچ هسته‌های بازیدیوم دارای ژنوتیپ A₁B₂ و A₂B₁ باشد، پس از میوز چهار بازیدیوسپور با ژنوتیپ A₁B₁، A₁B₂، A₂B₁ و A₂B₂ ایجاد می‌شود. تلاقی زمانی موفقیت آمیز است که هاگ‌ها در هر دو ژنگاه با هم تفاوت داشته باشند.

	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂
A ₁ B ₁	-	-	-	+
A ₁ B ₂	-	-	+	-
A ₂ B ₁	-	+	-	-
A ₂ B ₂	+	-	-	-

جدول ۱: نمونه ساده برای تیپ آمیزشی دو عاملی برای یک بازیدیومیست با دو ژنگاه A و B
(در این جدول تلاقی سازگار با علامت + و ناسازگار با علامت - نشان داده شده است).

در گونه *Schizophyllum commune* سازگاری جنسی توسط چهار ژنگاه تیپ آمیزشی واقع روی دو کروموزوم تنظیم می شود. چهار ژنگاه به صورت $A\alpha$, $A\beta$, $B\alpha$ و $B\beta$ نام گذاری شده اند. این ژن ها فراورده هایی را کد می کنند که کلیه مراحل توسعه چرخه جنسی قارچ شامل تبدیل یک ریسۀ هموکاریون^۱ غیربارور به میسیلیوم بارور، تولید بازیدیوکارپ، تولید بازیدیوم و بازیدیوسپور را تنظیم می کنند. این ژنگاه ها به صورت جفت آرایش یافته اند، به طوری که $A\alpha$ و $A\beta$ به صورت نزدیک روی یک کروموزوم و $B\alpha$ و $B\beta$ روی کروموزوم دیگر قرار دارند. هر نوع ریسۀ هموکاریون در این قارچ می توانند باهم امتزاج یابند اما برای اینکه تلاقی منجر به تشکیل میسیلیوم دیکاریون

یا میسیلیوم ثانویه پایدار شود، لازم است هموکاریون های امتزاج یافته در ژنگاه های $A\alpha$ و $A\beta$ و در $B\alpha$ و $B\beta$ باهم تفاوت داشته باشند. در جدول ۲ شش ژنوتیپ دیکاریون احتمالی نشان داده شده است. همان طور که در جدول ۲ مشخص شده است، تلاقی های دو، سه و چهار کاملاً سازگار هستند.

زیرا هر کدام از آن ها در دو ژنگاه A و B باهم متفاوت هستند. در این تلاقی ها حوادثی که به دنبال تلاقی می آید و توسط این ژن ها تنظیم می شود عبارتند از: مهاجرت هسته، تقسیم میتوزی، حل دیواره و جفت شدن هسته ها. همه این حوادث به توسعه میسیلیوم دیکاریون منجر می شود که با تقسیمات میتوزی هسته ها و تولید قوس اتصال در این قارچ همراه است. تلاقی شماره یک کاملاً ناسازگار است و بعد از امتزاج هیچ توسعه ای صورت نمی گیرد. در تلاقی های شماره پنج و شش بعد از امتزاج هموکاریون ها،

جدول ۲: شش ژنوتیپ دیکاریون احتمال در *Schizophyllum commune* که در آن چهار ژنگاه به صورت $A\alpha$, $A\beta$, $B\alpha$ و $B\beta$ نام گذاری شده اند (برگرفته از منبع ۱).

نوع واکنش	ژنوتیپ هموکاریون دوم**	+	ژنوتیپ هموکاریون اول	شماره
ناسازگار	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	+	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	۱
سازگار	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	+	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	۲
سازگار	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	+	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	۳
سازگار	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	+	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	۴
جزیی سازگار	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	+	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	۵
جزیی سازگار	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	+	$A\alpha, A\beta$ $B\alpha, B\beta$	۶

* زیرنویس با اعداد ۱ و ۲ ال های هر کدام از ژن های تیپ آمیزشی را نشان می دهند. در اینجا دو ال برای هر ژنگاه (ژن تیپ آمیزشی) در نظر گرفته شده است.
 ** ال های متفاوت در ژنوتیپ دوم تیره نشان داده شده اند.

توسعه اندک میسیلیوم اتفاق می افتد اما هیچ وقت میسیلیوم دیکاریون پایدار جنسی تشکیل نمی شود. مطالعات نشان داده است که ژنگاه A در جفت شدن هسته ها، تشکیل اولیه قوس اتصال، تقسیم هسته ها و تشکیل دیواره روی سلول قوس اتصال نقش دارد. ژنگاه B در مهاجرت هسته ها و امتزاج نوک قوس اتصال با ریسۀ نقش دارد.

با وجود این، شواهد نشان می دهند که در بازیدیومیسیت ها بیش از یک جفت ال در هر ژنگاه وجود دارد و در واقع چند الی هستند، به عنوان مثال نشان داده شده است که *Schizophyllum commune* نه ال برای ژنگاه های $A\alpha$, $B\alpha$ و $B\beta$ و ۳۲ ال برای $A\beta$ وجود دارد. در قارچ *Ustilago maydis* دو ژنگاه به نام های a و b در تولید و

توسعه هتروکاریون^۱ جنسی نقش دارند. برای اینکه دو هاگ هاپلوئید با هم هتروکاریون بیماری زا تولید کنند، لازم است که دارای ال های متفاوت در هر ژنگاه باشند. ژنگاه a دارای دو ال a_1 و a_2 است که مسئولیت امتزاج دو ریسۀ هتروکاریون را دارد. این ال ها یک فرمون و یک گیرنده فرمون تولید می کنند. ژنگاه b که به آن

ژنگاه بیماری زایی نیز گفته شده است، ۲۵ ال دارد و پروتئین های تنظیمی را کد می کند. سیستم آمیزشی در این قارچ به این صورت عمل می کند که اگر هاگ هایی که دارای ال های غیر مشابه (a_1 و a_2) باشند باهم تماس گیرند، جوانه زدن آن ها متوقف می شود و ریسۀ ظریفی تولید می کنند که باهم امتزاج می یابند و ریسۀ دیکاریون به وجود می آورند. حال اگر در این دیکاریون، ال های غیر مشابه (b_1 و b_2) نیز وجود داشته باشند، هتروکاریون تولید شده سریعاً توسعه می یابد و به یک هتروکاریون عفونت زا تبدیل می شود. اگر حتی با وجود دو ال مختلف a ریسۀ هتروکاریون ظریف اولیه تولید شود اما ال های b مشابه باشند، توسعه ریسۀ اولیه متوقف می شود و نمی تواند به گیاه نفوذ و ایجاد آلودگی کند. در صورتی هم که هاگ ها از نظر ال مشابه باشند، حتی هتروکاریون اولیه نیز تشکیل نخواهد شد. به همین دلیل به طور سنتی به ژنگاه a ژنگاه آمیزشی و به ژنگاه b، ژنگاه بیماری زایی گفته شده است.

لازم به یادآوری است که تعدادی از ژنگاه های تیپ آمیزشی، علاوه بر نقشی که در آمیزش دارند، در

تعدادی از ژنگاه های تیپ آمیزشی، علاوه بر نقشی که در آمیزش دارند، در فرایندهای دیگری مانند ناسازگاری روبشی (عکس سازگاری جنسی است، زیرا سازگاری جنسی بین جدایه های غیریکسان وجود دارد)، دوشکلی جنسی، دو شکلی آسکوسپور و قدرت بیماری زایی نیز نقش دارند

فرایندهای دیگری مانند ناسازگاری رویشی (عکس سازگاری جنسی است، زیرا سازگاری جنسی بین جدایه‌های غیریکسان وجود دارد)، دوشکلی جنسی، دوشکلی آسکوسپور و قدرت بیماری‌زایی نیز نقش دارند. در بازیدیومیست‌ها ناسازگاری رویشی به وسیله ژن‌های تیپ آمیزشی تنظیم می‌شوند اما نقش این ژن‌ها در ناسازگاری رویشی آسکومیست‌ها کمتر است (۲)

تعیین تیپ آمیزشی قارچ‌ها

به منظور تعیین تیپ آمیزشی قارچ‌ها باید از جدایه‌های همان گونه قارچ که قبلاً تیپ آمیزشی آن‌ها تعیین شده است (جدایه آزمایشگر) استفاده کرد. در این صورت جدایه‌هایی که در نظر است

تیپ آمیزشی آن‌ها تعیین شود، باید با جدایه‌هایی از هر دو نوع تیپ آمیزشی (یعنی MAT-۱ و MAT-۲) تلاقی داده شوند. محل تلاقی ممکن است داخل تشک پتری روی محیط کشت مناسب یا روی قطعاتی از بافت گیاهی

میزبان مثل کاه و کلش غلات یا ساقه انجام شود. به این صورت که حلقه‌های حدود پنج میلی‌متری از جدایه مورد بررسی به فاصله حدود دو سانتی‌متر از دو جدایه آزمایشگر به صورت سه نقطه‌ای کشت می‌گردد (شکل ۱). البته شرایط نگهداری کشت‌ها مثل نور و رطوبت بستگی به نیازهای قارچ مورد مطالعه دارد. وقتی جدایه مورد نظر در دو طرف رشد کرد و با ریشه جدایه‌های آزمایشگر در سمت راست و چپ برخورد کرد، با مساعد بودن سایر شرایط، به احتمال زیاد با یکی از جدایه‌های آزمایشگر در محل برخورد تولیدمثل جنسی انجام

می‌دهد، در این صورت تیپ آمیزشی جدایه مورد مطالعه مخالف تیپ آمیزشی همان جدایه آزمایشگر خواهد بود. این گونه مطالعات در مورد قارچ *Magnaporthe grisea* و برخی دیگر از قارچ‌ها در ایران انجام شده است (۱).

روش دوم برای تعیین تیپ آمیزشی شناسایی ژن‌های مربوط به ژن‌های تیپ آمیزشی (MAT-۱ یا MAT-۲) در هر جدایه از قارچ است. یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر برای شناسایی این ژن‌ها متداول شده است روش واکنش زنجیره‌ای پلی مرارز (PCR) است. در این روش DNA در آزمایشگاه از هر جدایه استخراج می‌شود سپس وجود هر کدام از ژن‌ها (MAT-۱ یا MAT-۲) در DNA قارچ ردیابی می‌شود (۳ و ۴).

به منظور تعیین تیپ آمیزشی قارچ‌ها باید از جدایه‌های همان گونه قارچ که قبلاً تیپ آمیزشی آن‌ها تعیین شده است (جدایه آزمایشگر) استفاده کرد

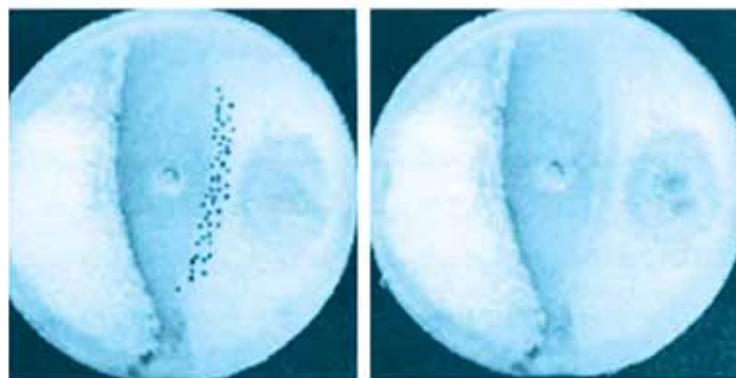
پی‌نوشت‌ها

1. Homothalism
2. Heterothalic
3. Secondary Homothalism
4. Strain
5. Mating type
6. Mating type genes
7. Unifactorial mating system=Bipolar
8. Mating typ Locus
9. Tetrapolar mating system=bifactorial
10. Homokaryon
11. Heterokaryon

۱۲. واژه آسکوکارپ (Ascocarp) اندامی که داخل یا روی آن آسک‌ها (اندامی که داخل آن هاگ جنسی آسکومیکوتا تشکیل می‌شود و محل کاربوگامی و میوز است) تشکیل می‌شوند.

منابع

۱. امیر دهی، ا.، خداپرست س. ا.، جوان نیکخواه م. ۱۳۸۷. تعیین گروه‌های سلزگار رویشی در جمعیت *Magnaporthe grisea* عامل بیماری بلاست برنج در استان مازندران. مجله دانش کشاورزی ۵۱(۱): ۲۰۵-۲۱۳.
2. Alexopoulos C.J., C.W. Mims and M. Blackwell. 1996. Introductory mycology, 4th edition. John Wiley and Sons, New York. 869p.
3. Mc Guire I.C., R.E. Marra, B.G. Turgeon, and M.G. Milgroom. 2001. Analysis of mating-type genes in the chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica*. Fungi Genetics and Biology 34: 131-144.
4. Schubert D.K., B. Lengeler and E. Kothe. 2000. Identification of mating - type dependent genes by non-radioactive, arbitrarily primed PCR in *schizophyllum commune*. Journal of Basic Microbiology 40(1): 65-70.



شکل ۱: نحوه تعیین تیپ آمیزشی قارچ *Magnaporthe grisea* روی محیط کشت و داخل تشک پتری در شرایط آزمایشگاه. جدایه مورد بررسی با تیپ آمیزشی نامعلوم در وسط دو جدایه آزمایشگر با تیپ آمیزشی معلوم کشت شده است (راست)، پس از تماس میسلیوم جدایه مورد بررسی با جدایه آزمایشگر دو، در محل تماس آسکوکارپ‌های^{۱۱} قارچ به صورت نقاط برجسته و سیاه‌رنگی تشکیل شده‌اند (چپ). بنابراین تیپ آمیزشی جدایه مورد بررسی MAT-۱ است (۱).

نمونه سؤال‌هایی از رفتارشناسی

۱. سوسک و زنبور انگل نقش نوعی الومون دارد.
هـ. این ماده بین گیاه و زنبور انگل و نیز بین سوسک و زنبور انگل
نقش نوعی کایرومون دارد.

۲. در هریک از گزینه‌های زیر روابط متقابل بین دو جفت
جاندار نوشته شده است. کدام دو جفت از نظر سود یا زیان
شباهت بیشتری به هم دارند؟

- الف. دلقک‌ماهی و شقایق دریایی / داروآش و درخت سیب.
- ب. ستاره دریایی و دوکفه‌ای / ملخ معمولی و ملخ شاخک بلند.
- ج. گل‌سنگ و افرا / داروآش و بلوط.
- د. لارو کرمی شکل حشره و زنبور انگل / لارو کرمی شکل حشره و
گیاه خوردنی برای لارو
- هـ. ویروس HIV و انسان / چتر و چوب در حال پوسیدن.

۳. چرخ‌ریسک بزرگ (Parus major) که در جنگل‌ها
و بیشه‌ها زندگی می‌کند، چند الگوی صوتی مختلف دارد.
معلوم شده است اصواتی که فرکانس زیاد دارند، در مناطق باز
دیرتر از مناطق پردرخت مستهلک می‌شوند. در نمودارهای
زیر ویژگی‌های اصوات چرخ‌ریسک بزرگ در ۶ مکان مختلف
نشان داده شده است. کدام گزینه درست است؟

۱. جانوران برای برقراری ارتباط‌های بین‌گونه‌ای سه نوع
ماده شیمیایی ترشح می‌کنند: کایرومون (kairomone)،
آلومون (allomone) و سینومون (synomone). کایرومون به
سود افراد دریافت‌کننده، اما به زیان افراد ترشح‌کننده است.
آلومون به سود افراد ترشح‌کننده است، ولی برای دریافت
کننده نه زیان‌مند است و نه سودمند، و سینومون، هم به سود
افراد ترشح‌کننده و هم به سود افراد گیرنده است.

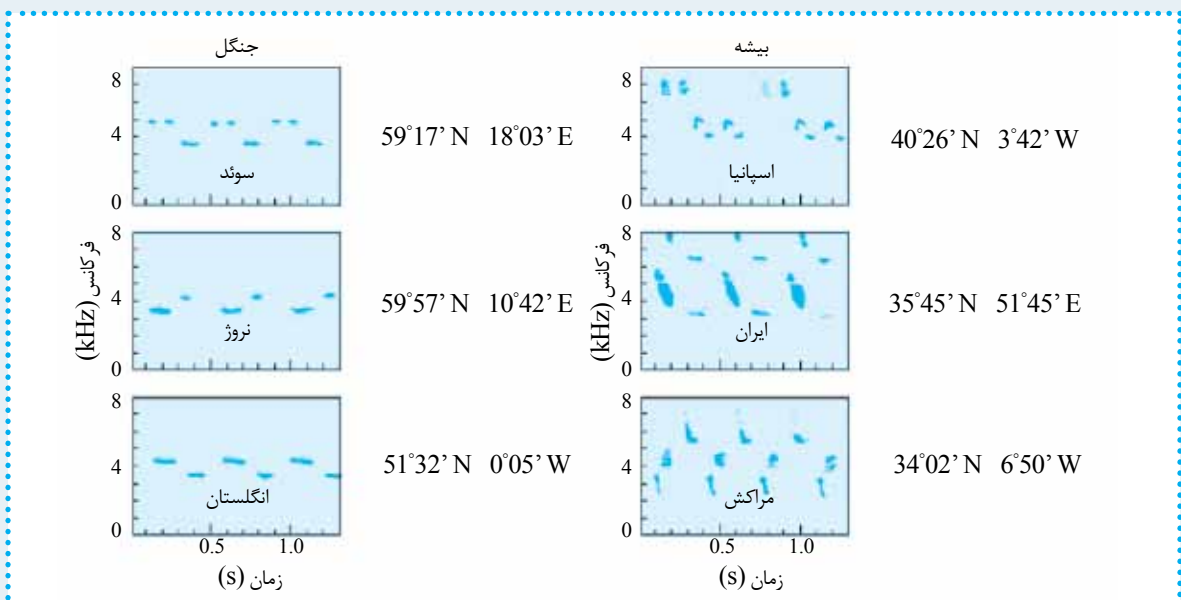
یک گونه گیاهی نوعی روغن فرار ترشح می‌کند که نوعی
سوسک علف‌خوار را جذب می‌کند تا روی برگ‌های آن تخم
بگذارد. این ماده در همین حال نوعی زنبور انگل را هم جذب
می‌کند و به آن، که دشمن طبیعی سوسک است، کمک می‌کند
تا درون لاروهای سوسک تخم بگذارد. کدام گزینه نقش این
ماده روغنی را درست توصیف کرده است؟

الف. این ماده بین گیاه و سوسک نقش نوعی سینومون و بین گیاه
و زنبور انگل نقش نوعی الومون دارد.

ب. این ماده بین گیاه و زنبور انگل نقش نوعی کایرومون و بین
سوسک و زنبور انگل نقش نوعی سینومون دارد.

ج. این ماده بین گیاه و سوسک نقش نوعی کایرومون و بین گیاه
و زنبور انگل نقش نوعی سینومون دارد.

د. این ماده بین گیاه و سوسک نقش نوعی کایرومون و بین



الف. در مناطق پست تنوع کمتری در فرکانس صوتی مشاهده می‌شود.

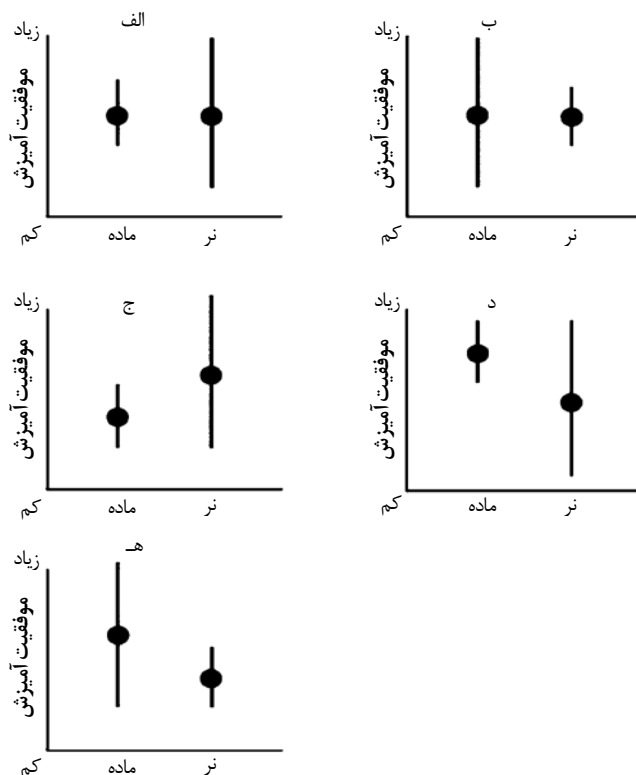
ب. فرکانس صوتی ساکنان جنگل نسبت به ساکنان بیشه‌زار متنوع‌تر است.

ج. صوت ساکنان جنگل نسبت به صوت ساکنان بیشه‌زار در هر جمله نوت‌های بیشتری دارد.

د. تنوع نوع صوت ارتباطی با نوع زیستگاه ندارد.

هـ. اگر فردی از جنگل به علفزاری باز منتقل شود، میانگین فرکانس صوتی آن افزایش می‌یابد.

۴. نوعی حشره فرضی چندهمسر است؛ نر آن با چند ماده آمیزش انجام می‌دهد، اما هر ماده فقط یک بار آمیزش انجام می‌دهد. افراد بالغ در پاییز آمیزش انجام می‌دهند. همه افراد بالغ اندکی پس از فصل آمیزش می‌میرند و نسبت جنسی در این گونه ۱:۱ است. در نمودارهای زیر موفقیت آمیزش آن‌ها به صورت تعداد آمیزش‌ها در فصل برای افراد نر و ماده نشان داده شده است. کدام یک از این نمودارها میانگین و واریانس افراد نر و ماده را در این گونه نشان می‌دهد؟ نقطه‌های پررنگ میانگین‌ها و خطوط ممتد واریانس را نشان می‌دهند.



۵. دو نوع تخم‌گذاری در پرندگان وجود دارد. دیررس (Altricial) و پیش‌رس (Precocial). معمولاً بدن جوجه پرندگان پیش‌رس وقتی که از تخم خارج می‌شوند، از پر پوشیده شده است و می‌توانند با کمک و راهنمایی مادر غذای خود را بیابند. به عکس، جوجه پرندگان دیررس باید از سوی مادر تغذیه شود. بر اساس این اطلاعات کدام گزینه‌ها درست است؟

الف. جوجه‌های پیش‌رس معمولاً دیرتر از جوجه‌های دیررس از تخم خارج می‌شوند.

ب. جوجه‌های دیررس معمولاً زودتر از جوجه‌های پیش‌رس نقش‌پذیری پیدا می‌کنند.

ج. والدین طی دوره مراقبت از فرزندان روی جوجه‌های پیش‌رس سرمایه بیشتر می‌گذارند.

د. برای گروهی از جوجه‌هایی که همزمان از تخم خارج می‌شوند، دیررس بودن باعث کسب توانایی پرواز زودتر از جوجه‌های پیش‌رس می‌شود.

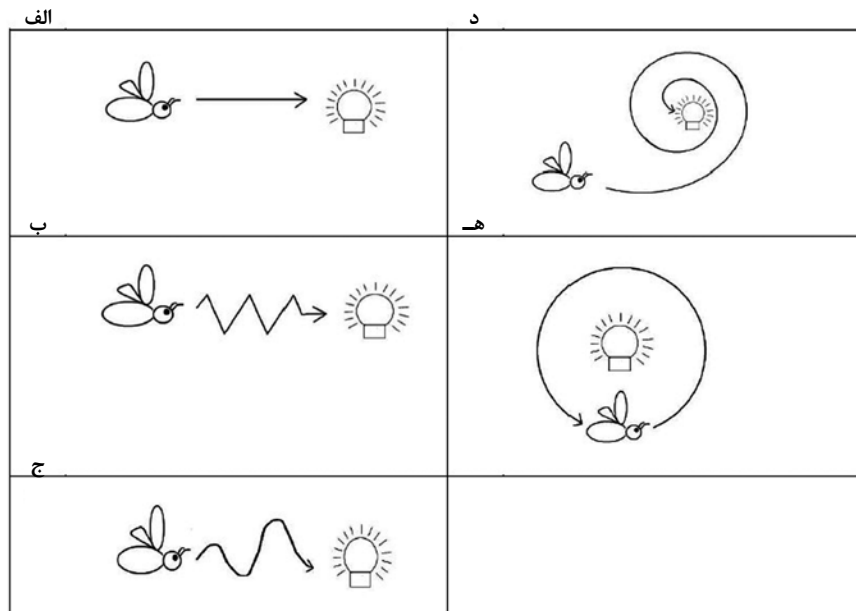
هـ. والدین جوجه‌های پیش‌رس و دیررس طی فصل تولیدمثل سرمایه مساوی برای زادآوری می‌گذارند.

۶. یک دانشمند حشره‌شناس کشف کرد که گونه‌ای سوسری برای تنظیم ساعت زیستی خود از تغییرات شدت نور غروب (ساعت ۶ بعدازظهر) استفاده می‌کند. او همچنین کشف کرد که ریتم سیرکادین آن ۲۵ ساعتی است. اگر دانش آموزی در ساعت ۶ بعدازظهر یکی از این سوسری‌ها را در قفس تاریک وارد کند، آن سوسری پس از ۱۲ روز در چه ساعتی فعال خواهد بود؟ کافی است در برگه پاسخ‌نامه زمان را بنویسید و ذکر کنید در صبح یا بعدازظهر.

۷. یک دانشمند زیست‌شناس کشف کرده است که نوعی پروانه شب پرواز می‌تواند شب‌هنگام در خطی مستقیم به‌سوی نور ماه پرواز کند، چون همواره با استفاده از ابزار گیرنده‌های نوری، زاویه بین محور بدن آن و جهت نور ماه را در حد ۸۰ درجه ثابت نگه می‌دارد. اگر پروانه در

شبی تاریک بانور شدیدی مواجه شود انتظار می‌رود کدام مسیر پروازی را نشان دهد؟

د. تاریخ لانه‌سازی به طول بدن نرها بستگی دارد. هـ به احتمال زیاد شانس زادآوری این گونه تحت تأثیر اندازه بدن است.



۸. یک پژوهشگر ۱۰ جفت پرنده را طی فصل زادآوری مشاهده کرد. او برای هر جفت طول بدن نر و ماده و تاریخ لانه‌سازی آن جفت را ثبت کرد. (جدول)
براساس داده‌های جدول، میانگین طول بدن ماده‌ها

۹. آزمایشی برای آزمون این فرضیه طراحی شد: تعداد زنبورهای زرد در هر ظرف غذا آشکارا بر انتخاب ظرف غذا توسط کارگرهای جمع‌آوری کننده شهد اثر می‌گذارد. چهار ظرف غذا با صفر، یک، دو و هشت زنبور مدل، مانند

طول بدن نرها و ماده‌ها و تاریخ لانه‌سازی ۱۰ جفت پرنده

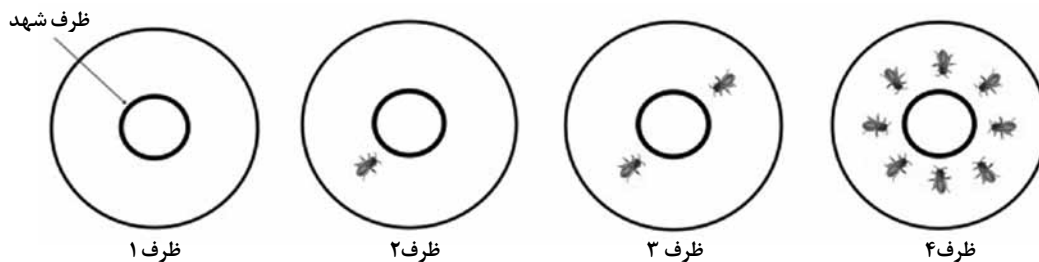
J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
۲۷/۴	۲۸/۳	۲۵/۹	۲۵/۵	۲۸/۱	۲۷/۰	۲۵/۰	۲۵/۱	۲۷/۸	۲۶/۴	طول بدن ماده‌ها (cm)
۳۰/۵	۲۹/۷	۲۷/۴	۲۹/۶	۳۰/۲	۲۷/۹	۲۹/۰	۲۸/۹	۲۸/۴	۲۸/۳	طول بدن نرها (cm)
۴/۲۶	۵/۱	۵/۲	۴/۲۹	۴/۲۷	۵/۱	۴/۲۸	۵/۴	۵/۳	۵/۶	تاریخ لانه‌سازی

۲۶/۶۵ و میانگین طول بدن نرها ۲۸/۹۹ است. در مقایسه با میانگین طول بدن ۲۶/۱۰ سانتی‌متر برای ماده‌های بالغ و ۲۷/۶۰ سانتی‌متر برای نرهای بالغ (زاد و ولدکنندگان + غیرزاد و ولدکنندگان) در جمعیت $N=30$ در منطقه بررسی، کدام مورد درست است؟

شکل زیر تهیه کردیم. در وسط هر ظرف یک ظرف کوچک شهد قرار دادیم و سپس به مشاهده چگونگی انتخاب هر ظرف از سوی کارگرها پرداختیم. کدام یک از موارد زیر نباید در طراحی این آزمایش در نظر گرفته شوند.

- الف. استفاده از مدل‌های زنده.
- ب. چیدن چهار ظرف غذای دارای شهد به‌طور تصادفی و جانشینی.
- ج. ریختن محلول شهد با غلظت مساوی در همه ظروف.

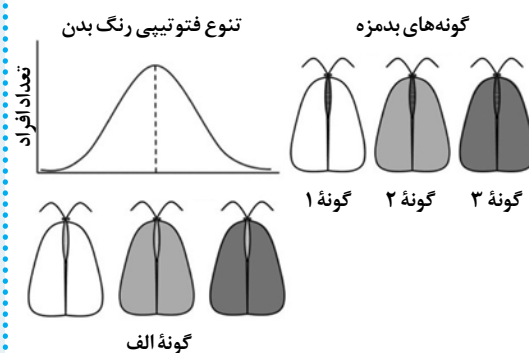
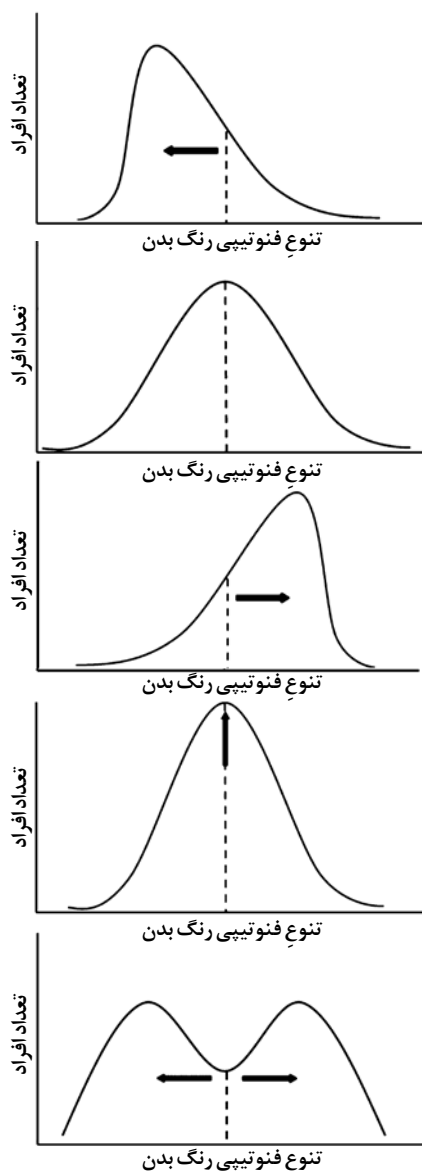
- الف. در این گونه همه نرها بزرگ‌تر از ماده‌ها هستند.
- ب. ماده‌ها تمایل دارند با نرهای بزرگ‌تر از خود جفت شوند.
- ج. طول بدن نرها در انتخاب جفت اثر ندارد.



د. جلوگیری از ورود گونه‌های دیگر به ظروف غذا.

ه. جلوگیری از بازدید مکرر توسط هر کارگر.

۱۰. همان طور که در نمودار سمت چپ نشان داده شده است، رنگ بدن افراد جمعیتی از پروانه‌های شب پرواز از گونه‌الف متنوع است. در محیط زیست این پروانه پرنده‌گانی زندگی می‌کنند که شکار این نوع پروانه را دوست دارند. در این محیط گونه‌های دیگر پروانه شب پرواز نیز زندگی می‌کنند که برای پرنده‌گان مطبوع نیستند: این نوع پروانه‌ها با شماره‌های ۱ تا ۳ در سمت راست نمودار نشان داده شده‌اند. فنوتیپ گونه‌های ۱، ۲ و ۳ شبیه فنوتیپ گونه‌الف است: گونه ۱ به افراد دارای رنگ روشن، گونه ۲ به افراد دارای رنگ میانه و گونه ۳ به افراد دارای رنگ تیره شباهت دارد. پرنده‌گان پس از شکار و خوردن گونه‌های ۱، ۲ و ۳ می‌آموزند که از آن‌ها دوری کنند. به نظر می‌رسد که گونه‌الف نوعی تقلید باتزین با دیگر گونه‌ها دارد. اگر گونه ۳ فراوان‌ترین گونه این زیستگاه باشد، کدام نمودار دقیقاً پیش‌بینی گونه‌الف را نشان می‌دهد (خط چین میانگین جمعیت اصلی گونه‌الف را نشان می‌دهد)؟



از تخمک لقاح یافته به وجود می‌آیند. نرها هاپلوئیدند و از تخمک لقاح نیافته حاصل می‌شوند. با فرض اینکه ملکه با یک

۱۱. زنبور عسل که زندگی فرااجتماعی دارد، سیستمی اختصاصی برای تعیین جنسیت دارد. ماده‌ها دیپلوئیدند و

نر آمیزش انجام داده باشد، کدام یک از گزاره‌های زیر درست است؟

- I. نر مادر دارد ولی پدر ندارد.
- II. ماده باید برادرهای خود را پرورش دهد تا به جای زادآوری مستقیم خود، شایستگی کلی (inclusive fitness) را افزایش دهد.
- III. برای شایستگی ماده‌ها (کارگرها) لازم است نسبت نرها و ماده‌هایی که ملکه تولید می‌کند مساوی باشد.
- IV. ماده باید برای افزایش شایستگی خود، تخم‌های ماده (کارگر) های دیگر را از لانه خارج کند.

الف. I و II ب. I و III ج. I و IV
د. II و III هـ. III و IV

سؤالات ۱۲ و ۱۳

در گونه‌ای عنکبوت، معمولاً بچه‌عنکبوت‌ها وقتی به سن خاصی

کدام رفتار انتخاب می‌شود؟

- الف. ماده اجازه مادرخوری نمی‌دهد چون این رفتار ماندگاری آن را کاهش می‌دهد.
- ب. ماده پیش از آنکه بچه‌ها از تخم خارج شوند، لانه را ترک می‌کند.
- ج. ماده بعد از اینکه اندکی قبل از مادر خوری، نخستین گروه نوزادان را ترک می‌کند توسط دومین گروه نوزادان خورده می‌شود.
- د. ماده توسط نخستین گروه نوزادان خورده می‌شود.
- هـ. ماده فرزندان مادر خور تولید نکند.

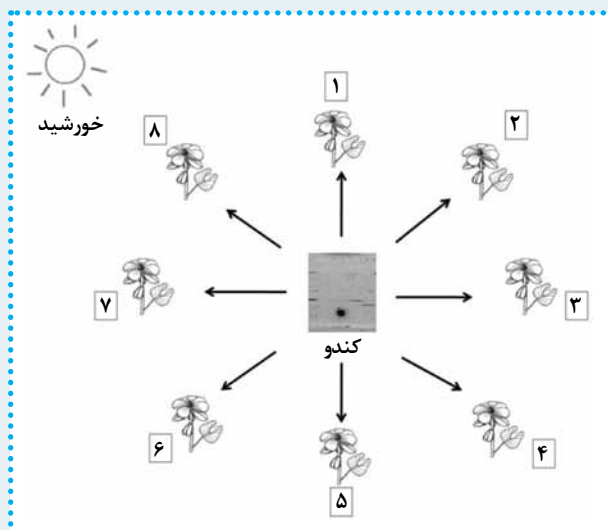
سؤالات ۱۵ تا ۱۶

زنبورهای عسل کارگر (Apis) برای نشان دادن فاصله و جهت منابع گل، رقص انجام می‌دهند.
۱۵. در کندو نخستین سازوکار حسی این ارتباط بین اعضای کلونی کدام است؟

تعداد نوزادان	نرخ ماندگاری در سومین پوست‌اندازی	جرم بدن هنگام متفرق شدن	نرخ ماندگاری از تولد تا سن زادآوری
نخستین گروه نوزادان مادر خور	۱۰۰	۳/۵ mg	۲۰ درصد
نخستین گروه نوزادان غیرمادر خور	۱۰۰	۲/۵ mg	۱۰ درصد
دومین گروه نوزادان مادر خور	۴۰	۳/۵ mg	۲۰ درصد

- الف. شنوایی
- ب. چشایی
- ج. بویایی
- د. لامسه
- هـ. بینایی

۱۶. این شکل جایگاه ۸ منبع غذایی (۱ تا ۸) را نسبت به کندو نشان می‌دهد:



می‌رسند، طی پدیده‌ای موسوم به مادرخوری به مادر خود حمله می‌کنند و بدن آن را می‌خورند. آن‌ها به مدت کوتاهی پس از آن به صورت گروهی زندگی می‌کنند و پس از سومین پوست‌اندازی متفرق می‌شوند. با این حال برخی از مادرها از مادرخوری جان سالم به در می‌برند. اگر مادری از سوی نخستین گروه بچه‌های خود خورده نشود، به احتمال ۳۰ درصد خواهد توانست دومین گروه بچه‌های خود را هم به دنیا بیاورد. در این جدول داده‌های مربوط به جمعیت‌شناسی این گونه نشان داده شده است.

۱۲. اگر عنکبوت‌ها از مادرخوری پرهیز کنند و دومین گروه نوزادان به دنیا بیایند، تعداد کلی نوزادانی که به‌طور میانگین این عنکبوت‌ها تولید می‌کنند چقدر است؟

۱۳. موفقیت تولیدمثلی این دو راهبرد را محاسبه کنید (موفقیت تولیدمثلی میانگین تعداد زاده‌های زایای هر فرد است):

- الف. یک عنکبوت ماده که فقط یک گروه نوزاد تولید می‌کند و سپس خورده می‌شود.
- ب. یک عنکبوت ماده که خورده نمی‌شود و دومین گروه نوزادان خود را به وجود می‌آورد.

۱۴. از دیدگاه تکاملی و با در نظر گرفتن سؤال قبلی

IV. تعداد آستانه محرک‌های بینایی که به‌طور قابل توجه عملکرد رفتاری افراد بزرگ‌سال را بهبود می‌بخشد، برای رت‌های تیزهوش و کندذهن متفاوت است.

پاسخ‌ها:

۱. ج
۲. د
۳. هـ
۴. الف
۵. الف و هـ
۶. ۰.۰۶
۷. د
۸. ب، د، هـ
۹. الف
۱۰. د
۱۱. ج
۱۲. ۱۱۲
- ۱۳.

الف	۲۰
ب	۱۲/۴

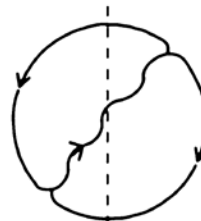
۱۴. د
۱۵. د
- ۱۶.

الف	ب	ج	د
۴	۶	۸	۵

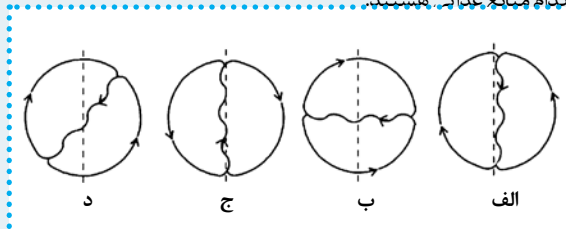
۱۷.

I		*
II		*
III	*	
IV	*	

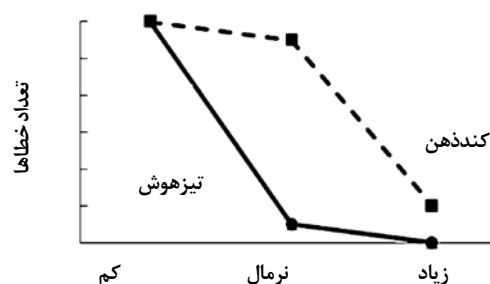
شکل زیر رقص جنبشی برای منبع غذایی ۱ را نشان می‌دهد. نقطه‌چین جهت گرانش را نشان می‌دهد.



در شکل زیر تعیین کنید هر کدام از رقص‌های الف تا د مربوط به کدام منابع غذایی هستند.



۱۷. دو سوپه رت با نام‌های «تیزهوش» و «کندذهن» از نظر توانایی عبور از هزار تو را طی چند نسل مورد آزمایش قرار دادیم. در یک آزمایش رت‌هایی از هر سوپه را در سه محیط که از نظر میزان محرک متفاوت بودند، پرورش دادیم: کم، نرمال و زیاد. این نمودار عملکرد رفتاری افراد بالغ از نظر تعداد خطاها هنگام عبور کردن آن‌ها از هزار توها را نشان می‌دهد.



مشخص کنید کدام نتیجه یا نتایج زیر درست است.

- I. این آزمایش بیان می‌کند که صفت رفتاری از تفاوت‌های ژنتیک سوپه‌ها منشأ می‌گیرد.
- II. اگر این دو سوپه رت در محیط نرمال رشد کنند، تعداد خطاهای آن‌ها یکسان خواهد بود.
- III. این آزمایش نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض نشانه‌های بینایی طی مراحل اولیه رشد بر عملکرد رفتار در بزرگسالی اثر می‌گذارد.



مهاجرت سلول‌ها

ترجمه: مریم انصاری

مقدمه

سلول‌های رویان در حال تکوین تحت زنجیره‌ای از رویدادها قرار دارند. این رویدادها شکل و محل قرارگیری سلول‌ها را هنگام اندام‌زایی و در بافت‌ها و اندام‌های جانور بالغ تعیین می‌کنند. مهاجرت تنظیم شده سلول‌ها در میان این رویدادها نقش تعیین‌کننده‌ای دارد و شامل حرکت سلول‌های دودمان‌های مختلف در فاصله‌های دور و نزدیک در بدن است. نقص در مهاجرت در همه مراحل تکوین به بدشکلی‌های وخیم جنینی منجر می‌شود و در انسان پیامدهای شدیدی از مرگ جنین در مراحل اولیه تا نقص هنگام تولد و نشانگان‌های متعدد مثل بیماری‌های عصب‌شناختی، بیماری‌های قلبی مادرزادی و معلولیت ذهنی و بدنی را به دنبال دارد. مهاجرت سلولی سازوکاری است که در تکامل حفظ شده و زیربنای تکوین و عملکرد جانداران تک‌سلولی و پرسلولی است. مهاجرت سلول‌ها در فرایندهای طبیعی و بیماری‌زایی شامل رویدادهای گوناگون جنین‌زایی، بهبود جراحی، پاسخ‌های ایمنی، متاستازهای سرطانی و رگ‌زایی رخ می‌دهد.

اگرچه سلول‌هایی که مهاجرت می‌کنند با هم متفاوت‌اند، پژوهشگران عقیده دارند همه انواع مهاجرت‌ها با سازوکارهای مولکولی شبیه به هم روی می‌دهند که اجزای اصلی آن‌ها در طول بیش از یک میلیارد سال از تکامل پروتوزوئرها تا پستانداران، به‌طور کارا حفظ شده‌اند.

هرچند بسیاری از رازهای زیربنایی سازوکارهای تنظیمی مهاجرت هنوز کشف نشده‌اند، درک سازوکار مهاجرت و رویدادهای مولکولی مهم آن، که هنگام حرکت جهت‌دار در سلول رخ می‌دهند، پیشرفت قابل توجهی کرده است. این پژوهش‌ها بیشتر در محیط کشت، که در آن سلول‌ها روی سطح سخت دوبعدی حرکت می‌کنند، انجام شده‌اند. به‌تازگی پژوهش‌های زیست‌شناختی سلولی بر مهاجرت در محیط سه بعدی بافت‌های تشکیل‌دهنده جنین و جنبه‌های خاص مهاجرت سلول در ماتریکس‌های مختلف و سطوحی با سختی‌های متفاوت که محیط واقعی بافت را تقلید می‌کنند، متمرکز شده‌اند؛ اما هنوز پژوهش‌های مهاجرت سلول در محیط کشت با مهاجرت سلول‌های جنین در محیط واقعی فاصله دارند. زیست‌شناسان تکوینی به‌طور سنتی بیشتر به مولکول‌های علامت‌رسان خارج سلولی که مهاجرت را در بافت کامل و در تراز جاندار تنظیم می‌کنند، توجه دارند در حالی که زیست‌شناسان سلولی بیشتر بر مولکول‌های داخل سلول که در مهاجرت سلول‌های منفرد دخالت دارند، متمرکز می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: لبه هدایت‌کننده، لبه دنباله رو، لاملا، لاملی پودیا، فیلوپودیا.

اصول اساسی مهاجرت سلولی

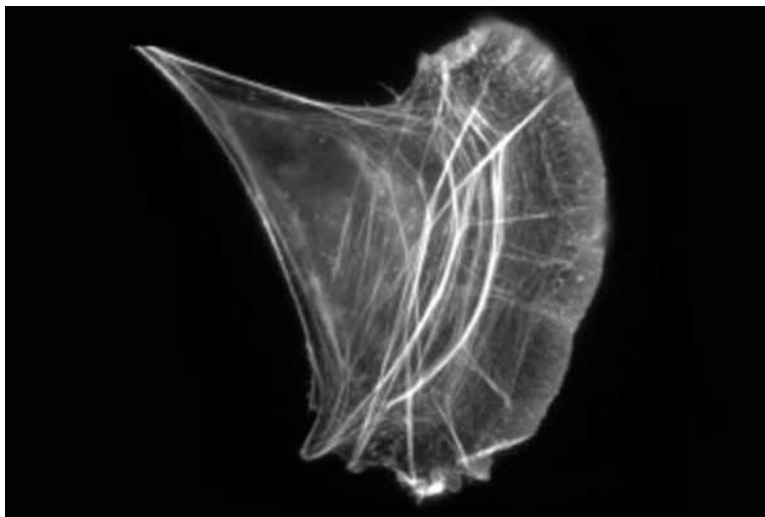
برای آغاز مهاجرت، سلول‌های منفرد جاندار در حال تکوین، علامت‌هایی دریافت می‌کنند تا حرکت دستگاه مولکولی پیچیده و تنظیم شده‌ای را آغاز نمایند. این دستگاه، سلول‌ها را با سرعت‌های

مناسب در جهت درست هدایت می‌کند تا در زمانی کاملاً درست به هدفشان برسند. در حالی که، در تراز جاندار، مهاجرت با علامت‌رسانی خارج سلولی همگانی آغاز و هدایت می‌شود در سلول منفرد مهاجرت از درون و با تشکیل ساختارهای موقت تنظیم می‌گردد. این ساختارها امکان قطبی شدن، بیرون‌زدگی پیدا کردن و جمع شدن سلول را در پاسخ به محیط خود فراهم می‌کنند.

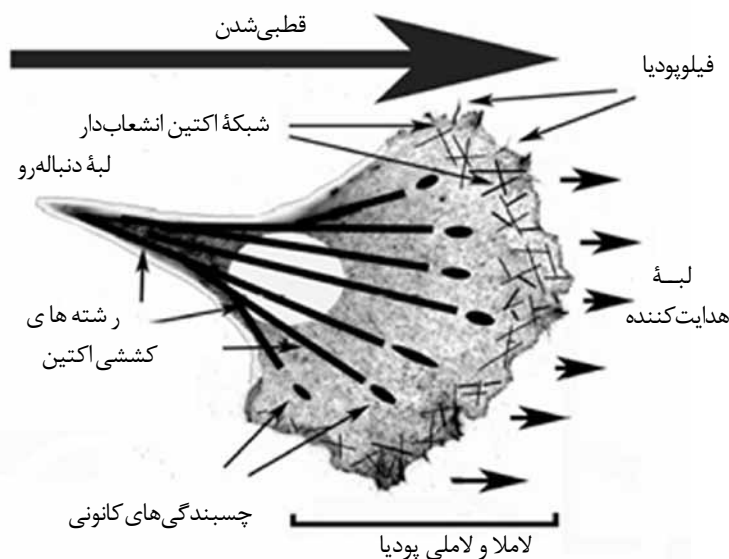
ساختار کلی لبه هدایت‌کننده سلول

مهاجرت فرایندی چرخه‌ای است که در آن سلول قطبی می‌شود تا یک لبه هدایت‌کننده فعال^۱ و یک لبه دنباله‌رو^۲ تشکیل دهد (شکل ۱). لبه هدایت‌کننده بیرون‌زدگی‌های متحرک را به سمت جلو سلول گسترش می‌دهد. هنگامی که سلول به جلو حرکت می‌کند، لبه دنباله‌رو جمع می‌شود. ساختارهای اصلی که فعالیت لبه هدایت‌کننده سلول در حال مهاجرت را تعیین می‌کنند، لاملا^۳، لاملی پودیا^۴ و فیلوپودیا^۵ نام دارند. لاملا ناحیه‌ای وسیع و به شدت فعال در بخش داخلی لبه هدایت‌کننده است. بسیاری از رویدادهای سازوکاری و تنظیم‌کننده مهاجرت سلول و فعالیت لبه هدایت‌کننده در لاملا رخ می‌دهند. بخش بیرونی لاملا، که منطقه نازکی در انتهای لبه سلول است، لاملا پودیا نام دارد. در سلول قطبی شده در حال مهاجرت، لاملی پودیا برای تعیین جهت حرکت سلول به شدت فعال است. نوع دیگر ساختارهای لبه هدایت‌کننده، بیرون‌زدگی‌های شبیه انگشت‌اند که فیلوپودیا نام دارند و پژوهشگران تصور می‌کنند این ساختار مسئول اکتشاف محیط در هنگام حرکت است. با وجود اینکه پژوهشگران فکر می‌کنند مهار لاملی پودیا یا فیلوپودیا از

حرکت سلول جلوگیری نمی‌کند اما این کار به کاستی در سرعت و جهت‌یابی آن هنگام مهاجرت منجر می‌شود. چنین کاستی‌هایی در شیشه ممکن است نقص‌های نامحسوسی در مهاجرت ایجاد کنند اما در محیط واقعی درون بافت احتمال دارد معلولیت‌های شدیدی را به



شکل ۱ الف. تصویر ایمونوفلوئورسانس فیبروبلاست در حال مهاجرت که برای دیدن رشته‌های اکتین رنگ‌آمیزی شده است.



ب. طرح‌واره سلول با مورفولوژی مزانشیمی که در راستای داربست دوبعدی مهاجرت می‌کند

بار آورند. لاملی پودیا و فیلوپودیا همیشه در لبه سلولهای متحرک دیده می‌شوند و پژوهشگران معتقدند تعادل نسبی آن‌ها جنبه‌های خاص مهاجرت انواع سلول‌ها را تنظیم می‌کنند. مهاجرت سلول‌ها شامل چهار مرحله است: قطبی شدن، ایجاد بیرون‌زدگی در سلول، چسبندگی و جمع شدن.

قطبی شدن

برای اینکه سلول در جهت مشخصی حرکت کند باید در آن جهت قطبی شود؛ یعنی باید جلو و عقب آن تعیین شود تا جلو سلول به سمت جلو حرکت کند و عقب آن در جای خود بماند و وقتی لبه هدایت‌کننده بیرون می‌زند جمع شود. قطبی شدن فرایندی پیچیده و به شدت تنظیم شده است که سلول را از جلو به عقب به‌طور کامل دربرمی‌گیرد. هنگام قطبی شدن آرایش دوباره سیتوپلاسم و مکان‌یابی دوباره اندامک‌ها در سلول، گردان‌های علامتی را به‌طور دقیق دنبال می‌کنند. در این آرایش دوباره، رشته‌های اکتین نقش اصلی دارند و نیروی هدایت‌کننده اصلی را برای حرکت بعدی سلول فراهم می‌کنند. البته اسکلت سلولی و اندامک‌های دیگر

نیز در این فرایند مشارکت دارند. مرکز سازمان‌دهنده میکروتوبول‌ها دوباره به سمت جلو هسته جهت‌گیری می‌کند تا مثل ریل قطار برای انتقال وزیکول‌ها به سمت لبه هدایت‌کننده عمل کند. این جهت‌گیری دوباره به‌طور دقیق با جهت‌گیری دوباره جسم گلژی به سمت جلو هسته هماهنگ می‌شود. هر دو این رویدادها پس از قطبی شدن سلول به سرعت اتفاق می‌افتند.

جالب این است که تکه‌های سلول فاقد هسته و سانتروزوم نیز توانایی حرکت جهت‌دار را دارند. این موضوع نشان می‌دهد بازآرایی اندامک‌ها نسبت به دیگر رویدادهای قطبی شدن، نقش ثانویه دارد و ممکن است برای حرکت سلول ضروری نباشد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که قطعات سلول بی‌هسته شده و بدون سانتروزوم، آرایش اسکلت سلولی کارآمدی دارند. این یافته‌ها نقش تعیین‌کننده اسکلت سلولی و مولکول‌های تنظیمی در حرکت سلول و قطعات سلول را بدون در نظر گرفتن بودن یا نبودن اندامک‌های اصلی نشان می‌دهند. پژوهشگران به‌طور سنتی باور دارند قطبی شدن سلول به‌ویژه وقتی در پاسخ به محرک‌های بیرونی رخ می‌دهد (شیمیوتاکسی)، از جلو سلول منشأ می‌گیرد و با بیرون‌زدگی لبه هدایت‌کننده آغاز می‌شود. با وجود این، در سلول‌هایی که به‌طور خود به خودی قطبی

می‌شوند، جمع شدن عقب سلول واقعاً بر بیرون‌زدگی لبه هدایت‌کننده تقدم دارد. یک بررسی کمی تازه درباره قطبی شدن خود به خودی در کراتینوسیت‌های ماهی نشان می‌دهد که علایم قطبی شدن سلول در نزدیک هسته، و بیشتر در عقب سلول، آغاز می‌شود تا لبه هدایت‌کننده. از آنجا که هنگام تکوین در تراز بافت و جاندار، بیشتر انواع سلول‌ها اغلب تا پیش از مهاجرت، اصلاً قطبی نمی‌شوند، به احتمال بسیار زیاد در موقعیت واقعی، علامت‌های قطبی شدن از مکان‌های متفاوت سلول منشأ می‌گیرند تا لبه هدایت‌کننده و لبه دنباله‌رو را تعیین کنند؛ سازوکارهای متعددی هم ممکن است وجود داشته باشند تا قطبی شدن در همه سلول‌های لایه مهاجرت‌کننده به یک شکل، به‌طور معین و بی‌درنگ انجام شود.

بیرون‌زدگی

آغاز واقعی چرخه مهاجرت سلول، بیرون‌زدگی لبه هدایت‌کننده سلول است. نیروی مکانیکی لازم برای بیرون‌زدگی از پلی مریزه شدن رشته‌های اکتین در لبه هدایت‌کننده حاصل می‌شود. رشته‌های اکتین یا به شکل دسته‌های موازی و بلند،

فیلوپودیا را تشکیل می‌دهند و یا به‌صورت شبکه‌ای دندردی شکل و منشعب، لاملی پودیا را به‌وجود می‌آورند. در هر دو مورد اضافه شدن زیر واحدهای اکتین به نوک خاردار رشته‌های اکتین که رشد سریعی دارند، غشا را به‌طور فیزیکی در جهت مهاجرت هل می‌دهد.

همان‌طور که سلول حرکت می‌کند رشته‌های اکتین لبه هدایت‌کننده از سمت عقب سلول از هم باز می‌شوند، انتهای نوک تیزی که رشد آهسته دارند ماشینی هدایت‌شونده با پلیمریزه شدن و دپلی مریزه شدن را به‌وجود می‌آورند که آن را تردمیل اکتین می‌نامند. در این تردمیل نیروی پلی‌مریزه شدن اکتین در جلو با از هم جدا شدن اکتین در عقب لاملی پودیا همراه می‌شود و لبه هدایت‌کننده را در راستای داربست به جلو می‌رانند. پژوهشگران براساس سختی رشته اکتین محاسبه کرده‌اند که بخش آزاد رشته‌های اکتین، که لبه هدایت‌کننده را هل می‌دهند، باید کاملاً کوتاه شود (کمتر از ۱۵۰ نانومتر) تا نیروی کافی را برای بیرون‌زدگی غشا ایجاد کند. به این ترتیب طول رشته در تردمیل باید بسیار دقیق تنظیم شود تا سلول به کارآمدترین حرکت رو به جلو دست یابد. گرد هم آمدن انواع متفاوت ساختارهای اکتینی در لبه هدایت‌کننده با دو سازوکار متفاوت به‌دست می‌آید. در سازوکار اول در سطح رشته‌های اکتین موجود، مکان‌های

هر چند بسیاری از رازهای زیربنایی سازوکارهای تنظیمی مهاجرت هنوز کشف نشده‌اند، درک سازوکار مهاجرت و رویدادهای مولکولی مهم آن، که هنگام حرکت جهت‌دار در سلول رخ می‌دهند، پیشرفت قابل توجهی کرده است

انشعاب برای اکتین پلی‌مریزه شده جدید به وجود می‌آید و گرد آمدن اکتین را به شکل شبکه‌های دندریتی تضمین می‌کند تا بیرون‌زدگی را هدایت کند. سازوکار دوم گرد آمدن اکتین را به شکل دسته‌های موازی با ارتباط‌های عرضی هدایت می‌کند که به عنوان پایه ساختاری فیلوپودیا عمل می‌کند.

تعداد زیادی از پروتئین‌های متصل‌شونده به اکتین تحرک آن را در لبه هدایت‌کننده و در مراحل مختلف گرد هم آمدن، از هم پاشیدن، جدا کردن و اتصال عرضی پیدا کردن تسهیل می‌کنند.

چسبندگی

به محض اینکه بیرون‌زدگی لبه هدایت‌کننده شکل گرفت باید به ماتریکس پیرامونی بچسبد و تثبیت شود تا سلول در حال حرکت بتواند از آن به عنوان تکیه‌گاهی برای حرکت به جلو استفاده کند. در این اتصال پروتئین‌های اینتگرین نقش اصلی را دارند. این پروتئین‌های عرض غشایی به‌طور غیرمستقیم به انتهای رشته‌های اکتین در داخل سلول و نیز به ماتریکس خارج سلولی در بیرون سلول متصل می‌شوند و نقاط ثابتی را برای برهم‌کنش سلول با محیط بیرون فراهم می‌کنند. اینتگرین‌ها پروتئین‌های ناجور

دایمری‌اند که از ترکیب‌های مختلف زنجیره‌های α و β تشکیل شده‌اند و مسئول اتصال سلول به ماتریکس‌های متفاوت‌اند. وقتی اینتگرین به لیگاند‌های خارج سلولی خود متصل می‌شود، شکل فضایی آن تغییر می‌کند و آبشارهای علامت‌رسانی درون سلولی را فعال می‌کند در نتیجه در همه مولکول‌های علامت‌رسانی که در فعالیت لبه هدایت‌کننده شرکت دارند، تغییراتی ایجاد می‌کنند. این فعال‌سازی با تجمع اینتگرین و به‌کارگیری پروتئین‌های پیام‌رسان و ساختاری برای تشکیل چسبندگی‌های تازه دنبال می‌شود. چسبندگی‌های تازه ایجاد شده سرانجام به چسبندگی کانونی تبدیل می‌شوند. تشکیل چسبندگی کانونی و تکمیل آن با گرد هم آمدن رشته‌های کششی مشخص اکتین همراه می‌شود و پژوهشگران تصور می‌کنند برهم‌کنش اکتین با موتور مولکولی میوزین ۲ میانجی آن است. میوزین و ماشین تنظیمی آن نقش مهمی در ایجاد و نگهداری نیروهای کششی دارد که به کمک آن سلول می‌تواند به داربست بچسبد و خودش را جلو بکشد. قوی‌ترین نیروها در مهاجرت سلولی بین چسبندگی کانونی در لاملای هدایت‌کننده و مناطق در حال جمع شدن در عقب سلول منتقل می‌شود.

همان‌طور که سلول به جلو حرکت می‌کند چسبندگی کانونی

جدا می‌شود و سلول را برای مرحله جدید چرخه مهاجرت سلولی آزاد می‌کند. از هم پاشیدن چسبندگی کانونی در لبه هدایت‌کننده سلول، با تشکیل بیرون‌زدگی و چسبندگی جدید همراه می‌شود. با وجود این بعضی چسبندگی‌ها تکمیل می‌شوند و ادامه می‌یابند تا ساختارهای بزرگ‌تر و پایدارتری تشکیل دهند و بخش‌های اتصالی محکم‌تری را فراهم کنند.

جمع شدن لبه دنباله‌رو

با جلو رفتن سلول، لبه دنباله‌رو باید جمع شود تا سلول بتواند پیش برود. یک استثنا این قانون، مهاجرت مخروط‌های رشد عصبی است که با سازوکارهایی که گفته شد رخ می‌دهد اما جسم سلولی حرکت نمی‌کند و اتصال آن به نورایت^۶ (بیرون‌زدگی جسم سلولی نورو که اکسون یا دندریت را تشکیل می‌دهد) در حال حرکت به جلو، برقرار می‌ماند. چسبندگی‌های پایدار که در جلوی سلول تشکیل می‌شوند تا وقتی سلول به جلو حرکت می‌کند، باقی می‌مانند تا اتصال به داربست را حفظ کنند. آزاد

شدن چسبندگی‌ها در لبه دنباله‌رو با کشیده شدن همراه است که انقباض میوزین ۲ آن را هدایت می‌کند. پژوهشگران تصور می‌کنند نیروی کششی که هنگام آزاد شدن

برای آغاز مهاجرت، سلول‌های منفرد جاندار در حال تکوین علامت‌هایی دریافت می‌کنند تا حرکت دستگاه مولکولی پیچیده و تنظیم‌شده‌ای را آغاز کنند

چسبندگی کانونی ایجاد می‌شود، برای باز کردن کانال‌های Ca^{+2} که با کشش فعال می‌شوند، کافی است. پس از آن پروتئازی وابسته به کلسیم فعال می‌شود که با شکافتن تعدادی از پروتئین‌های موجود در چسبندگی کانونی، در از هم پاشیدن آن مشارکت می‌کند. آزاد شدن چسبندگی‌های عقب سلول در حفظ قطبیت لبه هدایت‌کننده و ادامه فعالیت آن مشارکت دارد تا باز خورد مثبتی را برای ادامه چرخه مهاجرت فراهم کند.

علامت‌رسانی خارج سلولی: مهاجرت هماهنگ‌شده لایه‌ها و دودمان‌ها

سلول‌هایی می‌توانند پیام‌های شیمیایی را تشخیص دهند. این توانایی به آن‌ها امکان مهاجرت در جهت‌های دلخواه، یا پاسخ به محرک‌های شیمیایی خارج سلولی را می‌دهد. در حالی که در محیط کشت اغلب سلول‌ها مهاجرت و قطبی شدن خود به خودی و غیروابسته به محرک را نشان می‌دهند؛ هنگام تکوین جاندار، مهاجرت با علامت‌های خارج سلولی به دقت تنظیم می‌شود که زمان‌بندی، جهت و مقصد نهایی مهاجرت را برای سلول‌ها تعیین می‌کنند. این علامت‌ها رویدادهای پیچیده هنگام جنین‌زایی شامل گاسترولاسیون، الگویابی و تشکیل

بافت و اندام را تنظیم می کنند. آشفته‌گی این علامت‌ها و سازوکارهای مولکولی زیربنای تولیدشان ناهنجاری‌های شدید جنین‌زایی را به وجود می آورند.

علامت‌های خارج سلولی نخستین گام‌های قطبی شدن سلول را تعیین می کنند تا جمعیت‌های بزرگ سلولی لایه‌ها و دودمان‌های ویژه، مهاجرت خود را همزمان و براساس یک راهنمای زمانی دقیق آغاز کنند. علامت‌های خارج سلولی جهت‌گیری تعیین شده را القا و راهنمایی‌های کلی را برای مهاجرت سلول‌های جنینی فراهم می کنند اما در واقع نقش آن‌ها به فعال‌سازی علامت‌های درون سلولی که مراحل بعدی مهاجرت را هدایت می کنند، محدود می شود.

ماتریکس خارج سلولی و درک نیرو: زمینه‌سازی مسیرهای مهاجرت

مهم‌ترین جنبه تمایز مهاجرت سلول در محیط کشت و در جنین این است که در محیط واقعی سلول‌ها از درون شبکه سه بعدی ماتریکس خارج سلولی مهاجرت می کنند. اساساً همه سلول‌ها برای مهاجرت سازوکارهای مشابهی را به کار می برند، با وجود این

مسیر و سرعت حرکت سلول‌ها و دودمان‌های مختلف جنین تفاوت زیادی دارند. احتمالاً بخش زیادی از این تفاوت‌ها بر اثر ویژگی‌های ماتریکس اطراف سلول‌ها ایجاد شده است. ماتریکس‌های خارج سلولی ساختارهایی با ضخامت، استحکام، تراکم و نیز ترکیب متفاوت بیوشیمیایی را تشکیل می دهند که مهاجرت متفاوت سلول‌ها را تسهیل می کنند تا به مقصدهای مختلف برسند. این مسیرها در جنین به طور متفاوت زمینه‌سازی شده‌اند و در سازوکارهای پیچیده‌ای که تشکیل بافت‌ها و اندام‌های مختلف جنین را تنظیم می کنند، مشارکت دارند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند سلول‌هایی که از درون ماتریکس سه بعدی مهاجرت می کنند نسبت به آن‌هایی که روی سطوح سخت دوبعدی مهاجرت می کنند ریخت‌شناسی و سرعت مهاجرت متفاوتی دارند و ممکن است سازوکارهای مهاجرتی اضافی مثل پرتولیز ماتریکس را در لبه هدایت کننده به کار گیرند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند سلول‌های اندوتلیال این سازوکار را هنگام رگ‌زایی به کار می برند. پژوهشگران دریافته‌اند مقدار ماتریکس خارج سلولی حتی روی سطوح تخت پوشیده شده با ماتریکس، سرعت مهاجرت را با تعادل مراحل بیرون‌زدگی و چسبندگی سلولی تعیین می کنند. اگر تراکم ماتریکس خیلی کم باشد جریان اکتین در سلول‌های محیط کشت کاهش یافته

و سلول‌ها تعداد کمی چسبندگی بسیار متحرک تشکیل می دهند که نمی توانند به خوبی به داریست بچسبند. اگر تراکم ماتریکس خارج سلولی خیلی زیاد باشد، سلول‌ها چسبندگی‌های زیادی را تشکیل می دهند که تحرک کمی دارند و نمی توانند آنقدر که لازم است جمع شوند تا سلول به خوبی حرکت کند. تراکم متوسط و بهینه ماتریکس خارج سلولی، چرخه مهاجرت طبیعی و در نتیجه بالاترین میزان حرکت سلول را تضمین می کند. احتمال دارد در سلول‌های جاندار در حال تکوین نیز سازوکارهای مشابهی به کار روند، جایی که مقدارهای متفاوت ماتریکس می تواند تغییرات زیاد سرعت مهاجرت سلول‌های یک دودمان را که هنگام تشکیل اندام‌های مختلف مشاهده می شود، تضمین کند.

ویژگی مهم ماتریکس‌های خارج سلولی مختلف در محیط واقعی بدن جاندار را با سختی مکانیکی یا سفتی آن‌ها تعیین می کنند.

پژوهش‌های سال‌های اخیر ارتباط چسبندگی و حرکت سلول را نسبت به سفتی داریست بررسی کرده‌اند. پژوهشگران دریافته‌اند درک نیرو و سختی داریست و از بین رفتن چسبندگی سلول به ماتریکس خارج سلولی، سرعت مهاجرت، شکل سلول‌ها و توانایی تمایز آن‌ها

تکه‌های سلول فاقد هسته و سانتروم نیز توانایی حرکت جهت‌دار را دارند. این موضوع نشان می دهد بازآرایی اندام‌ها نسبت به دیگر رویدادهای قطبی شدن، نقش ثانویه دارد و ممکن است برای حرکت سلول ضروری نباشد

را تعیین می کند. فقدان درک نیرو در شیشه و در جاندار با کمبود چسبندگی و کاستی‌های مربوط به مهاجرت همراه است که شامل تغییر شکل انکوژنی و متاستازهای سرطانی است و با توانایی سلول‌ها برای رشد مستقل از داریست همبستگی دقیقی دارد. نوع ویژه‌ای از درک نیرو، به تنش‌کننده شدن بر اثر وارد آمدن نیروی مکانیکی خارجی به سلول‌های ثابت یا در حال مهاجرت مربوط است. چنین نیرویی را جریان خون بر سلول‌های اندوتلیال پوشاننده رگ‌های خونی یا انقباض ماهیچه‌ها بر سلول‌های درون بافت ماهیچه‌ای وارد می آورد. در مجموع پژوهشگران حدس می زنند پاسخ سلول‌ها به علامت‌های مکانیکی بر رفتار آن‌ها در محیط کشت تأثیر زیادی دارد. نیرو از طریق چسبندگی‌ها به اسکلت سلولی اکتینی منتقل شده و تغییرات علامت‌رسانی مهمی را ایجاد می کند. این تغییرات شکل سلول، قطبی شدن و رویدادهای پیچیده حرکت سلول‌ها را تعیین می کنند. کششی که بر اثر نیروی مکانیکی خارجی یا چسبیدن به داریست سخت‌تر به سلول وارد می شود، بر اکتین نزدیک ناحیه چسبندگی اثر می گذارد و به دنبال آن مجموعه پروتئین‌های چسبندگی اعزام و بازآرایی کلی اسکلت سلولی انجام می شود. چند پروتئین متصل شونده به اکتین که به طور مستقیم در نواحی چسبندگی سلول به سختی داریست پاسخ

می‌دهند، در همه گام‌های چرخه مهاجرت و در همه مولکول‌های پیام‌رسان و ساختاری در گیر در آن‌ها تغییراتی را به وجود می‌آورند.

چسبندگی سلول - سلول

چسبندگی‌های سلول به سلول در ریخت‌زایی بافت‌ها و در تشکیل اتصال بین لایه‌های سلولی نظیر صفحه‌های اپیتلیالی نقش مهمی دارند. در حالی که چنین لایه‌هایی هنگام گاسترولاسیون ظرفیت مهاجرت محدود شده‌ای دارند و با هم در فاصله‌های نزدیک مهاجرت می‌کنند بعداً هنگام رشد و در بزرگسالی در زمان بهبود زخم، توانایی مهاجرت در فاصله کوتاه را با یک لبه آزاد دارند. چسبندگی‌های سلول - سلول برای نگهداری سلول‌های با ریخت‌شناسی اپیتلیالی و توانایی رفتار مناسب آن‌ها در بافت مهم است.

مولکول‌های چسبندگی سلول به سلول در مهاجرت سلول‌های

با ریخت‌شناسی مزانشیمی نیز مهم‌اند. هنگام مهاجرت درون بافت و لایه‌های رویان در حال تکوین، سلول‌های مزانشیمی به شکل صفحه در نمی‌آیند و اتصال‌های پایداری را با یکدیگر ایجاد نمی‌کنند اما وقتی در مجاورت دیوار به دیوار سلول قرار می‌گیرند،

می‌توانند اتصال‌های موقتی را با هم و با سلول‌های ثابت لایه‌های مجاور ایجاد کنند.

همه این اتصال‌ها با کمک مولکول‌های چسبندگی نظیر کدهرین‌ها و کتینین‌ها، در تنظیم مسیرها و سرعت مهاجرت سلول‌ها مشارکت دارند. این مولکول‌ها مثل مولکول اینتگرین با درک محیط پیرامون سلول آبشارهای علامت‌رسانی درون سلول را تنظیم می‌کنند.

انواع مهم مهاجرت سلول در جنین

از دیدگاه مهاجرت، سلول‌های جنینی به دو گروه تقسیم می‌شوند: سلول‌های با ریخت‌شناسی اپیتلیالی که صفحه‌های متصل به هم تشکیل می‌دهند و سلول‌های مزانشیمی که از دودمان‌های مختلف منشأ می‌گیرند و در سراسر جنین به عنوان واحدهای مستقل مهاجرت می‌کنند تا در بافت‌ها و انواع سلول‌های بدن جنین مشارکت کنند

دامنه مهاجرت صفحه‌های اپیتلیالی متصل به هم هنگام گاسترولاسیون کوتاه است. با وجود این، بخشی از این مهاجرت نه با حرکت خود صفحه بلکه با جابجایی دوباره سلول‌های مزانشیمی که لایه مزودرمی جنین را مشخص می‌کند، هدایت می‌شود. مهاجرت

صفحه‌های اپیتلیالی بخش مهمی از تکوین جاندارانی مثال ماهی‌ها و دوزیستان را، که در مراحل ابتدایی تکوین، اندازه‌شان خیلی افزایش پیدا نمی‌کند، تشکیل می‌دهد. در مجموع مهاجرت صفحه‌های اپیتلیالی معمولاً در دامنه کوتاه و با سرعت کم رخ می‌دهد. با وجود اینکه پژوهشگران تصور می‌کنند رویدادهای علامت‌رسانی مهاجرت این صفحه‌ها با مهاجرت سلول‌های مزانشیمی تفاوت دارند، اما سازوکارهای مولکولی مشابهی را به کار می‌گیرد. سلول‌های باریخت‌شناسی مزانشیمی مسئول بیشتر رویدادهای مهاجرتی‌اند که هنگام تکوین رخ می‌دهند. سلول‌های مزانشیمی ویژگی‌های کلی فیروبلاست را که الگوی سنتی مهاجرت سلول در محیط کشت است را نشان می‌دهند و هنگام مهاجرت معمولاً سازوکارهایی را که توصیف کردیم، دنبال می‌کنند.

نوع ویژه مهاجرت در تکوین و الگویابی دستگاه عصبی رخ

می‌دهد. در حالی که در مراحل قبل از تمایز، پیش‌سازهای عصبی دودمان تاج عصبی، سازوکارهای مهاجرتی را مثل سلول‌های مزانشیمی دنبال می‌کنند، سلول‌های عصبی سرانجام پس از تمایز جسم سلولی درون دستگاه عصبی در حال تکوین، موقعیت

همان‌طور که سلول حرکت می‌کند رشته‌های اکتین لبه هدایت‌کننده از سمت عقب سلول از هم باز می‌شوند، انتهای نوک تیزی که رشد آهسته دارند ماشینی هدایت‌شونده با پلیمریزه شدن و دپلی‌مریزه شدن را به وجود می‌آورند که آن را تردمیل اکتین می‌نامند

ثابتی پیدا می‌کنند و فقط نورایت‌های آن‌ها مهاجرت به بافت را ادامه می‌دهند تا به مقصدهایشان برسند و به عنوان بخشی از بلوغ عصبی با واکنشگرهایشان ارتباط برقرار کنند. این فرایند می‌تواند در فاصله قابل توجهی و با سرعت به نسبت زیادی اتفاق بیفتد و بخش مهم و همگانی تکوین را تشکیل دهد. تکوین مغز انسان به تنهایی دربردارنده تقریباً ۱۰^{۱۱} نورون است که هر کدام تقریباً هزار اتصال با نورون‌های دیگر برقرار می‌کنند و اغلب در فاصله‌ای بیش از یک متر حرکت می‌کنند که پنج برابر اندازه جسم سلولی یک نورون است. پژوهشگران تصور می‌کنند این مهاجرت که به شدت تخصص یافته و از نظر ریخت‌شناسی متمایز است، با سازوکارهای یکسان با انواع دیگر سلول‌ها انجام می‌شود. از نظر سازوکار مخروط رشد، هر نورایت یک لبه هدایت‌کننده جدا در نظر گرفته می‌شود و معمولاً سازوکارهایی مثل کل سلول مهاجرت‌کننده در بافت را دنبال می‌کند.

مهاجرت سلول‌ها و بیماری‌های انسان

داده‌هایی که تاکنون ارائه شدند، اهمیت مهاجرت سلولی را در تکوین جنینی نشان دادند. آشفستگی در مهاجرت ممکن است به اختلال‌های شدیدی منجر شود که با بقا و سلامت انسان ارتباط

مستقیم دارد. سرطان، دومین عامل مرگ در کشورهای در حال توسعه، با چسبندگی ناقص سلول‌ها به ماتریکس و غیرطبیعی بودن سازوکارهای مهاجرت مشخص می‌شود.

در تراز تکوین، تعدادی از بیماری‌های انسانی و اختلال‌های مادرزادی با نقص‌های مهاجرت سلولی همراه‌اند. نقص دیواره‌بندی

قلب (دهلیزی، بطنی و تنه مشترک شریانی) که با نقص در مهاجرت سلول‌های تاج عصبی قلبی همراه است در بین اختلال‌های قلبی مادرزادی انسان با بیشترین میزان شیوع قرار دارند. نشانگان دی جورج^۷

که با نقایص قلبی، غیرطبیعی بودن مجموعه و صورت و عقب‌ماندگی ذهنی شدید مشخص می‌شود، با حذف‌های کروموزومی ارتباط دارد که به نقص مهاجرت در سلول‌های تاج عصبی منجر می‌شود. بیماری

هیرشپرونک^۸ که با ضعف حرکت روده مشخص می‌شود به نقص در مهاجرت دودمان‌های تاج عصبی خاجی و واگی مربوط است. این دودمان‌ها سپس به سیستم معدی روده‌ای مهاجرت می‌کنند و به نوروهای مسئول عصب‌دهی لوله گوارش تمایز می‌یابند. نشانگان واردنبرگ^۹ با رنگدانه‌سازی غیرطبیعی مشخص می‌شود که از مهاجرت ناقص سلول‌های تاج عصبی منشأ

ملانوسیت‌های پوست ایجاد می‌شود.

نشانگان‌های دیگر انسانی شامل آلاگیل^{۱۰}، کارپنتر^{۱۱}، شارژ^{۱۲}، ایومارک^{۱۳} و لئوپارد/

نونان^{۱۴} به ناهنجاری‌هایی منجر می‌شوند که آسیب‌هایی در مهاجرت تاج عصبی را با علت‌های مولکولی شناخته شده یا شناخته نشده نشان می‌دهند.

سلول‌ها می‌توانند پیام‌های شیمیایی را تشخیص دهند. این توانایی به آن‌ها امکان مهاجرت در جهت‌های دلخواه، یا پاسخ به محرک‌های شیمیایی خارج سلولی را می‌دهد.

نتیجه‌گیری

مهاجرت سلول، سازوکاری به‌شدت محافظت شده است که در تکوین جنینی و عملکرد طبیعی موجود زنده در بزرگسالی، نقش اساسی دارد. با وجود متفاوت بودن سلول‌ها و دودمان‌هایی که مهاجرت می‌کنند، مهاجرت همه سلول‌ها با سازوکارهای مشابهی انجام می‌شود که آشفتگی در آن‌ها نقص‌های تکوینی شدیدی ایجاد می‌کند. این سازوکارها شامل ماشین‌های مولکولی پیچیده‌ای‌اند که می‌توانند محیط را درک کنند، به علامت‌ها پاسخ دهند و کل رفتار سلولی را تنظیم کنند. ماشین‌های مولکولی هدایت‌کننده مهاجرت، هدایتی مکانیکی با اساس اسکلت سلولی و مولکول‌های تنظیم‌کننده‌ای دارند که جهت و سرعت مهاجرت را تعیین می‌کنند.

سؤال بزرگی که ده‌ها سال است ذهن پژوهشگران را به خود مشغول کرده است چگونگی تنظیم مهاجرت سلول در محیط واقعی و ارتباط آن به جنبه‌های درون سلولی سازوکارهای مهاجرت سلول است. در واقع همه سلول‌ها با سازوکارهای مشابه مهاجرت می‌کنند، با این حال سلول‌های جاندار در حال تکوین در مسیرهای بسیار اختصاصی و با سرعت‌های مختلف مهاجرت می‌کنند که اندازه آن‌ها براساس نوع سلول فرق می‌کند.

پی‌نوشت‌ها

1. leading edge
2. trailing edge
3. lamella
4. lamallipodia
5. filopodia
6. neurite
7. DiGeorge
8. Hirschsprung
9. Waardenburg
10. Alagille
11. Carpenter
12. Charge
13. Ivemark
14. Leopard/Noonan

منبع

Anna Kashina, Satoshi Kurosak, Cell Biology of Embryonic Migration, Birth Defects Res C Embryo Today. 2008 June ; 84(2): 102-122. doi:10.1002/bdrc.20125.



کاربردهای شگفت چاپگرهای سه بعدی در علوم زیستی

اباذر اسماعیلی

کارشناس ارشد علوم جانوری

سرگروه زیست‌شناسی، استان قم

مقدمه

پیدایش فناوری‌های نوین و پیشرفت آن‌ها همواره یکی از نیازها و آرزوهای دیرین جامعه بشری بوده است. پیدایش این فناوری‌های نوین گاه آن‌چنان تأثیرگذارند که شاید کمتر حوزه‌ای از علم و زندگی انسان وجود داشته باشد که تحت تأثیر آن قرار نگیرد. نمونه‌ای از این فناوری‌های نوین، چاپگر سه بعدی، به‌ویژه چاپگر سه بعدی زیستی است. البته در نگاه اول درک جایگاه و اهمیت آن کمی دشوار است، ولی بعد از آشنایی با پیشرفت‌های به دست آمده در این فناوری و کاربردهای متنوع، اهمیت آن اثبات می‌شود. حتی با اینکه اکنون در طلیعه این فناوری هستیم، اما کاربردهای فراوان آن در زمینه‌های مختلف علم زیست‌شناسی و حوزه آموزش و درمان در علوم پزشکی، صنعت، هنر و نیز حتی در جدیدترین پروژه‌های ناسا، بسیار جالب بوده و نمودی خیره‌کننده داشته است. به‌طور کلی در این فناوری، می‌توانیم به تخیلات و تصورات خود نیز تجسم ببخشیم، زیرا کافی است که بتوانیم آن را با رایانه طراحی و سپس به کمک نرم‌افزار مناسب به چاپگر سه بعدی منتقل کنیم تا این دستگاه جسم مورد نظر ما را چاپ کند، یعنی با دقتی عالی آن را بسازد. از این رو قابل تصور است که چاپ سه بعدی می‌تواند چه کاربردهای متنوع و شگفتی حتی در زمینه زیست‌شناسی داشته باشد!

امید است آشنایی دبیران محترم زیست‌شناسی با علوم و فناوری‌های نوین زیستی و انتقال آن به دانش‌آموزان در کلاس‌های درس، سبب افزایش انگیزه و علاقه‌مندی دانش‌آموزان به تحصیل و حتی زمینه‌ساز ادامه تحصیل آنان در این رشته‌ها در دانشگاه‌های مختلف شود و در پیشرفت جامعه علمی کشور در آینده نزدیک دخیل باشد.

کلیدواژه‌ها: چاپگر زیستی، جوهر زیستی، چاپ سه بعدی، پروتئزهای کارآمد.

چاپگر سه بعدی چیست

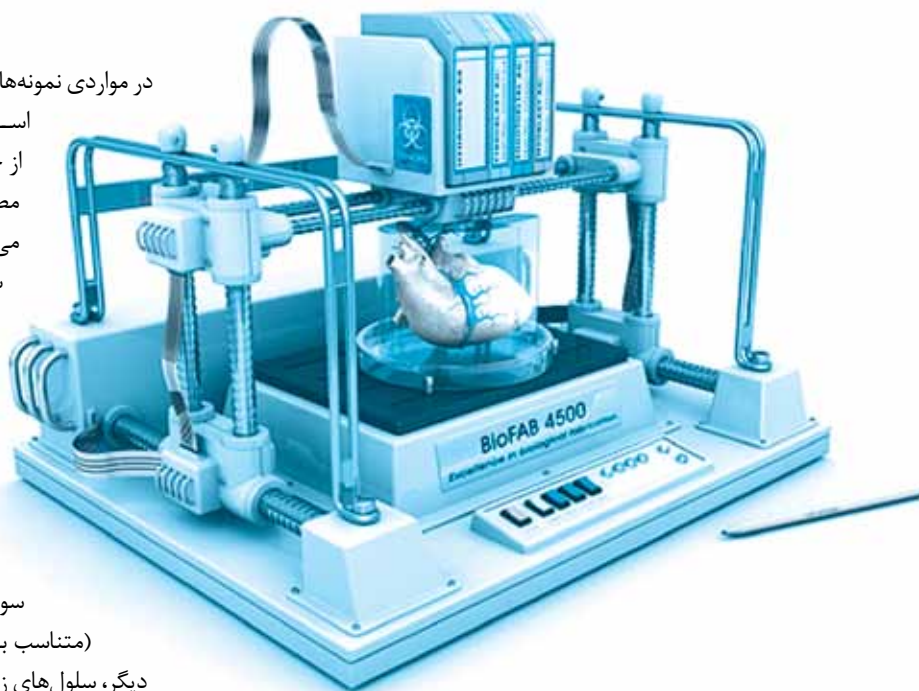
چاپگرهای معمولی، دوبعدی هستند و جوهر را مطابق با خروجی رایانه (متن یا تصویر) که به چاپگر می‌رسد در سطح دوبعدی (طول و عرض) برگه کاغذ می‌گسترانند، در حالی که چاپگرهای سه بعدی به جای جوهر، می‌توانند انواع مختلف و متفاوت را در سه سطح (طول، عرض و ارتفاع) مطابق با طراحی سه بعدی رایانه، جزء به جزء و لایه به لایه به تدریج در روی سطح قرار دهند. چاپگرهای سه بعدی تا حدی شبیه چاپگرهای جوهرافشان‌اند. آن‌ها با استفاده از مواد موجود در کارتریج‌ها (مخازن) خود مانند مواد اولیه پلاستیکی یا رزینی با انواع کامپوزیت‌ها، برخی فلزات، شیشه، پلی‌مرها و حتی برخی مواد خوراکی، طرح دلخواه را ایجاد می‌کنند. چاپگر سه بعدی بر حسب روش مورد استفاده می‌تواند، ماده انتخاب شده برای عمل چاپ را به صورت مایع، پودر یا ورقه‌های نازک به کار ببرد. این مواد هنگام

خروج از قلم (افشانه) دستگاه، گرم و خمیری می‌شوند و لایه به لایه به شکل اجزای جسم مورد نظر روی صفحه‌ای گسترانده یا به بیان دیگر چاپ می‌شوند. با قرار گرفتن لایه‌های مختلف روی هم و سخت شدن آن‌ها جسم مورد نظر به شکل نهایی خود می‌رسد، به این ترتیب طراحی ما تجسم می‌یابد (مانند کوزه‌گر که لایه به لایه، گل کوزه‌گری را با کمک دستگاه چرخنده خود به تدریج شکل می‌دهد). در برخی روش‌ها بعد از پاشیدن پودر توسط افشانه چاپگر، از نور لیزر برای ایجاد گرما و تبدیل پودر به ساختاری جامد و یک‌پارچه استفاده می‌شود. عمل چاپ توسط چاپگر سه بعدی می‌تواند در محیط مایع، جامد یا گاز صورت گیرد.

لازم به ذکر است که اگر جسمی را با استفاده از اسکنر سه بعدی، اسکن کنیم، طرحی سه بعدی از آن در رایانه شکل می‌گیرد که قابل چاپ با چاپگرهای سه بعدی است.

در مواردی نمونه‌های کاربردی هم تولید و به کار برده شده است. مثلاً در بعضی کشورها با استفاده از چاپ‌های زیستی سه‌بعدی، اندام‌های مصنوعی اختصاصی برای هر بیمار تولید می‌کنند، به این ترتیب پروتزهای تولید شده سازگاری بیشتری را با فیزیک بدن و نیازهای خاص هر بیمار دارد.

در چاپگرهای سه‌بعدی زیستی، مخزن دستگاه چاپگر پر از مواد زیستی و سلول‌های زنده به حالت ژلاتینی (جوهر زیستی^۱) است و به جای جوهر چاپگرهای معمولی، مواد زیستی و سلول‌ها از سوزن چاپ یا افشانه فوق‌العاده باریک آن (متناسب با ابعاد سلول) خارج می‌شوند، به عبارت دیگر، سلول‌های زنده با کمک چاپگرهای زیستی در کنار هم قرار داده می‌شوند و بافت‌های جدید تولید می‌شوند. به عنوان مثال، در مورد چاپ رگ‌های خونی سفارشی، این امر با موفقیت انجام شده که در ادامه به توضیح آن پرداخته می‌شود.



چاپگر سه‌بعدی، با توجه به امکان کاربرد آن در عرصه‌های مختلف، از اندازه‌های کوچک به شکل همراه (قابل حمل) تا اندازه‌های خیلی بزرگ ساخته و در مدل‌های صنعتی و خانگی عرضه می‌شود.

چاپ رگ‌های خونی

چندی پیش، گروهی از دانشمندان در آمریکا توانستند رگ‌های خونی را با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی تولید کنند، به این صورت که آن‌ها با کمک دو قلم رباتیک، سلول‌های اندوتلیال، سلول‌های عضلانی صاف و فیبروبلاست‌ها را کنار هم چیدند و رگ خونی را

چاپگرهای سه‌بعدی تا حدی شبیه چاپگرهای جوهرافشان‌اند. آن‌ها با استفاده از مواد موجود در کارتریج‌های (مخازن) خود مانند مواد اولیه پلاستیکی یا رزینی یا انواع کامپوزیت‌ها، برخی فلزات، شیشه، پلی‌مرها و حتی برخی مواد خوراکی، طرح دلخواه را ایجاد می‌کنند



مطابق با سفارش ساختند. این کار برای هر ۱۰ سانتی‌متر رگ با قطر چند دهم میلی‌متر، حدود ۴۵ دقیقه وقت می‌برد، اما فرآیند بلوغ رگ چاپ شده حدود یک ماه وقت لازم دارد. در این مدت جریانی از مواد مغذی از رگ عبور داده می‌شود تا رشد و استحکام دیواره رگ‌ها به حد قابل قبول برسد. همچنین به تازگی، گروهی از دانشمندان دانشگاه واشنگتن فرآیند چاپ رگ‌ها را به کمک داربستی از مواد کلاژنی انجام دادند که باعث شد نه تنها نتایجی بهتر در زمان کمتر حاصل شود، بلکه رگ‌های ساخته شده آزمایش‌های عملکردی مانند عبور دادن جریان خون (بدون ایجاد چسبندگی و لخته)، ایجاد انعقاد در پاسخ به فاکتورهای لخته‌ساز، رشد و ایجاد انشعاب در پاسخ به پروتئین‌های محرک رشد را نیز با موفقیت پشت سر نهادند. علاوه بر آن، همچنین

حوزه‌های مختلف کاربرد چاپگرهای سه‌بعدی

امروزه چاپگرهای سه‌بعدی در زمینه‌های مختلف علوم زیستی و پزشکی، صنعت و هنر کاربردهای فراوانی پیدا کرده‌اند. در حال حاضر عملاً در حوزه زیست‌شناسی و پزشکی نیز چاپگرهای سه‌بعدی زیستی^۱ کاربردهای بسیار مهم و رو به گسترشی دارند.

چاپگرهای سه‌بعدی در زیست‌شناسی و پزشکی

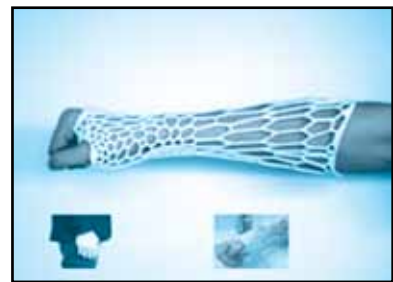
پژوهشگران پیشتاز دانش مهندسی پزشکی معمولاً سعی می‌کنند تا آخرین فناوری‌های روز را بشناسند و آن‌ها را در رشته پزشکی به خدمت گیرند. از این رو، استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی نه تنها در کارهای تحقیقی، بلکه در بخش درمان در پزشکی^۲ نیز آغاز شده و

نرم هستند، دانشمندان توانسته‌اند برای باز نگه داشتن مجاری تنفسی در یک کودک، در سن سه ماهگی غلافی ویژه طراحی کنند و به کار گیرند. طی این کار، از یک پلی‌مر زیستی به نام «پلی‌کاپرولاکتون»، غلاف مورد نظر را ساختند که علاوه با همراهی این غلاف با رشد بدن و دستگاه تنفس کودک، پلی‌مر غلاف مذکور ظرف مدت دو سال به تدریج تجزیه و جذب بدن می‌شود، در این مدت نایژک‌ها، رشد می‌کنند و استحکام کافی برای بازماندن به‌دست می‌آورند.

تجربیات موفق دیگری نیز در تولید پروتز در زمینه ترمیم استخوان و جمجمه به انجام رسیده است. در ماه مارس سال ۲۰۱۳ در آمریکا عملی روی سر یک مرد بیمار انجام شد که طی آن ۷۵ درصد از جمجمه سر او با جمجمه چاپی بازسازی شد. متخصصان برای ساخت این بخش از سر بیمار ابتدا از او یک اسکن سه‌بعدی گرفتند و سپس با



پژوهشگران در تحقیقی دیگر علاوه بر ساخت رگ توانسته‌اند در



استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی توانستند پروتز جمجمه او را با موفقیت چاپ و بازسازی کنند. هر سال میلیون‌ها نفر از تصادفات اتومبیل جان سالم به در می‌برند، اما دچار شکستگی‌های پیچیده می‌شوند که ترمیم آن‌ها با روش‌های سنتی دشوار است. پزشکان می‌توانند با استفاده از اسکن‌های ام‌آر‌آی، پروتزهای لازم را که دقیقاً با شکستگی

اطراف این رگ‌ها غلافی از جنس بافت قلبی ضربان‌دار شبیه قلب واقعی بسازند، این گروه کار خود را برای تولید محصولات قابل عرضه در بازار پزشکی، آغاز کرده‌اند. به عقیده متخصصان این حوزه انتظار می‌رود بتوان از این رگ‌ها طی پنج سال آینده در جراحی‌های بای‌پس و آسیب‌های عروقی استفاده کرد و نیز پیش‌بینی می‌شود که همین کار برای تولید موارد پیچیده‌تری همچون قلب، دندان و استخوان در ۱۰ سال آینده ممکن شود.

در کل، دانشمندان امیدوارند در گام‌های بعدی بتوانند به کمک سلول‌های بنیادی، مواد محرک رشد و داربست‌های ویژه بافتی، سایر بافت‌های بدن را نیز تولید و برای نیازمندان پیوند آماده کنند.

در بعضی کشورها با استفاده از چاپ‌های زیستی سه‌بعدی، اندام‌های مصنوعی اختصاصی برای هر بیمار تولید می‌کنند، به این ترتیب پروتزهای تولید شده سازگاری بیشتری را با فیزیک بدن و نیازهای خاص هر بیمار دارد

تولید پروتزهای کارآمدتر برای انسان و جانور

بدون اغراق می‌توان گفت که فناوری چاپ سه‌بعدی در زمینه تولید پروتزها، انقلابی ایجاد کرده است. مثلاً در مورد برخی بیماری‌های دستگاه تنفس کودکان که در آن‌ها نایژک‌ها بیش از حد

تطابق دارد چاپ کنند.

همچنین در تولید آتل برای آسیب‌ها و شکستگی‌های استخوانی، با اسکن اندام خود فرد و سپس چاپ کردن آتلی منحصر به فرد،



به نظر می‌رسد که برخلاف سایر اعضای مصنوعی، گوش‌های تولید شده از سلول‌های انسانی، با احتمال زیاد به‌طور موفقیت‌آمیزتر در آینده به بدن انسان پیوند زده شوند.



چاپ پوست پیوندی

آسیب دیدن و سوختن پوست، از بیشترین موارد حوادث است، از این رو پرداختن به آن اهمیت خاصی دارد. امروزه در آسیب‌های شدید پوستی مانند سوختگی‌های شدید، محققان ابتدا از اسکن‌های سه‌بعدی برای مشخص شدن وضعیت زخم بیمار استفاده می‌کنند. سپس به‌منظور چاپ پوست، افشانه یک چاپگر، آنزیم ترومبین و چاپگری دیگر سلول‌های آمیخته شده با کلاژن و فیبرینوژن را بیرون می‌دهد، پس از آن چاپگر، یک لایه از فیبروبلاست انسانی و یک لایه از سلول‌های پوستی انسانی را که کراتینوسیت نامیده می‌شود روی هم قرار می‌دهد تا پوست جدید ایجاد شود. در پیوندهای پوست سنتی جراح، پوست را از یک قسمت بدن می‌گیرد و آن را به قسمت دیگر پیوند می‌دهد. محققان امیدوارند بتوانند این روش را به‌قدری توسعه دهند که چاپ پوست جدید به‌طور مستقیم روی زخم امکان‌پذیر باشد. آن‌ها در نهایت می‌خواهند یک چاپگر قابل حمل بسازند که بتوان از آن در زمان فجایع طبیعی در محل استفاده کرد.

دانشمندان امیدوارند در گام‌های بعدی بتوانند به کمک سلول‌های بنیادی، مواد محرک رشد و داربست‌های ویژه بافتی، سایر بافت‌های بدن را نیز تولید و برای نیازمندان پیوند آماده کنند

مطالعه سرطان با سلول‌های سرطانی چاپ شده

پژوهش در مورد سرطان از پژوهش‌های مهم و تعیین کننده روز است، لذا گروهی از محققان، از یک دستگاه خودکار برای چاپ سلول‌های سرطانی تخمدان در بستری از نوعی ژل در ظرف پتری استفاده کردند که این سلول‌ها در ظرف رشد کردند و مورد مطالعه قرار گرفتند. این روش چاپ، به دانشمندان این امکان را می‌دهد که سلول‌های سرطانی را در یک محیط سیستماتیک‌تر مورد مطالعه قرار دهند و برای انجام آزمایش‌هایی درباره اثر داروهای ضدسرطان بر این

سبک، با مواد مناسب و قابل شست‌وشو به حل مشکل این بیماران کمک می‌کنند. گذشته از این موارد، محققان دانشگاه واشنگتن توانستند قالب‌هایی با پودر سرامیک چاپ کنند. چاپگر آن‌ها سرامیک را با لایه‌ای از چسب پلاستیک پر کرد. این ساختار به مدت ۱۲۰ دقیقه با دمای ۱۲۵۰ درجه سانتی‌گراد پخته و به‌عنوان داربست برای کشت سلول‌های استخوان انسانی آماده شد.

چاپ اندام‌های مصنوعی برای جانوران

فناوری چاپگر سه‌بعدی، نه تنها برای انسان بلکه برای حیوانات نیز خدمات شایان توجهی ارائه می‌دهد. مثلاً دانشمندان با اسکن منقار شکسته یک عقاب توانستند، آن را از مواد پلی‌مری مناسب با همان رنگ و اندازه طبیعی چاپ کنند و در جای خود قرار دهند و مشکل این پرنده را برای تغذیه طبیعی برطرف کنند. همچنین در موردی دیگر برای یک اردک که به‌طور مادرزادی فاقد یکی از پاها بود، با اسکن پای اردکی مشابه و چاپ آن توسط چاپگر، توانستند مشکل راه رفتن و شنای اردک را حل کنند. بدیهی است که به‌طور ویژه، این فناوری می‌تواند در مورد حفظ جانوران در معرض انقراض و آسیب‌دیده، کاملاً مفید باشد.

چاپ کلیه پیوندی

بیماران نیازمند به پیوند کلیه تعداد روزافزونی دارند، به همین دلیل، تجربیاتی نیز در زمینه چاپ کلیه انسانی صورت گرفته است. محققان یک مؤسسه پزشکی به نام ویک فارست، چندین نوع از سلول‌های کلیه و نیز یک قالب از مواد زیستی تجزیه‌پذیر را با کمک یک چاپگر سه‌بعدی زیستی ساختند. محصول نهایی برای کشت سلولی آماده شد؛ اگر بتوان کلیه حاصل از این روش را به یک بیمار پیوند زد، آن‌گاه هم‌زمان با رشد بافت اصلی قالب مذکور نیز به آرامی تجزیه می‌شود. گرچه کلیه‌های چاپ شده زیستی هنوز کارایی ندارند، اما با ادامه پیشرفت در این زمینه، وقتی که عملکرد آن‌ها واقعیت یابد، پزشکان با استفاده از سلول‌های خود بیمار برای تهیه بافت کلیه او قادر خواهند بود که برای هر بیمار کلیه مورد نیاز را که کاملاً با بدنش هم‌خوانی دارد، بسازند.

چاپ گوش پیوندی

براساس آمارهای ارائه شده تنها در آمریکا دست‌کم یک کودک از هر ۱۲۵۰۰ کودک دارای اختلال مادرزادی^۴ در لاله گوش است، در این حالت گوش خارجی کودک رشد ناقص دارد و شکل آن غیرطبیعی است، لذا کودک دچار نقص شنوایی می‌شود. در پروژه‌ای، مهندسان زیستی دانشگاه کورنل با اسکن سه‌بعدی گوش کودکی یک قالب هفت تکه‌ای را در برنامه‌ای ویژه^۴ تولید کرده و قطعات آن را چاپ کردند. آن‌ها این قالب را با ژلی غلیظ که از ۲۵۰ میلیون سلول غضروف گاوی و کلاژن دم موش ساخته شده بود، پس از ۱۵ دقیقه این گوش از قالب خارج و به مدت چند روز در ظرف کشت سلول قرار گرفت. در عرض ۳ ماه غضروف گسترش یافت و جانشین کلاژن شد.



چاپ غذا

شاید تصور به کارگیری فن چاپ سه بعدی در تولید غذا چندان ساده نباشد، ولی ناسا در حال سرمایه گذاری و کار روی یک سیستم چاپ سه بعدی است که به کمک آن بتوان اقدام به چاپ غذا کرد. ناسا امیدوار است که این اختراع بتواند مشکل تأمین غذای فضانوردان را در طی سفرهای طولانی برطرف کند. البته مهندس پروژه، دیدگاهی گسترده تر دارد و امیدوار است با این اختراع، علاوه بر خواسته های ناسا بتواند معضل کمبود غذا در کشورهای بحران زده را نیز حل کند. فکر این کار بدین ترتیب است که بتوان با استفاده از کارتریج های

چاپ سه بعدی می تواند تحولی عظیم در زمینه تولید وسایل کمک آموزشی در همه سطوح و مقاطع تحصیلی ایجاد کند، لذا به کارگیری آن در تولید وسایل کمک آموزشی شروع شده و استفاده های آموزشی از محصولات این فناوری هم آغاز شده است

پودری، بلوک های تشکیل دهنده غذا ایجاد کرد و با ترکیب بلوک های مختلف، طعم های بسیار متنوعی از غذاها را تولید کرد. این کارتریج ها عمری ۳۰ ساله خواهند داشت و برای یک سفر فضایی طولانی، کاملاً مناسب خواهند بود. نرم افزار این چاپگر متن باز^۵ است تا کاربر با افزودن برنامه های دلخواه، سلیقه شخصی خود را در چاپ غذا به کار گیرد، همچنین سخت افزار آن نیز براساس چاپگر سه بعدی ویژه ای طراحی خواهد شد. البته اخیراً یکی از شرکت های سازنده چاپگر های سه بعدی غذا، تغییراتی در تولیداتش داده که آن ها را جذاب تر از قبل کرده است. افشانه های چاپگر این شرکت می توانند از موادی همچون شکلات، پنیر و سایر مواد غذایی برای چاپ غذا دلخواه، با شکل

سلول ها مورد استفاده قرار دهند. محققان دانشگاه هاروارد نیز در سال ۲۰۱۱ مقالاتی در این زمینه در مجله زیست فناوری منتشر کرده اند.

چاپ استخوان و غضروف

تلاش های عمومی با هدف چاپ سه بعدی سیستم اسکلتی انجام شده است، در این بین محققان آلمانی که موفق به ایجاد پوست شده بودند، از چاپ سه بعدی لیزری سلول های بنیادی برای رشد و نمو و سپس ایجاد غضروف و استخوان استفاده کردند که مقاله آن در سال ۲۰۱۱ در مجله مهندسی بافت منتشر شده است.

ترمیم آسیب های قلبی

یکی از محققان آلمان به نام رالف گیبیل از دانشگاه روستوک و همکاران او، فن چاپی مبتنی بر لیزر ابداع کرده اند که قطعاتی با قابلیت جانشینی و ترمیم تولید می کند. آن ها قطعاتی کاشتنی را که به همین روش از سلول های انسانی تهیه کردند، در قلب موش صحرایی که دچار حمله قلبی شده بودند، استفاده و مشاهده کردند که در کار قلب این موش ها حالت بهبود ایجاد شده است. گزارش این تحقیق نیز در دسامبر ۲۰۱۱ در مجله بیومتریال منتشر شده است.

چاپ سلول های بنیادی جنینی انسان

می دانیم که سلول های بنیادی در علم روز اهمیت بسیاری دارند به ویژه که سلول های بنیادی جنینی می توانند به انواع بافت های بدن تبدیل شوند، این سلول های بنیادی را نیز می توان در آزمایشگاه به صورت دلخواه چاپ کرد. لذا در آینده نه چندان دور، این امکان وجود دارد که بتوان بافت های گوناگونی را چاپ کرد و برای تهیه اندام های جانشین رشد داد، یا از آن ها برای بررسی اثر داروها استفاده کرد. در این مورد محققان دانشگاه ادینبورگ در سال ۲۰۱۳ مقاله ای در مجله ساینس منتشر کرده اند.

علاوه بر موارد ذکر شده، فناوری چاپ سه بعدی این امکان خاص را هم فراهم کرده است تا در آینده نزدیک، بسیاری از جراحان و محققان قادر باشند ابزارهای مورد نیاز خود را طراحی و چاپ کنند و سپس در کار خود آن ها را به کار ببرند. همچنین امکان مدل سازی قبل از جراحی های پلاستیکی یا زیبایی، توسط جراحان این رشته، مورد توجه قرار گرفته است که می تواند به بهبود کیفیت کار آن ها کمک زیادی کند.

چاپ ۳ بعدی و حوزه آموزش

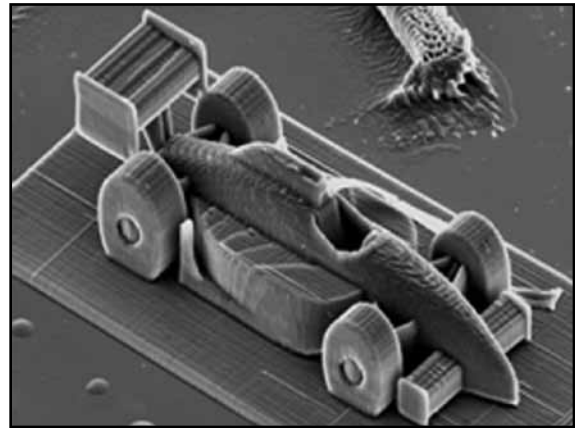
بدیهی است که چاپ سه بعدی می تواند تحولی عظیم در زمینه تولید وسایل کمک آموزشی در همه سطوح و مقاطع تحصیلی ایجاد کند، لذا به کارگیری آن در تولید وسایل کمک آموزشی شروع شده و استفاده های آموزشی از محصولات این فناوری هم آغاز شده است. مشخص است که بی تردید، مدل های آموزشی تولید شده ویژگی ها و جزئیات بی سابقه ای را می توانند در خود انعکاس دهند و به ارتقای سطح آموزش کمک شایانی بکنند.

مورد پسند شما اقدام کنند.

سایر کاربردهای چاپ سه بعدی

با توجه به قابلیت‌های خاص چاپگر سه بعدی، قابل تصور است که می‌توان آن را در عرصه‌های گوناگون به کار گرفت مثلاً این نوع

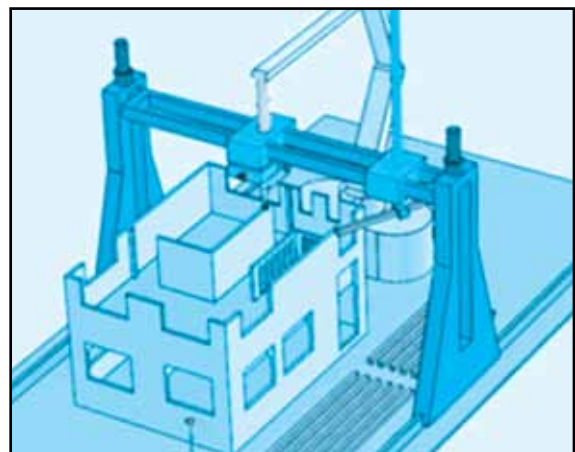
علوم، به‌ویژه محققان علوم زیستی کشور ما نیز به عرصه آشنایی و کاربرد این فناوری نوین در حوزه آموزش و درمان وارد شوند و سر رشته‌هایی از آن را به دست آورند و زمینه پیشرفت در چنین فناوری‌های نوینی را برای کشور عزیز خود فراهم و مردم میهن خود را از مزایای بی‌بدیل آن بهره‌مند کنند.



می‌توان گفت چاپ سه بعدی، فناوری نوین و شگفتی است که بهتر است محققان رشته‌های مختلف علوم، به‌ویژه محققان علوم زیستی کشور ما نیز به عرصه آشنایی و کاربرد این فناوری نوین در حوزه آموزش و درمان وارد شوند

چاپ در عرصه هنر می‌تواند کاربردهای بسیار داشته و ابزار بسیار ارزشمندی برای هنرمندان توانا و خلاق باشد.

لازم به ذکر است که امروزه، چاپگرهای سه بعدی ویژه‌ای وجود دارند که می‌توانند در ابعاد بسیار ریز نیز مدل‌های مختلفی را چاپ کنند. مثلاً برخی چاپگرها می‌توانند از یک ماشین مسابقه مدلی ظریف، در ابعاد کمتر از یک میلی‌متر، ایجاد کنند.



پی‌نوشت‌ها

1. Bioprinter
2. Bioprinting
3. Bioink
4. Microtia
5. Open source

منابع

1. <http://www.livescience.com>
2. <http://www.explainingthefuture.com>
3. <http://www.asriran.com>
4. <http://www.medapple.com>
5. narenji.ir/www
6. www.yjc.ir

علاوه بر آنچه گفته شد، امروزه چاپگرهای عظیمی نیز ساخته شده‌اند که با کمک آن‌ها می‌توان یک خانه را به همراه بسیاری از وسایل درون آن چاپ کرد. همچنین، این فن چاپ قابلیت کاربرد در سایر حوزه‌های صنایع مانند خودروسازی را به‌طور بی‌سابقه‌ای دارا می‌باشد و حتی در حوزه نظامی نیز دارای کاربردهای مهمی است. با در نظر گرفتن آنچه بیان شد، می‌توان گفت چاپ سه بعدی، فناوری نوین و شگفتی است که بهتر است محققان رشته‌های مختلف

گویچه‌های سرخ داسی شکل و مقاومت به مالاریا

جلال عیسی‌خواجه
کارشناس ارشد بیوشیمی
دبیر زیست‌شناسی، شبستر



چکیده

کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل نوعی بیماری ژنتیک است که تا اندازه‌ای ساختار هموگلوبین را تغییر می‌دهد. این هموگلوبین تغییر شکل یافته زمانی که اکسیژن حمل نمی‌کند، تمایل دارد به هموگلوبین‌هایی که اکسیژن خود را خالی کرده‌اند بچسبد و تجمع یابد. در این صورت شکل گویچه‌های سرخ خون تغییر می‌یابد و در پی آن خون در سراسر بدن لخته می‌شود. بیماری کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل در آفریقا، که مالاریا در آن شایع است مشاهده می‌شود؛ زیرا این نوع کم‌خونی در برابر مالاریا تا حدی مقاومت نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل، مقاومت به مالاریا، برتری افراد ناخالص.

بیماری ژنتیک

عامل اصلی کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل ژنتیک است. افرادی که کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل دارند، دارای ژن‌هایی هستند که شکل تغییر یافته‌ای از هموگلوبین را تولید می‌کنند. وقتی این هموگلوبین در بافت اکسیژن‌زدایی می‌شود، تمایل می‌یابد تا با سایر هموگلوبین‌های فاقد اکسیژن تجمع یابد و زنجیره‌های طولی را تشکیل دهد. این زنجیره‌ها شکل گویچه‌های سرخ را تغییر می‌دهند و باعث می‌شوند که گویچه‌ها شکل داس به خود بگیرند. گویچه‌های سرخ داسی شکل مویرگ‌ها را مسدود می‌کنند که این امر منجر به مشکلات قلبی، ضایعات پوستی و شبکیه‌ای و اغلب مرگ می‌شود. با وجود این اثرهای منفی، این بیماری یک منفعت نیز دارد:

افراد مبتلا به کم‌خونی

ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل به انگلی که باعث بیماری مالاریا می‌شود مقاوم‌اند (۱).

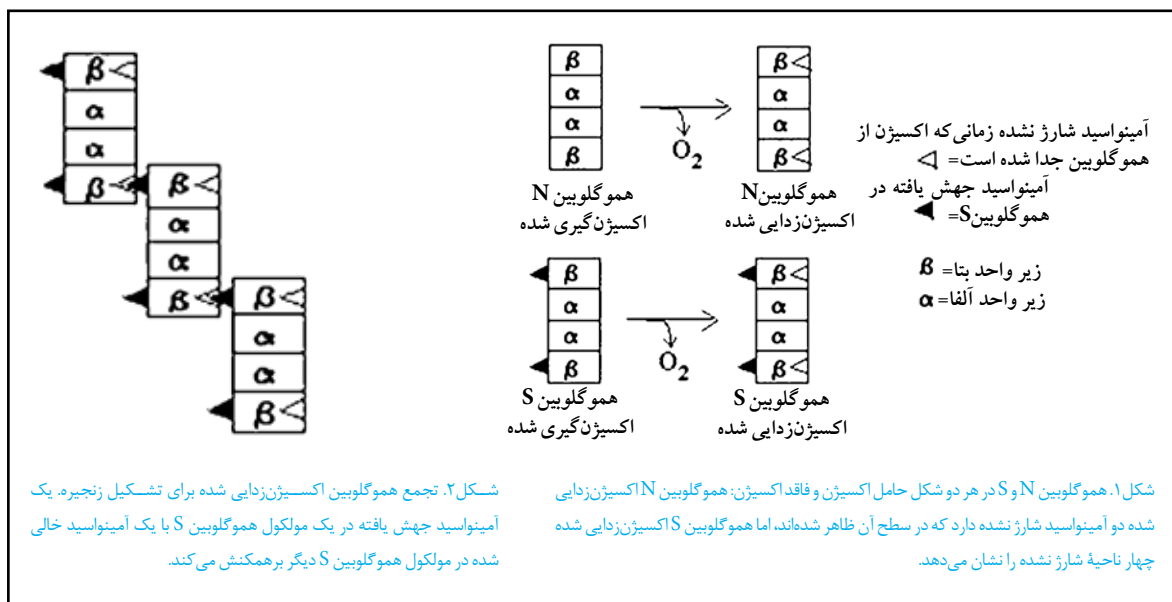
یک تغییر ژنتیک کوچک در هموگلوبین باعث این نوع کم‌خونی و در نتیجه مقاومت در برابر مالاریا شده است. گلبول‌های سرخ داسی شکل در گردش خون اختلال ایجاد می‌کنند و به‌نوبه خود به بافت‌ها آسیب می‌زنند. در نتیجه این کم‌خونی عمر متوسط فرد تا حدود ۴۵ سال کاهش می‌یابد. در عوض گویچه‌های سرخ داسی شکل ضعیف شده میزبان ضعیفی برای انگل مالاریا هستند، به‌طوری که سلول مواد مغذی لازم را به بیرون تراوش می‌کند و به‌طور انتخابی به‌وسیله کبد حذف می‌شود. این برتری انتخابی، گلبول‌های داسی شکل و نوع آن را در مناطقی که در آنجا میزان شیوع مالاریا بالاست، پایدار می‌کند. هموگلوبین طبیعی (هموگلوبین N) و هموگلوبین داسی شکل (هموگلوبین S) تنها در دو آمینواسید با هم متفاوت‌اند. هموگلوبین (هر دو نوع N و S) ۵۷۴ آمینواسید دارد.

این آمینواسیدها در چهار زیر واحد بسته‌بندی شده‌اند. دو تا از این زیر واحدها،

گویچه‌های سرخ داسی شکل مویرگ‌ها را مسدود می‌کنند و منجر به مشکلات قلبی، ضایعات پوستی و شبکیه‌ای و اغلب مرگ می‌شوند

جمع می‌شوند و زنجیره بلندی تشکیل می‌دهند. آمینواسیدهای خالی شده که در هموگلوبین S اکسیژن‌زدایی شده نمایان می‌شوند، زمانی که به وسیله آمینواسیدهای خالی شده در سایر مولکول‌های هموگلوبین S اکسیژن‌زدایی شده احاطه می‌شوند، پایدار می‌شوند، بنابراین مولکول‌های هموگلوبین S تجمع می‌یابند و زنجیره‌هایی تشکیل می‌دهند. این زنجیره‌ها به اندازه کافی بزرگ می‌شوند که شکل گویچه‌های سرخ دربردارنده آن‌ها را تغییر دهند و باعث شوند که گویچه‌های سرخ داسی شکل شوند و بنابراین، اثرهای آزاردهنده و ناتوان‌کننده کم‌خونی وابسته به گویچه‌های سرخ داسی شکل را ایجاد می‌کنند.

زیر واحدهای آلفا نامیده می‌شوند، که هر کدام ۱۴۱ آمینواسید دارند و کاملاً با همدیگر برابرند. دو زیرواحد دیگر، زیر واحدهای بتا نامیده می‌شوند و ۱۴۶ آمینو اسید دارند. دو آمینواسیدی که هموگلوبین N و S در آن متفاوت‌اند در زیر واحدهای بتای پروتئین‌ها واقع‌اند. در هر کدام از دو زیر واحد بتای هموگلوبین داسی شکل، یک آمینواسید با بار منفی با یک آمینواسید خنثی جانشین شده است که به آن آمینواسید جهش یافته می‌گوییم. چون آمینواسید خنثی تمایل دارد به آمینواسیدهای دیگر متصل شود این آمینواسیدهای جهش یافته خنثی در ایجاد عمل توده شدن هموگلوبین S اکسیژن‌زدایی شده مهم هستند.



چگونه سلول‌های داسی شکل در برابر مالاریا حفظ می‌شوند؟

در گلبول سرخ، انگل مالاریا هموگلوبین‌های N و S را از طریق سازوکاری که به‌عنوان اثر بوهر شناخته می‌شود تحریک می‌کند تا به شکل فاقد اکسیژن درآیند (۳ و ۲). مطابق این اثر، وقتی هموگلوبین‌های N یا S در یک محیط اسیدی قرار می‌گیرند، یا در غلظت بالای CO_2 قرار می‌گیرند، تمایل می‌یابند اکسیژن آزاد کنند و به شکل فاقد اکسیژن درآیند. انگل مالاریا مواد غذایی را متابولیزه می‌کند و کربن دی‌اکسید، به‌عنوان یک محصول زائد، تولید می‌کند. این کربن دی‌اکسید، وقتی در یک محیط آبی مشابه داخل گویچه‌های سرخ قرار می‌گیرد، کربنیک اسید تشکیل می‌دهد. به‌علت میزان بالای CO_2 و اسید، هموگلوبین‌ها

سازوکار داسی شدن گلبول‌های سرخ

در شکل اکسیژن‌زدایی شده، هموگلوبین N دو قطعه آمینواسید پر نشده دارد که در سطح آن قرار می‌گیرند، اما هموگلوبین S چهار تا از این نقطه‌ها دارد که وقتی اکسیژن می‌گیرند، بیشتر آمینواسیدها در سطح بیرونی هموگلوبین N شارژ (دارای اکسیژن) می‌شوند. با وجود این، چنانچه در شکل ۱ نشان داده شده است، وقتی هموگلوبین N اکسیژن‌زدایی می‌شود، شکل خود را تغییر می‌دهد و دو ناحیه شارژ نشده را در سطح خود نمایان می‌کند. همین‌طور، وقتی هموگلوبین S اکسیژن‌زدایی می‌شود، همان دو ناحیه شارژ نشده آن نیز نمایان می‌شوند. این دو ناحیه شارژ نشده، وقتی با دو آمینواسید جهش یافته هموگلوبین S ترکیب می‌شوند، در هموگلوبین S اکسیژن‌زدایی شده تمام چهار ناحیه آمینواسیدها را از اکسیژن خالی می‌کنند.

چون هموگلوبین S

اکسیژن‌زدایی شده چهار ناحیه شارژ نشده به‌جای دو ناحیه موجود در شکل N دارد، با همدیگر

هموگلوبین طبیعی (هموگلوبین N) و هموگلوبین داسی شکل (هموگلوبین S) تنها در دو آمینواسید با هم متفاوت‌اند

گلبول سرخ حاوی هموگلوبین S و یک انگل مالاریا باشد، هموگلوبین فاقد اکسیژن می‌شود و تجمع پیدا می‌کند و گویچه‌های سرخ را داسی شکل می‌کند.

انگل مالاریا به دو دلیل نمی‌تواند در یک گلبول سرخ داسی شکل زنده بماند. اولاً، بدن سلول‌های سرخ داسی شکل شده را برای حذف به طحال می‌فرستد و تا جایی که ممکن است آن‌ها را تخریب می‌کند.

اگر یک انگل در

سلول باشد، تخریب

خواهد شد. دوم، به

علت اینکه غشای

سلولی گویچه‌های

سرخ داسی شده به

علت شکل غیرعادی آن‌ها کشیده شده و غشای سلولی متخلخل می‌شود. سلول داسی شده مواد مغذی، مثل پتاسیم را که انگل برای زنده ماندن به آن نیاز دارد، به بیرون تراوش می‌کند؛ در نتیجه انگل می‌میرد و چون انگل مالاریا نمی‌تواند در سلول‌های داسی شده زنده بماند، از این رو افراد مبتلای دارای هموگلوبین S به مالاریا مقاومند.

چرا ژن سلول داسی شکل استمرار می‌یابد؟

اگر جمعیتی با ژن‌هایی برای هموگلوبین S، ضعیف شود یا حتی

بمیرد، چگونه این

بیماری باقی می‌ماند

و از بین نمی‌رود؟

چون دو سطح ژنتیک

از شدت بیماری

وجود دارد بیماری

همیشگی می‌شود:

۱. کم‌خونی ناشی

از گویچه‌های سرخ

داسی شکل کامل، که

منجر به لخته شدن شدید خون و حتی مرگ می‌شود و ۲. صفت داسی شکل، که منجر به مشکلات کمتری می‌شود. هر جانداری دو مجموعه کامل DNA دارد. بیشتر ما دو ژن برای هموگلوبین N داریم، بنابراین هموگلوبین‌های ما وقتی اکسیژن‌زدایی می‌شوند، به یکدیگر نمی‌چسبند. افرادی که دو ژن هموگلوبین S دارند، تنها هموگلوبین S تولید می‌کنند و گفته می‌شود که کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل کامل دارند. این افراد معمولاً از مشکلات ناشی از لخته شدن شدید خون در اوایل زندگی می‌میرند. سومین گروه یک ژن N و یک ژن S دارند. در این گروه نیمی از هموگلوبین‌ها از نوع N خواهند بود و نیمی دیگر از نوع S و هنگامی که فاقد اکسیژن باشند به یکدیگر خواهند چسبید. گفته می‌شود این افراد صفت داسی شکل را در عوض کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل دارند. این گروه به حد کافی هموگلوبین N برای داشتن یک زندگی نسبتاً طبیعی دارند، چون لخته شدن خون در آن‌ها بسیار کم است (۴).

به‌طور اساسی این گروه به حد کافی هموگلوبین S برای حفظ مقاومت به مالاریا را دارند. این گروه سوم، یعنی آن‌ها که صفت سلولی داسی شکل را دارند، بیماری کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل را همیشگی می‌کنند، یعنی آل هموگلوبین داسی شکل هیچ‌وقت از جمعیت حذف نمی‌شود (برتری افراد ناخالص).

کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل، و حتی آل

کم‌خونی ناشی از

گویچه‌های سرخ

داسی شکل یک

عامل نامطلوب کافی

در مناطق عاری از

مالاریای جهان است

چون انگل مالاریا نمی‌تواند در سلول‌های داسی شده زنده بماند، از این رو افراد مبتلای دارای هموگلوبین S به مالاریا مقاومند

(۴) که فراوانی شیوع بیماری را در آن‌ها کاهش می‌دهد. رابطه بین مالاریا و کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل انکارناپذیر است: شواهد بیوشیمیایی و شواهد جمعیتی این تئوری را که کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل مقاومت به مالاریا را آشکار می‌کند، تأیید می‌کنند. از نظر بیوشیمیایی، ثابت شده است که هموگلوبین‌های S فاقد اکسیژن سلول‌های داسی شکل شده را به هم می‌چسبانند (۳ و ۲ و ۱). همچنین نشان داده شده که وقتی انگل مالاریا درون یک گلبول سرخ ساکن می‌شود سلول‌ها را وادار می‌کند که از

طریق اثر بوهر داسی

شکل شوند (۳) و

۲. این داسی شدن

سلول‌ها موجب

مقاومت به مالاریا در

فرد آلوده می‌شود.

از نظر جمعیتی یک

افزایش در شیوع

کم‌خونی ناشی از

گویچه‌های سرخ

دو آمینواسیدی که هموگلوبین N و S در آن متفاوت‌اند در زیر واحدهای بتای پروتئین‌ها واقع‌اند. در هر کدام از دو زیر واحد بتای هموگلوبین داسی شکل، یک آمینواسید با بار منفی با یک آمینواسید خنثی جانشین شده است که به آن آمینواسید جهش یافته می‌گوییم. چون که آمینواسید خنثی تمایل دارد به آمینواسیدهای دیگر متصل شود این آمینواسیدهای جهش یافته خنثی در ایجاد عمل توده شدن هموگلوبین S اکسیژن‌زدایی شده مهم هستند

داسی شکل در جمعیت آفریقایی - آمریکایی برخلاف آفریقایی‌ها یافت شده است (۴). چون کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل بدون حضور مالاریا نامساعد و زیان‌آور است، افرادی با کم‌خونی ناشی از گویچه‌های سرخ داسی شکل ژن‌های خود را برای هموگلوبین S کمتر انتقال می‌دهند. این شواهد بیوشیمیایی و جمعیتی نشان می‌دهند که چگونه یک انگل کوچک، که در آفریقا به مدت میلیون‌ها سال شایع بوده است، به‌طور ژنتیک افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

منابع

1. M. I. Barnhart, Sick Cell. (Upjohn, Kalamazoo, 1979)
2. M. D. Young and G. R. Coatney, in Human Malaria, edited by F. R. Moulton (Science Printing Company, Lancaster, 1941), pp. 25-29.
3. W. Jarra, in Malaria and the Red Cell, edited by David Evered and Julie Whelan (Pitman, London, 1983), pp. 137- 152.
4. S. Edelstein, The Sickled Cell. (Harvard University Press, Cambridge, 1986).

سیگنال‌های الکتریکی و کاربرد آن‌ها در گیاهان

حمیدرضا خداجو ماسوله

کارشناس زیست‌شناسی - دانشگاه گیلان

ژیلا رحیمی

کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی - دبیر زیست‌شناسی ناحیه ۲ رشت



کلیدواژه‌ها: پتانسیل عمل، پتانسیل موجی آهسته، سیگنال‌های الکتریکی در گیاهان، انتقال سیگنال در گیاهان.

مقدمه

پتانسیل‌های عمل (AP) در گیاهان، اولین بار توسط دانشمندی به نام بوردون ساندرسون^۱ با تحریک برگ‌های گیاه *Dionaea* مورد بررسی قرار گرفت. در سال ۱۹۳۰ پتانسیل‌های عمل (AP) با وارد کردن میکروالکترودهایی در سلول‌های *Nitella* قبل از آنکه اولین ثبت درون‌سلولی از پتانسیل‌های عمل (AP) در سلول‌های جانوران اتفاق بیفتد ثبت شدند. در سال ۱۹۵۰ دانشمندی توانست پخش شدن و گسترش سیگنال‌های الکتریکی را در گیاه *Mimosa pudica* ثابت کند و نشان دهد که این سیگنال‌ها دارای ویژگی‌هایی مشابه پتانسیل‌های عمل (AP) در اعصاب جانوران اند. همچنین در سال ۱۹۸۴ کانال‌های یونی به‌عنوان پایه و دلیل به‌وجود آمدن پتانسیل‌های عمل (AP) در گیاهان کشف شدند. اخیراً کشف شده است که بیشتر محرک‌های سیستم عصبی جانوران، مانند میانجی‌های عصبی نظیر استیل کولین و پیام‌رسان‌های سلولی نظیر کالمودولین و موتورهای سلولی نظیر اکتین، در گیاهان نیز وجود دارند. با اینکه این تجهیزات سلولی شبه‌عصبی موجود در گیاهان هیچگاه به پیچیدگی آنچه در اعصاب جانوران یافت می‌شود، نیستند؛ اما یک شبکه عصبی ساده را، مخصوصاً در آوند آبکشی به‌وجود می‌آورند که مسئول ارتباطات در مسافت‌های طولانی در پیکره گیاه‌اند.

انواع سیگنال‌های الکتریکی پتانسیل عمل

عمل

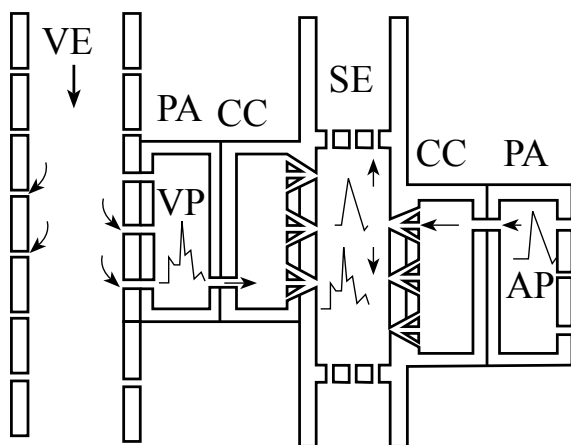
پتانسیل‌های عمل^۲ (AP) نوعی پیام الکتریکی هستند که به سرعت گسترش پیدا می‌کنند و در جانوران بسیار شناخته شده‌اند. انتقال این پیام‌های الکتریکی در آکسون‌ها کوتاه‌مدت است (در حدود چند هزارم ثانیه) اما با سرعتی ثابت منتقل می‌شود و دامنه ثابتی را حفظ می‌کند. انتقال این پیام‌های الکتریکی از قانون همه یا هیچ پیروی می‌کند. بنابراین، هنگامی که اندازه محرک به آستانه تحریک می‌رسد، افزایش بیشتر قدرت محرک، تغییری در دامنه و شکل منحنی AP ایجاد نمی‌کند؛ به عبارت دیگر پاسخ یا دپولاریزاسیون کامل و یا عدم دپولاریزاسیون است.

همان‌طور که مکانیسم یونی تولید AP در آکسون‌های اعصاب جانوران به ورود یون Na^+ به داخل غشا (دپولاریزاسیون) و خروج یون K^+ از درون غشا (رپولاریزاسیون) بستگی دارد، تحریک سلول‌های

گیاهی به یون‌های Ca^{2+} ، Cl^- و K^+ بستگی دارد. بهترین مطالعه در مورد AP در گیاهان در سلول‌های بزرگ درون ریشه‌ای جلبک سبز *Chara* و *Nitella* انجام گرفته است. این سلول‌ها دارای جریان سیتوپلاسمی شدیدی هستند که در صورت انتشار پتانسیل‌های عمل (AP)، شدت این جریان کاهش می‌یابد و از ادامه یافتن آن جلوگیری می‌شود. در مجموع کانال‌های یونی Ca^{2+} ، Cl^- و K^+ به سلول‌های گیاهان این امکان را می‌دهند تا با استفاده از تغییر فعالیت الکتریکی خود، به تغییرات محیطی پاسخ دهند. این جابه‌جایی یون‌ها طی انتقال AP در درختان با استفاده از آنالیز پراش اشعه X و بازدارنده‌های کانال یونی به اثبات رسیده است.

پتانسیل موجی آهسته

پتانسیل‌های موجی آهسته^۳ (VP) شامل سیگنال‌هایی‌اند که به وسیله جراحی و برش اندام‌های گیاهی و حرارت تولید می‌شوند. این



شکل ۱. ارتباطات الکتریکی طی مسافت‌های طولانی. یک AP (راستی می‌تواند طی مسافت‌های کوتاه در پلاسما دوسم‌ها انتشار یابد و پس از آنکه به کمپلکس عناصر غریابی و سلول‌های همراه (SE/CC) رسید، در مسافت‌های طولانی در طول غشای پلاسمایی عناصر غریابی در هر دو مسیر منتقل شود. در مقابل یک VP در غشای پلاسمایی سلول‌های پارانیشیمی نزدیک آوند‌های چوبی (VES) توسط یک موج هیدرولیک (با استفاده از نیروی محرکه آب) می‌تواند جراحی تولید می‌شود. به دلیل آنکه پتانسیل‌های موجی آهسته (VP) در عناصر غریابی (SES) اندازه‌گیری شده‌اند، حدس زده می‌شود که آن‌ها در طول شبکه پلاسما دوسم‌ها عبور می‌کنند و به گذرگاه آوند آبکشی می‌رسند. همچنین بر خلاف پتانسیل‌های عمل (AP)، منحنی آن‌ها با افزایش فاصله از مکانی که تولید شده‌اند، کاهش می‌یابد.

همان‌طور که مکانیسم یونی تولید AP در آکسون‌های اعصاب جانوران به ورود یون Na^+ به داخل غشا (دیپولاریزاسیون) و خروج یون K^+ از درون غشا (ریپلاریزاسیون) بستگی دارد، تحریک سلول‌های گیاهی به یون‌های Ca^{2+} ، Cl^- و K^+ بستگی دارد

کانال‌های یونی موجود در غشای پلاسمایی آن‌ها تحقق پیدا می‌کند. بعضی از این کانال‌ها شناسایی شده‌اند که عمدتاً کانال‌های پتاسیمی (K^+) و همچنین کانال‌های کلسیمی (Ca^{2+}) می‌باشند. هنگامی که گیاه آسیب می‌بیند، آوندهای چوبی (VES) به‌طور ناگهانی کشش خود را از دست می‌دهند که این امر منجر به تولید VP و گسترش فراگیر دیپولاریزاسیون‌های حاصل از آن می‌شود. این موج هیدرولیک به تغییرات محلی در جریان یونی موجود در کانال‌های حساس به تحریک مکانیکی سلول‌های زنده مجاور تبدیل می‌شود. پس از آنکه VP در این سلول‌ها تولید شد، می‌تواند به‌صورت جانبی، از طریق

پتانسیل‌ها در گونه‌های متعددی، از قبیل جوانه‌های خیار و نخودفرنگی و همچنین در گونه‌های درختی مانند *Vitis vinifera* مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌اند. تفاوت اساسی آن‌ها با پتانسیل‌های عمل (AP)، در طول دیپولاریزاسیون‌های با تأخیر و طیف وسیعی از تنوع و بی‌ثباتی است. پتانسیل‌های موجی آهسته (VP) با تغییر شدت محرک، تغییر می‌کنند و نمی‌توانند به‌طور دائمی خود را حفظ کنند و به‌صورت یک تغییر محلی در شکل‌های فشار هیدرولیک موجی یا مواد شیمیایی در طول آوند چوبی مرده منتقل می‌شوند. منحنی و سرعت VP با افزایش فاصله از مکان آسیب‌دیده کاهش می‌یابد که دلیل آن در عبور VP از نواحی مردهٔ بافت گیاهی و وابستگی آن به خاصیت کششی آوند چوبی است. زمانی که رطوبت به حد اشباع می‌رسد، کشش آوند چوبی بسیار کم و ناچیز می‌شود و در نتیجه VP تولید نمی‌شود. در گیاه *M. pudica* برش رأس یک برگچه (جراحت) باعث تولید VP در ساقه می‌شود که نسبت به AP دارای فرم و شکلی بی‌ترتیب و دورهٔ زمانی طولانی‌تر است. VP برخلاف AP، در طول ساقهٔ یک گروه از برگچه‌ها عبور و به برگچه‌های کناری سرایت می‌کند و باعث تا شدن تمام جفت برگچه‌ها می‌شود، در حالی که انتقال AP به مسافت‌های کوتاه، مثلاً در یک گروه از برگچه‌ها، محدود می‌شود. مکانیسمی که طی آن موج هیدرولیک می‌تواند باعث شود تا یک پاسخ الکتریکی محلی در سلول‌های همسایه به‌وجود آید هنوز کشف نشده است. شاید نفوذ ناگهانی مقادیر زیاد آب به داخل سلول‌های زنده می‌تواند منجر به کشیدگی غشای پلاسمایی و بنابراین تأثیر بر کانال‌های یونی حساس به تحریکات مکانیکی شود یا بر اثر انتقال یک مادهٔ شیمیایی، کانال‌های وابسته به لیگاند فعال شوند.

روش‌های انتقال سیگنال

بعد از اینکه یک سیگنال الکتریکی در سیمپلاست تولید شد، می‌تواند از طریق پلاسمودسم‌ها به سایر سلول‌های سیمپلاسمیک منتقل شود. اگر اطلاعات باید به نواحی دورتر از گیاه منتقل شوند، انتقال سیگنال‌های الکتریکی در طول آوند آبکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱، عناصر غربالی). آوند آبکشی در تمام طول یک گیاه سالم به‌صورت ادامه‌دار پخش شده است و به‌دلیل اندازه نسبتاً بزرگ و منافذ باز صفحات غربالی و پیوستگی غشای پلاسمایی و شبکه اندوپلاسمی (ER) به‌نظر می‌رسد عنصر غربالی برای انتقال سیگنال‌های الکتریکی طی مسافت‌های طولانی مناسب باشند. پلاسمودسم‌ها احتمالاً باعث تداوم و افزایش سرعت تحریک می‌شوند و راه را برای گسترش جانبی AP از سلول‌های همسایه به عناصر غربالی (SEs) و سلول‌های همراه (CC) هموار می‌کنند (شکل ۱، راست). انتقال سیگنال‌های الکتریکی در طول لوله‌های غربالی، توسط

جدول ۱

منابع	تأثیر فیزیولوژیک	گیاه	سیگنال	تحریک
Sibaoka 1969	بستن برگ دامی شکل ترشح آنزیم‌های گوارشی	<i>Dionaea</i>	AP	مکانیکی
Williams & Pickard 1972a, b	پیچیدن برگ حساس به دور حشره	<i>Drosera</i>	AP	مکانیکی
Fromm & Eschrich 1988a,b,c; Sibaoka 1966, 1969	تنظیم حرکات برگ	<i>Mimosa</i>	AP	شوک سرما، مکانیکی
Hayama, Shimmen & Tazawa 1979	پایان دادن به جریان سیتوپلاسمی	<i>Chara</i>	AP	الکتریکی
Sinyukhin & Britikov 1967; Fromm Hajirezaei & Wilke 1995	افزایش فرایند تنفس	<i>incarvillea Hibiscus</i>	AP	گرده‌افشانی
Fromm & Fei 1998	افزایش تبادلات گازی	<i>Zea</i>	AP	آبیاری دوباره
Fromm & Bauer 1994	کاهش در نقل و انتقال آوند آبکشی	<i>Zea</i>	AP	شوک سرما
Fisahn et al. 2004	تحرك بیان ژن (pin2) و بیوسنتز جاسمونیک اسید	<i>Solanum</i>	VP	حرارت
Koziolek et al. 2004; Lautner et al. 2005	کاهش زودگذر و موقتی فرایند فتوسنتز	<i>Mimosa Populus</i>	VP	حرارت

شکل تخصص‌یافته برای به دام انداختن حشرات استفاده می‌کنند تا بتوانند منبع نیتروژنی خود را تأمین کنند. در گیاه *Dionaea*، گرفتن حشره با آزاد شدن کلسیم به داخل سیتوسل سلول‌های حساس آغاز

بعد از اینکه یک سیگنال الکتریکی در سیمپلاست تولید شد، می‌تواند از طریق پلاسمودسم‌ها به سایر سلول‌های سیمپلاسمیک منتقل شود

می‌شود که با تحریک مکانیکی یکی از کرک‌های حساس (کرک‌های ماشه‌ای) صورت می‌پذیرد. در ادامه یک AP تولید می‌شود در حالی که هیچ‌گونه پاسخی از دام (برگ تخصص‌یافته) مشاهده نمی‌شود، اما اگر فقط یکی از کرک‌های حساس در مدت ۴۰ ثانیه بعد از اولی تحریک و در نتیجه خم شود، این بار یک AP بسیار سریع با سرعت ۲۰ سانتی‌متر بر ثانیه تولید و منتقل می‌شود که باعث بسته شدن سریع دام (برگ تخصص‌یافته) می‌گردد. پس از بسته شدن دام، آنزیم‌های

پلاسمودسم‌ها به عناصر غربالی منتقل شود و از آنجا در مسافت‌های طولانی انتقال یابد (شکل ۱). از طرف دیگر، مقداری از مواد تولید شده بر اثر جراحت (مواد جراحی) می‌توانند در آوند چوبی به وسیله موج هیدرولیک انتقال یابند و به وسیله کانال‌های وابسته به لیگاند، VP تولید کنند.

تأثیرات و کاربردهای فیزیولوژیکی سیگنال‌های الکتریکی

صرف نظر از تفاوت‌های این دو مکانیسم تحریکی یعنی AP و VP، هر دو نوع این سیگنال‌ها از توانایی انتقال اطلاعات به سلول‌های دورتر نسبت به تحریک محلی و ناحیه‌ای برخوردارند که باعث می‌شود عملکرد مناسبی از خود نشان دهند. سیگنال‌های الکتریکی در گیاهان وظایف متعددی بر عهده دارند که در (جدول ۱) به برخی از آن‌ها اشاره شده است. گیاهان حشره‌خوار نمونه‌های معروفی هستند که انتقال سیگنال‌ها در مسافت‌های کوتاه را به خوبی نشان می‌دهند. برای مثال گیاه *Drosera* و گیاه *Dionaea* که در مکان‌هایی با فقر نیتروژن زندگی می‌کنند، از پتانسیل‌های عمل (AP) و برگ‌های دامی

گوارشی ترشح می‌شوند تا شکار را تجزیه کنند. فرایند تولید شدن دو AP، گیاه را در برابر تحریکات اتفاقی محافظت می‌کند، اما این مسئله که چگونه دام نوعی حافظهٔ درونی دارد و فقط به دومین AP تولید شده پاسخ می‌دهد، همچنان به‌عنوان یک سؤال باقی مانده است.

در گل‌های *Hibiscus*، پدیدهٔ گرده‌افشانی باعث تحریک و تولید دسته‌هایی ۱۰ الی ۱۵ عددی از AP می‌شود (تحریک ناگهانی و مکرر) و نتیجهٔ آن افزایش موقتی و زودگذر سرعت فرایند تنفس در تخمدان می‌شود که نشان‌دهندهٔ آمادگی متابولیسمی آن برای لقاح است. در مقابل، دادن شوک سرمایی به کلالة منجر به تولید سیگنال AP با دورهٔ زمانی متفاوت می‌شود. جراحات نیز باعث ایجاد یک دیپولاریزاسیون شدید با شکلی نامنظم می‌شود (VP). هر دو تحریک بالا، یعنی سرما و جراحی باعث کاهش خود به خودی سرعت فرایند تنفس در تخمدان و همچنین باعث کاهش غلظت مواد متابولیسمی می‌شوند. انتقال سیگنال‌ها در مسافت طولانی از طریق گذرگاه آوند آبکشی، یکی از مکانیسم‌های معروف در بسیاری از گیاهان است. در گیاه ذرت، پتانسیل‌های عمل (AP) با آبیاری

گیاهان حشره‌خوار نمونه‌های معروفی هستند که انتقال سیگنال‌ها در مسافت‌های کوتاه را به خوبی نشان می‌دهند

دوباره گیاه در خاک خشک تولید و باعث افزایش تبادلات گازی CO_2 و H_2O در برگ‌ها می‌شوند. در گیاه *Mimosa*، هر دو نوع سیگنال AP و VP باعث تا شدن هماهنگ و دسته‌جمعی برگچه‌ها می‌شوند (شکل ۱) که باعث می‌شود تا برگ مرده به‌نظر برسد و برای گیاه‌خوار احتمالی جذاب نباشد. صرف نظر از نقش سیگنال‌های الکتریکی در تنظیم حرکات برگ، ثابت شده است که سیگنال‌های الکتریکی بر فرایند فتوسنتز در گیاه *Mimosa* تأثیر می‌گذارند. حرارت دادن^۴ به یک برگچه باعث تولید VP می‌شود که به سرعت به برگچه‌های همسایه منتقل می‌شود تا سرعت جذب CO_2 را در شبکه به شدت کاهش دهد و همچنین باعث کاهش میزان الکترون تولیدی و انتقال آن در فتوسیستم II (PSII) می‌شود. درست مانند گیاه *Mimosa*، تحقیقات دیگر روی درختان سپیدار نشان می‌دهد که حرارت دادن به یک برگ باعث تولید سیگنال‌های الکتریکی می‌گردد که در طول شاخه منتقل می‌شود و به برگ‌های کناری در شاخهٔ مجاور می‌رسد که این خود باعث کاهش موقت سرعت جذب CO_2 در شبکه و نیز باعث کاهش موقت میزان الکترون تولیدی و انتقال آن در فتوسیستم II (PSII) می‌شود.

نتیجه و چشم‌انداز

برای آنکه ویژگی‌ها و اهمیت فیزیولوژیک سیگنال‌های الکتریکی در گیاهان معرفی شود، دو نمونه از این سیگنال‌ها را انتخاب کردیم که عبارت‌اند از: AP و VP. ویژگی‌های آن‌ها در ارتباط با عملکردهایشان در فیزیولوژی گیاهی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی دانش سیگنال‌های الکتریکی در گیاهان می‌تواند به از هم گشودن ماهیت اطلاعات رد و بدل شده در سلول‌های گیاهی و همچنین اندام‌ها کمک کند و منجر به ایجاد سلول‌هایی فوق‌العاده و جدید شود. مطالعات آینده به سمتی پیش می‌رود که درک بهتری از مکانیسم کنترل‌کننده، سیگنال‌های الکتریکی، هماهنگی بین جریان‌های یونی، پاسخ‌های فیزیولوژیک و شناخت مولکولی از انواع مختلف کانال‌ها که در انتقال سیگنال‌های الکتریکی شرکت می‌کنند، به دست دهد.

پی‌نوشت‌ها

1. Burdon Sanderson
2. Action Potential
3. variation Potential
4. Flaming

منبع

1. JORG FROMM & SILKE LAUTNER, Electrical signals and their physiological significance in plants, *Plant Cell and Environment* (2007) 30, 249-257.

کاربرد پویانمایی در آموزش زیست شناسی

نرگس محمودی

کارشناس ارشد زیست‌شناسی سلولی و مولکولی

n.mahmoodi85@yahoo.com

چکیده

بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که تدریس بعضی از فرایندهای زیستی با پویانمایی (انیمیشن) مفیدتر از تصویرهای ثابت است. ارزش پویانمایی‌ها با توجه به اینکه چه فرایندی را (از جمله برانگیخته شدن یک فرایند، محل آن در سلول یا مراحل پی‌درپی آن) ارائه می‌دهند، تعیین می‌شود. اهداف این نوشته، اشاره به برخی از مزایای پویانمایی، معرفی برخی از برنامه‌ها و وبگاه‌های ارائه دهنده پویانمایی در زیست‌شناسی و در نهایت ترغیب استفاده گسترده از پویانمایی در تدریس زیست‌شناسی است.

مقدمه

با اینکه مدتی طولانی است که میکروسکوپ ویدئویی^۱ به عنوان یک وسیله آموزشی ارزشمند مورد استفاده قرار گرفته است، اما اخیراً استفاده از پویانمایی رایانه‌ای گسترش یافته است. پویانمایی بر به میکروسکوپ ویدئویی برتری‌هایی دارد؛ از جمله سادگی، تفکیک‌پذیری و بزرگ‌نمایی نامحدود، قابلیت مشخص کردن نشانه‌ها^۲ در یک پیش‌زمینه پیچیده، تنظیم حرکات، اشکال و رنگ‌ها، حذف تدریجی درون یا بیرون نشانه‌ها. با اینکه این بحث بر آموزش زیست‌شناسی تمرکز دارد، اما برای درک بهتر کاربرد پویانمایی در تدریس سایر مباحث علوم پایه نیز کاربرد دارد.

پویانمایی برهم‌کنش مولکول‌های زیستی و فرایندهای مولکولی

بسیاری از دوره‌های آموزشی زیست‌شناسی با مبحثی درباره پویانمایی مراحل مولکولی آغاز می‌شوند. مبحث زیست‌شناسی سلولی و مولکولی به‌طور بارز ساختارهای پروتئینی و مدل القا شده مناسب فعالیت آنزیم را مورد بحث قرار می‌دهد. مشکل می‌توان این حرکات را با تصویرهای نشان داد. برنامه‌هایی مانند chime یا kinemage نه تنها حرکات را نمایش می‌دهد، بلکه امکان چرخاندن^۳ پروتئین‌ها را به دانش‌آموزان می‌دهند تا حرکات را از زوایای مختلف بررسی کنند. برنامه chime بسیار کارآمدتر و متداول‌تر است؛ اما به علت مشکلاتی که مرورگرهای منقضی chime دارند، پیشنهاد می‌شود ترجیحاً از kinemage (مخفف kinetic image به معنی تصاویر متحرک)، یا نسخه وب آن به نام MAGE استفاده شود که روی همه پایگاه‌های رایانه‌ای^۴ قابل اجراست تا مولکول‌های زیستی را نمایش دهد و حول

محوری بچرخاند. از دیگر برنامه‌های تجسمی مولکولی موجود می‌توان به Jmol^۵، Protein Explorer، Cn^۶ و Jmol اشاره کرد. پویانمایی فرایندهایی را که همراه با تحرک هستند، واضح‌تر توصیف می‌کند (برای نمونه، می‌توان به حرکت پلیمر از روی DNA یا جابه‌جایی ریبوزوم روی mRNA اشاره کرد)؛ یا مثلاً جهت و اندازه نیروی محرکه^۷ شیمیایی یا الکتریکی را با موازنه پتاسیم از غشای پلاسمایی برای تولید پتانسیل استراحت منفی^۸ نشان دهد. در یک گام بالاتر، استیت^۹ از اساتید دانشگاه کلرادو در مقاله‌ای نوشته است که دانشجویان همیشه در فهم مباحث مدل چنگال^۸، فریز فرکچر^۹، سیگنال‌های سلولی^{۱۰} و گسترش پتانسیل استراحت غشایی^{۱۱} با تصاویر ثابت مشکل دارند و لذا پیشنهاد کرده است که برای آموزش این مباحث حتماً از پویانمایی استفاده کنیم.

ارزیابی کاربرد پویانمایی در آموزش

در یک مطالعه، کاربرد پویانمایی در آموزش مفاهیم شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت (Williamson و Abraham، ۱۹۹۵). در این تحقیق دانش‌آموزانی که مباحث مربوطه را فقط از طریق سخنرانی فراگرفته بودند با دانش‌آموزانی که علاوه بر آن پویانمایی مبحث مورد نظر را مشاهده کرده بودند، مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد دانش‌آموزانی که در هر مبحث مربوطه برای آن‌ها پویانمایی ۱ الی ۲ دقیقه نمایش داده شده بود، نمره‌های بسیار بالاتری دریافت گرفته‌اند. علاوه بر آن رضایت دانش‌آموزان در کلاس‌هایی که پویانمایی پخش می‌شود، بیشتر بود.

در پژوهشی دیگر که روی ۳۹۳ دانشجوی دانشگاه تورنتو کانادا صورت گرفت (O'Day، ۲۰۰۷)، مشخص شد که پویانمایی در مقایسه

چند وبگاه پویانمایی در حوزه زیست شناسی

نام وبگاه	آدرس	توضیحات
Sumanas Inc	http://www.sumanasinc.com/webcontent/animation.html	وبگاه مناسبی در مباحث مختلف زیست‌شناسی و نیز شیمی، محیط زیست و نجوم است. برخی از پویانمایی‌ها به زبان انگلیسی روایت می‌شوند.
Cell alive	http://www.cellsalive.com/	پویانمایی‌های این وبگاه به صورت بسیار ساده ارائه شده‌اند.
Cell Biology Animation	http://johnkyrk.com/	وبگاه بسیار خوبی است و به چند زبان (ترکی، انگلیسی، فرانسه، اسپانیایی، آلمانی، پرتغالی) قابل تنظیم است.
DNA learning Center	http://www.dnalc.org/resources/animations/ http://dnalc.org/resources/3d/	این وبگاه‌ها در سطح پیشرفته و ترجیحاً دانشگاهی قابل استفاده‌اند.
Department of Biology Science	http://telstar.ote.cmu.edu/biology/animation/	این وبگاه در سطح پیشرفته قابل استفاده است.
Virtual Cell Animation Collection, Molecular and Cell Biology Learning Center	http://vcell.ndsu.edu/animations/	این وبگاه در سطح دانشجویان لیسانس و یا فارغ‌التحصیل طراحی شده و دارای راوی به زبان انگلیسی است و برای دسترسی باید ابتدا ثبت نام کرد که کاملاً رایگان است.

برخی از آموزگاران ورود به پویانمایی چندان خوشایند نباشد، اما این حقیقتی از زندگی علمی^{۱۵} است که باید به عنوان توسعه واحد درسی و دوره تحصیلی مورد ملاحظه قرار گیرد.

پی‌نوشت

1. Video microscopy
2. Symbols
3. Rotate
4. Computer Platforms
5. Driving Force
6. Negative resting Potential
7. Stith
8. Clutch Model
9. Freez-Fracture
10. Cell Signaling
11. The Development of the Resting Membrane Potential
12. Marinelli
13. Pausch
14. Video Gaming
15. Academic Life

منابع

1. Stith BJ. Use of Animation in Teaching Cell Biology. Cell Biology Education. 2004; 3: 181–188.
2. O'Day DH. The Value of Animations in Biology Teaching: A Study of Long-Term Memory Retention. CBE—Life Sciences Education. 2007; 6: 217–223.
3. McClean P, Johnson C, Rogers R, Daniels L, Reber J, Slator BM. Molecular and Cellular Biology Animations: Development and Impact on Student Learning. 2005; 4: 169–179.

با تصاویر ثابت باعث تأثیرگذاری بیشتری جهت افزایش ماندگاری مطالب در حافظه درازمدت می‌شود و علاوه بر آن، نظرسنجی از این دانشجویان نشان داد که آن‌ها استفاده از پویانمایی را نسبت به صرفاً خواندن متن کتاب ترجیح می‌دهند و بیان کردند که بعد از مشاهده پویانمایی، مطالعه متن کتاب بسیار آسان‌تر و قابل فهم‌تر می‌شود.

آمارهای جهانی نشان می‌دهند که در دوره‌های تحصیلی، اگر دانش‌آموزان مطالب گفته شده در کلاس را مرور نکنند، حدوداً ۲۵ درصد از مطالب تدریس شده را تا یک هفته در ذهن خود به خاطر می‌سپارند و حدود ۲۱ درصد از مطالب را تا ۲ الی ۴ هفته به یاد خواهند آورد. اما در این پژوهش که روی ۳۹۳ دانشجو انجام شد، معلوم شد که میزان به‌خاطر سپردن مطالب در همه حالت‌ها بسیار بیشتر از این میزان بوده است.

بررسی‌ها نشان داده است که بیشتر دانش‌آموزان زمان زیادی را برای بازی‌های رایانه‌ای یا بازی‌های آنلاین (اینترنتی) صرف می‌کنند و درس خواندن را به تأخیر می‌اندازند. لذا مارنلی^{۱۲} و پاچ^{۱۳} (۲۰۰۴) پیشنهاد کردند که توسعه قدرت بازی‌های ویدیویی^{۱۴} نیز در راستای آموزش و پرورش باعث انقلابی در تعلیم و تربیت می‌شود. بازی‌های ویدیویی می‌توانند روش‌های کلی حل مشکلات را آموزش دهند و به این طریق دانش‌آموزان را در تلاش برای یافتن سلسله مراتب اقدامات یاری دهند تا بر مجموعه‌ای از موانع فائق آیند و مشکلات جانبی را در عمل حل کنند.

زیست‌شناسی موضوعی بصری است که معمولاً اتفاقاتی پیچیده و پی‌درپی را در برمی‌گیرد. پویانمایی روشی برای ارتباط شفاف و مؤثر با این اتفاقات پیچیده پی‌درپی را میسر می‌کند. گرچه شاید برای

بررسی اثرهای ضد جهش‌زایی و ضد سرطان‌زایی عصاره‌ی چای سبز، روی اثرهای جهش‌زایی و سرطان‌زایی تنباکوی طبیعی و میوه‌ای، با استفاده از آزمون ایمز و باکتری سالمونلاتیفی مور یوم TA۱۰۰

لادن خدابنده

دبیر زیست‌شناسی ابهر

l.khodabandeh2@gmail.com

یافته‌ها

براساس نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها، همه تنباکوه‌های مورد آزمایش با حدود اطمینان ۹۵ درصد سرطان‌زا بودند و تنباکو با اسانس آلبالو بیش‌ترین میزان سرطان‌زایی را - بعد از شاهد مثبت- و تنباکو با اسانس نعناع و تنباکوی طبیعی - بعد از شاهد منفی- کم‌ترین میزان سرطان‌زایی را داشتند. همچنین ثابت شد چای سبز خاصیت جهش‌زایی و سرطان‌زایی القا شده با انواع تنباکو را به میزان ۶۰-۴۵ درصد کاهش می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

با انجام این تحقیق، ثابت گردید که برخلاف تصور عامه، کشیدن تنباکو از طریق آب، مواد شیمیایی سرطان‌زای آن

• براساس نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها، همه تنباکوه‌های مورد آزمایش با حدود اطمینان ۹۵ درصد سرطان‌زا بودند و تنباکو با اسانس آلبالو بیش‌ترین میزان سرطان‌زایی را - بعد از شاهد مثبت- و تنباکو با اسانس نعناع و تنباکوی طبیعی - بعد از شاهد منفی- کم‌ترین میزان سرطان‌زایی را داشتند

را تصفیه نمی‌کند و تنباکوی میوه‌ای خاصیت جهش‌زایی و سرطان‌زایی بیشتری نسبت به تنباکوی طبیعی دارد. بنابراین از لحاظ سلامت جامعه و بالابردن سطح اطلاعات عموم مسئله جدید بوده و جنبه نوآوری دارد.

چکیده

نظر به اینکه علت اصلی گسترش و شیوع جهانی مصرف تنباکو از سال ۱۹۹۰ با تولید تنباکوی میوه‌ای (اسانس دار) بوده، و امروزه به علت بوی مطبوع اسانس که نسبت به بوی تنباکوی طبیعی بیشتر مورد توجه است، این نوع تنباکو بسیار رایج شده است، باید با مستندات علمی مضرات استفاده از این مواد بررسی شود.

کلیدواژه‌ها: آزمون ایمز، تنباکوی طبیعی و میوه‌ای، عصاره‌ی چای سبز.

روش اجرا

روش کار در این پژوهش، بهره‌گیری از آزمون ایمز با استفاده از سویه‌ی سالمونلاتیفی مور یوم TA۱۰۰ است که مستقیماً از پرفسور ایمز دریافت شده است. در مرحله‌ی اول سویه از نظر خلوص خاصیت جهش مورد تأیید قرار گرفت. سپس انواع تنباکو به‌طور جداگانه به محیط کشت گلوکز آگار حداقل حاوی محیط کشت تازه‌ی شبانه‌ی TA۱۰۰ اضافه و متعاقباً با نمونه‌های شاهد مثبت (شامل باکتری جهش‌یافته و آزید سدیم) و شاهد منفی (شامل باکتری جهش‌یافته و آب مقطر استریل) سنجیده شدند. در مرحله‌ی بعد به محیط آگار حداقل به همراه یکی از انواع تنباکو به‌طور جداگانه، میکروزوم کبد موش که در شرایط استریل تهیه شده بود افزوده و کلنی‌های برگشتی در حضور میکروزوم کبد موش (S_p) شمارش شد. آزمون تعیین توان ضد جهشی و ضد سرطان‌زایی چای سبز نیز به روش ایمز انجام گرفت. هر آزمون سه بار به‌طور هم زمان انجام شد و درصد بازدارندگی طبق فرمول اونگ، $100 \times (1 - \frac{T}{M})$ به دست آمد.



با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های رشد توسط دفتر انتشارات و تکنولوژی آموزشی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، وابسته به وزارت آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شود.

مجله‌های دانش‌آموزی

(به صورت ماهنامه و هشت شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

- رشد کودک** (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه اول دوره آموزش ابتدایی)
- رشد نوجوان** (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره آموزش ابتدایی)
- رشد دانش‌آموز** (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم، پنجم و ششم دوره آموزش ابتدایی)
- رشد نوجوان** (برای دانش‌آموزان دوره آموزش متوسطه اول)
- رشد جوان** (برای دانش‌آموزان دوره آموزش متوسطه دوم)

مجله‌های بزرگسال عمومی

(به صورت ماهنامه و هشت شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

- ♦ رشد آموزش ابتدایی ♦ رشد آموزش متوسطه ♦ رشد تکنولوژی آموزشی
- ♦ رشد مدرسه فردا ♦ رشد مدیریت مدرسه ♦ رشد معلم

مجله‌های بزرگسال و دانش‌آموزی تخصصی

(به صورت فصل‌نامه و چهار شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

- ♦ رشد برهان آموزش متوسطه اول (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره متوسطه اول)
- ♦ رشد برهان آموزش متوسطه دوم (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره متوسطه دوم)
- ♦ رشد آموزش قرآن ♦ رشد آموزش معارف اسلامی ♦ رشد آموزش زبان و ادب فارسی ♦ رشد آموزش هنر ♦ رشد آموزش 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 و کار و دانش ♦ رشد آموزش پیش دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و تخصصی، برای معلمان، مدیران، مربیان، مشاوران و کارکنان اجرایی مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شود.

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

♦ تلفن و نمابر: ۰۲۱ - ۸۸۳۰۱۴۷۸

رابطه بین شوری خاک و پراکندگی گیاهان

آریتا میر محمدعلی

کارشناس ارشد سیستماتیک گیاهی
دبیر زیست‌شناسی تهران

چکیده

وجود هزاران هکتار اراضی شور در کشور و توسعه روزافزون آن، بررسی راهکارهای مهار و احیای این اراضی را در توسعه پایدار ضروری نموده است، لذا گام نخست برای مقابله با این معضل شناسایی عرصه اراضی شور فعلی می‌باشد که از جمله این نواحی دریاچه نمک کاشان است. طی مطالعات فلورستیک انجام یافته از ناحیه، ۵۰ گونه گیاهی جمع آوری و شناسائی گردید، بیشترین درصد گونه‌ها به تیره *Chenopodiaceae* تعلق دارد، فرم بیولوژیکی غالب منطقه به تروفیت‌ها اختصاص دارد و پس از آن همی کریپتوفیت‌ها قرار دارند که بیانگر اقلیم خشک و استپی ناحیه است، پراکنش ۲۳ گونه گیاهی با فراوانی (۴۶/۸ درصد) به ناحیه رویشی ایران - تورانی منحصر می‌گردد و مقاوم‌ترین گیاه چند ساله هالوفیت نسبت به شوری *Halocnemum strobilaceum* می‌باشد. جهت تعیین صفات خاک، اعم از بافت خاک، pH EC، آنیون‌ها و کاتیون‌ها، پروفیل‌هایی در لایه‌های مختلف گیاهی حفر گردید، ضمن نمونه‌برداری خاک عملیات آنالیز آن انجام شد. نتایج نشان داد که خاک منطقه در طبقه خاک‌های شور و قلیایی قرار دارد، از سطح به عمق خاک بافت آن سنگین تر شده، میزان آهک افزایش یافته ولی از شوری خاک کاسته می‌شود و مهم‌ترین عوامل در تفکیک گونه‌های مختلف گیاهی میزان شوری و بافت خاک است.

کلیدواژه‌ها: پوشش گیاهی، شوری خاک، هالوفیت‌ها.

سرطان سینه و گزیده نکات تأثیر سیلیبین بر آن



نرگس محمودی

چکیده

در جهان شایع‌ترین سرطان زنان بعد از سرطان پوست، سرطان سینه است که ۱۶ درصد از سرطان‌های زنان را شامل می‌شود و میزان مرگ و میر ناشی از آن ۲۵ درصد بیشتر از سرطان ریه در زنان است. بررسی‌ها نشان داده‌اند که داروهای ضدسرطان همیشه از کارایی لازم برخوردار نیستند و بیماران، در مواردی، به برخی از داروها مقاومت نشان می‌دهند. بنابراین به نظر می‌رسد هیچ درمان واحدی برای تمامی بیماران مؤثر نخواهد بود. پلی فنول طبیعی به علت کارایی بالا و اثرات جانبی کم یکی از مؤثرترین ترکیبات مهارکننده سرطان شناسایی شده است. در دهه اخیر سیلیبین به‌خاطر فعالیت چندگانه مؤثرش مورد توجه قرار گرفته است. لذا در اینجا نگاهی اجمالی خواهیم داشت بر سرطان سینه و برخی از آثار سیلیبین بر این نوع سرطان.

در این مقاله به انواع سرطان سینه و فاکتورهای دخیل بر آن اشاره می‌کنیم و به معرفی گیاه خارمریم و ماده مؤثره آن، یعنی سیلیبین، می‌پردازیم و تأثیر سیلیبین را بر تکثیر و چرخه سلولی، و نیز بر بیان ژن‌های (ERBB2) EGFR ، COX2 ، MMP-9 ، ESRI ، HER2 ، VEGF ، و تأثیر سینرژستیک آن اشاره می‌کنیم و در پایان به مقایسه سیلیبین و سیلیبین فسفاتیدیل-کولین می‌پردازیم.

احتمال می‌رود بتوان در آینده نزدیک از ترکیباتی مانند سیلیبین و به‌ویژه سیلیبین فسفاتیدیل‌کولین در یک مقطع زمانی خاص و یا به همراه برخی از داروهای ضدسرطان استفاده کرد که می‌تواند اثرات جانبی کمتری برای بیماران به همراه داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: سرطان سینه، سیلیبین، ضدسرطان، تکنولوژی فیتوزوم، بیان ژن.

برگ اشتراک مجله‌های رشد

نحوه اشتراک:

شما می‌توانید پس از واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت، شعبه سه‌راه آزمایش کد ۳۹۵، در وجه شرکت افست از دو روش زیر، مشترک مجله شوید:

۱. مراجعه به وبگاه مجلات رشد به نشانی: www.roshdmag.ir و تکمیل برگه اشتراک به همراه ثبت مشخصات فیش واریزی.
۲. ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شده اشتراک با پست سفارشی (کپی فیش را نزد خود نگه‌دارید).

♦ نام مجلات درخواستی:

♦ نام و نام خانوادگی:

♦ تاریخ تولد: ♦ میزان تحصیلات:

♦ تلفن:

♦ نشانی کامل پستی:

استان: شهرستان: خیابان:

شماره فیش بانکی: مبلغ پرداختی:

پلاک: شماره پستی:

♦ اگر قبلاً مشترک مجله بوده‌اید، شماره اشتراک خود را بنویسید:

امضا:

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

♦ وبگاه مجلات رشد: www.roshdmag.ir

♦ اشتراک مجله: ۰۲۱-۷۷۳۳۶۶۵۶/۷۷۳۳۵۱۱۰/۷۷۳۳۹۷۱۳-۱۴

♦ هزینه اشتراک یکساله مجلات عمومی (هشت شماره): ۳۰۰/۰۰۰ ریال
♦ هزینه اشتراک یکساله مجلات تخصصی (چهار شماره): ۲۰۰/۰۰۰ ریال