



## درک سلولی و مولکولی دانش‌آموزان، مهارت‌آموزان و دانشجو معلمان رشته آموزش زیست‌شناسی از پدیده‌های ژنتیکی: یک مطالعه مقطعی

فیروزه علویان<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۵/۱۱

از صفحه ۱۵ تا ۲۷

### چکیده

مفاهیم ژنتیکی به سه سطح اصلی ماکروسکوپی، میکروسکوپی و زیر میکروسکوپی اختصاص داده می‌شوند. به منظور بررسی درک دانش‌آموزان سال دوازدهم رشته تجربی، مهارت‌آموزان فارغ‌التحصیل زیست‌شناسی و دانشجو معلمان رشته زیست‌شناسی مشغول به تحصیل در نیمسال هفتم در پیوند دادن ایده‌ها و مفاهیم این ۳ سطح، سوالات مختلفی از مخاطبان مطرح شد. نتایج این تحقیق مقطعی - تحلیلی نشان داد که دانش‌آموزان و برخی از دانشجو معلمان در درک سطوح میکروسکوپی و زیر میکروسکوپی ژنتیک چندان توانا نیستند. مهارت‌آموزان نسبت به دو گروه دیگر درک سلولی و مولکولی بهتری از وقایع ژنتیکی داشتند. دشواری درک دانش‌آموزان و دانشجو معلمان در پیوند مفاهیم این است که مفاهیم و فرایندهای ژنتیکی به سطوح مختلف سازمان تعلق دارند و این افراد نتوانسته‌اند ارتباط بین سطوح را تحلیل کنند. بر اساس یافته‌های پژوهش، در نظر گرفتن اصلاحاتی هم در روش‌های تدریس و هم در محتوای برنامه درسی ضروری است.

**کلمات کلیدی:** ژنتیک، دانش‌آموزان، مهارت‌آموزان، دانشجو معلمان، زیست‌شناسی.

\*۱. دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. falavian@cfu.ac.ir

## مقدمه

محققان و دبیران آموزش زیست‌شناسی مدت‌هاست در مورد این سؤال که چه زمانی و چگونه باید ژنتیک آموزش داده شود بحث کرده‌اند. برخی استدلال می‌کنند که به دلیل اهمیت علمی و اجتماعی، این موضوع باید قبل از ۱۶ سالگی در مطالعات زیست‌شناسی گنجانده شود (انگل کلاف و وود رابینسون، ۱۹۸۵؛ ددمن و کلی ۱۹۷۸). برخی دیگر استدلال می‌کنند که هیچ راه مناسبی برای آموزش ژنتیک قبل از ۱۶ سالگی وجود ندارد، زیرا سطح شناختی دانش‌آموزان به اندازه کافی رشد نکرده است (شایر، ۱۹۷۴). برخی مطالعات نشان می‌دهند که دانش‌آموزان کلاس یازدهم و دوازدهم (۱۷ سال یا بیشتر) در یادگیری ژنتیک مشکل دارند (کلی و مونگر، ۱۹۷۴؛ لانگدن، ۱۹۸۲؛ هالدرن، ۱۹۸۸). محققان دیگر نشان داده‌اند که حتی برخی دانشجویان رشته دبیری زیست‌شناسی نیز در درک مفاهیم و فرایندهای ژنتیکی مشکل دارند (بانث و آیوسو، ۲۰۰۰). باهار و همکاران (۱۹۹۹) از آزمون تداعی کلمه برای ترسیم ساختار شناختی حوزه‌های ژنتیک مقدماتی در دانشجویان رشته دبیری سال اول استفاده کردند. آن‌ها دریافتند که «دانشجویان همه کلمات کلیدی ژنتیک مرتبط باهم را درک نمی‌کنند» (باهار، جانستون و ساتکلیف، ۱۹۹۹). یکی از دلایل دشواری درک دانش‌آموزان و دانشجویان در پیوند مفاهیم این است که مفاهیم و فرایندهای ژنتیکی به سطوح مختلف سازمان تعلق دارند. در مطالعات آموزش علوم، محققان خاطر نشان کرده‌اند که وقتی مفاهیم و فرایندهای یک موضوع به طور هم‌زمان به چندین سطح از سازمان تعلق داشته باشد، فراگیران هنگام یادگیری موضوع با مشکلات قابل توجهی مواجه می‌شوند (پاوولا و هاکاراینن، ۲۰۰۵). به‌عنوان مثال، کاپتین (۱۹۹۰) موضوع متابولیسم گیاهی را به‌منظور بررسی اینکه آیا دیدگاه کلان / خرد می‌تواند به‌عنوان ابزار مفیدی در تحقیق و آموزش عمل کند، انتخاب کرد. او بین سه سطح سازمانی زیر تمایز قائل شد:

- ۱- سطح کلان یا ماکروسکوپی (جاندار): زمانی که دانش‌آموزان با پدیده‌های ماکروسکوپی در سطح موجود زنده مواجه می‌شوند، می‌توانند تجربه یادگیری مفید و طولانی مدتی را به دست آورند.
- ۲- سطح میکروسکوپی (سلولی): در این سطح هیچ تجربه مستقیمی از طریق لمس اجسام امکان‌پذیر نیست. میکروسکوپی بین جسم و ناظر قرار می‌گیرد که حتی مشاهدات بصری را به میزان قابل توجهی محدود می‌کند.
- ۳- سطح مولکولی یا زیر میکروسکوپی (بیوشیمیایی): کاپتین تأکید می‌کند که ساختارهای بیوشیمیایی به‌هیچ‌وجه به‌طور مستقیم در موجودات زنده قابل مشاهده نیستند. در زیست‌شناسی،



مخاطبان فقط نگاه اجمالی به مولکول‌های آلی دارند. در واقع، اکثر «اشیاء» مولکولی را نمی‌توان حتی به‌طور غیرمستقیم مشاهده کرد و باید تصور شوند.

محققانی که با درک مفاهیم مربوط به سطوح مختلف سازمان سروکار دارند، عموماً خاطرنشان می‌کنند که درک سطوح خرد (سلولی و مولکولی) دشوارتر از سطح کلان است. منطقی است که فرض کنیم دلیل این امر، حداقل تا حدی، این است که سطوح خرد عموماً به‌صورت تئوری تدریس می‌شوند. فرایندها و اشیا در این سطوح را نمی‌توان لمس کرد یا مستقیماً مشاهده کرد و در بسیاری از موارد نمی‌توان آن‌ها را به‌راحتی مشاهدات در سطح کلان استنتاج کرد. با این وجود، دانش‌آموزان سعی می‌کنند برون‌یابی‌های اشتباهی را انجام دهند و در نتیجه دچار خطا می‌شوند. به‌عنوان مثال، دانش‌آموزانی که از سطح کلان به سطح سلولی وارد می‌شوند، تمایل دارند فکر کنند که عملکرد هسته در سلول مانند عملکرد مغز در بدن است (کاپتین، ۱۹۹۰).

بنابراین، دیدگاه کلان/خرد می‌تواند در آموزش زیست‌شناسی مفید باشد و اگر بخواهیم دانش‌آموزان پدیده‌های ژنتیکی را یاد بگیرند، استدلال و درک کنند، شکل‌گیری مفاهیم در سطح سلولی و بیوشیمیایی مهم است. در کتاب‌های درسی، مفاهیم این سطوح مختلف در فصل‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند و برقراری پل ارتباطی بین آن‌ها موضوعی است که در برنامه درسی اغلب نادیده گرفته می‌شود. بر این اساس، هدف از این تحقیق تأکید بر توجه بیشتر به فعالیت‌های یادگیری که هدفشان یکپارچه‌سازی و نه جداسازی سطوح مختلف یادگیری ژنتیک؛ و مقایسه درک سلولی و مولکولی دانش‌آموزان، مهارت‌آموزان و دانشجو معلمان رشته آموزش زیست‌شناسی از پدیده‌های زیستی است.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه پژوهشی مقطعی - تحلیلی بر روی ۳ جمعیت (در سال تحصیلی ۱۳۹۹-۱۳۹۸) شامل دانش‌آموزان کلاس دوازدهم تجربی، مهارت‌آموزان ماده ۲۸ (فارغ‌التحصیل کارشناسی و کارشناسی ارشد رشته زیست‌شناسی در حال تحصیل برای کسب صلاحیت تدریس زیست‌شناسی در دبیرستان) و دانشجو معلمان آموزش زیست‌شناسی مشغول به تحصیل در نیمسال هفتم، انجام شد. آزمودنی‌ها در یکی از سه گروه زیر قرار گرفتند:

**گروه اول:** ۳۵ دانش‌آموز پایه دوازدهم که به پرسش‌نامه کتبی و مصاحبه شفاهی پاسخ دادند.

**گروه دوم:** ۲۰ مهارت‌آموز که به پرسش‌نامه کتبی پاسخ دادند.

**گروه سوم:** ۲۰ دانشجو معلم که به پرسش‌نامه کتبی پاسخ دادند.

موضوعات و ایده‌های اصلی مربوط به ژنتیک که دانش‌آموزان طی پایه یازدهم و دوازدهم فرامی‌گیرند عبارت‌اند از:

- میتوز

- ماده وراثتی

- ژن‌ها از نوعی ماده شیمیایی به نام DNA تشکیل شده‌اند.
- سازمان‌دهی مواد ژنتیکی (کروموزوم‌ها، ژن‌ها و آلل‌ها) در موجودات یوکاریوت و پروکاریوت.
- صفات ارثی که توسط ژن‌هایی از جنس DNA تعیین می‌شوند.
- DNA بخشی از کروموزوم است.
- فرایندهایی که به جریان اطلاعات بین نسل‌ها (همانندسازی DNA و میوز) و جریان اطلاعات درون نسل (رونویسی و ترجمه) مربوط می‌شود.
- شکل ظاهری یا حالت بروز صفت (فنوتیپ یا رخ‌نمود).
- ژن‌ها و محیط مسئول تنوع بین گونه‌ها هستند.
- نحوه انتقال ژن‌ها از نسلی به نسل دیگر در ارگانسیم‌هایی که تولیدمثل جنسی دارند (ژنتیک مندلی، ژنوتیپ، فنوتیپ و روابط غالب - مغلوبی).
- تولیدمثل جنسی مسئول ایجاد ترکیبات جدیدی از اطلاعات در فرزندان است.
- در تولیدمثل غیر جنسی، فرزندان دارای اطلاعات ژنتیکی مشابه با والدین هستند.
- مواد ژنتیکی می‌توانند توسط عوامل محیطی آسیب ببینند.
- اطلاعاتی در مورد اینکه چگونه جنبه‌های مختلف ژنتیک می‌تواند بر روی زندگی انسان‌ها تأثیر بگذارد (به‌عنوان مثال اصلاح نباتات و حیوانات، روش‌های جدید مهندسی ژنتیک که بر صنعت و اقتصاد تأثیر می‌گذارد، کنترل بیماری‌ها و نقایص وراثتی).
- زیست‌شناسی مولکولی و مهندسی ژنتیک.

## ابزار پژوهش

ابزار پژوهش شامل پرسش‌نامه کتبی از همه گروه‌های آزمایش و مصاحبه فردی از گروه سوم (دانش‌آموزان) بود.

## پرسش‌نامه کتبی

پرسش‌نامه‌ای شامل ۷ سؤال کتبی زیر آماده شد و در اختیار هر سه گروه قرار گرفت:

- ۱- گربه‌ها معمولاً پنج‌انگشت در هر پنجه دارند. گربه ای در هر پنجه شش انگشت دارد. گربه شش انگشتی دو بچه گربه به دنیا آورد که آن‌ها نیز شش انگشتی بودند. چگونه می‌توانید این موضوع را توضیح دهید؟ آیا چیزی از مادر به بچه گربه‌ها منتقل شده است؟ اگر چنین است، آن چیست؟
- ۲- بذر خودفرنگی در باغی کاشته شده است. گیاهانی که از این دانه‌ها رشد کردند گل‌هایی با رنگ‌های مختلف داشتند. آیا بین دانه‌هایی که رنگ‌های مختلف گل را تولید کرده‌اند تفاوت وجود دارد؟
- ۳- ماده‌ای از نوعی باکتری جدا شد که قادر به تولید انسولین است. این ماده به‌نوعی باکتری وارد شد که قادر به تولید انسولین نبود و در نتیجه باکتری دوم شروع به تولید انسولین کرد. باکتری‌هایی



دریافت‌کننده این ماده، به رشد و تولیدمثل ادامه دادند و نسل‌های بعدی به تولید انبوه ادامه دادند. آیا ماده‌ای بوده که به نسل‌های بعد منتقل شده باشد؟

۴- نتیجه تقسیم سلولی باکتری چیست؟ آیا DNA در سلول‌های دختر با DNA که قبل از تقسیم در سلول مادر بوده یکسان است؟

۵- نتیجه تقسیم پوست در یوکاریوت‌های پرسلولی چیست؟ آیا DNA در سلول‌های دختر با DNA که قبل از تقسیم در سلول مادر بوده، یکسان است؟

۶- نتیجه تقسیم سلولی یک سلول زاینده در یوکاریوت‌های پرسلولی چیست؟ آیا DNA در سلول‌های دختر با DNA که قبل از تقسیم در سلول مادر بود یکسان است؟

۷- انواع RNA و وظایف هر یک چیست؟

علاوه بر پرسش‌نامه کتبی، مصاحبه‌های فردی نیز با هدف بررسی بیشتر پاسخ‌های دانش‌آموزان انجام شد.

به منظور اعتبار بخشی به مقوله‌های مورد نظر، نمونه‌ای از پاسخ‌ها به ۳ محقق آموزش علوم غیر مرتبط با این مطالعه و به دبیر زیست‌شناسی مربوطه کلاس یازدهم و دوازدهم داده شد. هر کدام، پاسخ‌ها را تجزیه و تحلیل کردند و آن‌ها را به‌طور مستقل گروه‌بندی کردند.

در تجزیه و تحلیل پاسخ‌های دانش‌آموزان، تعداد پاسخ‌هایی که در هر دسته داده می‌شد، شمارش شد، بنابراین اگر پاسخی به دو یا چند نوع پاسخ اصلی تقسیم می‌شد، دو بار شمارش می‌شد. به همین دلیل، تعداد پاسخ به برخی از سؤالات از تعداد مخاطبانی که به آن سؤال پاسخ داده بودند، بیشتر بود.

## نتایج

هدف از این تحقیق این بود که بدانیم چگونه دانش‌آموزان، مهارت‌آموزان ماده ۲۸ و دانشجوی معلمان، پدیده‌های ژنتیکی میکروسکوپی که در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌های پرسلولی در سطوح سلولی و مولکولی رخ می‌دهد را توضیح می‌دهند. پاسخ‌های دانش‌آموزان در مورد سه جاندار (گره، دانه نخودفرنگی و باکتری) را می‌توان در سه دسته قرارداد که دودسته از آن‌ها در سطح خرد و یکی در سطح کلان هستند.

## سطح خرد

- ۱- سطح زیر میکروسکوپی (مولکولی): در پاسخ‌های دانش‌آموزان از مفاهیمی مانند «مواد ژنتیکی» و «DNA» استفاده شده بود.
- ۲- سطح میکروسکوپی (سلولی): دانش‌آموزان از مفاهیمی مانند «ژن»، «کروموزوم» و «آل» استفاده کردند.

## سطح کلان

۳- سطح ماکروسکوپی: پاسخ‌های دانش‌آموزان توضیحاتی در مورد «فنتوپ» را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل یافته‌ها در میان دانش‌آموزان پایه دوازدهم (جدول ۱) نشان می‌دهد که تقریباً تمام توضیحات سطح میکروسکوپی به جای سطح زیر میکروسکوپی است. مصاحبه‌های فردی با هدف بررسی بیشتر پاسخ‌های دانش‌آموزان انجام شد. دانش‌آموزان اغلب به مفهومی مانند ژن (سطح خرد) اشاره می‌کردند؛ بدون اینکه بتوانند توضیح دهند که یک ژن چیست یا چگونه بر ویژگی‌های فرد تأثیر می‌گذارد. برخی از آن‌ها از ژن به عنوان مترادف صفت استفاده می‌کردند (سطوح خرد و کلان گیج‌کننده). پاسخ‌های دانش‌آموزان نشان می‌دهد که استفاده از اصطلاح مناسب لزوماً نشان‌دهنده درک معنای علمی آن اصطلاح نیست. برای مثال، یکی از دانش‌آموزان مصاحبه‌شده اظهار داشت که «ژن» از مادر به بچه‌گره‌ها منتقل می‌شود، پس از پرسش‌های بیشتر به نظر می‌رسد که او اصطلاح «ژن» را مترادف با واژه «فنتوپ» و صفات ظاهری می‌داند.

جدول ۱- شرح پاسخ‌های دانش‌آموزان پایه دوازدهم مربوط به ۳ جاندار (%)

ماده‌ای که از باکتری جدا شد و اثر آن بر فنتوپ چه بود؟	چه چیزی بر رنگ گل نخود اثر می‌گذارد و اثر آن بر فنتوپ چیست؟	چه چیزی از گربه به بچه‌گربه منتقل می‌شود و اثر آن بر فنتوپ چیست؟	
<b>۱. سطح زیر میکروسکوپی</b>			
۵	۷	۱۹	الف. ماده ژنتیکی
۲۷	۳۵	۵۷	ب. DNA
۶۸	۵۸	۳۴	ج. عدم پاسخ
<b>۲. سطح میکروسکوپی</b>			
۲۳	۵۲	۶۲	الف. ژن
۱۸	۳۵	۳۳	ب. کروموزوم
۱	۱۷	۱۲	ج. آلل
۵۶	۷	۴	د. عدم پاسخ
<b>۳. سطح ماکروسکوپی</b>			
۱۱	۹۴	۱۰۰	الف. خواص یافنتوپ
۳۰	۱۴	-	ب. موارد دیگر
۷۱	۲	-	ج. عدم پاسخ



در ادامه همان گونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، درصد مهارت آموزانی که از توضیحات سطح خرد برای توصیف هر سه جاندار استفاده کردند، بیشتر از دانشجو معلمان بود. مصاحبه های شخصی نیز نشان داد که مهارت آموزان اغلب می توانند به راحتی بین سطوح خرد و کلان تمایز قائل شوند. در حالی که دانشجو معلمان نسبت به مهاران آموزان با تردید برخی پاسخها را ارائه می کردند.

در مرحله بعد، این مسئله مورد بررسی قرار گرفت که مخاطبان چگونه تفاوتها و شباهت های انواع مختلف تقسیم سلولی را بین پروکاریوتها و یوکاریوت های چندسلولی درک می کنند. جدول ۳ درصد دانش آموزانی که به سوالات مربوط به تقسیم سلولی در باکتری ها به درستی پاسخ داده اند را نشان می دهد که درصد پاسخ صحیح بیشتر از درصدی است که به سوالات مربوط به سلول های زایا داده شده بود.

جدول ۲- شرح پاسخ های مربوط به ۳ جاندار (%)

ماده ای که از باکتری جدا شد و اثر آن بر فنوتیپ چه بود؟		چه چیزی بر رنگ گل نخود اثر می گذارد و اثر آن بر فنوتیپ چیست؟		چه چیزی از گربه به بچه گربه منتقل می شود و اثر آن بر فنوتیپ چیست؟		
ماده ۲۸	دانشجو معلمان	ماده ۲۸	دانشجو معلمان	ماده ۲۸	دانشجو معلمان	
<b>۱. سطح زیر میکروسکوپی</b>						
۵۶	۳۱	۴۸	۳۵	۴۲	۳۹	الف. ماده ژنتیکی
۴۴	۶۹	۵۲	۶۷	۵۸	۷۸	ب. DNA
<b>۲. سطح میکروسکوپی</b>						
۶۰	۸۸	۴۰	۸۸	۴۳	۸۸	الف. ژن
۳۱	۱۰	۳۸	۱۰	۳۴	۱۰	ب. کروموزوم
۹	۲	۲۲	۲	۲۳	۲	ج. آلل
<b>۳. سطح ماکروسکوپی</b>						
۶۵	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	الف. خواص یا فنوتیپ
۲۵	۱۰	-	-	۱۰	-	ب. موارد دیگر
۱۰	-	-	-	-	-	ج. عدم پاسخ

در همه گروه‌ها توضیحات مربوط به سه سؤال (در مورد باکتری، سلول‌های پوست یا سلول‌های زایا) عمدتاً دو نوع بود: DNA در سلول‌های دختر با DNA موجود در سلول مادر یکسان است زیرا DNA (سلول) تکثیر می‌شود، یا DNA در سلول‌های دختر با DNA موجود در سلول مادر یکسان نیست، زیرا DNA تقسیم می‌شود و هر سلول کروموزوم متفاوت یا DNA متفاوتی خواهد داشت.

در مصاحبه‌ها وقتی از دانش‌آموزان خواسته شد تا پاسخ‌های خود را بسط دهند، از مفاهیمی مانند میوز و میتوز استفاده کردند که نشان می‌دهد دانش‌آموزان در مورد این مفاهیم سردرگم شده‌اند. به‌عنوان مثال، دانش‌آموزی گفت: «DNA به‌طور مساوی تکثیر و تقسیم می‌شود، بنابراین رشته‌ها یکسان هستند».

جدول ۳- توزیع پاسخ‌ها (%) در مورد نتایج تقسیم سلولی برحسب DNA در سلول‌های دختر در سه نوع سلول

پاسخ‌ها	دانش‌آموزان پایه دوازدهم	مهارت‌آموزان ماده ۲۸	دانشجو معلمان
<b>باکتری</b>			
همانند با DNA مادری	۸۵	۱۰۰	۱۰۰
متفاوت از DNA مادری	۶	-	-
پاسخ‌های دیگر	۷	-	-
د. عدم پاسخ	۲	-	-
<b>سلول پوست</b>			
همانند با DNA مادری	۷۱	۹۵	۸۵
متفاوت از DNA مادری	۲۰	۵	۱۵
پاسخ‌های دیگر	۳	-	-
د. عدم پاسخ	۶	-	-
<b>سلول‌های جنسی</b>			
همانند با DNA مادری	۵۱	-	۲۰
متفاوت از DNA مادری	۳۵	۹۵	۸۰
پاسخ‌های دیگر	-	-	-
د. عدم پاسخ	۱۵	۵	-





در نهایت، این مسئله مورد بررسی قرار گرفت که آیا دانش‌آموزان، مهارت‌آموزان و دانشجومعلمیان می‌توانند عملکرد RNA را استدلال کنند (توانایی ارجاع به فرایندهای سطح خرد رونویسی و ترجمه). هدف این بود که بدانیم چگونه مخاطبان فرایندها را در سطح خرد توضیح می‌دهند. برای این منظور از آن‌ها خواسته شد به این سؤال پاسخ دهند که «وظایف RNA چیست؟» در کلاس دوازدهم، درصد زیادی از دانش‌آموزان در پاسخ‌های خود به t-RNA و m-RNA و عملکرد آن‌ها اشاره کردند. همچنین، تمامی مهارت‌آموزان و دانشجومعلمیان در پاسخ‌های خود به هر سه نوع RNA و وظایف آن‌ها اشاره کردند. جدول ۴ توضیحات ارائه‌شده توسط مخاطبان در مورد عملکرد هر نوع RNA را نشان می‌دهد.

جدول ۴- توزیع پاسخ‌ها (%) در مورد عملکرد RNA

پاسخ‌ها	پایه ۱۲	ماده ۲۸	دانشجومعلم
<b>mRNA</b>			
رونویسی	۸۶	۱۰۰	۱۰۰
انتقال اطلاعات از DNA	۸۸	۱۰۰	۱۰۰
ترجمه	۸۰	۱۰۰	۱۰۰
<b>tRNA</b>			
ارتباط بین mRNA و اسید آمینه	۸۹	۱۰۰	۱۰۰
اتصال به اسید آمینه	۸۳	۱۰۰	۱۰۰
ترجمه	۹۲	۱۰۰	۱۰۰
<b>rRNA</b>			
متصل به ریبوزوم	۷۷	۱۰۰	۱۰۰
موارد دیگر	۲۳	۱۰۰	۱۰۰

## بحث

در این تحقیق، چگونگی درک دانش‌آموزان، مهارت‌آموزان و دانشجومعلمیان رشته آموزش زیست‌شناسی از هر سطح از سازمان (سطوح کلان، سلولی و مولکولی) تحلیل شد و توانایی آن‌ها را

برای ارتباط بین این سطوح مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل یافته‌های مربوط به سؤالات گریه، دانه نخودفرنگی و باکتری نشان می‌دهد که برای اکثر دانش‌آموزان کلاس دوازدهم توضیح پدیده‌های ژنتیکی در سطح کلان با استفاده از توضیحات در سطوح خرد (سلولی و مولکولی) دشوار است. همچنین، اکثر دانش‌آموزان کلاس دوازدهم به سؤالات مربوط به باکتری‌ها پاسخ ندادند، یا پاسخ‌های نامربوط دادند که ممکن است به این دلیل باشد که این دانش‌آموزان به ندرت در معرض موضوعاتی مانند تحول ژنتیکی یا مهندسی ژنتیک قرار می‌گیرند. علاوه بر این، ژنتیک میکروارگانیسم‌ها به ندرت در برنامه درسی گنجانده شده است. به نظر می‌رسد برای این دانش‌آموزان بسیار دشوار است که با موجوداتی مانند باکتری‌ها و حتی گیاهان ارتباط برقرار کنند، زیرا ساختار آن‌ها به انسان نزدیک نیست. در مقابل، اکثریت به سؤال در مورد گریه پاسخ دادند، البته نه با توضیحات در سطح خرد. اگرچه بسیاری از دانش‌آموزان از مفاهیم و اصطلاحات سطح خرد استفاده می‌کردند که ظاهراً در نتیجه به‌خاطر سپردن تعاریف بود، مانند «ژن/DNA مسئول تولید یک صفت است» یا «ژن/DNA برای یک صفت، کدگذاری شده است»؛ اما آن‌ها قادر به توضیح مکانیسم‌ها نبودند. علاوه بر این، بیشتر دانش‌آموزان پایه ۱۲ قادر به توضیح عملکرد انواع RNA بودند که نشان‌دهنده درک مفهومی آن‌ها از فرایندهای رونویسی و ترجمه است؛ بنابراین، علی‌رغم این واقعیت که دانش‌آموزان کلاس ۱۲ در سطح خرد مشکل داشتند، اکثراً می‌توانستند ارتباط بین این سطوح را درک کنند. یکی از دلایل مشکلات پیش‌آمده، هم در درک سطح خرد و هم در ارتباط بین سطوح، این است که گاهی اوقات یک سطح (به‌عنوان مثال، سطح کلان) به یک رشته (مثلاً زیست‌شناسی) تعلق دارد و سطح دیگر (مثلاً، سطح مولکولی) به رشته‌های دیگر (به‌عنوان مثال، شیمی). این موضوع در مبحث ژنتیک نیز صادق است؛ جایی که در سطح کلان با پدیده‌های بیولوژیکی قابل‌مشاهده (فنونتیپ) سروکار داریم، در سطح خرد با توضیحات بیوشیمیایی (DNA و سنتز پروتئین) سروکار داریم. برخی از محققان فکر می‌کنند یکی از دلایل دشواری ژنتیک، هم برای آموزش و هم برای یادگیری، این است که چندین سطح سازمان باید یکپارچه شوند تا فرایندهای نهفته در پدیده‌های ژنتیکی را درک کنند و تصویر کلی ژنتیک و وراثت درک شود (ستینا و سکول، ۲۰۱۴).

نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر محققان همخوانی دارد؛ به‌طوری‌که هالدن (۱۹۸۸) در پژوهش خود با دانش‌آموزان ۱۷ ساله در مورد تکامل و ژنتیک مصاحبه کرد. پس از تدریس در مورد این موضوعات (۳۰ درس)، دانش‌آموزان به گروه‌های بحث تقسیم شدند و وظیفه توصیف نحوه وراثت، ویژگی‌های گونه‌ها و چگونگی تغییر آن‌ها در طول زمان به آن‌ها محول شد. دانش‌آموزان با شگفتی متوجه شدند که حتی با وجود مطالعه این موضوع، قادر به ایجاد ارتباط منطقی بین کروموزوم‌ها و ژن‌ها یا بین ژنتیک مندلی و میوز نیستند. هالدن خاطر نشان می‌کند که معلمان باید دقت کنند که ژنتیک موضوعی پیچیده با مفاهیم مرتبط زیادی است. هنگامی که ژنتیک در سطح کلان آموزش داده می‌شود، دانش‌آموزان قادر به درک آنچه به آن‌ها آموزش داده شده هستند؛ اما وقتی به سطح مولکولی می‌رسند، اغلب در درک ارتباط بین «مواد ژنتیکی» و «ویژگی‌های ژنتیکی» شکست



می‌خورند و مفاهیم جدید (در سطح خرد) کلماتی بی‌معنی به نظر می‌رسند (هالدن، ۱۹۹۸). نتایج مربوط به دو جمعیت دیگر مورد مطالعه بیانگر این موضوع است که تقریباً همه مهارت‌آموزان و دانشجو معلمان (خصوصاً مهارت‌آموزان) با استفاده از توضیحات در سطح خرد، موفق به تبیین پدیده‌های ژنتیکی هستند.

نتایج مربوط به تقسیم سلولی برحسب DNA در سلول‌های دختر بیانگر این مطلب است که اکثر شرکت‌کنندگان در این تحقیق درک صحیحی از توزیع ماده وراثتی بین نسل‌ها در تقسیم غیرجنسی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌های پرسلولی دارند، اما در مورد تولیدمثل جنسی، درصد زیادی از دانش‌آموزان در درک این موضوع مشکل داشتند. در واقع، درک تقسیم سلولی در باکتری‌ها و سلول‌های غیرجنسی برای دانش‌آموزان آسان‌تر از سلول‌های زاینده است. از بین مهارت‌آموزان و دانشجو معلمان، برداشت منطقی از توزیع DNA در میان مهارت‌آموزان بهتر از دانشجو معلمان بود که این موضع بیانگر ضعف نسبی دانشجو معلمان در مباحث ژنتیک است. این یافته‌ها ممکن است نشان دهد که تقسیم سلولی سلول زایا در مورد یوکاریوت‌های چندسلولی موضوعی پیچیده‌تر از تقسیم سلول‌های پروکاریوتی برای مخاطبان است. در واقع، سیستم ژنتیکی پروکاریوت‌ها یک کروموزوم منفرد است که تکثیر می‌شود و سپس به دو قسمت یکسان تقسیم می‌شود که منجر به تشکیل «سلول‌های دختر» با DNA یکسان است. این نوع تقسیم به مراتب ساده‌تر از سیستم ژنتیکی یوکاریوت‌های چندسلولی (با جفت کروموزوم‌هایی که دو بار و طی دو تقسیم سلولی میوز تقسیم می‌شوند که نتیجه آن تشکیل «سلول‌های دختر» یا گامت‌ها، با DNA متفاوت از «سلول مادر») است. در تحقیقات قبلی انجام‌شده توسط سایر محققان نیز اکثر دانش‌آموزان تصور می‌کردند که در یک جفت کروموزوم همولوگ، توالی یکسانی از اطلاعات DNA وجود دارد (هاسکل - ایتا و یاردل، ۲۰۱۸).

نظر برخی محققان این است که به‌منظور ایجاد انگیزه و افزایش آگاهی از نقش ژنتیک در زندگی، بایستی مخاطبان ابتدا در سطح کلان در معرض پدیده‌های مختلف موجود در موجودات یا موجودات عالی نزدیک به انسان قرار گیرند. سپس، هنگام برخورد با سطوح خرد یا زمانی که سعی می‌کنند سطح کلان (فنتوتیپ) را با سطوح خرد (ژن یا DNA) پیوند دهند، بهتر است با موجودات پست‌تر (مانند باکتری‌ها) سروکار داشته باشند (پریتا، ۲۰۲۱؛ ساباتلو، ۲۰۱۸). همان‌طور که زمانی که دانشمندان شروع به بررسی ژنتیک در سطح خرد کردند (کشف ساختار و عملکرد DNA یا RNA)، به سراغ موجودات پست‌تری مانند باکتری‌ها رفتند که سیستم ژنتیکی آن‌ها نسبتاً ساده است؛ بنابراین، این موضوع مهم است که به دانش‌آموزان کمک کنیم وقتی به سیستم ساده‌تری (در موجودات پست‌تر) روی می‌آورند، بفهمند که فرایندها و مفاهیم اولیه مشابه سیستم‌های پیچیده‌تر (موجودات عالی‌تر) است. پرداختن به تفاوت‌ها و شباهت‌های میان سیستم ژنتیکی باکتری‌ها و سیستم ژنتیکی موجودات عالی باید به دانش‌آموزان کمک کند تا بفهمند چرا برخلاف تقسیم سلول زایا، تقسیم سلول باکتری به ایجاد سلول‌های یکسان منجر می‌شود.

## منابع

- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Sutcliffe, R. G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 141-134 :(3)33
- Banet, E., & Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 351-313 :(3)84
- Cetina, K. K., & Cicourel, A. V. (2014). *Advances in Social Theory and Methodology (RLE Social Theory): Toward an Integration of Micro-and Macro-Sociologies*: Routledge.
- Deadman, J. A., & Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 15-7 :(1)12
- Engel Clough, E., & Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 130-125 :(2)19
- Halldén, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 552-541 :(5)10
- Haskel-Ittah, M., & Yarden, A. (2018). Students' conception of genetic phenomena and its effect on their ability to understand the underlying mechanism. *CBE—Life Sciences Education*, 3(17), ar36.
- Kapteijn, M. (1990). The functions of organizational levels in biology for describing and planning biology education. *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, 150-139.
- Kelly, P., & Monger, G. (1974). An Evaluation of the Nuffield O-Level Biology Course Materials and Their Use. Part I. *School Science Review*, 482-470 :(192)55
- Longden, B. (1982). Genetics—are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education*, 140-135 :(2)16
- Paavola, S., & Hakkarainen, K. (2005). The knowledge creation metaphor—An emergent epistemological approach to learning. *Science & Education*, :(6)14 557-535



Preetha, V. (2021). Data Analysis on Students Performance-based on Health status using Genetic Algorithm and Clustering algorithms. Paper presented at the 5 2021th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC).

Sabatello, M. (2018). A genomically informed education system? Challenges for behavioral genetics. *Journal of Law, Medicine & Ethics*, 144-130 :(1)46

Shayer, M. (1974). Conceptual Demands in the Nuffield O-Level Biology Course. *School Science Review*, 388-381 :(195)56

.

---

# Cellular and molecular perceptions of students, skills students and biology education student teachers of genetic phenomena: a cross-sectional study

Firoozeh Alavian<sup>1</sup> \*

---

## Abstract

Genetic concepts are divided into three main levels, macroscopic, microscopic, and sub-microscopic. In order to study the understanding of the students of the twelfth year of the experimental field, biology graduate skills students, and biology student teachers semester V in the connection between the ideas and concepts of these three levels, Various questions were asked by the audience who wanted to use molecular concepts and processes to bridge the gap between these levels in understanding genetics. The results of this cross-sectional study showed that students and some student teachers can't understand the microscopic and sub-microscopic levels of genetics. Skills students had a better cellular and molecular understanding of genetic events than the other two groups. The difficulty for students in understanding the connection of concepts is that the concepts and genetic processes belong to different levels of the organization and these people have not been able to analyze the relationship between the levels. Based on our findings, it is necessary to consider improvements in both teaching methods and curriculum content.

**Keywords:** : Genetics, Students, Skills students, Student teachers, Biology

---

1 - \* Associate Professor, Department of Biology, Farhangian University, Tehran, Iran. falavian@cfu.ac.ir