

بسمه تعالی

نشانگرهای مولکولی در ژنتیک طبیعی و بیوتکنولوژی

دومیلیت کریم سرخه

مؤسسه ملی تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی - فرانسه

ترجمه:

دکتر کریم سرخه

عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

مهندس رقیه عظیم خانی

انتشارات سینا طب

۱۳۹۴

عنوان و نام پدیدآور	نشانگرهای مولکولی در ژنتیک گیاهی و بیوتکنولوژی/تالیف [صحیح: ویراستار] دومیلیکو دو وینیه؛ ترجمه کریم سرخه، رقیه عظیم‌خانی.
مشخصات نشر	تهران: سینا طب، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	۳۵۰ص:، مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-5243-39-0
وضعیت فهرست نویسی	فیا
بادداشت	عنوان اصلی: Marquerurs moleculaires en genetique et biotechnologies vegetales.
بادداشت	کتاب حاضر از متن انگلیسی با عنوان "Molecular markers in plant genetics and biotechnology, c2003" به فارسی برگردانده شده است.
بادداشت	کتاب حاضر اولین بار با عنوان "مارکرهای مولکولی در ژنتیک گیاهی و بیوتکنولوژی" در سال ۱۳۸۷ توسط دانشگاه مازندران به چاپ رسیده است.
عنوان دیگر	مارکرهای مولکولی در ژنتیک گیاهی و بیوتکنولوژی.
موضوع	ژن نگاشت گیاهی
موضوع	چندشکلی‌های ژنتیک
شناسه افرد	وین، دومینیک دو
شناسه افرد	Vienne, D. de (Dominique)
شناسه افرد	سرخه، کریم، مترجم
شناسه افرد	عظیم‌خانی، رقیه، -، مترجم
رده بندی کنگره	۱۳۹۲ م/۲۵/۴۵/۹۸۱ QK
رده بندی دیویی	۵۷۲/۸۶۱
شماره کتابشناسی ملی	۲۴۶۹۹۳۸

این کتاب مشمول قانون حمایت از نشر و انتشار می باشد؛ هر گونه تکثیر، کپی و بازنویسی از این کتاب به هر شکلی و در هر رسانه ای اعم از کتاب، نرم افزار، لوح فشرده، مجلات و جزوه درسی بدون اجازه کتبی ناشر، ممنوع و قابل پیگرد قانونی است.



تهران:
خیابان جمالزاده جنوبی، کوچه
دانشور، ساختمان ۳۶ طبقه ۸
واحد ۳۲
تلفن: ۰۲۱-۶۶۹۴۴۰۵۱
همراه: ۰۱۱۲۲۵ ۱۱۵۴۴

عنوان: نشانگرهای مولکولی در ژنتیک گیاهی و بیوتکنولوژی

ناشر: انتشارات سینا طب

ترجمه: دکتر کریم سرخه، مهندس رقیه عظیم‌خانی

لیتوگرافی: نگین

چاپ: مهرآفرین

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۴

صحافی: بعثت

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۲۴۳-۳۹-۰

قیمت: ۱۶۵۰۰ تومان

✽ مدیر چاپ: علی اصغر مصطفوی

پیش گفتار اول

سوالی که مطرح می‌شود این است که آیا پیشرفت علوم اساساً بوسیله استفاده از ابزار جدید بوده یا توسط مفاهیم غیرمنتظره می‌باشد؟ این بحث در یک فاصله زمانی دو دوره "انسان اولیه" و "انسان مدرن" بوده که می‌توان با آن‌ها به تعدادی ارتباط بین این دو چشم انداز و وظیفه منطقی ما در فاصله بین این دو دوره زمانی را خاطر نشان کرد. یک سری از افراد به جاذبه جهانی توجه داشته که در این بین تئوری "تکامل" یا "نسبیت عمومی"، مصادف با نقش و سازه‌ری (تلسکوپ و انواع میکروسکوپ‌ها) یا ابزار تحلیلی (طیف سنج توده‌ای، تشدید مغناطیس و غیره) بود.

در این مناظره، نشانگرهای مولکولی تصویر تازه‌ای از نقش کلیدی این قبیل از ابزار جدید که می‌توانند در احیای زمینه‌های علمی که به و در دقایق نظری نقش داشته باشند، فراهم نموده‌اند. اما در زمینه ظرفیت تصحیح مشاهدات اشیاء مذکور ناکارآمدی‌های مطالعات در زمینه ژنتیک کمی و ژنتیک جمعیت پیشرفت گسترده‌ای داشته که سبب پیدایش یک تئوری جدید شده که اغلب اجازه بیان و یک حقیقت مسلم را می‌دهد که بوسیله فرضیات متعددی که دو به دو ناسازگار بوده و اغلب کارمانده‌های آنها در یک سلسله مراتب مشکل می‌باشد. واژه ژنوتیپ یک واژه با ثبات بوده و می‌تواند نقش همانند پازل که تکه‌های کمی از آن شناخته شده است و روی هم رفته تصویر تیره و نامشخص از خود دارد مقایسه شود. این شباهت‌ها وضوح روشن نموده است که بحث و گفتگو بر روی موضوعی است که نمایش تصویر چه چیزی را می‌تواند به طور مؤثر نشان دهد.

در حاضر در سال‌های اخیر ژنتیک‌دانان تعداد معینی از قطعات جدید را با یکدیگر بدست آورده و این ایده جدید به آنها اجازه تشخیص بین فرضیات یا شاید در رد همه آنها را که در ایجاد یک تئوری جدید نقش داشته‌اند را می‌دهد. بنابراین موارد اشاره شده در فوق به طور منطقی بین ابزار و مفاهیم آشکار می‌گردد.

انقلاب تکنیکی در منتهی الیه سرعت خود می‌باشد. زمانی که انگشت نگار انسان در اواسط دهه ۱۹۸۰ توسعه یافت اکثریت بیان نمودند که هزینه و پیچیدگی عامل محدودکننده آن در جراثیمی و یا کاربردهای ویژه آن می‌باشد. بیست سال بعد، مطالعه ژنتیک گونه‌های گیاهی و حیوانی به منظور تشریح و بیان نوع زیستی آنها یا بهبود ژنتیکی بدون استفاده از نشانگرهای مولکولی سخت و مشکل می‌باشد.

این جلد از کتاب توسط دومینیکو دی وینه تالیف گردیده که به طور خیلی واضح این قبیل از روش‌های مختلف و محدوده کاربرد آنها را بیان نموده است. این عمل بسیار سخت بوده چون تکنیک‌ها به سرعت در حال توسعه و گسترش بوده و اغلب مشابه و تعریف حوزه ارتباطی آنها نیازمند درک عالی از مسائلی است که می‌بایست با آنها دست به گریبان بود. به نظر می‌رسد که مؤلفان به طور تمام و کمال در این زمینه موفق بوده‌اند. گذشته از ارزش تکنیکی، من مطمئن هستم که این کار در خواننده شوق و ذوق فراوانی ایجاد می‌کند که بیشتر و بیشتر به بدون این که از ژنوم گونه‌های گیاهی و جانوری اطلاع دقیقی بدست آمده باشد، جهت آشکار نمودن صفات مربوطه، دستکاری می‌شدند.

پیش گفتار دوم

استفاده گسترده از نشانگرهای مولکولی اگرچه با قلمرو تخصصی جدید و غیر منتظره همزمان نبوده بطور کاملاً اساسی چندین زمینه از زیست شناسی را در دهه ۱۹۹۰ را دگرگون ساخت. یک مثال در این زمینه، همسانه سازی موضعی می باشد که یک ژن با فراورده ناشناخته در یک موقعیت از ژنوم جدا گردد. این جنبه از علم ژنتیک که توسط شبکه های یک ژنکی به طور گسترده انتشار داده شد نمی بایست دیگر کاربردهای پایه ای را مبهم نماید. در زمینه تعامل ترسیم نقشه های مقیاسی به ما اجازه تشخیص و شناسایی تغییرات ساختاری ژنومی که در خلال گوناگونی در یک سیستم یا خانواده اتفاق می افتد. در ژنتیک عواملی که میزان نوترکیبی را تحت تاثیر قرار داده می توانند به طور سیستماتیک تجزیه و تحلیل گردند. در ژنتیک جمعیت، تنوع و جریان ژن را می توان اندازه گیری نمود. حوزه های دیگر در علم ژنتیک که در توسط نشانگرهای مولکولی مجدداً مورد بررسی قرار گرفت ژنتیک کمی می باشد. اولین چیزی که در نظر گرفته شد "دانش مورد نیاز برای مهندس" بوده زیرا آن خیلی بیشتر توسط به نژادگران گیاهی و حیوانی استفاده می شد تا توسط دیگر محققین. امروزه در زمینه های مختلف از تجزیه و تحلیل ژنتیک پایه تنوع مورفولوژی گرفته اگوستش و توسعه استراتژی های برای تعیین خصوصیات ژن های کمی (که به عنوان QTL برای مکان نژادی شناخته شده است) و نشانگرهای مبتنی بر انتخاب به عنوان یک ابزار قدرتمند برای اصلاح و بهبود گیاهان و حیوانات در آمده اند. اخیراً با کامل شدن توالی ژنوم دو گونه مدل آراییدوپیسیس (دولپه) و برنج (تک لپه) به طور گسترده پتانسیل استفاده از نشانگرهای مولکولی در همه گیاهان عالی به علت همولوژی ژن و نواحی حفاظت شده در سلسله گیاهان، افزایش یافته است.

وسعت مجموعه روش هایی که تحت عنوان نشانگرهای ژنومی شناخته شده اند، در ژنتیک و بیوتکنولوژی گیاهی به طور گسترده بکار رفته که امکان معرفی اساسی در هر زمینه های علم ممکن نبوده، متمرکز شده است. در هر حالت ما می خواهیم نشان بدهیم که مزیت ویژه ای که نشانگرها در پاسخ به سوالات جدید و مسائلی که به همراه خواهند داشت، چیست. خواننده در صورت لزوم نیاز دارد که کارهای پایه ای در زمینه ژنتیک (ژنتیک پایه، ژنتیک کمی و ژنتیک جمعیت) مراجعه نماید. به نظر می رسد که در این زمینه، بی وزنی مولکولی و آمار زیستی نیز مناسب می باشد. بهر حال در این زمینه یک استثنای وجود دارد و آن ترسیم ساختار نقشه ژنتیکی می باشد که به طور نظری جزئیات آن به دو دلیل بیان شده است. اولاً نقشه های ژنتیکی اساسی و پایه اکثر کاربردهای نشانگرها می باشد و دانش اندک در مورد طبیعت آنها و نحوه ترسیم ساختار آنها خواننده را محدود به درک باقیمانده کتاب می نماید. ثانیاً، اگرچه مفاهیم آنها ۷۰ سال است که شناخته شده است آموزش آنها در سطح دانشگاهی برای چند دهه به دلیل فقدان کاربردهای جدید محدود شده است. نهایتاً استفاده آگاهانه چشم انداز جدیدی را ارائه می نماید که شایسته توجه می باشد.

بنابراین کتاب حاضر به صورت زیر سازمان یافته است. در فصل اول جزئیات تکنیک های مختلف نشانگرهای مولکولی با تاکید بر اهمیت جنبه های ژنتیکی بوده زیرا این جوانب تعیین کننده نوع استفاده از آنها را دارد که می توان آنها را مد نظر قرار داد. ترسیم ساختار نقشه ژنتیکی موضوع فصل دوم را تشکیل می دهد که مزایا و معایب ترسیم نقشه جوامع مختلف در آن به تخصیص بیان گردیده است. حالت خاصی از ترسیم نقشه ژن های

اصلی با هدف همسانه سازی موضعی در فصل سوم به آن اشاره شده است. شناسایی و کاربرد QTL در بیان صفات کمی در فصل چهارم به تفصیل ارائه شده است. فصل پنجم تاکید بر نقش اصلی نشانگرهای مولکولی در تجزیه و تحلیل ساختار و تکامل جمعیت‌های طبیعی دارد. نهایتاً در فصل ششم مزیت نشانگرها در انتخاب برای مطالعه تنوع در زمینه نشانگرهای مبتنی بر انتخاب به بحث گذاشته شده است. در سرتاسر کتاب سعی ما بر این بود که نه تنها جزئیات مفاهیم متعدد که توسط نشانگرها پیشنهاد گردیده بلکه به طور سیستماتیک به نتایج منتشر شده توسط محققین مختلف نیز پرداخته شده است. این کتاب با همکاری مشترک افراد متخصص در زمینه کاری خود به رشته تحریر درآمده است.

ما امیدواریم که این کار به نیاز دانشجویان و همچنین اساتید محترم پاسخ بدهد و ابزار قابل قبولی برای همه محققین نشانگرهای مولکولی را مورد استفاده قرار می‌دهند بدون در نظر گرفتن اهداف مربوطه آنها، باشد.

دومینیکو دی وینه

پیش گفتار مترجمین

با پیشرفت روز افزون فن آوری و علوم مختلف در کشور، تحقیقات و پژوهش‌هایی که در ابعاد مختلف علمی انجام می‌گیرد اهمیتی بیش از پیش یافته است. از این رو بر عهده تمامی دانشجویان، کارشناسان و متخصصان علوم مختلف است که در جهت ایفای نقش خود در پیشرفت علمی کشور گامی هرچند کوچک در این راه بردارند.

اسفاده از منابع معتبر و نوین جهانی در تحقیقات داخلی، می‌تواند در تسریع روند تولید علم و کاهش شکاف عمیق موجود در زمینه تحقیقات تئوری و کاربردی بسیار مؤثر باشد و ترجمه این منابع معتبر راهی برای تسهیل هرچه بیشتر دسترسی به علم روز و افزایش بهره‌برداری از یافته‌های نوین علمی در سطح جهان است. نشانگرهای مولکولی کاربرد آسان در ژنتیک گیاهی و بیوتکنولوژی یکی از مباحث نوین و رو به توسعه در زمینه ژنتیک مولکولی می‌باشد.

کتابی که پیش روی شماست ترجمه‌ای است بر کتاب "نشانگرهای مولکولی در ژنتیک گیاهی و بیوتکنولوژی" که نویسنده آن دو یکتا وید از موسسه ملی تحقیقات کشاورزی و سالیز-فرانسه می‌باشد. این کتاب با طرح کلیه جزئیات کاربرد نشانگرهای مولکولی در ژنتیک گیاهی و بیوتکنولوژی امکان درک فرایندها و تکنیک‌های مورد استفاده در ژنتیک پایه، رستیک کردن و ژنیک جمعیت را فراهم می‌آورد. این کتاب برای دانشجویان مقاطع مختلف تحصیلی در رشته‌های علوم پایه، پزشکی، زیست‌شناسی، بیوتکنولوژی، علوم کشاورزی و نیز کارشناسان و متخصصان بخش‌های تحقیقاتی و آزمایشگاهی زیست‌شناسی مولکولی قابل استفاده می‌باشد. بسیار خوشحال هستیم که این اثر را به دانشجویان و پژوهشگران جوان تقدیم نماییم و امید است که مورد قبول آنها واقع شود.

در پایان لازم می‌دانیم که از کلیه عزیزانی که در تهیه، تدوین، جلد بندی و چاپ این کتاب ما را یاری نمودند، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری شود. از کلیه خوانندگان و اساتید معظّم تقاضا می‌شود از رهنمودهای خود دریغ نفرمایند و با ارایه نظرات با ارزش خود ما را در بهبود این مجموعه در چاپ‌های بعدی یاری نمایند.

کریم سرخه

رقیه عظیم‌خانی

فهرست

۳	پیش‌گفتار اول
۴	پیش‌گه ۱. دوم
۶	پیش‌گفتار دوم
۱۰	مقدمه
۱۰	تعاریف
۱۰	یک نشانگر ژنتیکی نام چه ویژگی‌هایی دارد؟
۱۲	اصول پایه‌ای نشانگرهای مولکولی
۱۲	معیارهای گروه بندی
۱۳	نشانگرهای هم بارز که به صورت سرادی اثر تل تشخیص هستند
۱۶	کاوشگرهای مولکولی
۲۲	جنبه‌های ژنتیکی
۲۴	کاوشگرهای هتروآسیسیفیک (چند گونه‌ای)
۲۴	حالت خاص تکنیک CAPS:RFLP
۲۹	تشخیص اتصال‌های اشتباهی (تکنیک‌های مرتبط: DASH, PHILC)
۳۱	تکنیک‌های مبتنی بر بستر
۴۰	الگوهای نشانگرهای غالب چندگانه
۴۰	چند شکل توالی
۴۶	چند شکلی تعداد تکرارهای متوالی
۵۰	فهرست لغات
۵۱	میکروساتلایت‌ها
۵۲	بسط آغازگر
۵۴	ساختار نقشه‌های لینکاژ ژنتیکی
۶۰	برآورد فراوانی نوترکیبی و آزمون‌های پیوستگی
۶۴	مگاگامتوفیت متعلق به نهاندانگان
۶۷	جمعیت‌های حاصل از تلاقی برگشتی
۷۴	حالت کلی
۸۲	نسبی بودن طول نقشه‌های ژنتیکی

۸۳	رابطه بین فواصل ژنتیکی و فیزیکی
۸۴	تجزیه و تحلیل سازمان‌دهی ژنوم
۸۵	ترسیم نقشه‌های مقایسه‌ای
۸۹	ترسیم نقشه ژن‌های اصلی
۸۹	دستیابی به نقشه ژن‌های اصلی
۸۹	لایه‌های تقریباً هم ژن
۹۱	آنالیز تفکیک یافته‌های بالک (BSA)
۹۴	استفاده از نشانگرها برای همسانه‌سازی ژن‌های اصلی
۹۶	ترسیم نقشه و تشخیص مکان‌های ژنی صفت کمی
۹۹	مفاهیم ترسیم نقشه QTL
۱۰۶	اندازه‌گیری اثرات QTL
۱۰۸	شناسایی QTL‌ها در دو پاپولیشن نشانگر
۱۱۰	روش‌های نشانگر چند ژنه
۱۱۵	سود و زیان جمعیت‌های رایج در استفاده برای شناسایی QTL
۱۱۶	جمعیت‌هایی که در زمینه‌های ژنتیکی جبرش پیچیده شده‌اند
۱۱۸	اساس ژنتیکی و مولکولی تنوع صفت کمی
۱۲۰	اپیستازی
۱۲۱	آنالیز همبستگی ژنتیکی مابین صفات
۱۲۲	تجزیه ژنتیکی صفات
۱۲۴	همسانه‌سازی QTL
۱۲۵	ژن‌های کاندیدا
۱۲۷	تاریختی (تغییر شکل)
۱۲۸	آزمون تکمیلی کمی
۱۳۰	نشانگرهای مولکولی در ژنتیک جمعیت
۱۳۱	چند آللی
۱۳۲	دسترسی به چند شکلی DNA سیتوبلاسمی
۱۳۳	ترتیب قرار گرفتن آلل‌ها
۱۳۳	مطالعه تجزیه و تحلیل تنوع مولکولی
۱۳۷	چند شکلی درون یک جمعیت
۱۳۸	اشکارسازی چند شکلی درون یک جمعیت
۱۳۹	اندازه‌گیری تنوع ژنتیکی با استفاده از انواع مختلف نشانگرها
۱۴۶	متمایز شدن جمعیت‌ها از یکدیگر

۱۴۹	جریان ژن
۱۵۲	اندازه گیری های غیر مستقیم جریان ژن
۱۵۴	منشاء ژنوتیپ های در حال تکثیر
۱۵۵	اندازه گیری مستقیم جریان ژن
۱۵۸	کاربرد نشانگرها در انتخاب
۱۵۸	سهام مطالعات تنوع در انتخاب
۱۵۸	مفاهیم روش های تولید داده ها
۱۶۱	کاربرد روش های طبقه بندی: گروه های نامتجانس و مدیریت منابع ژنتیکی
۱۶۹	نشانگرهای مبتنی بر انتخاب
۱۶۹	طراحی و ساخت ژنوتیپ
۱۷۲	نشانگرهای مبتنی بر توالی بر اساسی رای یک صفت پلی ژن
۱۷۷	انتخاب ترکیب شده بر اساس فنوتیپ و نشانگر
۱۷۹	نتایج تظاهر
۱۸۱	ضمیمه ۱: نقشه های ژنتیک گیاهی
۱۸۶	ضمیمه ۲: تکمیل اولین نقشه ترسیم ژنوم گیاهی
۱۹۴	منابع

مقدمه

تعاریف

در این کتاب، اصطلاح نشانگر به معنای نشانگر ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و تقریباً همواره معادل لوکوس نشانگر می‌باشد. لوکوس نشانگر مکان ژنی چند شکلی است که می‌تواند نشان دهنده هر کدام از موارد زیر باشد:

- ژنوتیپ فردی که این نام کوس را حمل می‌کند، در این حالت نشانگرها در مطالعه ژنتیک جمعیت استفاده می‌شوند.
 - ژنوتیپ یک یا چند نوسان به نشانگر پیوستگی دارند؛ دامنه کاربرد نشانگر در این حالت از همسانه سازی موضعی تا انتخاب به حد دایمتر متغیر می‌کند.
- مطابق اصطلاح شناسی موجود رایج‌ترین نشانگرهای ژنتیکی، عبارتند از نشانگرهای مورفولوژیکی، نشانگرهای مولکولی (در سطح DNA) و نشانگرهای بیوشیمیایی (آیزوایمها و پروتئین‌ها). متأسفانه اصطلاح نشانگر بیوشیمیایی اصطلاح مبهمی است، زیرا شاملها و نوشته‌های دیگر نشانگر بیوشیمیایی به مولکول‌هایی اطلاق می‌شود که حضور آنها نشان دهنده یک خاصیت ایمایز و یا یک مرحله فیزیولوژیکی خاص می‌باشد، فرض بر این است که خواننده با مفاهیم اساسی تجزیه و تحلیل آیزوایمی کاملاً آشنا است، لذا ما در اصل نشانگرهای مولکولی را شرح خواهیم داد. با این وجود، اشاره مختصری به نشانگرهای حاصل از الکتروفورز دو بعدی پروتئین‌ها نیز خواهیم داشت.

یک نشانگر ژنتیکی مناسب چه ویژگی‌هایی دارد؟

- یک نشانگر ژنتیکی «مطلوب» نشانگری است که ویژگی‌های زیر را داشته باشد:
- چند شکل باشد، تنوع و تمایزپذیری «ماده خام» برای مطالعات متخصصین ژنتیک باشد.
 - چند آلی باشد.
 - هم بارز باشد: یک هیبرید هتروزیگوت به طور همزمان صفات هر دو والد هموزیگوت را نشان می‌دهد؛ در یک نسل، ژنوتیپ هتروزیگوت را می‌توان از هر دو ژنوتیپ هموزیگوت تشخیص داد.
 - رابطه ایستازی وجود نداشته باشد: در این صورت ژنوتیپ را می‌توان با توجه به فنوتیپ و بدون توجه به ژنوتیپ خود در سایر مکان‌های ژنی، تعیین کرد. هم بارز بودن و عدم وجود ایستازی را می‌توان به ترتیب به عنوان اثر متقابل داخل یک لوکوس و اثر متقابل بین لوکوس‌ها تعریف کرد.
 - «خنثی» باشد. جایگزینی‌های آلی در مکان نشانگر نباید اثرات فنوتیپی یا انتخابی به همراه داشته باشد. تقریباً تمامی چند شکلی‌های مولکولی خنثی هستند.
 - تحت تأثیر محیط قرار نگیرد: در این حالت بدون آن که محیط اهمیتی داشته باشد، ژنوتیپ را می‌توان با توجه به فنوتیپ پیش بینی کرد.

نشانگرهای مورفولوژیکی فاقد معیارهای فوق به طور کامل و رضایت بخش هستند. چند شکلی این نشانگرها کافی نیست و این نشانگرها اغلب غالب هستند. علاوه بر این، نشانگرهای مورفولوژیکی اغلب تحت تأثیر صفات دیگر و همچنین محیط قرار می گیرند، حتی با وجود آن که تعداد آنها در بعضی گونه های خاص زیاد است (چند صد نشانگر مورفولوژیکی در برنج)، تعداد کمی از آنها می توانند بین افراد یک نسل خاص چند شکل باشند.

از طرف دیگر، اکثر نشانگرهای بیوشیمیایی یا مولکولی، تمامی ویژگی های فوق را دارند. محدودیت اصلی آیزوایمها، این است که تعداد کمی از مکان های ژنی آیزوایمی شناخته شده اند، به عنوان مثال، در یک جمعیت در حال تفرق برنج با ذرت به سختی می توان بیش از ۳۰ تا ۴۰ نشانگر آیزوایمی را شناسایی کرد. همچنین، تمام آیزوایمها در تمامی اندامها حضور ندارند و یا در صورت وجود در تمامی اندامها فعال نیستند. پروتئین های چند شکلی که توسط الکتروفورز دو بعدی پروتئین، شناسایی می شوند متعدد بوده، ولیکن این تعداد به اندام مورد مطالعه نیز بستگی دارد. در مقابل، تعداد نشانگرهای مولکولی در سطح DNA تقریباً نامحدود است و حضور این نشانگرها مستقل از مرحله رشد اندام مورد مطالعه می باشد، زیرا DNA در تمامی بافت های یک موجود یکسان است به علاوه، نشانگرهای مولکولی در سطح DNA این امتیاز را دارند که آنها را می توان به طور مستقیم تری در مطالعات زیست شناسی مولکولی مورد استفاده قرار داد.