گیاهان چه می‌دانند؟

راهنمای میدانی حواس گیاهان

دنیل شاموویتز

ترجمهٔ

کاوه فیض‌اللهی ـ پری رنجبر

فرهنگ نشرنو

با همکاری نشر آسیم

فهرست

یادداشت مترجمان / نه
پیش گفتار / نوزده

۱. بینایی در گیاهان / ۱
داروین گیاه‌شناس / ۴
ماموت مریلند: توتونی که از رشد بازنمی‌ایستاد / ۸
روز (کوتاه) چه تفاوتی ایجاد می‌کند؟ / ۱۰
گیاهان کور در عصر ژنتیک / ۱۳
گیاهان و آدم‌ها چه می‌بینند؟ / ۱۷
۲. بویایی در گیاهان / ۲۱
پدیده‌های ناشناخته / ۲۳
پیدا کردن غذا / ۲۶
فال‌برگ / ۳۰
آیا گیاهان بوها را حس می‌کنند؟ / ۴۲
۳. چشایی در گیاهان / ۴۵
گیاهان آب‌آشام / ۵۰
مراقب باش، خشکسالی! / ۵۳

از من فاصله بگیر / ۵۷
ارتباط چشایی گیاهان با کشاورزی / ۶۱
۴. لامسه در گیاهان / ۶۷
تلهٔ ونوس / ۷۱
قدرت آب / ۷۶
لمس منفی / ۷۹
احساس در انسان و گیاه / ۸۵
۵. شنوایی در گیاهان / ۹۱
گیاه‌شناسی راک اند رول / ۹۴
ژن‌های ناشنوایی / ۱۰۴
ناشنوا هستند؟ یا فقط طور دیگری می‌شنوند؟ / ۱۰۸
۶. حس مکان در گیاهان / ۱۱۷
تشخیص بالا و پایین از هم / ۱۲۰
هورمون حرکت / ۱۳۰
گیاهان رقصان / ۱۳۲
گیاه متعادل / ۱۳۹
۷. حافظه در گیاهان / ۱۴۱
حافظهٔ کوتاه‌مدت مگس‌گیر ونوس / ۱۴۵
حافظهٔ بلندمدت درنتیجهٔ آسیب / ۱۴۸
سرمای شدید / ۱۵۲
در هر نسل... / ۱۵۸
حافظهٔ هوشمند؟ / ۱۶۱

پس گفتار: گیاهِ آگاه / ۱۶۵
یادداشت‌ها و منابع / ۱۷۳
نمایه / ۱۹۱

۱

بینایی در گیاهان

روی می‌گرداند، همواره، به سوی خورشید، با آنکه
ریشه‌هایش او را محکم نگه داشته‌اند، و گرچه خود
دگر شده، باز عاشق آن دگرگونی‌ناپذیر است.
ــ اووید، دگردیسی‌ها

یک لحظه تصور کنید گیاهان شما را می‌بینند.

درواقع، گیاهان همواره محیط مرئی‌شان را می‌پایند. اگر نزدیکشان شوید می‌بینند؛ می‌دانند که بالای سرشان ایستاده‌اید. حتی می‌دانند که لباس آبی تنتان است یا قرمز. می‌دانند که خانه‌تان را رنگ کرده‌اید یا نه، یا اینکه آیا گلدانشان را از یک طرف اتاق پذیرایی به طرف دیگر منتقل کرده‌اید.

البته گیاهان، برخلاف من و شما، «دید» تصویری ندارند. گیاهان نمی‌توانند میان مردی میان‌سال و عینکی که موهایش کمی ریخته و دختربچهٔ خندانی با طره‌های خرمایی فرق بگذارند. اما بی‌تردید نور را به شیوه‌های گوناگون می‌بینند و رنگ‌هایی را تشخیص می‌دهند که ما فقط می‌توانیم تصور کنیم. گیاهان آن نور فرابنفش که باعث آفتاب‌سوختگی می‌شود و آن نور فروسرخ که به ما گرما می‌دهد را می‌بینند. گیاهان می‌توانند بفهمند که چه وقت نور بسیار ضعیف است و مثلاً از یک شمع می‌آید و چه وقت نیمروز است، یا چه وقت خورشید در آستانهٔ پایین رفتن در افق قرار دارد. گیاهان می‌دانند که نور آیا از چپ می‌آید، یا از راست، یا از بالا. اگر گیاه دیگری بالای سرشان رشد کرده و جلوی نور را گرفته باشد می‌فهمند. و می‌دانند که لامپ‌ها چه مدت روشن بوده‌اند.

پس آیا می‌توان این را «دید گیاهی» به شمار آورد؟ بیایید نخست ببینیم که بینایی در مورد ما چه معنایی دارد. شخصی را تصور کنید که کور به دنیا آمده و در تاریکی مطلق زندگی می‌کند. اکنون تصور کنید که به این شخص توانایی تشخیص روشنایی از تاریکی داده شود. چنین شخصی می‌تواند روز و شب، و درون و بیرون از خانه، را از هم تشخیص دهد. این احساس‌های جدید را قطعاً باید بینایی ابتدایی به شمار آورد که سطح جدیدی از کارکرد را امکان‌پذیر می‌سازند. اکنون تصور کنید که این شخص بتواند رنگ را هم تشخیص دهد. یعنی بتواند آبی بالای سر و سبز زیر پایش را ببیند. تردیدی نیست که این نسبت به تاریکی یا صرف توانایی تشخیص سفید یا خاکستری پیشرفتی مطلوب است. فکر می‌کنم همه در این مورد توافق داریم که این تغییر بنیادی، یعنی از کوری مطلق به دیدن رنگ‌ها، برای چنین شخصی قطعاً «بینایی» است.

فرهنگ مریام-وبستر «بینایی» را «حسی جسمانی» تعریف کرده که «در آن محرک‌های نوری که چشم دریافت می‌کند در مغز تفسیر می‌شود و بازنمودی از موقعیت، شکل، روشنی، و معمولاً رنگ اشیا در فضا می‌سازد.»[۱] ما نورهایی را می‌بینیم که در «طیف مرئی» باشند. نور مترادفِ رایج و قابل فهم امواج الکترومغناطیس در طیف مرئی است. این یعنی نور ویژگی‌های مشترکی با تمام انواع دیگر پیام‌های الکتریکی همچون ریزموج‌ها و امواج رادیویی دارد. امواج رادیویی برای پخش رادیویی AM خیلی بلند هستند و طولشان تقریباً به هشتصد متر می‌رسد. به همین دلیل است که ارتفاع آنتن‌های رادیویی به اندازهٔ چند طبقه ساختمان است. در عوض، امواج پرتو X خیلی خیلی کوتاه و یک تریلیون بار کوتاه‌تر از امواج رادیویی هستند، و به همین دلیل است که به آسانی از بدن ما عبور می‌کنند.

امواج نور در میانهٔ این دو جای می‌گیرند و طولشان بین ۰/۰۰۰۰۰۰۴ و ۰/۰۰۰۰۰۰۷ متر است. نور آبی از همه کوتاه‌تر و نور قرمز از همه بلندتر است، و رنگ‌های سبز، زرد، و نارنجی در حد فاصل این دو جای می‌گیرند.

(به همین دلیل است که الگوی رنگی رنگین‌کمان همیشه در یک جهت است؛ از رنگ‌هایی با موج کوتاه، همچون آبی، تا رنگ‌هایی با موج بلند، همچون قرمز.) اینها امواج الکترومغناطیسی هستند که ما «می‌بینیم» زیرا چشم‌هایمان پروتئین‌هایی ویژه به نام گیرندهٔ نور دارند که می‌دانند چگونه این انرژی را دریافت یا جذب کنند، درست همان طور که آنتن امواج رادیویی را جذب می‌کند.

لایه‌ای در پشت تخم چشم‌های ما، به نام شبکیه، ردیف به ردیف پوشیده از این گیرنده‌ها است و تا اندازه‌ای شبیه ردیف‌های LED در تلویزیون‌های صفحه‌تخت یا حسگرهای دوربین دیجیتال است. هر نقطه روی شبکیه گیرنده‌های نوری به نام سلول میله‌ای دارد که به تمام نورها حساس است، و گیرنده‌های نوری به نام سلول مخروطی که به رنگ‌های مختلف نور واکنش نشان می‌دهد. هر سلول مخروطی یا میله‌ای به نوری واکنش نشان می‌دهد که بر آن کانونی شده است. شبکیهٔ چشم انسان حدود ۱۲۵ میلیون سلول میله‌ای و شش میلیون سلول مخروطی دارد که همگی در ناحیه‌ای به مساحت عکس روی گذرنامه جای گرفته‌اند. این معادل یک دوربین دیجیتال با وضوح ۱۳۰ مگاپیکسل است. وضوح دید بسیار بالای چشم ما نتیجهٔ تجمع این تعداد عظیم گیرنده در چنین مساحت کوچکی است. برای مقایسه، در نظر بگیرید که نمایشگرهای LED بیرون از خانه در بالاترین وضوح خود فقط ده‌هزار دیود نورگسیل یا LED در هر متر مربع دارند، و وضوح دوربین‌های دیجیتال معمولی فقط هشت مگاپیکسل است.

سلول‌های میله‌ای به نور حساس‌ترند و به ما امکان می‌دهند که در شب و در نور کم ببینیم، اما نه رنگی. سلول‌های مخروطی به ما امکان می‌دهند که در نور روشن رنگ‌های مختلف را ببینیم زیرا سلول‌های مخروطی سه نوع هستند؛ قرمز، سبز، و آبی. مهم‌ترین تفاوت میان این گیرنده‌های نوری مادهٔ شیمیایی ویژه‌ای است که در آنها وجود دارد. این مواد شیمیایی که در

سلول‌های میله‌ای رودوپسین[1] و در سلول‌های مخروطی فتوپسین[2] نامیده می‌شوند، ساختمان ویژه‌ای دارند که به آنها امکان می‌دهد نورهایی با طول موج مختلف را جذب کنند. نور آبی را رودوپسین و فتوپسین آبی جذب می‌کنند و نور قرمز را رودوپسین و فتوپسین قرمز. نور بنفش را رودپسین، فتوپسین آبی، و فتوپسین قرمز جذب می‌کنند، اما نه فتوپسین سبز، و به همین ترتیب در مورد رنگ‌های دیگر. هنگامی که یک سلول میله‌ای یا مخروطی نور را جذب می‌کند، پیامی به مغز می‌فرستد که سپس تمام پیام‌های میلیون‌ها گیرندهٔ نور را به شکل یک تصویر منسجم و یکپارچه پردازش می‌کند.

نقص در بسیاری از این مراحل موجب کوری می‌شود: از ادراک نور در شبکیه درنتیجهٔ مشکلی جسمی در ساختار آن؛ از ناتوانی در حس کردن نور (برای مثال، به دلیل مشکلاتی در رودوپسین و فتوپسین‌ها)؛ یا در توانایی انتقال اطلاعات به مغز. برای مثال، افراد کوررنگ سلول مخروطی قرمز ندارند. درنتیجه پیام‌های قرمز جذب نمی‌شوند و به مغز نمی‌رسند. بینایی در انسان مبتنی بر سلول‌هایی است که نور را جذب می‌کنند، و سپس مغز که این اطلاعات را پردازش می‌کند، و ما به نوبهٔ خودمان به آن واکنش نشان می‌دهیم. اما در گیاهان چه اتفاقی می‌افتد؟

داروین گیاه‌شناس

خیلی‌ها نمی‌دانند که چارلز داروین تا بیست سال پس از انتشار کتاب دوران‌ساز پیدایش گونه‌ها[3] یک رشته آزمایش انجام داد که تا به امروز نفوذ خود را در پژوهش‌های گیاه‌شناسی حفظ کرده‌اند.

داروین، و همچنین پسرش فرانسیس، شیفتهٔ تأثیر نور بر رشد گیاهان بودند. داروین در آخرین کتابش، نیروی حرکت در گیاهان[4]، نوشت: «به‌ندرت می‌توان گیاهی را یافت که بخشی از آن به سوی نور جانبی خم

1. rhodopsin
2. photopsin
3. *On the Origin of Species* (1859)
4. *The Power of Movement in Plants* (1880)

نشود.»[۲] یا به بیان ساده‌تر امروزی: تقریباً تمام گیاهان به سوی نور خم می‌شوند. در گیاهان خانگی که به سوی پرتوهای نور آفتاب که از پنجره به درون می‌تابد خم می‌شوند، می‌بینیم که همواره این اتفاق می‌افتد. این رفتار نورگرایی[1] نامیده می‌شود. در سال ۱۸۶۴ یکی از معاصران داروین به نام یولیوس فون ساکس[2] کشف کرد که نور آبی مهم‌ترین رنگی است که موجب نورگرایی در گیاهان می‌شود، در حالی که گیاهان معمولاً نسبت به رنگ‌های دیگر که تأثیر چندانی بر خم شدن آنها به سوی نور ندارند کور هستند. اما در آن زمان هیچ‌کس نمی‌دانست که چگونه یا کدام بخش از گیاه نور ورودی از یک جهت خاص را می‌بیند.

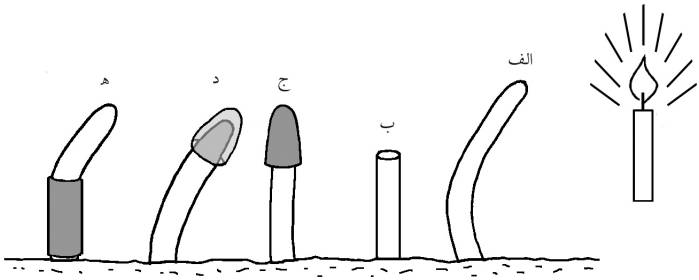
داروین و پسرش در یک آزمایش بسیار ساده نشان دادند که این خم شدن ناشی از فتوسنتز یا فرایندی که در آن گیاه نور را به انرژی تبدیل می‌کند نیست، بلکه نتیجهٔ نوعی حساسیت ذاتی به حرکت به سوی نور است. چارلز و فرانسیس داروین برای آزمایش خود یک گلدان علف قناری را به مدت چند روز در اتاقی کاملاً تاریک گذاشتند. سپس لامپ گازی بسیار کوچکی را در فاصلهٔ ۳/۵ متری گلدان روشن کردند و نورش را به‌قدری کم کردند که «نه می‌شد خود جوانه‌ها را دید، و نه خطی را که با مداد روی کاغذ کشیده شده.»[۳] اما هنوز بیش از سه ساعت نگذشته بود که گیاهان به‌وضوح به سوی همان نور کمسو خم شدند. این خمیدگی همیشه در بخش ثابتی از گیاه جوان روی می‌داد، یعنی حدود دو یا سه سانتی‌متر پایین‌تر از نوک.

پرسشی که این مشاهده برایشان مطرح کرد این بود که کدام بخش از گیاه نور را می‌بیند. داروین و پسرش آزمایشی را انجام دادند که امروزه به آزمایشی کلاسیک در گیاه‌شناسی تبدیل شده است. آنها به این نتیجه رسیدند که «چشم‌های» گیاه در نوک جوانه‌ها هستند و نه در بخشی از آنکه خم

1. phototropism
2. Julius von Sachs (1832-1897)

◄ علف قناری (*Phalaris canariensis*)

می‌شود. آنها نورگرایی را در پنج جوانهٔ مختلف بررسی کردند که در نمودار زیر نشان داده شده است:



◄ خلاصهٔ آزمایش‌های داروین و پسرش دربارهٔ نورگرایی

الف. جوانهٔ نخست به حال خود رها شد و شرایطی را نشان می‌دهد که آزمایش به نورگرایی می‌انجامد.

ب. نوک جوانهٔ دوم هرس شد.

ج. نوک جوانهٔ سوم با کلاهک ضدنور پوشانده شد.

د. نوک جوانهٔ چهارم با کلاهک شیشه‌ای شفاف پوشانده شد.

ه. بخش میانی جوانهٔ پنجم با لولهٔ ضدنور پوشانده شد.

آنها آزمایش روی این جوانه‌ها را در همان شرایط آزمایش نخست انجام دادند، و البته جوانه‌ای که به حال خود رها شد به سوی نور خمید. جوانه‌ای که با لولهٔ ضدنور در بخش میانی‌اش پوشانده شده (بخش ه تصویر بالا) نیز به سوی نور خم شد. اما اگر نوک جوانه را می‌بریدند، یا آن را با کلاهک ضد نور می‌پوشاندند، کور می‌شد و نمی‌توانست به سمت نور خم شود. سپس رفتار گیاه را در حالت چهارم (د) مشاهده کردند: این جوانه با آنکه کلاهکی روی نوک داشت باز همچنان به سوی نور خم شد. تفاوت در این بود که کلاهکش شفاف بود. داروین و پسرش دریافتند که شیشه مانع از تابش نور به نوک گیاه نمی‌شود. آنها با یک آزمایش ساده که در سال ۱۸۸۰ منتشر شد، ثابت کردند که نورگرایی نتیجه تابش نور به نوک جوانهٔ یک گیاه است که نور را می‌بیند و این اطلاعات را به بخش میانی گیاه منتقل می‌کند تا به آن

بگوید که در فلان جهت خم شوند. داروین و پسرش وجود بینایی مقدماتی در گیاهان را با موفقیت ثابت کردند.

ماموت مریلند[1]: توتونی که از رشد بازنمی‌ایستاد

چند دهه بعد، یک رقم توتون جدید در دره‌های جنوب ایالت مریلند ظاهر شد که بار دیگر علاقهٔ پژوهشگران به راه‌های گیاهان برای دیدن جهان را برانگیخت. از زمانی که نخستین مهاجران در اواخر قرن هفدهم از راه رسیدند، این دره‌ها جایگاه برخی از بزرگ‌ترین کشتزارهای توتون در امریکا بوده‌اند. توتون‌کاران بر اساس آنچه از قبایل بومی همچون ساسکوهانوک‌ها[2]، که قرن‌ها توتون می‌کاشتند، آموخته بودند، محصولشان را در بهار می‌کاشتند و در اواخر تابستان برداشت می‌کردند. تعدادی از توتون‌ها را برای استفاده از برگشان برداشت نمی‌کردند و می‌گذاشتند گل بدهند تا از آنها برای محصول سال بعد بذر بگیرند. در سال ۱۹۰۶، کشاورزان کم‌کم متوجه رقم جدیدی از توتون شدند که ظاهراً رشدش هرگز متوقف نمی‌شد. ارتفاعش می‌توانست به نزدیک پنج متر برسد، نزدیک به صد برگ تولید کند، و تنها هنگامی دست از رشد بکشد که یخبندان از راه می‌رسد. در نگاه نخست، چنین گیاه مقاومی که رشدش متوقف نمی‌شد می‌توانست موهبتی برای توتون‌کاران باشد. اما همان طور که در بیشتر موارد اتفاق می‌افتد، معلوم شد که این رقم جدید که بحق ماموت مریلند نامیده شده، همچون خدای رومی ژانوس[3] دو چهره دارد. از یک سو، رشدش هرگز متوقف نمی‌شد و از سوی دیگر، به‌ندرت گل می‌داد، و درنتیجه توتون‌کاران نمی‌توانستند برای محصول سال آیندهٔ خود از آن بذر بگیرند.

در سال ۱۹۱۸، دو دانشمند وزارت کشاورزی ایالات متحد امریکا به نام‌های وایتمن گارنر[4] و هری الرد[5]، تصمیم گرفتند ببینند چرا ماموت مریلند

1. Maryland Mammoth
2. Susquehannock
3. Janus
4. Wightman W. Garner (1875-1956)
5. Harry A. Allard (1880-1963)