شیوه های متنوع رفتاری درحفظ تعامل اکولوژیک گیاهان و زنبورها و عوامل بر هم زننده آن

راضیه تقوی زاد، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

چکیده

اکثـر گیاهـان برای بقاء، نیازمند به زنبورها هستند و زنبورهـا نیز برای بقاء، خواسته یا ناخواسته در محیطی مملو از عوامل سازگار و ناسازگار، جلب گیاهان شده و این چنین، روابط اکولوژیک، شکل می گیرند. اما این روابط اغلب ساده نبوده، به طرق مختلـف برقـرار می شود و عوامل اکولوژیک نیز تنها به گیاهان و زنبورهـا بسنده نمی گردد. در این بررسی سعی شده است به عملکرد متقابل گیاهان و زنبورهـا در بـه کار گیری شیوه ها و چگونگی حفظ روابـط اکولوژیک در ابعاد و شرایط مختلف و نیز عوامل بر هم زننده آن بپردازیم. در این ارتباط، مورفولـوژی و فیزیولـوژی گل و فیزیولوژی و خصوصیات رفتاری زنبورها اهمیت زیادتری پیدا می کند. زیبایی طبیعت نیز بسته به وجود همین روابط تنگاتنـگ و زنجیـروار میـان موجودات آن است. اما از میان صفات مورفولوژیک گل به نظر می رسد، رنگ ها و طرح ها اهمیت بیشتری دارند، تا حدی که زنبورها قبل از تغییر رنگ گل ها به سراغشان می روند. از صفات فیزیولوژیک گل؛ ترکیبات و حجم یا تراکم شهد و گرده، جایگاه خاص و مهم تری دارند. با وجودی که سن گل یکی از دلایل جذب زنبور عسل است اما تراکم شهد و گرده برای زنبور مهم تر از سن و طرح گل است. رنگ گل ها معرف میزان شهد یا گرده نیز هست، ارجحیت نوع رنگ در مناطق مختلف، فرق دارد و نشان از سازگاری زنبورها به منطقه جغرافیایی خاص دارد. زنبورهای عسل، قدرت کم نظیری در درک شدت و کیفیت عطرها دارند. تعامل گیاهان و زنبورها، با نوعی تلاش مسرانه در حفظ روابط اکولوژیک، استوار است، اما وقتی عوامل مداخله گر غیر طبیعی وارد می شوند، در اغلب موارد، پاسخ و بازخورد موفقیت آمیز نخواهد بود. این قبیل دخالت ها مانند تراریخت‌ها، ایجاد اشکال و طرح های هیبرید گل ها و روانه کردن آن ها به طبیعت، سبب تغییرات زیادی در شکل ظاهری گل ها شده است. در این میان، گیاهان کـه اولیـن حلقه از ارتباط به شمار می‌آیند آسیب پذیرترهستند، چون نه تنهـا عامل عرضه کننده خود در طبیعت از نظر زنبورها را از دست می‌دهند بلکه به دلیل اختلالات ژنتیکی، بذرهایی تولید می کنند که غالبا ناباورند و جایی در عرصه اکوسیستم ندارند. در این میان تنها شرکت های سودجوی وارد کننده بذرها و پایه ها به اهداف خود می‌رسند. در ضمن ممکن است عسل هایی با کیفیت کم یا حتی نامطلوب تهیه شوند.

کلمات کلیدی: تراریخت، تعامل اکولوژیک، زنبورعسل، فیزیولوژی، مورفولوژی گل

مقدمه

نشانگر های مورفولوژیک گل و رفتار متقابل گرده‌افشان‌ها: رنگ ها و طرح ها

غالباً از ارتباط گل ها و زنبورها با تعریف ساده گرده افشانی یاد می شود و سپس بلافاصله از دیدگاه اقتصادی و تولیدی نگاه شده، از پر محصولی و شکیل بودن میوه ها سخن به میان می آید ولی آن همه تلاشی که دو موجود متقابلاً برای حفظ رابطه انجام می دهند، نادیده گرفته می‌شود و گاه حتی انسان این روابط را خدشه دار می کند. در این پژوهش سعی شده است جلوه های زیبایی از شیوه های مختلف رفتاری گیاهان و زنبورها بررسی شود. رفتارهایی که اگر حادث نشوند، روابط مابین گیاه و گرده افشان شکل نمی گیرد. به نظر می رسد اگر نوع رفتارها و علت ها شناخته‌شوند بهتر می توان این دو موجود را درک کرد، درحفظ منابع طبیعی و حداقل در زنبورداری و باغ داری بهتر عمل کرد.

تقریبا تمامی رفتارشناسان حشرات، رفتار زنبوران عسل را در میان بقیه زنبوران، منحصر به فرد و برتر می دانند و یکی از موارد چشمگیر، دقت و تمایز بین طرح های گل ها است. به طوری که جیورفا و لرر[1] (۲۰۰۱) طی تحقیقات خود آن را یاد آور شده اند:« زنبور عسل یک مدل پر قدرت برای جستجوی مکانیسم های یادگیری و شناسایی طرح های گل در بین حشرات است».

تغییر رنگ بعضی از گل ها ممکن است ظاهراً بی اهمیت جلوه کند، اما می تواند برای زنبور یک نشانه و اعلان باشد، برای مثال نشانگر سن گل باشد، طوری که بعضی از گل ها در ابتدای شکوفایی، یک رنگ و بعد از گذشت زمان، رنگ دیگری می یابند که ممکن است دیگر مطلوب زنبور یا دیگر گرده افشان ها نباشند. در این ارتباط، ماتور و موهان رام[2] (۱۹۷۸) اعلام داشتند: «گرده افشانی گل ها در بسیاری از گونه ها وابسته به رنگ گل است. برای مثال، در گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای *Lantana camara* گل های زرد بعد از گرده افشانی به قرمز تغییر رنگ می دهند. چنین تغییر رنگی به این جهت صورت می گیرد تا گرده افشان ها تصمیم به ملاقات یا نادیده گرفتن گل بگیرند. در این گیاه، نوعی حشره بی بال و پروانه ها گل های زرد را جست و جو می کنند اما از شهد نوع قرمز آن اجتناب می‌کنند (ویس[3]، ۱۹۹۱). اندازه و شکل گل نیز به قابلیت ملاقات گل کمک می کند». ناتمن[4] (۲۰۰۶) نیز معتقد است: «تشخیص سن گل ها ممکن است به وسیله عوامل مرئی و واضح در خود گیاه صورت گیرد، به طور مشخص به وسیله تغییرات رنگ که با تنوع زیاد در بخشی از گل یا تمام آن رخ می دهد».

اعلان های مرئی شامل رنگ، اندازه و شکل گل است. تفاوت های رنگی مابین گل ها به گرده افشان ها این اجازه را می دهد تا مابین گونه ها و واریته ها فرق بگذارند. گل های بسیاری از گونه ها در محدوده UV یک طرح رنگی نشان می دهند که گرده افشان ها را به سمت هدیه گل دریک مسیر مطمئن هدایت می کند. برای زنبورها رنگ جاذب مهمی است (شیوانا[5]، ۲۰۰۳).

تفاوت های رنگی ممکن است راهنمایی برای تراکم، حجم یا محتوای شهد باشد. نیگل و چیتکا[6] (۲۰۰۵) در پژوهش خود ارتباط رنگ گل‌ها با عملکرد زنبورهای مقدس را بررسی و اعلام کردند: « کلنی های زنبور مقدس[7] از گونه *Bombus terrestris* به طور میانگین، تمایل ذاتی بیشتری برای گل‌های بنفش رنگ در جمع آوری شهد دارند و این افزایش در جستجو، نوعی شعور تکاملی ایجاد می کند چون گونه های گل بنفش رنگ در شهد گل‌هایشان به طور میانگین حدود چهار مرتبه قند بیشتری نسبت به سایر رنگ‌ها (رنگ آبی) داشتند. بنابراین با وجودی که کلنی‌ها با علاقه‌مندی و تمایل ذاتی در جستجوی شهد گل های بنفش رنگ بودند اما این افزایش غذای قابل دسترس کلنی، به معنی سرمایه گذاری مناسب و در خور کمّی برای ژن تولید ملکه نیست و ارتباط رنگ بنفش با تولید ملکه ضعیف است.« قبلا نیز چیتکا و همکاران[8](۲۰۰۴) اعلام کرده بودند» در منطقه‌ای نزدیک به «وُرزبورگ[9] آلمان» گل های بنفشی (از گونه های مختلف) تولید می شوند که چهار برابر قند شهد بیشتری نسبت به گل‌های آبی دارند و کلنی‌های زنبورهای مقدس تمایل شدیدی به جمع آوری آن‌ها نسبت به گل‌های آبی دارند و این نوعی سازگاری در محدوده منطقه به شمار می‌آید. این تمایل به حدی شدید است که از نظر آماری ارتباطشان در حد ۵٪ است ولی با این وجود تأثیرگذاری آن در ژن ضعیف است و در عوض ژن ها بیشتر از پروتئین گرده تأثیر می‌پذیرند». در همین ارتباط چیتکا و والس[10] (۲۰۰۴) در تحقیق دیگری اعلام داشتند «سازگاری به رنگ قرمز در گونه‌های زنبور مقدس آمریکایی وجود دارد، گونه *Bombus occidentalis* با وجودی که اکثراً قویاً رنگ‌های آبی و بنفش را ترجیح داده اند اما تمایل ثانوی آن ها به رنگ قرمز است و این نوعی سازگاری در بهره برداری از گل‌های قرمز محسوب می شود». تقوی زاد و همکاران (۱۳۸۶) نیز در بررسی خود در منطقه «سیراچال» استان البرز اعلام داشتند «بیشترین رنگ گل‌هایی که گرده آن‌ها جمع‌آوری شده، زرد بوده است».

بنابراین علاوه بر آن که تراکم شهد و منطقه جغرافیایی عوامل مهمی در جمع آوری شهد و گرده گل هستند، به نظر می رسد، سازگاری برای حفظ بقاء نکته مهم تری باشد.

1. Giurfa & Lehrer
2. Mathur and Mohan Ram
3. Weiss
4. Nuttman
5. Shivanna
6. Nigel & Chittka
7. Bumblebees
8. Chittka et al.
9. Wurzburg
10. Chittka & Wells

اندازه، شکل و تقارن

اندازه گل ها در بعضی موارد می تواند تعیین کننده نوع گرده افشان باشد، به طوری که گل های بزرگ تر، گرده افشان های بزرگ تری را می طلبند، چنین گل هایی گاه سیستم گرده افشانی مخلوط دارند و علاوه بر آن، تنوع زیستگـاه و گونه گیاهی نیز تعیین کننده است. اورتگا[1] و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی های خود بر روی ۴ گونه از گل های میمونی *Scrophularia* اروپـا کـه دارای گل های بزرگ و پُر زرق و برقـی هستند، به نتایج جالبی رسیدنـد؛ در *Scrophularia calliantha* ، گونه اندمیک جزایر قناری، گـرده افشانی بیشتر توسط پرندگـان صورت می‌گیرد، به خصوص با قناری *Phylloscopus canariensis* در گونـه *S.sumbosifolia* زنبورهای عسـل و زنبورهـای بی‌عسل[2] کار گـرده افشانی را انجام مـی دهند. گونه *S.grandiflora* را زنبورهـای مقدس و زنبورهـای بی‌عسل گرده افشانی می‌کنند. دو گونه اخیر مربوط به نواحی غرب و مرکزی مدیترانه، ماکرونزیا[3] و نیومکزیکـوی آمریکا هستند. در گونه *S.trifoliata* (گونه اندمیک جزایر تیرنین)، زنبور بی عسل گرده افشان است. به نظر می رسد حتی گونه های مختلـف یک جنس از گیاهان با رفتـاری جداگانه چنان در روابط تنگاتنگ اکولوژیک قرار دارند که هر یک تقاضای جداگانه ای برای جلب گرده افشان خـود دارند و این متناسب با اندازه گل آن ها و نوع منطقه جغرافیایی است که زیست می‌کنند.

زنبورهای عسـل و سایر حشرات نسبت به اشکـال متقارن گل(گل‌های منظـم یا با تقارن شعاعی) رغبت ذاتی نشان مـی دهند (مولر و سورسی[4]، ۱۹۹۸) و ایـن مـی تواند با یادگیـری تقویت شود (جیورفـا و همکاران[5]، ۱۹۹۶). گـل های صدمه دیده احتمالاً بـه دلیل این که نامتقارن هستند و شهـد یا گرده کمتری دارند، کمتر مورد استفاده قرار می گیرند (گالسون و همکـاران[6]، ۲۰۰۷). بنابراین شکل جام گل می‌تواند بر رفتار گرده افشان و تمایل یا عدم تمایل آن در جمع آوری‌ها تأثیر بگذارد.

مطالعات زیادی مبنی بر این که حشرات می توانند گل های مصنوعی را بر اساس شکل یا طرحشان تشخیص می دهند گزارش شده است جانسون و دافنی[7](۱۹۹۸). این قبیل مطالعات توسط یوشیکا[8]و همکاران (۲۰۰۷) به طـرز عملی روی گیاه پامچـال *Primula sieboldii* انجام شده است؛ در ایـن گیاه، گرده افشان اصلی زنبورهای مقـدس هستند. این گونه به دلیل داشتـن تنوع شکل های گل و ساختار سـاده گل ها در اجتماعات وحشی، یـک مدل مناسب برای تحقیـق است. گل هـا دارای ۵ گلبرگ تقریبا هم شکـل هستند. گلبرگ ها به طور شعاعی در یـک طرح ساده مرتب شدند. تنـوع شکل گلبرگ زیاد است و روی شکـل گل تأثیر می گذارد، به همین دلیل ساخت گل هـای مصنوعی آسان است چون می تواند شباهت زیادی بـه گل های طبیعی داشته باشد. یوشیکـا و همکاران (۲۰۰۵) قبلا نیز در آنالیز گلبرگ نمونه های وحشی گزارش کردند: «گلبرگ های مورد مطالعه اکثـرا در اندازه هـای طول و عمق شکاف رأسی تنـوع داشتند». آن ها در نتایـج حاصل از این تحقیقات عنـوان داشتند: «در گیاه پامچال *Primula sieboldii* دو حالـت ممکـن در شکل جام گل به طـور مستقیم یا غیر مستقیـم بر رفتـار گرده افشان تأثیـر می گذارد؛ اولا، اگـر شکل جام گل مرتبـط با تمایل ذاتی گرده افشان ها باشد و گیاه با ژنوتیپ شکل جام گل طبیعی توسـط گرده افشان انتخاب شود. دوما، حتـی هنگامی که گیاه به دلیل داشتن ژنوتیپ جام گل غیر طبیعی به طور ذاتی مطلوب گرده افشان نباشد، ممکـن است در نتیجه یادگیری، انتخاب شود. این در صورتی است کـه زنبورهای مقدس، هدیـه (شهد یا گرده) بیشتـری را طلب کنند». به عبارتی در صورتی که میزان شهد یا گرده گل، زیاد و قابل توجه باشد حتی اگر شکل گل مورد پسند زنبور نباشد، باز هم آن را برمی‌گزینند.

نوع گل آذین

برخی از گل هایـی که مورد گرده افشانی زنبورها قرار می گیرند دارای گل آذین مرکب هستند یعنی اجتماعی از گل های کوچک در تشکیل یک گل شرکت می کنند، به طور مثال گل پیاز. سیلوا و دین[9] (۲۰۰۴) معتقدند «از ایـن جهت که تخمدان های گل های پیـاز وابسته به گرده ها هستند، نباید به دلیل داشتن شکوفه چتر، گرده افشانی آن ها به طور تصادفی انجام شـود. ایـن گرده افشان های موفق تمام گل هـای چتر را به دقت جستجو می‌کنند». صبر و حوصله زیاد زنبورها در گرده افشانی گل هایی با گل آذین مرکـب دیدنی و تحسین بر انگیز است به طوری که به نظر می رسد آن ها هیچ گلی را نادیده نمی گیرند.

نشانگرهای فیزیولوژیک گل و رفتار متقابل زنبورها

عطرها

عطـر یکی دیگـر از مهم ترین جذابیـت های گل اسـت. رایحه گل ها از مشتقـات فـرار الکل ها، استرهـا، آلدهیدها و کتون هـا هستند. بعضی از رایحه‌هـای گـل ها اختصاصی و بعضـی تقلیدی با بوی کـود یا مشک پستانداران یا فرومـون حشرات می باشند. ترکیبات معطره رایحه یک گل، بستگـی به ژنتیک گیاه، مرحله نموی آن و شرایط محیطی دارد (دوداروا و پیشرسکی[10] ، ۲۰۰۰). بنابراین نوع و ترکیب عطر می تواند بر انتخاب گرده افشان تأثیر بگذارد.

1. Ortega
2. Wasps
3. Macaronesia
4. Moller & Sorci
5. Giurfa et al.
6. Goulson et al.
7. Johnson & Dafni
8. Yoshioka
9. Silva & Dean
10. Dudareva & Pishersky

ژرالدین[1] و همکاران (۲۰۰۱) ضمن این که اعلام داشتند زنبورهای عسل برای شناسایی و تمایز میان گل های درجستجوهایشان از عطر استفاده می‌کنند، در پژوهش خود بر روی واریته های مختلف دو گونه کانولا (*Brassica napus, Brassica rapa*) دریافتند؛ زنبورهای عسل قادر به کشف و تمایز بین عطرهای گل های واریته های مختلف دو گونه فوق نیستند. به عبارتی زنبورها نمی توانند تفاوت عطر یک کانولا را از عطر کانولای دیگر تمیز دهند. اما در بررسی بر روی گل های میمون *Antirrhinum magus* مشاهده کردند؛ زنبورها عطر بین گل های یک واریته از میمون را از واریته دیگر به راحتی تشخیص می دهند. همچنین زنبورها عطر بین گل‌های میمون را از عطر گل‌های کانولا تشخیص می‌دهند. آن‌ها شدت و کیفیت عطر را از دلایل تأثیر گذار بر توانایی زنبورهای عسل در تمایز میان عطر گل‌ها دانستند.

پلز[2] و همکاران (۱۹۹۷) ضمن آزمایشات خود دریافتند؛ تراکم عطر بر کشف و حافظه زنبورهای عسل تأثیر دارد. همچنین یک عطر که شدیدتر است سریع تر یاد گرفته می شود و راحت تر از سایر عطرها تشخیص داده می شود. در این ارتباط دابسون[3] (۱۹۹۴) نیز یاد آور شده است: «برخی از گونه های گیاهان گل هایی تولید می کنند که تراکم بیشتری از مواد معطره تولید می کنند تا سایر گونه ها». بنابراین هر گونه تغییر ژنتیکی یا تاریختی گیاهان که منجر به کم و زیاد شدن شدت عطر گل ها شود می‌تواند بر روابط آن ها با زنبورهای عسل تأثیر منفی بگذارد.

شهد و گرده

شهد و گرده معمولا هدیه های گل برای زنبورها نامیده می شود. بنا به عقیده شیوانا (۲۰۰۳): «در گرده افشانی غیر مستقیم، گیاهان حیوان پسند[4] برای رفع احتیاجاتشان مجبور به جذب گرده افشان ها هستند و این کار را به سه طریق ممکن انجام می دهند: الف: با اعلان وجود یک هدیه. ب: با به کارگیری چندین هدیه، معمولاً غذایی. ج: با موقعیت یابی بساک‌ها و کلاله برای امکان تماس با بدن گرده افشان ها به منظور تسهیل در انتقال گرده». به نظر می رسد، گیاهان با شیوه های جلب متنوع، انواع گرده افشان ها با سلیقه های مختلف را فرا می خوانند.

هدیه های گل نیاز اصلی گرده افشان را فراهم می کنند تا از تکرار ملاقات با آن مطمئن شوند. گرده و شهد، هدیه های مغذی اصلی هستند. گرده ارزش غذایی بالا با ٪۲۵ کربو هیدرات، ٪۲۵ پروتئین، ٪۱۰ آمینو اسید و ٪۵ لیپید دارد. همچنین از ویتامین ها و مواد معدنی غنی است (اشمیت و بوچمن[5]، ۱۹۹۲).

به نظر می رسد رابطه گیاه و گرده افشان اختصاصی است یا هر نوع گرده افشان نسبت به گیاه خاصی علاقه مندی نشان می دهد تا در نهایت یک رابطه گرده افشانی غیر مستقیم و اختصاصی شکل بگیرد، به طوری که شیوانا (۲۰۰۳) اعلام داشته است: « شهد در جذب حیوانات گل پسند اهمیت زیادی دارد. حجم شهد، تراکم قندها و حجم آمینو اسید متناسب با نوع گرده افشان هاست».

کاوی[6] و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود بر روی گیاه *Fagopyrum esculentum* اعلام داشتند «میزان گرده افشانی بستگی به ظرفیت گیاه نسبت به جذب گرده افشان که زنبورعسل است دارد. این کار توسط مورفولوژی گل و تولید شهد و گرده صورت می گیرد. تولید شهد در این گیاه تحت تأثیر هترومورفی، میزان پولوئیدی، سن گیاه، موقعیت گل آذین و عوامل غیر زیستی است.

در تحقیقات سامرویل[7] (۱۹۹۹) بر روی سیب، مقدار شهد و گرده میان کولتیوارهایی که زنبور عسل با ارجحیت آن ها را جمع آوری می کند، نسبت به بقیه کولتیوارها که جمع آوری نمی کند، متنوع است. همچنین مشاهده شده است که تراکم قند شهد برای سیب ها بین ٪۲۰ و ٪۳۷ و برای گلابی مابین ٪۲ و ٪۳۷ است. وی اذعان داشت «این روشن می سازد که چرا بعضی مواقع گلابی ها به اندازه سیب ها برای زنبورها جذاب نیستند. عوامل محیطی مستقیما روی مقادیر ترشحی شهد تأثیر می گذارند. مشخص شده است که شهد با تراکم بیشتر در گیاهان مسن و تا حدودی پژمرده وجود دارد. علاوه بر آن، تراکم شهد، نوسان بسیار زیادی دارد که بستگی به رطوبت روزانه دارد. همچنین تعداد زنبورهای عسلی که شکوفه های سیب را به طور مستقیم ملاقات می کنند مرتبط با میزان تراکم شهد هستند». این نیز رابطه حساس گیاه، زنبور و محیط را روشن می سازد.

زنبورها با داشتن مکانیسم های قوی قادر به تست کردن و تشخیص گل‌ها از حیث داشتن مقدار شهد هستند، به طوری که دوفیلد[8] و همکاران (۱۹۹۲) اعلام داشته اند «هم زنبورهای مقدس و هم زنبورهای عسل، اغلب اوقات وقتی جلو یک گل پرواز می کنند، کمی جام گل را لمس می‌کنند و سپس گاه بدون جستجو در درون گل، آن را رها می کنند. منصرف شدن از گل نشان دهنده آن است که گل های فوق به طور متوسط از شهد کمتری برخوردارند».

میزان تولید شهد در سنین مختلف گل فرق می کند، اما هیچ تناسب قطعی بین تولید شهد و سن گل ها وجود ندارد. به طور کلی، تولید شهد بعد از باز شدن گل کاهش می یابد (وس و همکاران، ۱۹۸۰) و یا اول به اوج می رسد و سپس کاهش می یابد (ناتمن و همکاران، ۲۰۰۶). اما در بعضی از گونه ها، تولید شهد با افزایش سن گل افزایش می یابد (رابرتسون

1. Geraldine
2. Pelz
3. Dobsun
4. Zoophile
5. Schmidt & Buchmann

6. Cawoy
7. Somerville
8. Duffield

و ویـات[1]، ۱۹۹۰). در گیاه *Fagopyrum esculentum* ترشح شهد بعد از بـاز شدن پوشـش گل شروع می شود و قطرات شهـد روی نهنج، مقابل نوشجای تجمع می کنند.

برخـی از محققین، اوج فعالیت زنبورها در ساعات و زمان های خاص را به دلیـل داشتن تراکم شهد بیشتر در آن اوقـات می دانند، برخی نیز معتقدند ممکـن اسـت حجم کم شهـد و کمبود منابـع غذایـی در آن ساعات برای کندوهایـی که به تعداد زیاد در جایی مستقر شـده اند سبب فعالیت بیشتر زنبورها برای جمع آوری حداقل شهدهای باقیمانده باشد. به طوری که سیلوا و دین (۲۰۰۴) اعلام داشته اند « با بررسی در سه ژنوتیپ پیاز، مشخص شده کـه تولید شهد گل پیاز، ساعت بـه ساعت و روزانه تغییر می کند. کم و زیاد شدن میزان شهد در طول روز، در قالب طرحی پی گیری شد و مشخص شد که با قله هایی در صبح و عصر همراه است» و طبق پژوهش‌های وینسلبویم[2] و همکاران (۲۰۰۳) اعـلام شده است «بزرگترین پارامتر آشکار در تشخیص سـود دهی یک محصول از دیدگـاه زنبور عسل، حجم شهدی است که زنبور قادر است در یک دوره زمانی معین جمع آوری کند».

برخی از محققین که تراکم زیاد شهد را عامل فعالیت زیاد زنبورهای عسل یا جمـع آوری زیاد شهد می دانند در ضمـن معتقدند که زمان پراکندگی گرده ها با زمانی که شهد به حداکثر تراکم می رسد، یکی است، به عبارتی زمانـی تراکم شهد بـه بیشترین مقدار خود می رسد کـه گرده ها آمادگی لازم بـرای گرده افشانی و تلقیح را داشته باشند. به طوری که سیلوا و دین (۲۰۰۰) اعلام داشته اند «بـرآورد شده است؛ زمانی که گل‌های پیاز، شهد کمـی دارند یا ندارند، زنبورهای عسـل از آن ها اجتناب می‌کنند اما همین گل‌ها وقتی که در حجم زیادی شهد دارند، زنبورها را جذب می‌کنند». طرح تولید شهـد در زندگی گل های پیاز نشان می‌دهـد؛ بیشترین شهد زمانی تولید می شود که گرده ها پراکنده می شوند. بنابراین شمار زیادی از گرده افشـان ها زمانی جذب گـل ها می شوند که می خواهند گرده‌ها را پراکنده کنند (سیلوا و دین، ۲۰۰۴).

ترفندهای گیاهان و تغییر عملکرد زنبورهای عسل

برخی از گیاهان به منظور دست‌یابی به گرده افشان اختصاصی و یک گرده افشانـی مطمئن دست به ترفندهایی زده‌اند؛ در گیاه ابرویی *Ophrys* (همه گونـه ها)، شکل و رنـگ گل، بوی تقلیدی گل از حشره ماده و به طور نسبی فرومـون آن، جفت گیری کاذب زنبور نـر با گل را سبب شده و در خلال آن گرده افشانی رخ می دهد (شیوانا، ۲۰۰۳).

در مـواردی که شهد گل در طبیعت کمیـاب باشد، زنبورعسل به اجبار مـواد قنـدی حاصل از مواد دفعـی شته ها و شپشک هـا و سایر ترشحات شیریـن گیاهان (به غیـر از شهد گل ها) را جمـع آوری می کند و پس از تبدیـل به صورت عسل در داخل سلول های قاب ذخیره می نماید. این نوع عسل که «عسلک» نامیده می شود از نظر عطر و رنگ و مواد متشکله آن از کیفیت کمتری نسبت به عسل معمولی برخوردار است (عبادی، ۱۳۶۹). بنا برایـن زنبورهای عسل در همه حال بنا را بر حفظ بقا می‌گذارند و اگر لازم باشد از جایگزین‌هایی به جای شهد گل استفاده می‌کنند.

تنوع محل تشکیل و تعداد نوش جای[3]

از نظـر تکوینی، محل تشکیل نـوش جای گل‌ها، تنوع فراوانی دارد و نیز تعداد متغیـر است. در گیـاه *Fagopyrum esculentum* هشت نوش جـای زرد رنگ بـر روی نهنج در قاعده تخمدان و به طـور متناوب با میله پرچم‌هـا بـه شکل یک قلاب بـر آمده شده و در یک حلقـه ترشحی بدون محافـظ سازمان‌دهـی شده‌اند. نوش جای ها از یک لایـه اپیدرمی تشکیل شده انـد و در بر گیرنده یک پارانشیم چند لایه هستند (کاوی و همکاران، ۲۰۰۸).

در ماشک *Vicia* (همه گونه ها) و گل حنا *Impatiens* (همه گونه‌ها) نـوش جـای بر روی گوشوارک و در ثعلب ها بـر روی براکته و در تیره گل سرخ و تیره نخود بر روی دمگل و در کرچک حتی روی لپه های دانه دیده مـی شود. در «گل ماهـور» *Verbascum* (همه گونه هـا) و «پیچ امین الدوله» *Lonicera* (همه گونه ها) گلبرگ ها دارای نوش جای می باشند. بدیهی است تعدد نوش جای، بیشتر جلب توجه می کند.

گیاهان تراریخت[4] و زنبورها

تراریخت ساختن گیاهان، امروزه توانسته است بر مشکلاتی فایق آید، نظیر ایجاد صفات مطلوبی در ازدیاد محصولات، دفع سموم، مبارزه با آفات و غیره. اما امروزه بحث هایی در محافل علمی مطرح می شود و مقالاتی نیز به رشته تحریـر در آمده که گویای پیامدهای منفـی است و حتی عده‌ای از محققین معتقدنـد در دراز مدت تراریختگی نه تنها دفـع آفات و سموم نشده بلکه، با از بیـن رفتن ژن‌های طبیعی که مقاومت هر چند کمتری نسبت به سموم و آفـات داشتند، این گیاهـان بیشتر در معرض خطرند و نیز از بین رفتن تنوع ژنتیکـی را سبب کاهش بردباری و سازگاری این گیاهان می دانند. همچنین تأثیر تراریخت‌ها در گرده افشانی نیز بررسی شده و بررسی های بیشتری هم نیاز دارد، از جمله مالون و فام- دلگو[5] (۲۰۰۱) اعلام داشتند«کیفیت گیاهان تراریخت زراعی کاهش می یابد. این ممکن است در دو جهت باشد؛ یا اثرات مستقیـم روی زنبورها دارد که از طریق کـد شدن پروتئین های ترانس ژنی اسـت و بیان آن ها در گرده، شهد یا رزیـن صورت می گیرد، یا با اثرات غیر مستقیم، ممکن است در اثر ترانس ژنی، تغییراتی در فنوتیپ گل ها رخ دهد». بـه این ترتیب تغییرات و جابه جایی های ناخواسته در ژن ها ممکن است از میـزان شهد یا گرده بکاهد یا سبب بروز فنوتیپ و صفات جدید مورفولوژیک

1. Robertson & wyatt
2. Wainselboim
3. Nectary
4. Transgenic
5. Malone & Pham-Delègue

گل‌ها شود به نحوی که ممکن است تغییرات غیر قابل تحمل باشد یا گل ها دیگر جذابیت قبل را برای زنبور نداشته باشند.

نتایج و بحث

امـروزه شعارهایی چون؛ تولید بیشتر بـه منظور درآمد افزون تر، اقتصاد متحـول، تجارت پرسود و غیره... در زمینه هـای کشاورزی چنان انسان را فریفتـه که گویا از یاد برده اسـت با موجودات زنده سروکار دارد و خود نیز جزعی از اکوسیستم است. متأسفانه یا خوشبختانه هر چه با طبیعت کنیم، دامنگیر خودمان می شود:

طبیعـت، عرصه تعامل میان انواع موجـودات زنده و نیز محیط غیر زنده اسـت، اما تمامـی برهم کنش ها سمت و سوی تعادلـی دارند و نه تنها اثر ممانعت کنندگی زیستـی ندارند بلکه به نوعی یکدیگر را تقویت می کنند. گیاهـان با در معرض گذاری ویژگی هـای توجه بر انگیز و زنبورها با سبک و سنگیـن کردن این ویژگی ها و فواید آن ها و هزاران رمز و راز دیگر، آنها را بر می‌گزینند.

ارتباط گل‌ها با زنبورها در شرایط محیطی و موقعیت های مختلف، بسیار متنـوع است به این معنـا که هر دو به نحو اعجـاب انگیزی سعی بر حفظ رابطـه دارند و حتی اگر لازم باشد از بعضی از علاقه مندی های خود عدول می‌کننـد. به عبارتی، در روابط بین گل ها و زنبورها همه چیز تحت الشعاع حفظ رابطه و برخورداری از حداکثر تبادل انرژی است. ازجمله ممارست‌های شگفت انگیز زنبورها و گل ها این که:

۱) گیاهـان زمانی شهد یا گرده کمی دارنـد و این زمانی است که مورد توجـه و جمـع آوری زنبورها قرار نمی گیرند امـا همین گل ها در برهه‌ای دیگـر کـه شهد و گرده زیـاد دارند بسیـار مورد توجه و جمـع آوری قرار مـی گیرنـد. چنان که سیلوا و دین (۲۰۰۰) در مـورد گل های پیاز عنوان داشته‌انـد؛ «گل هـا زمانی شهد یا گرده کمی دارنـد و این زمانی است که مـورد توجه و جمـع آوری زنبورها قـرار نمی گیرند اما همیـن گل ها در برهه‌ای دیگر که شهد و گرده زیاد دارند بسیار مورد توجه و جمع آوری قرار می‌گیرند». به این ترتیب، گیاهان به نوعی زمان گرده افشانی را خود تعیین می‌کننـد که بر گرفته از فرآیند های فیزیولوژیک به وقوع پیوسته در آن‌ها تحت کنترل ژنوم است.

۲) شکل و انـدازه گل تعیین کننده نوع گرده افشان است، به طوری که حتی گاه گونه های یک جنس مانند گل میمونی *Scrophularia* ممکن اسـت گـرده افشان های مختلف داشته باشند و ایـن در جهت سازگاری با محیـط زیست نیز انجام می شود. اما امـروزه تغییرات زیادی در این زمینه انجام می گیرد و تراریخت‌ها فراوانند.

۳) مشاهـده می شود در بسیاری از بررسـی هایی که بر نشانگرهای گل صـورت گرفتـه اغلب نشانگرها خـود تأثیر پذیر یا راهنمـا کننده به سوی گل‌هایـی با شهد یا گـرده بیشتر هستند. به عبارتی؛ بـا وجودی که طرح، رنـگ، شکل و عطر گل هر یک عامل جداگانه و مهمی در جذب زنبورها به گل های ویژه هستند، اما به نظر می رسد همه عوامل یا نشانگرهای گل به نحـوی مهیا شده اند تا میـزان تراکم هدیه های گل (شهد یا گرده) و زمان بهره برداری از آن ها را نشان دهند. می توان گفت همه نشانگرها در خدمت نشانگرهـای شهـد و گرده هستند. شهد نیز هدایـت کننده به سمت گرده اسـت. بنابراین حکمت وجودی نشانگرهای گـل ها با تمامی جلوه گری ها کـه به نوعی رفتار شبیه است، در نهایت شرکت دادن زنبورها و سایر گرده افشان ها در فرآیند پراکندن گرده است.

۴) مشاهـده می شـود طرح ها و رنگ های گل به نحوی سازمان یافته و جـذاب شده اند که حتی از فاصله های دور به نظر زنبورها بیایند. عطرها یا رایحـه ها می توانند تفاوت های بین گونه ای را در اکثر موارد برای زنبورها مشخـص کنند و در بعضی مـوارد نیز تفاوت های واریته ای و کولتیوارها را تعییـن کنند. عطـر نیز از فاصله نسبتا دور البته نه بـه اندازه طرح و رنگ، قابل تشخیص است. اما شهد و گرده که می بایست بهتر حفظ شوند در گل مخفـی ترند و لازم است از فاصله نزدیک تر سنجش شوند. به همین جهت زنبورها گاه با پرواز در جلو گل و لمس کردن آن، سنجش نهایی را به عمل می‌آورنـد. به نظـر می رسد نشانگرها گام به گـام زنبورها را به منبع اصلی یعنـی شهد و گرده، نزدیک تر می کننـد. نشانگرهایی که ثبات آن‌ها برای گیاه و زنبور مهم هستند.

۵) زنبورهـا وقتی بـه گل های مرکب مانند گل پیـاز می رسند، به نظر می‌رسـد تنها به بهره برداری خود نمی اندیشنـد و تمامی گلچه ها را طی بازدید خود گرده افشانی می کنند نه فقط تعدادی از آن ها را.

۶) بعضـی از گل ها نیز با افزایش تعداد نوش جای، سعی دارند تا شانس ملاقـات خود با گـرده افشان را بیشتـر کنند، مانند زرشـک *Berberis vulgaris* با ۱۲ غده شهد (تقوی زاد و همکاران، ۱۳۸۶) و *Fagopyrum esculentum* با ۸ نوش جای(کاوی و همکاران، ۲۰۰۸). این نیز در ژنوم گیاه تعریف شده است.

خطـرات کنونی و عوامل برهم زننـده روابط میان گل ها و زنبورها

خصوصیـات مورفولوژیک گل بـرای ایجاد رابطه گـرده افشانی و تعامل میـان گل ها و زنبورها از حساسیت خاصـی برخوردار است و تغییر در این ویژگـی هـا می تواند در شکل گیـری رابطه یاد شده اثر منفـی بگذارد. از طرفی دخالـت علوم تکنولوژی و مهندسی ژنتیـک در ایجاد تراریخت ها[1]، اشکـال و طرح های جدید هیبرید گل هـا و روانه کردن آن ها به طبیعت، سبـب تغییرات زیادی در شکل ظاهری گل ها شده است، از جمله بزرگ‌تر شـدن و یا به عکس کوچکتر شدن بعضـی از گل ها (به طور مثال در رُزها و اطلسـی هـا)، تشکیل تراریخت هایـی که صرفا به زیبایی یـا ازدیاد گل می‌انجامـد، بدون توجه به قابلیت تکثیر پایه هـای جدید و بدون توجه به

1. Transformations

تغییــر یا کم شدن میزان شهد یا گرده و نیز بی توجهی به گونه های بومی. این‌ها همه خطراتی هستند که گونه های گیاهی بومی و سازگار در تکثیر و مستعــد زادآوری های طبیعی را تهدید می کنند و خزانه ژنی آن‌ها را نابود مــی سازد. امروزه شاهدیم که گل هــای زینتی که تا قبل به راحتی قادر به تکثیر آن ها در باغچه خود بودیم به علت کراس ها و هیبریدهای زیادی که صورت گرفته دیگر بذرهای قابل رویش ندارند، همچنین صفات سازگاری با محیــط در آن ها ضعیف یا کم شده است. برخی از گیاهان زینتی چندساله در اثــر اصلاحــات ژنتیکی صورت گرفته به منظور زیبایــی یا بزرگتر شدن، دچــار تغییرات ناخواسته نیز شده اند، گیاهان چندساله بعد از گذشتن تنها یکســال از رشــد به سمت کاهش رشد یا پیری مــی روند یا در مقابل تغییر شرایــط محیطی بسیار نابردبار هستند. کارهایــی از این دست که عمدتا به منظــور سودجویــی انجام می شود و خطر عقیم مانــدن گیاهان را به دنبال دارد، اثرات نا مطلوبش بیشتر زمانی آشکار می شود که دامنه اش به گیاهان زراعی نیز کشانده شود.

زنبورهــا با داشتن قــوه یادگیری، یاد می‌گیرند کــه در شرایط نامطلوب، سازگــار شوند، تغییر رویــه دهند و به هر حال بقــاء خویش را حفظ کنند. وقتــی گیاهــان در بهترین شرایط مورفولوژیک به سر برنــد، رابطه آن ها با زنبورها یک رابطه معقــول است ولی اگر گل ها، صفات طبیعی موفولوژیک و فیزیولوژیــک خود را که بر گرفته از صفــات ژنتیکی است به هر عنوان از دست بدهند، زنبورها یاد می گیرند سازگار شوند؛ به طور مثال ابتدا به سراغ گیاهانی با جذابیت کمتر (از نظر شکل گل) بروند یا در نهایت یاد می گیرند تغییــر رویه دهند و به جــای استفاده از شهد گل ها فقط به سراغ ترشحات شتــه ها و شپشک ها یا حتی گیاهان سمــی بروند. اگر این اتفاق بیفتد، در ایــن صورت باید عسلک هایی با کیفیت بسیــار کمتر از عسل داشته باشیم یا منتظر عسل ها یی باشیم که با خوردن آن ها نه تنها سلامتی نمی یابیم بلکه دچار عوارضی مانند تهوع، دل پیچه، اسهال و غیره بشویم.

منابع مورد استفاده

۱. تقــوی زاد، راضیــه، احمد مجد، فتــح ا... فلاحیان، حسن نظریان، صدیقه مهرابیان، ۱۳۸۶، بررسی ویژگی هــای گیاهان شهدزا و گرده زا در جلب زنبورعسل در منطقه سراچال، استان تهران، پژوهش و سازندگی، شماره ۷۴، ص ۴۱

۲. عبادی، رحیم، علی اصغر احمدی، ۱۳۶۹، پرورش زنبور عسل، انتشارات راه نجات اصفهان، چاپ اول.

۳. مظفریان، ولی ا...، ۱۳۷۵، فرهنگ نام های گیاهان ایران، انتشارات فرهنگ معاصر

4. Cawoy, V., Kinet, J-M and Jacquemart, A-L. 2008. Morphology of nectaries and biology of nectar production in the distylous species *Fagopyrum esculentum* Monech. Annals of Botany. 102, 675-684.
5. Cawoy, V., Ledent, J-F., Kinet, J-M and Jacquemart, A-L. 2009. Floral biology of comman buckweath (*Fagopyrum esculentum* Moench). The European Journal of plant science and Biotechnology. Special issue 1. 1-9. Global Science books.
6. Chittka, L., Ings, T. C. & Raine, N. E. 2004. Chance and adaptation in the evolution of island bumblebee behaviour. Population Ecology, 46, 243-251
7. Chittka, L. & Wells, H. 2004. Color vision in bees: mechanisms, ecology and evolution. In: Complex Worlds from Simpler Nervous Systems (Ed. by Prete, F.), pp. 165-191. Cambridge: MIT Press.
8. Dobson, H. E.M. 1994. Floral volatiles in insect biology, pp. 47–81, in E. A. Bernays (ed.). Insect-Plant Interactions. CRC Press, Boca Raton, Florida.
9. Dudareva, N and Pichersky, E .2000. Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents. Plant Physiol. 122:627–633.
10. 10-Duffield GE, Gibson RC, Gilhooly PM, Hesse AJ, Inkley CR, Gilbert FS, Barnard CJ (1993) Choice of flowers by foraging honey-bees (*Apis mellifera*)—possible morphological cues. Ecol Entomol 18:191–197
11. Geraldine, AW, Bethany DS and Brian HS, 2002. Ability of honeybee, *Apis mellifera*. To detect and discriminate odors of varieties of Conola (*Brassica rapa* and *Brassica napus*) and Snopdragon flowers (*Antirrhinum majus*). Journal of Chemical Ecology, Vol. 28, No. 4, April 2002 (°C 2002)
12. Giurfa M, Eichmann B, Menzel R .1996. Symmetry perception in an insect. Nature 382:458–461
13. Giurfa M, Lehrer M. 2001. Honeybee vision and floral displays: fromdetection to close-up recognition. In: Chittka L.

Thomson JD eds.Cognitive ecology of pollination. Cmbridge: Cambridge UniversityPress, 61–82.

14. Goulson D, Cruise JL, Sparrow KR, Harris AJ, Park KJ, Tinsley MC and Gilburn AS. 2007. Choosing rewarding flowers; perceptual limitations and innate preferences influence decision making in bumblebees and honeybees. *Behav Ecol Sociobiol*. 61:1523–1529.
15. Jaquemart, A-L., Gillet, C and Cawoy, V. 2007. Floral visitors and importance of honey bee on buckweath (*Fagopyrum esculentum* Moench) in central Bekgium. The Journal of Horticultural Science and Biothecnology 82,104-108.
16. Johnson SD, Dafni A. 1998. Response of bee-flies to the shape and pattern of model flowers: implications for floral evolution in a Mediterranean herb. Functional Ecology 12: 289–297.
17. Malone L A. & Pham-Delègue M-H. 2001. Effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus* sp.). Apidologie 32 (2001) 287-304
18. Mathur, G and Mohan Ram HY. 1978. Significance of petal colour in thrips–pollinated *Lantana camera* L. Ann Bot 42: 1473-1476
19. Möller AP, Sorci G (1998) Insect preference for symmetrical artificial flowers. Oecologia 114:37–42
20. Nuttman CV, Semida FM, Zalat S, Willmer PG (2006) Visual cues and foraging choices: bee visits to floral colour phases in *Alkanna orientalis* (Boraginaceae). Biol J Linn Soc 87:427–435
21. Pelz, C., Gerber, B. and Menzel, R. 1997. Odorant intensity as a determinant for olfactory conditioning in the honeybee: Roles in discrimination, overshadowing, and memory consolidation. J. Exp. Biol. 200:837–847.
22. Robertson JL, Wyatt R (1990) Reproductive biology of the yellow fringed orchid, Platanthera ciliaris. Am J Bot 77:388–398
23. Schmidt JO, Buchmann SL. 1992. Other products of the hive. In: The hive and the honey bee. JM Graham (ed), Danant & Sons, Hamilton, IL, pp 927-982
24. Shivanna KR 2003. Pollen Biology and Biotechnology. Science Publishers, Inc.USA.pp6-41,231-235
25. Silva, E.M and Dean, B.B. 2000. Effect of nectar composition and nectar concentration on honey bee (Hymenoptera: Apidae) visitors to hybrid onion flower. J. Econ. Entomol. 93: 1216-1221
26. Silva, E.M and Dean, B.B. 2004. Patterns of floral nectar production of onion (*Allium cepa L.*) and the effects of environmental coditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(3):299-302. 2004.
27. Somerville, D. 2000. Pollination of apples by honey bees. NSW Agriculture. State of New South Wales. published as Reg 4/74
28. Voss R, Turner M, Inouye R, Fisher M, Cort R (1980) Floral biology of Markea neurantha Hemsley (Solanaceae), a bat-pollinated epiphyte. Am Midl Nat 103:262–268
29. Wainselboim, A.J., Roces, F. and Farina, W.M. 2003. Assessment of food source profitability in honeybees (*Apis melifera*): how does disturbance of foraging activity affect tropallactic behavior? J.Comp. Physiol. A. 189: 39-45.
30. Yoshioka, Y., Iwata, H., Ohsawa, R., Ninomiya, S. 2005. Quantitative evaluation of the petal shape variation in Primula sieboldii caused by breeding process in the last 300 years. Heredity 94: 657–663.
31. Yoshioka, Y., Ohashi, K., Konuma, A., Iwata, H., Ohsawa, R and Ninomiya, S. 2007. Ability of Bumblebees to Discriminate Differences in the Shape of Artificial Flowers of *Primula sieboldii* (Primulaceae). Annals of Botany 99: 1175–1182.