



نامه علمی

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش ۱۴۰۵/۰۴/۲۵

معرفی روشی ساده و خودکار جهت جداسازی و جمع آوری حشرات با دگردیسی کامل از بذر گیاهان مرتعی

علیرضا رجبی مظهر^{۱*} و سید ابراهیم صادقی^۲

چکیده

لزوم شناسایی و تعیین هویت علمی حشرات به‌ویژه حشرات با دگردیسی کامل، در اختیار داشتن نمونه‌های سالم و متعدد از شکل کامل آن‌هاست، زیرا اکثر کلیدهای شناسایی رایج حشرات براساس شکل کامل آن‌ها تدوین شده است. شناسایی حشرات با دگردیسی کاملی که مراحل نابالغ خود را داخل محیط‌های محصور نظیر داخل گال‌ها، حشرات هم‌سفره، حشرات بذرخوار گیاهان و پارازیتوئیدهای همراه آن‌ها و میوه و بذر گیاهان طی می‌نمایند، نیازمند طراحی روشی است که علاوه بر سهولت کار، امکان استحصال نمونه‌های سالم و بی‌نقص را فراهم نماید. در این رابطه، یک روش آزمایشگاهی به‌کار برده می‌شود که پایه علمی آن، استفاده از گرایش مثبت حشرات به نور است. کارایی مؤثر این روش در جداسازی زنبورهای گالزای بلوط، زنبورهای هم‌سفره و زنبورهای پارازیتوئید آن‌ها، در طرح ملی «جمع‌آوری و شناسایی حشرات گالزای بلوط ایران» و نیز طرح جامع «حشرات بذرخوار گیاهان مرتعی و پارازیتوئیدهای آن‌ها در استان‌های مختلف کشور»، آزمایش شده و با موفقیت همراه بوده است. حشرات استحصال‌شده با این روش، متعلق به راسته‌های بال‌غشاییان، دوپالان، سخت‌بال‌پوشان و بال‌پولک‌داران هستند. راسته‌ها و خانواده‌هایی که این روش در جداسازی آن‌ها مؤثر بوده است، در این مقاله معرفی شده‌اند. همچنین این روش می‌تواند در تعیین میزان و درصد آلودگی و نیز در مطالعات مربوط به تنوع زیستی این حشرات استفاده شود. از این روش، در جمع‌آوری نمونه‌های حشرات بذرخوار گیاهان مرتعی از جمله *Plantaginaceae* و *Asteraceae* استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: روش جداسازی، جمع‌آوری، حشرات بذرخوار، نورگرایی مثبت، پارازیتوئیدها

Introducing a simple and automated method for isolating and collecting insects with complete metamorphosis from Rangeland plants' seeds

A. Rajabi Mazhar ^{1*} and S. E. Sadeghi ²

Abstract

Accurate taxonomic identification of insects, particularly holometabolous species, requires the availability of healthy and intact adult specimens because most taxonomic keys are based on adult morphological characteristics. For insects that complete their immature developmental stages within enclosed habitats, such as plant galls, seeds, and fruits, as well as for their associated parasitoids and inquiline species, obtaining undamaged adult specimens is often challenging. Therefore, a simple, efficient, and reliable method is required to facilitate the emergence and collection of intact adult insects. This study presents a laboratory method based on the positive phototactic response of insects, allowing the efficient extraction of adult specimens from enclosed plant structures. The effectiveness of this method was successfully evaluated in two national research projects: "Collection and Identification of Oak Gall Insects in Iran" and "Seed-Feeding Insects of Rangeland Plants and Their Parasitoids in Different Provinces of Iran." The method proved highly effective for collecting adult insects of the orders Hymenoptera, Diptera, Orthoptera, and Lepidoptera. The insect families for which this technique was successfully applied are also introduced and discussed. In addition to facilitating taxonomic identification, this method can be employed to estimate infestation levels, determine the percentage of seed or gall infestation, and support biodiversity and ecological studies of insect communities associated with enclosed plant structures. The technique has been successfully applied to seed-feeding insects associated with several rangeland plant families, including Plantaginaceae, Scrophulariaceae, Fabaceae (Papilionoideae), Malvaceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Caryophyllaceae, and Asteraceae. Owing to its simplicity, low cost, and high efficiency, this method provides a practical tool for entomological surveys, taxonomic investigations, and ecological research involving insects that develop within protected plant tissues.

Keywords: Isolation method, collection, seed-eating insects, positive phototropism, parasitoids.

*- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران. پست الکترونیک: rajabi1351@yahoo.com

۲- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

1*- Corresponding author, Assistant Professor, Research Division of Forests and Rangelands Research Department, Hamadan Agricultural Research, Education and Extension Organization. (AREEO), Hamadan, Iran. E-mail: rajabi1351@yahoo.com

2-Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran



● مقدمه

در میان جانوران، حشرات متنوع‌ترین و پرجمعیت‌ترین رده را تشکیل می‌دهند و در اغلب بوم‌سازگان‌ها نقشی اساسی در پویایی و کارکرد اکولوژیکی ایفا می‌کنند. بسیاری از گونه‌های حشرات با گیاهان در ارتباط مستقیم هستند، از اندام‌های مختلف آن‌ها تغذیه می‌کنند یا درون این اندام‌ها زندگی می‌کنند. اندام‌های گیاهی از جمله برگ، گل، ساقه، میوه و ریشه، از مهم‌ترین منابع برای جمع‌آوری و مطالعه حشرات در پژوهش‌های اکولوژیکی و تاکسونومیک محسوب می‌شوند (ملکی میلانی، ۱۳۷۱).

به دلیل تنوع گسترده زیستگاه‌ها و رفتارهای تغذیه‌ای حشرات، روش‌های متعددی برای نمونه‌برداری از آن‌ها وجود دارد. از رایج‌ترین این روش‌ها می‌توان به تورهای حشره‌گیری، تله‌های نوری، تله‌های فرومونی و لوله‌های مکنده اشاره کرد (Southwood & Hen- derson, 2000). با این حال، دستیابی به نمونه‌های کامل و سالم برخی از گونه‌ها، به‌ویژه حشرات دارای دگردیسی کامل مانند راسته‌های بال‌غشاییان (Hymenoptera)، سخت‌بال‌پوشان (Coleoptera)، دو بالان (Diptera) و بال‌پولک‌داران (Lepidoptera)، تنها از طریق پرورش مراحل نابالغ در شرایط آزمایشگاهی امکان‌پذیر است. در این روش، نمونه‌های لاروی یا شفیرگی از بستر طبیعی جمع‌آوری و تا زمان ظهور حشرات کامل در ظروف مناسب نگهداری می‌شوند. این شیوه معمولاً نتایج دقیق‌تر و نمونه‌های سالم‌تری نسبت به جمع‌آوری مستقیم از طبیعت فراهم می‌سازد. به‌کارگیری تله‌های متناسب با مرحله رشدی حشرات نیز نقش مهمی در افزایش بازدهی نمونه‌گیری دارد (سراج، ۱۳۹۰). در محیط آزمایشگاه، برای پرورش حشراتی که بخشی از چرخه زیستی خود را درون ساقه، ریشه، گال، چوب یا بقایای گیاهی سپری می‌کنند، از انواع قفس‌ها و ظروف پرورش استفاده می‌شود. ساده‌ترین نوع قفس، بطری‌های دهان‌گشاد شیشه‌ای یا پلاستیکی است که درپوش آن‌ها با توری پوشانده می‌شود (حجت، ۱۳۸۲). همچنین، برای حشراتی که مراحل نابالغ خود را داخل بذر

یا چوب می‌گذرانند، استفاده از جعبه‌های مقوایی تاریک توصیه شده است، زیرا محیط تاریک به رشد طبیعی حشرات کمک می‌کند و هنگام ظهور حشرات کامل، تمایل طبیعی آن‌ها به‌سوی نور موجب می‌شود، خروج آن‌ها از دریچه بالایی تسهیل شود (Matthews & Matthews, 2010؛ Borror et al., 1992).

در مطالعات حشره‌شناسی پیشین، برای جمع‌آوری حشرات کامل ساکن درون بذور، چوب یا سایر اندام‌های گیاهی، معمولاً از روش پرورش در ظروف شفاف استفاده شده است. در این تکنیک، مواد گیاهی آلوده در ظروف پلاستیکی مجهز به منافذ تهویه (جهت جلوگیری از تجمع رطوبت) قرار داده می‌شد (شکل ۱) و حشرات خروجی به‌صورت روزانه در دمای اتاق با استفاده از آسپیراتور جمع‌آوری و درون الکل یا محلول نگهدارنده تثبیت می‌شدند (Borror et al., 1992؛ Rakhshani et al., 2005).

به‌منظور تسهیل فرایند جمع‌آوری و جلوگیری از آسیب‌دیدگی نمونه‌های خروجی، از روش‌های مختلفی برای بی‌حرکت‌سازی نمونه‌های حشرات استفاده شده است. از جمله این روش‌ها، می‌توان به قراردادن ظروف پرورش در شرایط سرمایشی (یخچال یا فریزر) (زرنگار و صادقی، ۱۴۰۰)، یا به‌کارگیری مواد شیمیایی مانند شیشه‌های سیانید (کلانتی و همکاران، ۱۳۹۸) یا نوارهای آغشته به استات اتیل (Abbasszadeh Fard et al., 2016) برای مرگ سریع حشرات پیش از تثبیت و آماده‌سازی آن‌ها اشاره کرد. علاوه بر این، استفاده از جعبه‌های پرورش تاریک با دریچه خروجی نورانی در قسمت فوقانی، جهت بهره‌گیری از رفتار نورگرایی (Phototaxis) حشرات خروجی و جمع‌آوری آسان‌تر آن‌ها نیز رایج بوده است (Upton & Chapman, 2010).

با وجود به‌کارگیری روش‌های گفته‌شده، تکنیک‌های سنتی اغلب نیازمند مداخله دستی بالا و پایش مستمر هستند که این امر دقت نمونه‌گیری را کاهش و احتمال خطای کاربر را افزایش می‌دهد. براین اساس، نیاز به طراحی سامانه‌های آزمایشگاهی دقیق‌تر، خودکار و با هزینه عملیاتی پایین‌تر، به‌ویژه در جداسازی حشرات ساکن در بذرها و گال‌های گیاهی احساس می‌شود (رجبی‌مظفر و صادقی، ۱۴۰۳). این پژوهش با هدف غلبه بر محدودیت‌های

روش‌های متداول، به طراحی و معرفی یک روش آزمایشگاهی ساده، کارآمد و کم‌هزینه برای پرورش و جمع‌آوری خودکار حشرات با دگردیسی کامل اختصاص یافته است. این سیستم جدید تلاش می‌کند تا ضمن افزایش دقت و سرعت در استخراج نمونه‌ها، نیاز به دخالت دستی را به حداقل برساند و امکان پایش مستمر را تحت شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی فراهم سازد، تا درنهایت به بهبود مطالعات تاکسونومیک و بوم‌شناسی مرتبط با بذرخواران و پارازیتوئیدهای وابسته کمک کند.

● اقدامات و یافته‌ها

طراحی و ساخت ظروف پرورش حشرات بذرخوار

برای پرورش و جمع‌آوری حشرات بذرخوار در شرایط آزمایشگاهی سامانه‌ای طراحی شد که براساس رفتار نورگرایی مثبت عمل می‌کند. در این روش از بطری‌های پلاستیکی ۱/۵ لیتری آب معدنی یا نوشابه، به‌عنوان واحدهای پرورش استفاده شد (شکل ۲).

ابتدا رنگ روغنی سیاه براق با تینر روغنی به نسبت سه قسمت رنگ و یک قسمت تینر مخلوط شد و سطح بیرونی بطری‌ها در فضای باز با قلم‌مو رنگ‌آمیزی شد تا محیط داخلی بطری کاملاً تاریک شود. بطری‌های رنگ‌شده به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در هوای آزاد نگهداری شدند تا رنگ تثبیت و خشک شود. سپس انتهای بطری‌ها با فاصله حدود پنج سانتی‌متر از کف، به‌صورت افقی بریده شد. این برش امکان دسترسی آسان به فضای داخلی بطری و قرار دادن نمونه‌های بذر را فراهم می‌کرد. بخش بریده‌شده انتهایی بطری به‌صورت وارونه دوباره در جای خود قرار داده شد تا ضمن ایجاد محیطی تاریک برای بذور و مراحل نابالغ حشرات، از ورود نور از بخش تحتانی بطری جلوگیری شود (شکل ۱). در مرکز درپوش بطری، سوراخی به قطر تقریبی دو سانتی‌متر تعبیه شد. قطعه‌ای توری پارچه‌ای از جنس ململ به ابعاد دو در دو سانتی‌متر روی دهانه بطری قرار داده شد و درپوش سوراخ‌شده روی آن پیچیده شد تا توری در محل خود ثابت شود (شکل ۲).

در مرکز توری، شکافی به طول حدود یک سانتی‌متر ایجاد شد و در این محل یک لوله

در فضا و کاهش آلودگی و تلفات نمونه‌ها را فراهم کرد. همچنین، به دلیل استفاده از مواد ارزان و در دسترس، قابلیت ساخت در مقیاس وسیع و کاربرد در پروژه‌های مختلف شناسایی و پرورش حشرات بذرخوار را دارد.

عملکرد و بازدهی سامانه پرورش خودکار

سامانه پرورش طراحی شده با بهره‌گیری از رفتار نورگرایی مثبت در حشرات بذرخوار، فرایند جداسازی خودکار آن‌ها را با موفقیت انجام داد. در این روش، بذور گیاهی حاوی مراحل نابالغ حشرات درون محیط تاریک بطری قرار داده شدند. اختلاف روشنایی بین فضای داخلی تاریک و بخش فوقانی روشن ظرف، موجب تحریک حشرات و خروج و هدایت آن‌ها به سمت منبع نور در ناحیه درپوش شد. حشرات پس از خروج از بذر، به‌طور خودکار وارد لوله آزمایش حاوی محلول نگهدارنده (الکل اتیلیک ۷۰ درصد) شدند (رجبی مظهر و صادقی، ۱۴۰۳). پایش روزانه نشان داد، فرایند جمع‌آوری به‌صورت کاملاً خودکار و بدون نیاز به دخالت مستقیم کاربر انجام می‌شود. برای جلوگیری از تبخیر، سطح الکل در فواصل ۷ تا ۱۰ روز بازبینی و در صورت نیاز تکمیل شد.

دقت، کارایی و یکپارچگی داده‌ها

نتایج حاصل از بررسی عملکرد سامانه نشان داد، بازدهی جمع‌آوری حشرات در سطح بسیار بالایی قرار داشت و تمامی نمونه‌ها از جمله بذرخوارها و پارازیتوئیدهای وابسته، بدون استثنا در محلول نگهدارنده تثبیت شدند. این ویژگی موجب شد، هر نمونه حشره پرورشی به‌طور مستقیم با بذر میزبان خود مرتبط باشد و در نتیجه، دقت داده‌ها به‌صورت چشمگیری افزایش یابد. به‌این ترتیب، امکان



شکل ۲- ۱. آماده‌سازی درپوش ظرف پرورش، ۲. تعبیه لوله آزمایش در شکاف توری سر ظرف پرورش، ۳. جاگذاری بذور گیاهی داخل ظرف پرورش، ۴. آماده‌سازی ظرف پرورش با تعبیه لوله آزمایش محتوی الکل اتیلیک، ۵ و ۶. آماده‌کردن تعدادی از ظروف پرورش به‌صورت طبقات در آزمایشگاه

آزمایش شیشه‌ای درب‌دار با طول تقریبی ۱۲ سانتی‌متر، حاوی حدود دوسوم حجم خود از الکل اتیلیک ۷۰ درصد نصب شد. این لوله به‌صورت نیمه ثابت در شکاف توری قرار داده شد تا امکان ورود حشرات به داخل آن فراهم شود (شکل ۲).

در مرحله بعد، بذوری که از رویشگاه‌های مرتعی و مزارع جمع‌آوری شده یا در آزمایشگاه خشک شده بودند، از بخش انتهایی باز بطری درون آن ریخته شدند. هر بطری دارای برچسب مشخصات شامل نام گیاه میزبان، محل جمع‌آوری، تاریخ نمونه‌برداری و نام جمع‌آوری‌کننده بود. بطری‌ها پس از آماده‌سازی در قفسه‌های آزمایشگاه و به‌صورت طبقاتی چیده شدند تا امکان نگهداری تعداد زیادی نمونه در فضای محدود فراهم شود (شکل ۲). محیط داخلی تاریک موجب تسهیل رشد و خروج حشرات از بذور شد. حشرات کامل پس از خروج از بذر، به دلیل گرانش به نور، به سمت بخش روشن درپوش بطری حرکت می‌کردند و از شکاف توری وارد لوله آزمایش حاوی الکل اتیلیک می‌شدند. به‌این ترتیب، نمونه‌ها بدون دخالت مستقیم انسان به‌صورت خودکار جمع‌آوری و هم‌زمان در الکل تثبیت می‌شدند.

این سامانه، علاوه بر سهولت استفاده، امکان پایش روزانه، صرفه‌جویی



شکل ۳- ۱. جعبه تاریک جمع‌آوری حشرات (Upton & Chapman, 2010)، ۲. روش رایج فعلی در جمع‌آوری، ۳. رنگ مشکی بطری ۱/۵ لیتری، ۴. رنگ آمیزی بطری‌ها در فضای باز، ۵. برش انتهای بطری، ۶. بستن انتهای بطری با مقطع بریده شده



مقایسه کمی و کیفی دقیق بین تعداد بذور آلوده و حشرات خارج شده فراهم شد، امری که در مطالعات جمعیت‌شناسی، بوم‌شناسی و تحلیل روابط میزبان پارازیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Abbasszadeh Fard et al., 2016, Alsendi et al., 2022).

تنوع تاکسونومیک حشرات جمع‌آوری شده ارزیابی کارایی این سامانه نشان داد، در مقایسه با روش‌های متداول (مانند قفس‌های پرورش بزرگ یا کیسه‌های توری)، زمان صرف‌شده برای پایش و استحصال نمونه‌ها، به‌طور میانگین تا ۷۰ درصد کاهش می‌یابد، چراکه فرایند انتقال حشره به محلول نگهدارنده (الکل اتیلیک ۷۰ درصد)، به‌صورت خودکار و بر پایه رفتار نورگرایی مثبت انجام می‌شود. همچنین، به‌دلیل حذف مرحله جمع‌آوری دستی با آسپیراتور یا پنس، خطای ناشی از آسیب دیدن اندام‌های حساس (مانند قطعات دهانی، شاخک‌ها و رگ‌بندی بال) در حشرات هدف که در شناسایی گونه‌ها بسیار مهم هستند، به‌شدت کاهش می‌یابد و سلامت نمونه‌های استخراج‌شده برای بررسی‌های تاکسونومیک و رده‌بندی حفاظت می‌شود. به‌کارگیری سامانه طراحی‌شده در شرایط آزمایشگاهی برای بذور گیاهان مرتعی استان همدان، منجر به جمع‌آوری موفق گونه‌های متنوعی از گونه‌های بذرخوار شد. ازجمله زنبورهای خانواده Eurytomidae (Alsendi et al., 2022)، سرخرطومی‌ها از خانواده‌های Curculionidae و Apionidae (غلامی قوام‌آباد و همکاران، ۱۳۹۵)، سخت‌بال‌پوشان از زیرخانواده Bruchinae (Abbasszadeh Fard et al., 2016) و گونه‌هایی متعلق به دو بالان (Diptera) شناسایی شدند. حشرات جمع‌آوری‌شده از بذور متعلق به خانواده‌های گیاهی مختلف ازجمله Plantaginaceae, Papilionaceae, Malvaceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Caryophyllaceae, Asteraceae و Scrophulariaceae استخراج شدند. نتایج نشان داد، سامانه ابداعی کارایی بالایی در جمع‌آوری حشرات از طیف گسترده‌ای از

میزبان‌های گیاهان مرتعی دارد (رجبی‌مظهر و صادقی، ۱۴۰۳).

● نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادها

سادگی کاربرد و صرفه‌جویی در زمان در روش‌های متداول پرورش و جمع‌آوری حشرات، معمولاً جداسازی نمونه‌ها از مواد گیاهی به‌صورت دستی انجام می‌شود، فرایندی که نیازمند صرف زمان طولانی و مهارت کاربر بوده و با خطر آسیب یا از دست رفتن نمونه‌ها همراه است (Matthews & Matthews, 2010). درمقابل، سامانه نوین طراحی‌شده در این پژوهش، با بهره‌گیری از رفتار نورگرایی مثبت در بسیاری از حشرات بذرخوار، فرایند جمع‌آوری را به‌صورت خودکار انجام داد (رجبی‌مظهر و صادقی، ۱۴۰۳).

روش طراحی‌شده از نظر مبنای رفتاری، شبیه به جعبه‌های پرورش تاریک با دریچه خروجی نورانی است که در برخی مطالعات خارج از کشور برای استحصال حشرات کامل به کار رفته‌اند (Upton & Chapman, 2010)، زیرا هر دو بر پایه نورگرایی مثبت حشرات کامل طراحی شده‌اند. با این حال، تفاوت اصلی این روش ابداعی در سادگی تجهیزات، سهولت کاربرد در مقیاس وسیع و انطباق با نمونه‌های گیاهی مورد مطالعه است. در روش جعبه‌ای، معمولاً از محفظه‌های اختصاصی با طراحی به‌نسبت ثابت برای هدایت حشرات به سمت منبع نور استفاده می‌شود، درحالی‌که در این روش، با آرایش ساده‌تر و انعطاف‌پذیرتر، امکان استحصال نمونه‌های سالم از بذرها و گال‌های متنوع فراهم شده است. علاوه‌براین، در شرایطی که تعداد نمونه‌ها زیاد باشد، این روش می‌تواند از نظر اجرایی و مدیریت نمونه‌ها عملی‌تر باشد. بنابراین، نوآوری اصلی این روش نه در اصل استفاده از نورگرایی، بلکه در ساده‌سازی، انطباق‌پذیری و کاربرد مؤثر آن برای نمونه‌های گیاهی محصور مورد مطالعه در این پژوهش است. سهولت استفاده از این سامانه، امکان قراردادن آسان بذرها آلوده در بطری و تخلیه سریع را پس از پایان آزمایش فراهم کرد. علاوه‌براین، حذف نیاز به ابزار تخصصی و کاهش مراحل فیزیکی جداسازی، سبب صرفه‌جویی قابل توجه در

زمان و نیروی انسانی شد (Cadinu et al., 2020). این مزیت در پروژه‌هایی با حجم بالای نمونه مانند مطالعات غلامی قوام‌آباد و همکاران (۱۳۹۵) که شامل بررسی ده‌ها گونه بذرخوار بود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

کاهش خطای انسانی و افزایش دقت نمونه‌برداری

یکی از چالش‌های اساسی در روش‌های سنتی پرورش، احتمال بروز خطای انسانی در هنگام جداسازی حشرات از بذرها یا انتقال نمونه‌ها به محلول نگهدارنده است. چنین خطاهایی می‌تواند به از بین رفتن پارازیتوئیدهای کوچک یا عدم انطباق دقیق میان حشره و بذر میزبان منجر شود (Gullan & Cranston, 2021). در روش پیش‌رو، استفاده از اصل نورگرایی مثبت موجب شد، تمامی حشرات خارج‌شده از بذر به‌طور طبیعی به سمت نور حرکت کنند و بدون دخالت انسانی در محلول نگهدارنده جمع‌آوری شوند، که این امر دقت و تکرارپذیری داده‌ها را به‌طور چشمگیری افزایش داد (رجبی‌مظهر و صادقی، ۱۴۰۳). ازسوی دیگر، ارتباط مستقیم هر حشره جمع‌آوری‌شده با بذر میزبان خود، یکپارچگی داده‌ها را به‌طور کامل حفظ کرد. این ویژگی برای مطالعات اکولوژیک و تحلیل روابط دقیق میزبان-پارازیت اهمیت ویژه‌ای دارد (Abbasszadeh Fard et al., 2016, Alsendi et al., 2022).

بهینه‌سازی فضای آزمایشگاهی و قابلیت توسعه

یکی از مشکلات اصلی در روش‌های کلاسیک پرورش، نیاز به فضای گسترده و تجهیزات حجیم است (Southwood & Henderson, 2000). درمقابل، سامانه طراحی‌شده در این تحقیق به‌دلیل حجم کم بطری‌ها و قابلیت چیدمان طبقاتی، به‌سهولت در فضای محدود آزمایشگاه قابل استقرار است (رجبی‌مظهر و صادقی، ۱۴۰۳). این ویژگی امکان مدیریت هم‌زمان چندین نمونه و گونه مختلف را فراهم کرد، بدون آنکه اختلالی در فرایند پایش روزانه یا تهویه آزمایشگاه ایجاد شود (Cadinu et al., 2021, Preti et al., 2021). علاوه‌براین، قابلیت توسعه

- camera-equipped traps: strengths and limitations. *Journal of Pest Science*, 94: 203–217. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01309-4>
- Prokopy, R.J. and Owens, E.D., 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 28: 337–364. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.28.010183.002005>
- Rakhshani, E., Talebi, A.A. and Narendran, T.C., 2005. Report of *Bruchophagus robiniae* (Hym.: Eurytomidae) from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 25: 81–82.
- Southwood, T.R.E. and Henderson, P.A., 2000. *Ecological Methods*. Blackwell Science. Third edition, 575p. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198862277.001.0001>
- Triplehorn, C.A. and Johnson, N.F., 2005. *Introduction to the Study of Insects*. Thomson Brooks, 879 p.
- Upton, M. and Chapman, B., 2010. *Methods for Collecting, Preserving and Studying Insects and Other Terrestrial Arthropods*. The Australian Entomological Society Inc. No. 3, 83P.
- https://ippc.areeo.ac.ir/article_1328.html
- کلاتری، س.ع.ا.، صفرعلیزاده، م.ح.، لطفعلی زاده، ح.، آرمیده، ش.، میرفخرایی، ش. و صادقی، س.ا.، ۱۳۹۸. شناسایی و تنوع گونه‌ای حشرات بذرخوار لگوم‌های مرتعی (Fabaceae) خراسان شمالی. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۱(۱): ۸۲–۹۵. <https://doi.org/10.22092/IJFRPR.2019.119993>
- ملکی میلانی، ح.، ۱۳۷۱. روش‌های جمع‌آوری، نگهداری و بررسی حشرات (تهیه مجموعه حشرات و دیگر بندپایان). انتشارات پیش‌تاز علم، تبریز، ۲۰۶ صفحه.
- Abbaszadeh Fard, L., Sadeghi, S.E., Ghajariyeh, H.R., Moniri, V.R., Yarmand, H., Shamszadeh, M., Zamegar, A., Mohamad Poor, A., Kalanatari, S.A., Golestaneh, S.R., Afrouzian, M., Nikdel, M., Rajabi-Mazhar, A.A., Salahi Ardekani, A. and Delobel, A., 2016. Distribution and New Host Plants of Seed Beetles (Col.: Chrysomelidae: Bruchinae) from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 35(4): 9-15.
- Alsendi A.K., Nozari, J., Sadeghi, S.E., Adelimanesh, H. and Zerova, M., 2022. Contribution to the genus *Bruchophagus* Ashmead species (Hymenoptera, Eurytomidae) associated with *Astragalus brachydontus* (Fabaceae) in Iran. *Journal of Insect Biodiverse. Systematic*, 8(4): 559-569. <https://doi.org/10.52547/jibs.8.4.559>
- Baker, R.R. and Sadovy, Y., 1978. The distance and nature of the light-trap response of moths. *Nature*, 276 (5686): 818–821. <https://doi.org/10.1038/276818a0>
- Borror, D.J., Delong, D.M. and Triplehorn, C.A., 1992. *An introduction to the study of insects*. CBS College Publishing. 827P. <https://academic.oup.com/ae/article/22/3/387/210818>
- Cadinu, L.A., Barra, P., Torre, F., Delogu, F. and Madau, F.A., 2020. Insect Rearing: Potential, Challenges, and Circularity. *Sustainability*, 12(11): 4567. <https://doi.org/10.3390/su12114567>
- Gullan, P.J. and Cranston, P.S., 2021. *The Insects: An Outline of Entomology*. Wiley Blackwell, 624p.
- Matthews, R.W. and Matthews, J.R., 2010. *Insect Behavior*. Springer, 514 p. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-2389-6>
- Preti, M., Verheggen, F. and Angeli, S., 2021. Insect pest monitoring with این سامانه با استفاده از بطری‌های بزرگ‌تر یا مواد جایگزین (مانند شیشه‌های آزمایشگاهی ضخیم‌تر یا محفظه‌های مات با روزنه نوری کنترل‌شده) نیز وجود دارد، که می‌تواند برای پرورش گونه‌هایی با اندازه یا بذره‌های حجیم‌تر استفاده شود (Gullan & Cranston, 2021). در مجموع، سامانه پرورش خودکار معرفی شده، روشی کارآمد، دقیق و مقرون به صرفه برای پرورش و جداسازی حشرات بذرخوار و پارازیتوئیدهای مرتبط در شرایط آزمایشگاهی است. این روش با حذف نیاز به جمع‌آوری دستی، صرفه‌جویی در زمان، کاهش خطای انسانی و افزایش یکپارچگی داده‌ها، به عنوان ابزاری مؤثر برای پژوهش‌های بوم‌شناسی و سیستماتیک حشرات قابل استفاده است. علاوه بر این، ساختار ساده و قابلیت توسعه این سامانه، امکان استفاده از بطری‌های بزرگ‌تر را برای بذور حجیم‌تر فراهم می‌سازد و می‌تواند در مطالعات گسترده‌تر جمعیت‌شناسی و مدیریت آفات گیاهان مرتعی مورد بهره‌برداری قرار گیرد.
- منابع**
- حجت، س.ح.، ۱۳۸۲. حشرات، راهنمای جمع‌آوری و شناسایی. انتشارات امیرکبیر، تهران، ۴۳۶ صفحه.
- رجبی‌مظهر، ع. و صادقی، س.ا.، ۱۴۰۳. روش آزمایشگاهی مؤثر برای جداسازی و جمع‌آوری حشرات با دگردیسی کامل ساکن در گال‌ها و دانه‌های گیاهان. خلاصه مقالات بیست و پنجمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، تهران، ۲۰–۱۷ شهریور ۱۴۰۳. https://25ippc.areeo.ac.ir/article_62754.html
- زرنگار، ع. و صادقی، س.ا.، ۱۴۰۰. سوسک‌های بذرخوار (Col.: Bruchinae) و میزبان‌های جدید آن‌ها در مراتع استان قزوین. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۱(۱): ۶۰–۴۰. <https://doi.org/10.22092/IJFR-PR.2021.351859.1445>
- سراج، ع.ا.، ۱۳۹۰. روش‌ها و وسایل تحقیق در گیاه‌پزشکی با تأکید بر حشره‌شناسی کشاورزی. انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز، ۴۸۲ صفحه.
- غلامی قوام‌آباد، ر.، صادقی، س.ا.، یارمند، ح.، منیری، و. و زینالی، س.، ۱۳۹۵. دامنه میزبانی سرخرطومی‌های بذرخوار خانواده (Coleoptera: Curculionoidea) Curculionidae در مراتع ایران. بیست و دومین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، کرج،