pISSN: 0259-9996 – eISSN: 2783-3968

Journal of Entomological Society of Iran

2025, 45 (3), 453–462

Research Article

تأثیر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل (*Apis mellifera*)

عطاالله رحیمی[۱]، صالح صالحی[۱] و ناصر تاج آبادی[۲]

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

۲- بخش تحقیقات زنبورعسل، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده: زمستانگذرانی و تلفات زمستانه، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها برای کلنی‌های زنبورعسل و زنبورداران در مناطق سردسیر و معتدل جهان است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سیستم هوشمند تقویت‌کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل در شرایط آب و هوایی استان کردستان طی بازه‌زمانی اسفند ماه سال ۱۴۰۰ الی خرداد ماه سال ۱۴۰۳ انجام شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (تیمار اول کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت‌کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت چوبی، تیمار دوم کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت‌کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت بتنی و تیمار سوم کلنی‌های زنبورعسل بدون سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها به عنوان شاهد) و هر تیمار با هفت تکرار طراحی و اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش، کلنی‌های آزمایشی از لحاظ سن ملکه و جمعیت (نوزادان و بالغین) در اردیبهشت الی مهر ماه سال ۱۴۰۱ همسان سازی شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده از مطالعه حاضر نشان داد که نصب سیستم هوشمند تقویت‌کننده توان زمستانگذرانی زنبورها تأثیر معنی‌داری روی صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه داشته است ($p < ۰/۰۱$). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میانگین صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل به ترتیب با میانگین ۶/۱۱ و ۲۰/۲۶ کیلوگرم مربوط به کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت بتنی و کمترین آن با میانگین ۲/۶۵ و ۷/۹۸ کیلوگرم مربوط به تیمار شاهد بود. بر همین اساس، می‌توان استفاده از سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت بتنی را برای کاهش تلفات زمستانه، افزایش تولید عسل کلنی‌ها و همچنین کاهش نوسانات دمایی در ماهای ابتدایی سال در کلنی‌های زنبورعسل در استان کردستان و سایر استان‌های همجوار که شرایط آب و هوایی مشابهی دارند، توصیه کرد.

کلمات کلیدی: زنبورعسل، تلفات زمستانه، سیستم هوشمند، زمستانگذرانی، صفات رفتاری و عملکردی

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۸

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۱

انتشار: ۱۴۰۴/۰۵/۰۳

دبیر تخصصی: رسول بحرینی

نویسنده مسئول: عطاالله رحیمی

ایمیل: ata.rahimi@areeo.ac.ir

DOI: https://doi.org/10.61186/jesi.45.3.11

مقدمه

زنبورعسل (*Apis mellifera* L.) مهم‌ترین حشره اجتماعی دنیاست که اهمیت زیادی در گرده‌افشانی گیاهان زارعی و باغی، حفظ فلور گیاهی به‌خصوص گونه‌های گیاهی نادر، کمیاب و در حال انقراض و محیط زیست دارد و با تولید عسل و سایر محصولات تولیدی کندو، نقش به‌سزایی در تأمین امنیت غذایی مردم جهان ایفاء می‌کند (Rahimi *et al.*, 2022; 2023a). نژادهای مختلف گونه *A. mellifera* در گستره جغرافیایی وسیعی با شرایط آب و هوایی مختلف زندگی می‌کنند و در نقاط مختلف جهان و زمان‌های متفاوت سال با چالش‌های متفاوتی روبه‌رو هستند (Ruttner, 1988). زمستانگذرانی و تلفات زمستانه، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها برای کلنی‌های زنبورعسل و زنبورداران در مناطق سردسیر و معتدل جهان و شمال‌غرب و غرب ایران است (Rahimi *et al.*, 2023b). قبل از ورود کنه‌واروآ (*Varroa destructor* Anderson & Trueman, 2000) و کنه تنفسی (*Acarapis woodi* Rennie, 1921) به زنبورستان‌ها، تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل ایالات متحده آمریکا حدود ۱۰ درصد بود (Voorhies *et al.*, 1933). مطالعات صورت گرفته در زنبورستان‌های ایالات‌های مختلف این کشور نشان داد که این درصد تلفات بالا، پایداری عملیات تجاری زنبورداری در این کشور را به شدت به خطر می‌اندازد (BIP, 2014؛ Lee *et al.*, 2015). میانگین نرخ کلی تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل در ۳۱ کشور اروپایی در زمستان ۲۰۱۹–۲۰۱۸ حدود ۱۶/۷ درصد گزارش شد که این میزان تلفات از ۵/۸ الی ۳۲ درصد بین کشورهای مختلف مورد بررسی متغیر بود. نرخ تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل در ایران در زمستان ۲۰۱۹–۲۰۱۸ بالا و حدود ۲۲/۱ درصد و در زمستان سال ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۳ بین ۲۸/۶ الی ۳۴/۵ درصد گزارش شد (Gray *et al.*, 2020). زنبورعسل، خدمات گرده‌افشانی حیاتی برای اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی در سراسر جهان ارائه

© 2025 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran
This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International Public License.

می‌دهند. بنابراین، زمستانگذرانی موفقیت‌آمیز آنها برای رفع نیاز گرده‌افشانی گیاهان به‌ویژه گیاهانی مانند بادام، سیب و گیلاس که در اوایل بهار زود شکوفه می‌دهند، در بسیاری از کشورها حیاتی است (Gray *et al.*, 2022).

عوامل مختلفی در موفقیت زمستانگذرانی کلنی‌های زنبورعسل زنبورستان‌های شمال‌غرب و غرب کشور تأثیرگذار هستند. زمستان‌های خیلی سرد، طولانی و پیش‌بینی نشده همراه با تغییرات زیاد بین دمای شب و روز باعث افزایش تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل استان‌های شمال‌غرب و غرب کشور شده است. این موضوع باعث شده که بیشتر زنبورداران پیشرو این استان‌ها، کلنی‌های زنبورعسل خود را با شروع فصل سرما به مناطق گرمسیر کشور به‌خصوص جنوب ایران کوچ دهند. این امر موجب تجمع زنبورستان‌ها در یک منطقه که از شرایط مساعدی از لحاظ آب و هوا، تردد و پوشش گیاهی برخوردار است، می‌شود. صرف نظر از مشکلات و هزینه‌های بالای کوچ، تلفات کلنی‌ها در حین جابه‌جایی و دوری چندماهه از خانواده، انتقال کلنی‌ها به مناطق گرمسیر کشور در ماه‌های سرد سال تبعات مهم دیگری از جمله آلودگی کلنی‌ها به آفات و بیماری‌ها و گسترش آنها به سایر مناطق کشور را نیز به همراه خواهد داشت. همچنین، تغییرات دمایی زیاد در طول دوره شبانه روز در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در استان‌های شمال‌غرب و غرب کشور روی فعالیت تخمریزی منظم ملکه تأثیر منفی زیادی گذاشته و این موضوع سبب رشد نامطلوب جمعیت کندوها در اوایل فصل زنبورداری در این استان‌ها شده است (Rahimi, 2024). بنابراین، امروزه تلفات بالای کلنی‌های زنبورعسل در طی فصل زمستان و تبعات حاصل از کوچ کلنی‌ها به مناطق گرمسیر کشور به عنوان یک چالش بسیار مهم در زنبورداری استان‌های شمال‌غرب و غرب کشور مطرح می‌باشد.

"زنبورداری دقیق" و به کارگیری فناوری‌های جدید، تحقیقات نو ظهوری در صنعت زنبورداری دنیا است که با به کارگیری کندوهای هوشمند می‌توان مصرف انژری را در کندو به حداقل رساند و میزان بهره‌وری زنبورستان را افزایش داد. در همین ارتباط، اخیراً Hadju *et al.* (2022) گزارش کردند که زنبورداری دقیق یکی از بخش‌های نوظهور در زنبورداری و کشاورزی است که با هدف حفاظت از زنبورها، حمایت از زنبورداران و بهینه‌سازی تولید زنبورستان به لطف زیرساخت‌های دیجیتالی انجام می‌شود. در این راستا، این محققان یک سیستم هوشمند مبتنی بر حسگرها و اینترنت در داخل کندوها طراحی و مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج بررسی‌های این محققان نشان داد که زنبوردارها با نصب این سیستم هوشمند در داخل کندوها می‌توانند از شرایط داخل کندو و فعالیت زنبورها در هر لحظه اطلاع پیدا کنند و بدین ترتیب، با مدیریت بهتر باعث افزایش محصولات تولیدی کلنی و کاهش تلفات آنها شوند. در پژوهش دیگری، Aydin & Aydin (2022) نظارت و کنترل بر شرایط عمومی داخل و بیرون کندوهای زنبورعسل را جهت حفظ سلامت کلنی و برقراری یک تعادل اکولوژیکی ضروری قلمداد کردند. برای دستیابی به این امر، یک کندوی هوشمند براساس سیستم‌های حسگر برای اطلاع از شرایط داخلی کندو، تجسم رفتارها، به اشتراک گذاشتن اطلاعات و مدیریت داده‌های به‌دست آمده از کندوهای زنبورعسل طراحی و تجزیه و تحلیل شد. نتایج یافته‌های این محققان نشان داد که این سیستم می‌تواند به طور موثری اطلاعات داخل کندو مثل دما، رطوبت و وزن کندو، رفتار زنبورها را ثبت و آنها را به زنبورداران و مدیران زنبورستان اطلاع رسانی کرده و بدین ترتیب، در بهبود سلامت و مدیریت کلنی‌های زنبورعسل موثر باشد. کندوی هوشمند دیگری توسط Dogan *et al.* (2017) با هدف بهبود کارایی فعالیت زنبورداری طراحی و مورد ارزیابی قرار گرفت. در این سیستم از حسگرهای خاصی جهت ثبت دما، رطوبت، وزن کندو و همچنین از دوربین‌های خاصی برای مشاهده و ثبت رفتار زنبورها بدون کوچکترین تداخل در رفتار آنها استفاده شد. این محققان گزارش کردند که زنبوردارها می‌توانند با بکارگیری این سیستم از راه دور به‌وسیله اینترنت شرایط داخل کندو (مثل دما، رطوبت، جمعیت و وزن کندو) را پایش کنند که این امر می‌تواند باعث بهبود مدیریت کلنی‌ها، کاهش وابستگی به نیروی انسانی و افزایش بهره‌وری زنبورستان شود.

با توجه به تلفات بالای کلنی‌های زنبورعسل در فصول سرد سال در شرایط آب و هوایی استان‌های شمال‌غرب و غرب کشور، تبعات کوچ دادن کلنی‌ها به استان‌های گرمسیر و اختلاف زیاد دمای بین شب و روز در اوایل فصل زنبورداری (ماه‌های فروردین و اردیبهشت ماه) در این استان‌ها، به سیستمی که بتواند به صورت هوشمند دمای داخل کندو را در ماه‌های سرد سال به صورت منظم در محدوده دمایی قابل تحمل زنبورعسل تنظیم نماید، نیاز زنبوردار را به کوچ دادن کلنی‌ها به مناطق گرمسیر کشور برطرف، و زنبورها با مصرف کمترین ذخیره عسل و کمترین استرس دمایی، ماه‌های سرد سال را با کمترین تلفات سپری کنند و کلنی‌ها یک رشد جمعیت بهاره عالی هم داشته باشند و علیرغم این موارد، از لحاظ اقتصادی هم زنبوردار توانایی خرید آنرا داشته باشد، نیاز است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر یک سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل در شرایط اقلیمی استان کردستان انجام شد.

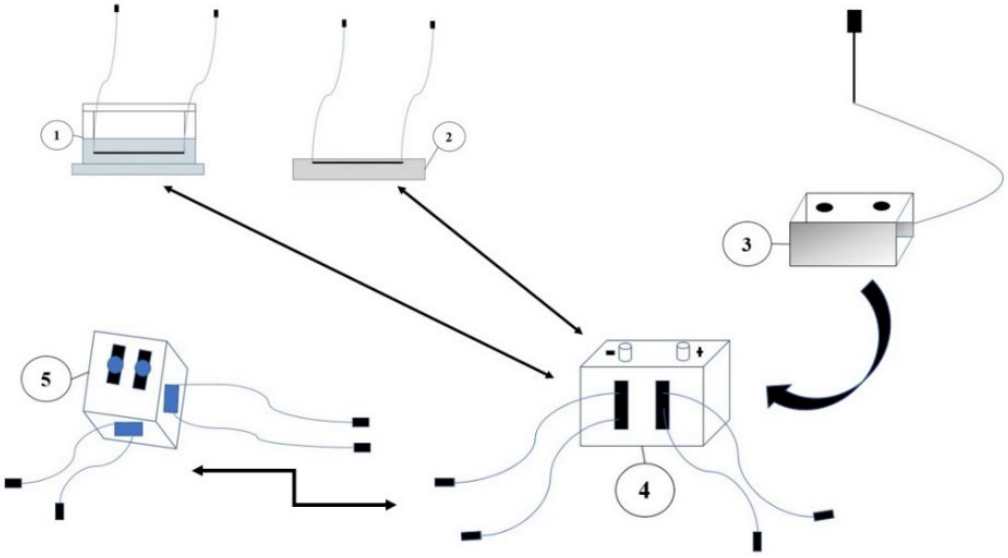
مواد و روش‌ها

زمان و مکان اجرای پژوهش. پژوهش حاضر در یک زنبورستان بخش خصوصی واقع در شهرستان سقز استان کردستان طی بازه زمانی اسفند ماه سال ۱۴۰۰ الی خرداد ماه سال ۱۴۰۳ اجرا شد.

مشخصات سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها در مطالعه حاضر. طراحی و شماتیک سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی کلنی‌های زنبورعسل استفاده شده در مطالعه حاضر (شکل ۱) به شرح ذیل است:

روش و نحوی اجری مطالعه. مطالعه حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (تیمار اول کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت چوبی، تیمار دوم کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت

بتنی و تیمار سوم کلنی‌های زنبورعسل بدون سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذارانی زنبورها به عنوان شاهد) و هر تیمار در هفت تکرار (کلنی زنبورعسل) طراحی و اجرا شد. در اواخر اسفند ماه سال ۱۴۰۰، کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه در یک زنبورستان بخش خصوصی تهیه (۲۵ کلنی پنج الی شش قاب جمعیت) و در مراتع شهرستان سقز، استان کردستان مستقر شدند. سپس، کلنی‌های آزمایشی از لحاظ سن ملکه (همگی دارای ملکه‌های هم‌سن خواهری) و جمعیت (بالغین و نوزادان) بر اساس دستورالعمل Delaplane *et al.* (2013) در اردیبهشت الی تیر ماه سال ۱۴۰۱ همسان سازی شدند. در اوایل مهر ماه سال ۱۴۰۱ مجدداً کلنی‌های مورد مطالعه از لحاظ جمعیت (نوزادان و بالغین) و ذخیره عسل همسان سازی شدند و سعی بر آن شد که میانگین جمعیت کلنی‌های مورد مطالعه در اوایل مهرماه هفت قاب جمعیت باشد. همزمان با آماده کردن کلنی‌ها برای زمستانگذرانی در آخرین بازدید سال که مصادف با نیمه دوم آبان ماه (۱۴۰۱) در شرایط اقلیمی شهرستان سقز است، قسمت المنت سیستم مربوطه در هر دو حالت آن (با محافظ المنت چوبی و بتنی) در داخل تیمارهای آزمایشی با میانگین هفت قاب جمعیت و سنسور دیجیتالی ثبت دما در داخل یکی از کلنی‌های مورد مطالعه که در حد متوسط جمعیت کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه بود، نصب شد. سپس، هم کلنی‌های دارای المنت (با محافظ چوبی و بتنی) و هم کلنی دارای سنسور ثبت دما به سیستم هوشمند کنترل دما واقع در اتاقک کنترل متصل شدند. هنگام سرد شدن هوا به‌خصوص زمانیکه دمای بیرون به زیر ۸ درجه سلسیوس رسید، سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها را فعال کرده و این سیستم بصورت هوشمند با تغییرات دمایی داخل کلنی مبنا (کلنی دارای سنسور ثبت دما) واکنش نشان داده و بدین ترتیب دمای داخل تمام کلنی‌ها مطابق برنامه‌ای که به سیستم هوشمند کنترل دما داده شده بود، تنظیم گردید. این دستگاه تا اتمام دوره سرما و کاهش تغییرات دمایی شبانه روز در ماه‌های فروردین و اردیبهشت سال ۱۴۰۲ در داخل کلنی‌های مورد مطالعه باقی ماند. با توجه به شرایط اقلیمی شهرستان سقز و متناسب با دمای محل خوشه و همچنین برای جلوگیری از خروج زنبورها از خوشه زمستانه، در ابتدا (اواخر آذر ماه ۱۴۰۱) دمای سیستم هوشمند کنترل دما روی محدوده ۸–۴ درجه سلسیوس تنظیم و این دما تا اواخر بهمن ماه با توجه به نوسانات زیاد دما در محل اجرای آزمایش ثابت ماند. با توجه به گرم شدن هوا در اسفند ماه، هر هفته یک درجه سانتی‌گراد به دمای سیستم هوشمند کنترل دما اضافه شد که در پایان اسفند ماه دمای دستگاه به محدوده ۱۲–۴ درجه سلسیوس رسید. با توجه به وجود نوسانات زیاد دما در ماه‌های فروردین و اردیبهشت ماه سال بعد (۱۴۰۲) در شرایط اقلیمی استان کردستان و محل اجرای مطالعه حاضر، از ابتدای فروردین تا اواخر اردیبهشت ماه، هر هفته ۲ درجه سلسیوس به دمای سیستم هوشمند کنترل دما اضافه گردید که در انتهای اردیبهشت ماه، دمای سیستم به محدوده ۲۸–۴ درجه سلسیوس رسید و بعد از این زمان که تغییرات دمایی در محیط کمتر شده دستگاه از داخل کلنی‌ها خارج گردید. تغییرات دمای دستگاه، دمای درون کلنی‌ها و محدوده‌ی درجه حرارت محیطی در طول دوره اجرای مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است. سپس، صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های آزمایشی در حین اجرای مطالعه حاضر به شرح ذیل مورد ارزیابی قرار گرفت:



شکل ۱– شماتیک سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها در مطالعه حاضر، (۱ و ۲): المنت‌های حرارتی دارای محافظ با دو فرم مختلف (۱) چوبی و (۲) بتنی، (۳): سنسور دمایی و دستگاه کنترلی سنسور، (۴): سیستم هوشمند کنترل دما، (۵): فیوزهای کنترل برق سیستم

Fig. 1. Schematic of the smart system enhancing the overwintering performance of bees in the present study, (1 and 2): Thermal elements with protection in two different forms (1) wooden and (2) concrete, (3): Temperature sensor and sensor control device, (4): The control system of intelligent temperature, (5): The control fuses of system power

جدول ۱: تغییرات دمای دستگاه، دمای درون کلنی‌های مورد مطالعه و محدوده‌ی دمای محیطی محل اجرای آزمایش در مطالعه حاضر

Table 1: Changes of device temperature, temperature inside the colony, and ambient temperature range at the experimental site in the present study

Items		Temperature in the studied months					
		December	December-January	January-February	February-March	March-April	April-May
Device temperature		(4) – (8)	(4) – (8)	(4) – (8)	(4) – (12)	(4) – (20)	(4) – (28)
Temperature inside the colonies		(4) – (8)	(4) – (8)	(4) – (8)	(4) – (14)	(4) – (23)	(4) – (32)
Ambient temperature	Night temperature range	(0) – (8)	(–5) – (–1)	(–14) – (–3)	(– 4) – (2)	(–3) – (8)	(–2) – (10)
	Daytime temperature range	(5) – (15)	(–3) – (7)	(–4) – (6)	(0) – (14)	(4) – (20)	(6) – (32)

* :The temperatures mentioned in the table are in degrees Celsius

ارزیابی صفات

شاخص زمستانگذرانی. برای ارزیابی شاخص زمستانگذرانی کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه، میزان جمعیت بالغین و ذخیره عسل تک تک کلنی‌های آزمایشی در دو نوبت ارزیابی شد. ارزیابی نوبت اول در اواسط پاییز سال ۱۴۰۱ هنگام آماده سازی کلنی‌ها برای زمستانگذرانی و ارزیابی نوبت دوم در اوایل بهار سال (۱۴۰۲) قبل از شروع فعالیت کلنی‌ها انجام شد. پس از ارزیابی جمعیت و ذخیره عسل در پاییز ۱۴۰۱ و بهار سال بعد، از ذخیره عسل آن کندو در بهار نسبت به پاییز و جمعیت بهار نسبت به پاییز آن کندو نسبت گرفته و سپس میانگین آنها به عنوان شاخص زمستانگذرانی آن کلنی ثبت شد (Tahmasebi *et al.*, 2022). همین ارزیابی برای تمام کلنی‌های مورد مطالعه در دو نوبت پاییز ۱۴۰۱ و بهار۱۴۰۲ انجام گردید.

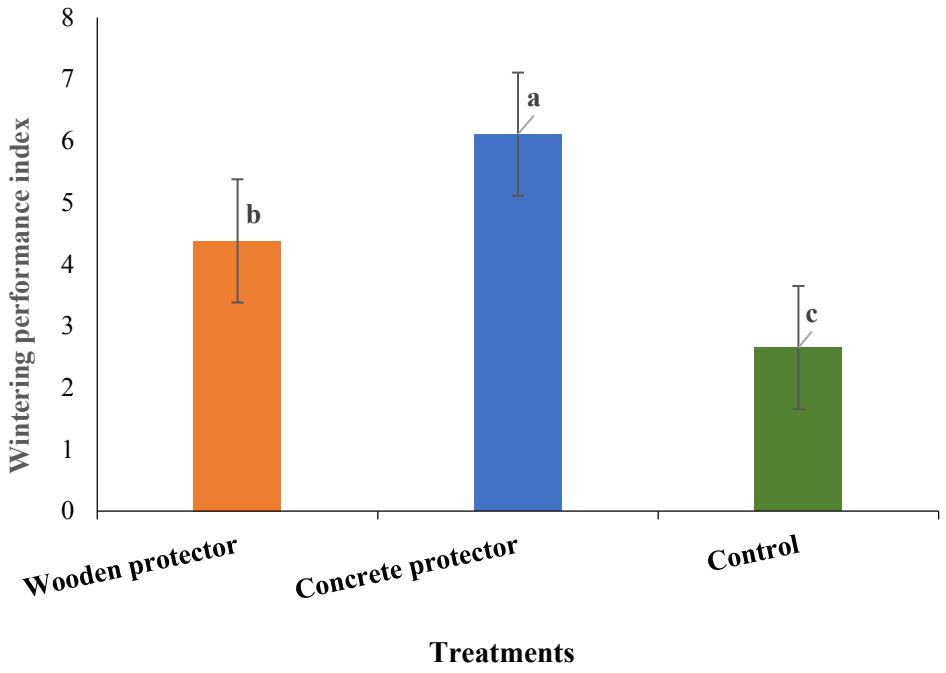
تولید عسل. برای ارزیابی مقدار عسل تولیدی کلنی‌های آزمایشی در فصل برداشت عسل در منطقه، وزن عسل برداشتی و باقیمانده در هر کندو در سال ۱۴۰۲ محاسبه شد. تفاوت وزن قاب‌های عسل هر کندو قبل و بعد از استخراج عسل، میزان عسل تولیدی قاب‌ها و مجموع عسل استخراج شده از قاب‌های هر کلنی، میزان عسل تولیدی آن کلنی را تشکیل داد. جهت ارزیابی وزن دقیق عسل باقیمانده، از روش ارزیابی سطح عسل باقیمانده روی قاب‌ها به وسیله قاب‌های مخصوص که با سیم گالوانیزه به مسطیل ۱۰×۵ سانتی‌متر کادربندی شده است، استفاده شد. برای تخمین عسل باقیمانده با استفاده از تجربیات محققین ایرانی (Yarahamdi *et al.*, 2001؛ Salehpor *et al.*, 2023) و دیگر کشورها از روش تبدیل سطح به وزن، بدین ترتیب هر دسی‌متر مربع عسل در دو طرف قاب را معادل ۳۰۴ گرم عسل در نظر گرفته، استفاده شد. با قرار دادن این کادرها روی هر دو طرف قاب‌های باقیمانده عسل در کندوها، مجموعاً سطح عسل باقیمانده در هر کلنی محاسبه و ثبت گردید. در پایان با مجموع عسل باقیمانده و برداشتی، کل عسل تولیدی هر کندو به‌دست آمده و برای آن کندو ثبت شد. ارزیابی این صفت روی تمام کلنی‌های مورد مطالعه در فصل برداشت عسل در منطقه انجام شد.

تجزیه آماری داده‌ها. بعد از اجرای آزمایش، نرمال بودن توزیع داده‌ها به وسیله آزمون کلوموگروف اسمیرنوف (Kolmogorov- Smirnov Test) با استفاده از رویه univariate در نرم افزار آماری SAS 9.4 M6 مورد آزمون قرار گرفت. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از رویه GLM تعبیه شده در نرم افزار آماری SAS V. 9.4 M6 و مقایسه میانگین‌ها نیز با روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) با استفاده از همین نرم افزار انجام شد.

نتایج

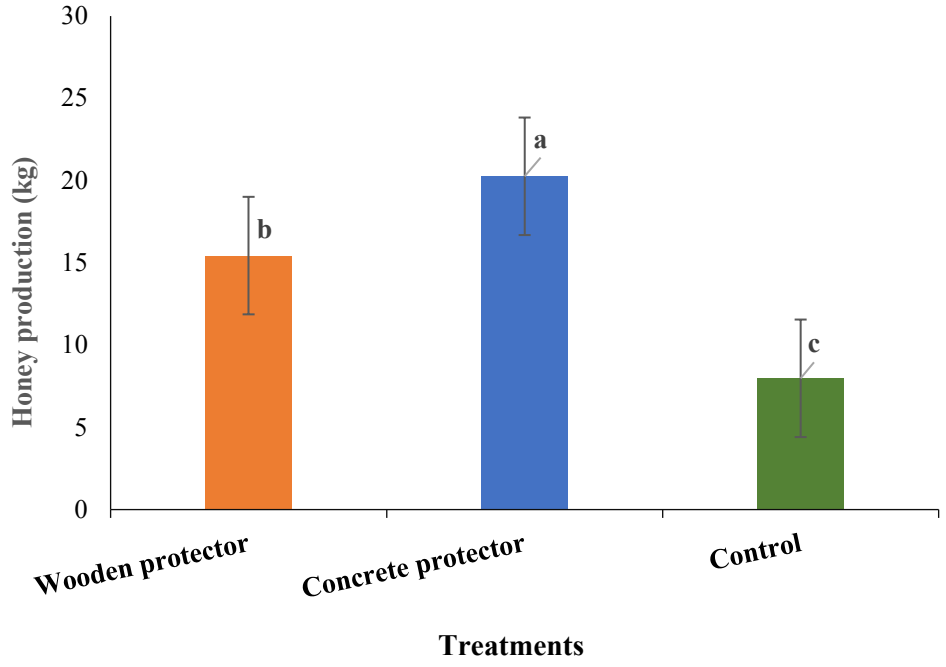
در مطالعه حاضر، تأثیر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه در شرایط اقلیمی شهرستان سقز استان کردستان مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن به شرح ذیل می‌باشد: لازم به ذکر است در تکرارهای تیمار اول (کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت چوبی) و تیمار دوم (کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت بتنی) تلفات ملکه یا تلفات کلی کلنی در حین اجرای مطالعه نداشتیم ولی در تکرارهای تیمار شاهد تلفات کلی کلنی در حین اجرای آزمایش مشاهده و در ارزیابی شاخص زمستانگذرانی برای آن تکرار مطابق دستورالعمل Tahmasebi *et al.* (2022) صفر در ارزیابی‌ها لحاظ شد.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها. نتایج تجزیه واریانس تأثیر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد اثر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی بهبود صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود ($p <$ ۰/۰۱). نتایج مقایسه میانگین تأثیر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه در اشکال (۲) و (۳) ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین تأثیر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفت شاخص زمستانگذرانی نشان داد بیشترین صفت شاخص زمستانگذرانی با میانگین ۶/۱۱ مربوط به کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت بتنی و کمترین آن با میانگین ۲/۶۵ مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۲). همچنین، براساس نتایج مقایسه میانگین تأثیر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفت تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه، بیشترین و کمترین میانگین صفت تولید عسل به ترتیب مربوط به کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت بتنی (۲۰/۲۶ کیلوگرم) و شاهد (۷/۹۸ کیلوگرم) بود (شکل ۳).



شکل ۲– مقایسه میانگین تأثیر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفت شاخص زمستانگذرانی کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه

Fig. 2. Mean comparison on the effect of smart system enhancing the overwintering performance of bees on the overwintering index trait of the studied honey bee colonies



شکل ۳– مقایسه میانگین تأثیر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفت تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه

Fig. 3. Mean comparison on the effect of smart system enhancing the overwintering performance of bees on the honey production trait of the studied honey bee colonies

بحث و نتیجه گیری

زمستانگذرانی و تلفات زمستانه، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها برای کلنی‌های زنبورعسل و زنبورداران در مناطق سردسیر و معتدل جهان است. مطالعات نشان داده است فاکتورهای مختلفی در میزان نرخ تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل تأثیر گذار هستند که از آن جمله می‌توان به کوچ کلنی‌ها، سن ملکه، اندازه جمعیت،

منابع تأمین کننده شهد و گرده، زمستان‌های سرد و پیش بینی نشده، آفات و بیماری‌ها، تغییرات اقلیمی و آب و هوایی و بلایای طبیعی اشاره کرد (Brodschneider *et al.*, 2016, 2018; Gray *et al.*, 2020; Gray *et al.*, 2022; Rahimi & Parichehreh, 2024). با توجه به تلفات بالای کلنی‌های زنبورعسل در فصول سرد سال در شرایط اقلیمی استان‌های شمال‌غرب و غرب کشور، تبعات منفی کوچ کلنی‌ها به استان‌های گرمسیر و اختلاف زیاد دمای بین شب و روز در اوایل فصل زنبورداری در این استان‌ها، به سیستمی که بتواند به صورت هوشمند دمای داخل کندو را در فصول سرد سال به صورت منظم در محدوده دمایی قابل تحمل زنبورعسل تنظیم کند، نیاز زنبوردار را به کوچ کلنی‌ها به مناطق گرمسیر کشور، مرتفع و زنبورها با مصرف کمترین ذخیره عسل و بدون هیچ گونه استرس دمایی، فصول سرد سال را با کمترین تلفات سپری کنند و کلنی یک استارت رشد جمعیت بهاره عالی هم داشته باشند، نیاز است. بنابراین، در راستای دست‌یابی به این اهداف سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها در مطالعه حاضر طراحی و تأثیر آن روی صفات شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل در شرایط اقلیمی استان کردستان مورد ارزیابی قرار گرفت. در حین اجرای آزمایش، در تکرارهای تیمار اول (کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت چوبی) و تیمار دوم (کلنی‌های زنبورعسل دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت بتنی) تلفات ملکه یا تلفات کلی کلنی نداشتیم ولی در تکرارهای تیمار شاهد، تلفات کلی کلنی در حین اجرای آزمایش مشاهده و در ارزیابی شاخص زمستانگذرانی برای آن تکرار صفر در ارزیابی‌ها لحاظ شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد نصب این سیستم در داخل کلنی‌ها در فصل زمستان و ماه‌های اول سال زنبورداری (فروردین و اریبهشت ماه) باعث بهبود معنی‌دار شاخص زمستانگذرانی و تولید عسل کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه در مقایسه با تیمار شاهد شد ($p < ۰/۰۱$).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مطالعه حاضر نشان داد سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها با محافظ المنت بتنی به طور معنی‌داری در بهبود شاخص زمستانگذرانی و افزایش تولید عسل کلنی‌ها در مقایسه با تیمارهای دارای سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی کلنی‌ها با محافظ المنت چوبی و شاهد موثرتر بود. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان استفاده از سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی کلنی‌های زنبورعسل با محافظ المنت بتنی را برای کاهش تلفات زمستانه کلنی‌ها، افزایش تولیدات کلنی‌ها و همچنین کاهش نوسانات دمایی در ماهای ابتدایی سال در درون کلنی‌ها در استان کردستان و سایر استان‌های همجوار با شرایط آب و هوایی مشابه توصیه کرد. در یک مطالعه‌ای، Azimi *et al.* (2020) دستگاهی را تحت عنوان "سیستم هوشمند ایمنی زنبورعسل" طراحی و تاثیر آن را روی صفات تولید عسل و رفتار زنبورها در کلنی‌های زنبورعسل در شرایط اقلیمی شمال کشور مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که این سیستم میزان مصرف عسل کلنی‌های زنبورعسل را در طی دوره زمستان کاهش داده و باعث می‌شود که کلنی‌ها بدون استرس دمایی، دوره زمستان را سپری کنند. هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر، این محققان گزارش کردند نصب این سیستم در درون کلنی‌ها بدون اختلال در رفتار زنبورعسل، روی افزایش تولید فرآورده‌های کلنی و تخمریزی ابتدای فصل ملکه موثر است.

در زنبورداری سنتی، مدیریت و نظارت بر وضعیت کندو خیلی مشکل است و نیاز به نیروی انسانی زیادی دارد. بنابراین، Lyu *et al.* (2019) برای رفع این مشکل سیستم کندوی هوشمند را براساس تکنولوژی اینترنت طراحی کردند که به صورت لحظه‌ای وضعیت داخل کندو را پایش می‌کند. این سیستم از یک شان یا قاب زنبورعسل و سنسورهای خاصی (برای کنترل دما و رطوبت (داخل و خارج کندو)، وزن کندو، موقعیت جغرافیایی و وضعیت زنبور) که در داخل قاب زنبور جاگذاری شده، تشکیل شده است. این قاب در داخل کندو قرار داده می‌شود و به صورت لحظه‌ای پارامترهای نامبرده را در مرکز کنترل این سیستم ثبت می‌کند. این محققان گزارش کردند که با استفاده از این سیستم، زنبوردار یا مدیر زنبورستان می‌تواند تمام اطلاعات کندو را در هر لحظه از طریق ابزارهای ارتباطی مثل موبایل، تبلت و غیره مشاهده و مشکلات مدیریتی را به طور موثری حل کند. این محققان این سیستم را در سطح زنبورستان مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش کردند این سیستم می‌تواند دفعات بازدید کندو توسط زنبوردار را کاهش و باعث صرفه‌جویی زیادی در نیروی انسانی شود. در عین حال، کمیت عسل را بهبود بخشیده و توسعه سریع زنبورداری صنعتی را به شدت ارتقاء می‌دهد. در مطالعه دیگری، Hadju *et al.* (2021) گزارش کردند که زنبورداری دقیق یکی از بخش‌های نوظهور زنبورداری و کشاورزی است که با هدف حفاظت از زنبورها، حمایت از زنبورداران و بهینه‌سازی تولید زنبورستان به لطف زیرساخت‌های دیجیتالی انجام می‌شود. در این راستا، یک سیستم هوشمند مبتنی بر حسگرها و اینترنت در داخل کندوها طراحی کردند و آنرا مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیقات این محققان نشان داد که زنبوردارها با نصب این سیستم هوشمند در داخل کندوها می‌توانند از شرایط داخل کندو و فعالیت زنبورها در هر لحظه اطلاع پیدا کنند و بدین ترتیب باعث افزایش فرآورده‌های تولیدی کلنی و کاهش تلفات آنها شوند. در پژوهش دیگری، Aydin & Aydin (2022) نظارت و کنترل بر شرایط عمومی داخل و بیرون کندوهای زنبورعسل را جهت حفظ سلامت کلنی و برقرار یک تعادل اکولوژیکی ضروری قلمداد کردند. برای دستیابی به این امر، یک کندوی هوشمند براساس سیستم‌های حسگر برای اطلاع از شرایط داخلی کندو، تجسم رفتارها، به اشتراک گذاشتن اطلاعات و مدیریت داده‌های به‌دست آمده از کندوهای زنبورعسل طراحی و مورد آنالیز قرار دادند. نتایج یافته‌های این محققان نشان داد که این سیستم می‌تواند به طور موثری اطلاعات داخل کندو مثل دما، رطوبت و وزن کندو، رفتار زنبورها را ثبت و آنها را به زنبورداران و مدیران زنبورستان اطلاع رسانی کند و بدین ترتیب، در بهبود سلامت و مدیریت کلنی‌های زنبورعسل موثر باشد.

جدول ۲– تجزیه واریانس اثر سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی صفات مورد بررسی کلنی‌های زنبورعسل مورد مطالعه در پژوهش حاضر

Table 2. Variance analysis on the effect of smart system enhancing the overwintering performance of bees on the studied traits of the honey bee colonies in the current research

Variations Sources	df	Sum of Squares		F	P- valve
		Overwintering index	Honey production (kg)		
Treatments	2	22.298**	444.292**	12.38	0.0001
Error	18	12.254	103.160	22.44	0.0001

**: Significance at the 1% probability level, *: Significance at the 5% probability level, n.s: not significant

در مطالعه دیگری، Ochoaa *et al.* (2019) کندوی هوشمند کم هزینه‌ای را با استفاده از فناوری اینترنت به وسیله حسگرها جهت دستیابی به زنبورداری دقیق طراحی و مورد ارزیابی قرار دادند. در این سیستم اطلاعات داخل کندو مثل دما، رطوبت و وزن کندو به وسیله حسگرها در زمان واقعی ثبت می‌شد. نتایج مطالعه این محققان نشان داد زنبوردارها با بکارگیری این سیستم می‌تواند از طریق اندازه گیری‌های دقیق، کنترل و مدیریت بهتری در زمان واقعی روی کلنی‌ها داشته باشند و در نتیجه بدین ترتیب، بهره‌وری زنبورستان خود را بالا ببرند. براساس نتایج مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف، میانگین نرخ کلی تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل در ۳۱ کشور اروپایی در ۲۰۱۹–۲۰۱۸ حدود ۱۶/۷ درصد و در ایران ۲۰۱۹–۲۰۱۸ بالا و حدود ۲۲/۱ درصد و در زمستان سال ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۳ بین ۲۸/۶ الی ۳۴/۵ درصد گزارش شده است. همچنین، سهم بلایایی طبیعی در میزان تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل در ۳۱ کشور اروپایی مورد مطالعه زیر ۳ درصد بوده که این رقم برای ایران حدود ۳/۸ درصد گزارش شده است (Gray *et al.*, 2020, 2022). یکی از دلایل عمده تلفات زمستانه پایین در برخی کشورهای مورد بررسی در مطالعه حاضر، میزان سطح حرفه زنبورداری زنبورداران آن کشور و استفاده از تکنولوژی‌های جدید گزارش شده و کشورهای دارای بیشترین زنبورداران حرفه‌ای و استفاده از تکنولوژی‌های جدید در کلنی‌ها تلفات زمستانه کمتری هم داشتند. با توجه به نتایج مطالعه حاضر و سهم بالای تکنولوژی‌های جدید در کاهش تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل، معرفی و آموزش استفاده از سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورهای طراحی شده در مطالعه حاضر برای کاهش تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل و افزایش بهره‌وری زنبورستان‌ها به کارشناسان ارگان‌های مرتبط با بهره‌برداران برای معرفی و آموزش این سیستم به زنبورداران پیشنهاد می‌گردد.

در مطالعه حاضر هیچ تغییری در رفتار زنبورها هنگام نصب سیستم هوشمند تقویت کننده توان زمستانگذرانی زنبورها روی تیمارهای آزمایشی در حین اجرای آزمایش مشاهده نشد. با توجه به اینکه این مورد جزو آیتم‌های مورد بررسی در مطالعه حاضر نبود، بنابراین پیشنهاد می‌گردد ضمن هوشمندتر کردن و عدم نیاز سیستم به برق شهری، برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر تأثیر این سیستم روی رفتار زنبورها نیز در مطالعات آینده مورد بررسی قرار گیرد.

Author's Contributions

Ataollah Rahimi: conceptualization, methodology, formal analysis, investigation, draft preparation, final review and edit, visualization, supervision, project administration and funding acquisition; **Saleh Salehi:** final review and edit; **Naser Tajabadi:** final review and edit and methodology.

Author's Information

Ataollah Rahimi	ata.rahimi@areeo.ac.ir	*https://orcid.org/0000-0002-4298-7304*
Saleh Salehi	saleh3100@yahoo.com	*https://orcid.org/0000-0001-7834-2746*
Naser Tajabadi	ntajabadi@yahoo.com	*https://orcid.org/0000-0002-9856-8467*

Funding

This research has received financial support by the Organization of Kurdistan Agricultural Jihad, Sanandaj, Iran.

Data Availability Statement

All data supporting the findings of this study are available within the paper.

Acknowledgments

The authors are extremely grateful to Dr. Reza Amiri and Dr. Hamid Reza Bahmani for the scientific editing of this article.

Ethics Approval

Insects were used in this study. All applicable international, national, and institutional guidelines for the care and use of animals were followed. This article does not contain any studies with human participants performed by any of the authors.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

Generative AI statement

The authors declare that no Gen AI was used in the creation of this manuscript.

REFERENCES

Aydin, S. & Aydin, M. N. (2022) Design and implementation of a smart beehive and its monitoring system using micro services in the context of IoT and open data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 196, 106897. https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106897

Azimi, H., Delfanian, M. & Mahmoudjanlou, M. (2020) "Intelligent system for Safety and increase the efficiency of Bee" . The second international congress and 10 th Iranian honey bee congress, 2 & 3 February 2020, Karaj, Iran

BIP. (2014) National management survey 2013 and 2014 results. Reported on the BIP website: https://apisociety.areeo.ac.ir/

Brodschneider, R., Gray, A., Adjlane, N., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, M.F., Dahle, B., Graaf, D.C., Dražić, M.M., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., Gregorc, A., Grzęda, U., Hetzroni, A., Kauko, L., Kristiansen, P., Martikkala, M., Martín-Hernández, R., Medina-Flores, C.A., Mutinelli, F., Raudmets, A., Ryzhikov, V.A., Simon-Delso, N., Stevanovic, J., Uzunov, A., Vejsnæs, A., Wöhl, S., Zammit-Mangion, M, & Danihlík, J. (2018) Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 57, 452–457. https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1460911

Brodschneider, R., Gray, A., Van der Zee, R., Adjlane, N., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, M.F., Crailsheim, K., Dahle, B., Danihlík, J., Danneels, E., Graaf, D,C., Dražić, M.M., Fedoriak, M., Forsythe, I., Golubovski, M., Gregorc, A., Grzęda, U., Hubbuck, I., Tunca, R., Kauko, L., Kilpinen, O., Kretavicius, J., Kristiansen, P., Martikkala, M., Martín-Hernández, R., Mutinelli, F., Peterson, M., Otten, C., Ozkirim, A., Raudmets, A., Simon-Delso, N., Soroker, V., Topolska, G., Vallon, J., Vejsnæs, F. & Woehl, S. (2016) Preliminary analysis of loss rates of honey bee colonies during winter 2015/16 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 55, 375–378. https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1260240

Delaplane, K. S., Van der Steen, J. & Guzmán-Novoa, E. (2013) Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. *Journal of Apiculture Science,* 52, 1-12. https://doi.org/10.3896/IBRA/1.52.1.03

Dogan, S., Akbal, E., Koca, G. K. & Balta, A. (2017) Design of a Remote-Controlled Beehive for Improving Efficiency of Beekeeping Activities. *8th International Advanced Technologies Symposium*, 19-22 October 2017, Elazig, Turkey.

Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Douglas, A.B., Cadahía, L., Charrière, J.D., Chlebo, R., Coffey, M.F., Cornelissen, B., Amaro da Costa, C., Danneels, E., Danihlík, J., Dobrescu, C., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., Gregorc, A., Arakelyan, I.I., Johannesen, J., Kauko, L., Kristiansen, P., Martikkala, M., Martín-Hernández, R., Mazur, E., Medina-Flores, C.A., Mutinelli, F., Omar, E.M., Patalano, S., Uzunov, A., Vejsnaes, F., Williams, A. & Brodschneider, R. (2022) Honey bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019–2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement. *Journal of Apicultural Research*, 62, 204–210. https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2113329

Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, M.F., Cornelissen, B., Costa, C.A., Dahle, B., Danihlík, J., Dražić, M.M., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., Gajda, A., Graaf, D.C., Gregorc, A., Ilieva, I., Johannesen, J., Kauko, L., Kristiansen, P., Martikkala,M., Martín-Hernández, R., Medina-Flores, C.A., Mutinelli, F., Patalano, S., Raudmets, A., Martin, G.S., Soroker, V., Stevanovic, J., Uzunov, A., Vejsnaes, F., Williams, A., Zammit-Mangion, M. & Brodschneider, R. (2020) Honey bee colony winter loss rates for 35 countries participating in the COLOSS survey for winter 2018–2019, and the effects of a new queen on the risk of colony winter loss. *Journal of Apicultural Research*, 59, 744–751. https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1797272

Hadju, H., Ammar, D. & Lefebvre, L. (2022) Toward an intelligent and efficient beehive: A survey of precision beekeeping systems and services. *Computers and Electronics in Agriculture*, 192, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106604

Lee, K.V., Steinhauer, N., Rennich, K., Wilson, M.E., tarpy, D. R., caron, D.M., Rose, R., Delaplane, K.S., Baylis, K., Lengerich, E.J., Pettis, E., Skinner, J.A., Wilkes, J.T., Sagili, R. & Engelsdorp, D. (2015) A national survey of managed honey bee 2013–2014 annual colony losses in the USA. *Apidologie*, 46, 292–305. https://doi.org/10.1007/s13592-015-0356-z

Lyu, X., Zhang, S. & Wang, Q. (2019) Design of intelligent beehive system based on internet of things technology. *Advances in Computer Science Research*, 90, 221-226. https:// doi.org/10.2991/iccia-19.2019.18

Ochoaa, I., Gutierrez, S. & Rodríguez, F. (2019) Internet of things: low-cost monitoring beehive system using wireless sensor network. 2019 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV). https://doi.org/10.1109/icev.2019.8920622

Rahimi, A. & Parichehreh, SH. (2024) Evaluation of a new plant-based formulation to control Varroa mite (*Varroa destructor*) in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Journal of Entomological Society of Iran*, 44: 417-428. https://doi.org.10.61186/jesi.44.4.5

Rahimi, A. (2024) Design, construction and evaluation of the performance of the smart system enhancing the overwintering behavior of honey bee colonies in the climatic conditions of Kurdistan. Final report of the research project, Animal Sciences Research Institute of Iran, Karaj, Iran.

Rahimi, A., Mirmoayedi, A., Kahriz, D., Zarei, L. & Jamali, S. (2022) Molecular genetic diversity and population structure of Iranian honey bee (*Apis mellifera meda*) populations: Implications for breeding and conservation. *Journal of Plant diseases and Protection*, 129, 1331-1342. https://doi.org/10.1007/s41348-022-00657-w

Rahimi, A., Mirmoayedi, A., Kahriz, D., Zarei, L. & Jamali, S. (2023a) Genetic characterization of Iranian honeybees, *Apis mellifera meda* Skorikow, 1829, based on microsatellite DNA polymorphism. *Biochemical Genetics*, 61, 2293–2317. https://doi.org/ 10.1007/s10528-023-10368-y

Rahimi, A., Tajabadi, N., Toopchi, B., Bahmani, H. & Salehi, S. (2023b) Overwintering honey bees: biology and management. *Iranian Honey bee Science and Technology*, 13, 48-31. https://doi.org/10.22034/hbsj.2023.129654

Tahmasebi, GH., Ebadi, R., Baneh, H., Parichehreh, Sh., Babaei, M., Seyfie., N. & Sartippour, A. (2022) The variation trend of the functional traits of improved queens of Iranian honeybees (*Apis mellifera meda*) during four generations in different private apiaries. *Animal Production Research*, 11, 91-105. https://doi.org/ 10.22124/AR.2022.15688.1534

Ruttner, F. (1988) Biogeography and Taxonomy of Honey bees. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-72649-1

Salehpor, F., Ghafari, M., Rahimi, A. & Mokhbar, M. (2023) Effect of vitamins thiamine and riboflavin on population growth, functional traits, and body fat and protein reserves in Iranian honey bee (*Apis mellifera meda*) colonies. *Animal Production Research*, 13, 87-98. https://doi: 10.22124/ar.2024.26114.1803

Voorhies, E. C., Todd, F. E. & Galbraith, J. K. (1993) Economic aspects of the bee industry. Bulletin 555, University of California, College of Agriculture, Berkeley, 118 p.

Yarahamdi, S., Mirai Ashtiani, S., Ebadi, R. & Tahmasabi, G. (2001) Phenotypic correlations among 9 morphological and 3 production traits in the honey-bee population in Tehran province. *Journal of Crop Production and Processing*, 5, 157-168.

Citation: Rahimi, A., Salehi, S. & Tajabadi, N. (2025). The effect of the smart system enhancing the overwintering performance of bees on overwintering index and honey production traits of honey bee (*Apis mellifera*) colonies, *J. Entomol. Soc. Iran* 45 (3), 453–462.

DOI: https://doi.org/10.61186/jesi.45.3.11

URL: https://jesi.areeo.ac.ir/article_131275.html

pISSN: 0259-9996 – eISSN: 2783-3968

Journal of Entomological Society of Iran

2025, 45 (3), 453–462

The effect of the smart system enhancing the overwintering performance of bees on overwintering index and honey production traits of honey bee (*Apis mellifera*) colonies

Ataollah Rahimi[1], Saleh Salehi[1] & Naser Tajabadi[2]

1- *Animal Science Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran*

2- *Honey bee Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran*

Abstract. Overwintering and winter losses are one of the biggest challenges for honey bee colonies and beekeepers in cold and temperate regions of the world. The present study aimed to investigate the effect of the smart system enhancing the overwintering performance of bees on in overwintering index and honey production traits of honey bee colonies in the climatic conditions of Kurdistan province from February 2022 to May 2024. This research was designed and implemented in the form of a completely randomized design with three treatments (including: the first treatment of honey bee colonies with the smart system enhancing with a wooden protector, the second treatment of honey bee colonies with the smart system enhancing with a concrete protector and the third treatment of honey bee colonies without the smart system enhancing as a control) and 7 replications. Experimental colonies were homogenized in terms of queen age and population (adults and brood) in April to September 2022 before conducting the experiment. Variance analysis results of the data obtained from the present study showed that the installation of the smart system enhancing the overwintering performance of bees had a significant effect on overwintering index and honey production trait of the studied honey bee colonies ($p<0.01$). Based on the mean comparison results, the highest average wintering index and honey production traits with an average of 6.11 and 20.26 kg, respectively, are related to honey bee colonies with the smart system enhancing the overwintering performance of bees with a concrete protector, and the lowest with an average of 65. 2 and 7.98 kg were related to the control treatment. According to the findings of the present research, the use of the smart system enhancing the overwintering performance of bees with a concrete protector can be suggested to reduce winter losses, increase colony production and also reduce temperature fluctuations in the early months of the year inside the colony in Kurdistan province and other neighboring provinces with similar climatic conditions.

Keywords: Honey bee, Winter losses, Smart system, Overwintering, Behavioral trait, functional traits

Article Info

Received:	19 October	2024
Accepted:	10 April	2025
Published:	25 July	2025

Subject Editor: Rasoul Bahreini

Corresponding author: Ataollah Rahimi

E-mail: ata.rahimi@areeo.ac.ir

DOI: https://doi.org/10.61186/jesi.45.3.11

© 2025 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran
This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International Public License.