

تأثیر تغییرات فصلی بر فعالیت جستجوگری موربانه زیرزمینی *Anacanthotermes vagans* (Isoptera: Hodotermitidae)

مرضیه صفار^۱، مهدی ضیاءالدینی^{۲*} و رحیم غیورفر^۳

۱- دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ۲- پایگاه میراث فرهنگی استان یزد و گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان و ۳- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران
*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ziaaddini@vru.ac.ir

چکیده

فعالیت جستجوگری موربانه‌های زیرزمینی به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی بوده و ارتباط مستقیم با خسارت‌زایی آن‌ها دارد و این تغییرات فصلی فعالیت جستجوگری می‌تواند بر موفقیت کنترل موربانه‌های زیرزمینی با استفاده از روش سیستم طعمه‌گذاری تأثیرگذار باشد. موربانه زیرزمینی *Anacanthotermes vagans* (Hagen) (Isoptera: Hodotermitidae) به عنوان یک آفت شهری مهم در مرکز و نواحی جنوبی ایران مطرح است. این مطالعه با هدف تعیین اثر تغییرات فصلی بر فعالیت جستجوگری و میزان تغذیه چوب در اکوسیستم شهری و در شهر یزد و در یک بازه زمانی دوساله (تیر ۱۳۹۲ تا خرداد ۱۳۹۴) انجام شد. تغییرات جستجوگری این گونه با سه متغیر تعداد ایستگاه‌های فعال، جمعیت جستجوگر و میانگین تغذیه چوب که از نمونه‌برداری ماهانه ۸۵ ایستگاه ردیاب و ۱۵ ایستگاه تغذیه‌ای به دست آمد، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد فعالیت جستجوگری موربانه زیرزمینی *A. vagans* به طور کامل فصلی است. فعالیت جستجوگری این گونه پس از یک توقف سه‌ماهه در اسفند آغاز می‌شود و در تیر و مرداد به بالاترین میزان می‌رسد. مقایسه الگوی تغییرات فعالیت جستجوگری با نوسانات میانگین دما و میزان بارندگی ماهانه نشان داد تغییرات فصلی فعالیت جستجوگری در گونه مورد مطالعه در ارتباط مستقیم با تغییرات دما است. علاوه بر آن به نظر می‌رسد کاهش شدید و ناگهانی دما در زمستان می‌تواند سبب کاهش جمعیت کلنی‌ها شود.

واژگان کلیدی: ایستگاه ردیاب، الگوی فصلی جستجوگری، ایستگاه تغذیه‌ای، موربانه، یزد

Effect of Seasonal Fluctuations in Foraging Activity of a Subterranean Termite *Anacanthotermes vagans* (Isoptera: Hodotermitidae)

Marzieh Saffar¹, Mahdi Ziaaddini^{2&*} & Rahim Ghayourfar³

1- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran, 2- Yazd Cultural Heritage Base, Iran, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran. & 3- Iranian Research Institute of Plant Protection, Teheran, Iran.

*Corresponding author, E-mail: ziaaddini@vru.ac.ir

Abstract

Foraging behavior of subterranean termites is strongly influenced by environmental conditions and is related directly to termite damages. The seasonal changes in foraging activity of subterranean termites can affect the efficacy of baiting method in a management program. The subterranean termite, *Anacanthotermes vagans* (Hagen) (Isoptera: Hodotermitidae) is an important urban pest with economic damage in central and southern regions of Iran. The objective of this study was to determine the effect of seasonal changes on foraging activity and wood consumption in Yazd over a two-year period (June 2013 to May 2015). Foraging variations were monitored according to three variables including active stations, foraging population and wood consumption. 85 monitoring and 15 feeding stations monthly inspected. The results showed that foraging activity of *A. vagans*, is completely seasonal and begins after a quarterly stop in March and was highest from July to August. Comparison of foraging activity pattern changes with mean of temperature fluctuations and monthly precipitation

showed seasonal changes in foraging activity is directly related to temperature. In addition, it appears the sharp decline in winter temperature may reduce the population of colony.

Key words: Monitoring station, Foraging seasonal pattern, Feeding station, Termite, Yazd

Received: 24 July 2017, Accepted: 18 January 2018

مقدمه

با وجود نقش بوم شناختی مهم موربانه‌ها در تعادل طولانی مدت اکوسیستم به واسطه تغذیه از مواد گیاهی زائد، این حشرات یکی از مهم‌ترین آفات ساختمانی در جهان محسوب می‌شوند. براساس اطلاعات فروش حشره‌کش‌ها در سال ۲۰۱۰ میلادی، هزینه‌های سالانه کنترل و تعمیر خسارت موربانه‌ها در سراسر جهان ۴۰ میلیارد دلار تخمین زده شد (Rust & Su, 2012). گونه *Anacanthotermes vagans* (Hagen) که در گروه موربانه‌های زیرزمینی طبقه‌بندی می‌شود، بیشتر از گیاهان مرتعی تغذیه می‌کند و خسارت آن کم و بیش در تمام مراتع کشور مشاهده می‌شود. این گونه را می‌توان یک آفت انباری نیز به شمار آورد (Ghayourfar, 1991). علاوه بر این به عنوان یک آفت شهری دارای خسارت اقتصادی نیز مطرح است (Evans *et al.*, 2013) و عامل ایجاد خسارت در بسیاری از بناهای تاریخی شاخص استان‌های اصفهان، خوزستان، خراسان جنوبی، کرمان و یزد محسوب می‌شود. در بافت تاریخی شهر یزد که یکی از بزرگ‌ترین بافت‌های تاریخی خشتی جهان است، *A. vagans* یکی از گونه‌هایی است که خسارت جبران‌ناپذیری به بناهای خشتی وارد ساخته است (Ghayourfar *et al.*, 2008).

واژه Foraging که در فارسی به جستجوگری یا کاوشگری ترجمه می‌شود، در تمامی رفتارهای مرتبط با به دست آوردن غذا، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Matthews & Matthews, 2010). رفتار جستجوگری موربانه‌های زیرزمینی شامل سه مرحله پیدا کردن ماده غذایی مناسب با استفاده از شبکه‌ای از تونل‌ها، به کارگیری سایر افراد کلنی و انتقال ماده غذایی به کلنی است. جمع‌آوری هرگونه داده رفتاری از مطالعات میدانی به دلیل زندگی به شدت مخفیانه موربانه‌های زیرزمینی بسیار دشوار است (Evans & Gleeson, 2001). به همین دلیل الگوهای طبیعی رفتار جستجوگری آن‌ها به میزان اندکی شناخته شده است. فعالیت جستجوگری در موربانه‌ها تحت تأثیر عوامل داخلی و خارجی نظیر گونه موربانه، رقابت با سایر ارگانسیم‌ها، اندازه جمعیت و کلنی و شرایط محیطی قرار دارد (Haverty *et al.*, 2010). تغییرات فصلی دما و رطوبت از عوامل محیطی است که تأثیر آن در فعالیت جستجوگری گونه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. اولین بررسی‌ها در این زمینه روی جستجوگری گونه *Heterotermes aureus* (Snyder) (Haverty *et al.*, 1974) و گونه *Gnathamitermes perplexus* (Banks) (La Fage *et al.*, 1976) نشان داد در هر دو گونه ارتباط مستقیم با دما و رطوبت وجود دارد. سایر پژوهش‌هایی که روی الگوی فصلی فعالیت جستجوگری موربانه‌های زیرزمینی انجام شده نیز این نتایج را تأیید نموده و نشان می‌دهد الگوی فصلی فعالیت جستجوگری با هر دو عامل دما و میزان بارندگی در ارتباط است (Abensperg, 1991; Dibog *et al.*, 1998; Haverty *et al.*, 1999). در یک دوره دوساله، تأثیر تغییرات فصلی دما و رطوبت خاک را علاوه بر تغییرات دما روی فعالیت جستجوگری موربانه *Coptotermes formasanus* Shiraki ارزیابی کردند، این پژوهش همانند پژوهش‌های قبلی در مورد این گونه (Delaplane *et al.*, 1991) کاهش فعالیت جستجوگری در ماه‌های سرد سال را تأیید کرد اما نشان داد تنها متوسط

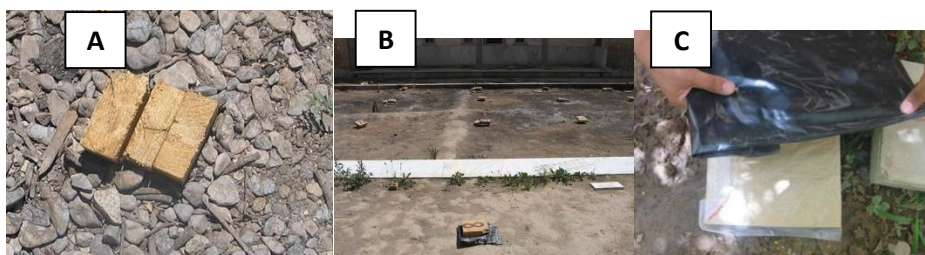
دما زیر ۱۵ سلسیوس خاک سبب کاهش معنی‌دار تعداد موربانه‌ها در ایستگاه‌های ردیاب می‌شود. مقایسه فعالیت جستجوگری فصلی *C. formosanus* و *Coptotermes gestroi* (Wasmann) نشان داد *C. formosanus* در ماه‌های سرد سال کاهش فعالیت کمتری دارد. در این مطالعه از فعالیت جستجوگری برای بررسی الگوی پراکنش دو گونه مذکور استفاده شده است (Arab et al., 2005). پژوهشی که به بررسی ریتم روزانه فعالیت جستجوگری *A. vagans* پرداخته هم به لحاظ بررسی الگوی روزانه فعالیت جستجوگری و هم به لحاظ مطالعه رفتاری روی گونه *A. vagans* کم‌نظیر است. نتایج این پژوهش نشان داد که ریتم روزانه جستجوگری در این گونه در فصول مختلف متفاوت است. در این آزمایش اوج فعالیت روزانه در فصول تابستان و زمستان در نیمه‌شب و اوایل صبح و در بهار، ظهر و اولین ساعات بعد از ظهر اوج فعالیت ثبت شده است (Absuhama & Al Houty, 1989). فعالیت جستجوگری موربانه‌ها قسمتی از زیست‌شناسی آن‌هاست که ارتباط مستقیم با خسارت‌زایی آن‌ها دارد. از سوی دیگر کاهش و ریشه‌کنی جمعیت جستجوگر هدف روش کنترل موربانه‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم طعمه‌گذاری است. مطالعات نشان داده است که تغییرات فصلی فعالیت جستجوگری ممکن است بر موفقیت کنترل موربانه‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم طعمه‌گذاری مؤثر باشد (Ripa et al., 2007; Haverty et al., 2010). سیستم طعمه‌گذاری روشی است که به‌صورت موفقی برای ریشه‌کنی کلنی‌های موربانه‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Su et al. 1995; Messenger et al. 2005; Eger et al. 2012). ردیابی و تله‌گذاری از مباحث عمومی اکولوژیکی مورد مطالعه روی موربانه‌های زیرزمینی است. تاکنون انواع مختلف ایستگاه‌ها برای ردیابی فعالیت موربانه‌های زیرزمینی طراحی شده و با توجه به اهداف مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است (Su et al. 1995). این پژوهش با طراحی آزمایش‌هایی به بررسی تأثیر تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی بر فعالیت جستجوگری و میزان تغذیه چوب گونه *A. vagans* در اکوسیستم شهری و شرایط اقلیمی شهر یزد پرداخته است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش در یک بازه زمانی دو ساله (تیر ۱۳۹۲ تا خرداد ۱۳۹۴) فعالیت جستجوگری موربانه *A. vagans* در اکوسیستم شهری بررسی شد. برای ردیابی جمعیت این‌گونه، کارخانه بافندگی جنوب واقع در شهرستان یزد (۳۱/۸۵۹۲۳۵۸ شمالی و ۵۴/۳۸۱۳۰۷۰ شرقی) تأسیس سال ۱۳۲۸ که در حال حاضر متروکه است، انتخاب شد. مساحت تقریبی کارخانه جنوب ۸۰۰۰ مترمربع است و شدت خسارت موربانه *A. vagans* در قسمت‌های مختلف کارخانه نشانگر وجود کلنی‌های فعال این‌گونه در بنا است.

نصب ایستگاه‌های ردیاب و تغذیه: در تمام انواع این ایستگاه‌ها از یک ماده سلولزی به‌عنوان طعمه و یک پوشش برای ایجاد محیط تاریک و مرطوب استفاده می‌شود. در این پژوهش با مطالعه انواع ایستگاه‌هایی که در منابع معتبر طراحی و استفاده شده بود (Su et al. 1995; Gambetta et al. 2000; Eger et al. 2012)، دو نوع ایستگاه طراحی شد. ایستگاه‌های طراحی شده در مدت آزمایشی سه ماهه (فرودین تا خرداد ۱۳۹۲) برای بررسی کارایی آن‌ها در مورد گونه مورد مطالعه بررسی شد و بر اساس مطالعه و آزمایش‌های مقدماتی دو نوع ایستگاه ردیاب و تغذیه‌ای در کارخانه جنوب نصب شد. هر ایستگاه ردیاب شامل ۸ قطعه مقوا ۲۵×۲۰ سانتی‌متر است که در یک پوشش پلاستیکی بسته‌بندی شد، پوشش پلاستیکی در سطحی به ابعاد ۸×۸ سانتی‌متر برش خورد و روی سطح خاک

قرار گرفت. این سطح محل تماس با خاک و ورود موربانه‌ها به داخل ایستگاه است. روی هر ایستگاه با یک لایه پلاستیک سیاه برای ایجاد محیط تاریک پوشانده شد (شکل ۱، A و B). سپس برای هر ایستگاه از یک آجر فرش شماره‌گذاری شده به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به‌عنوان سرپوش ایستگاه استفاده شد. ۸۵ ایستگاه ردیاب نصب و به‌صورت ماهانه برای مدت ۲۴ ماه (از تیر ۱۳۹۲ تا خرداد ۱۳۹۴) بازدید شدند. برای اندازه‌گیری میزان مصرف چوب، ۱۵ نقطه در محدوده نصب ایستگاه‌های ردیاب انتخاب و در هر نقطه یک ایستگاه تغذیه در داخل خاک نصب شد (شکل ۱ C). هر ایستگاه تغذیه شامل سه قطعه چوب سپیدار به ابعاد ۲۵×۷×۳ سانتی‌متر که در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس وزن شده و با نوار نایلونی به هم بسته شدند، بود. ۵ سانتی‌متر از انتهای قطعات چوبی بیرون از خاک قرار گرفت. موقعیت هر ایستگاه روی نقشه مشخص و شماره‌گذاری شد.



شکل ۱- ایستگاه‌های ردیاب (A و B) و ایستگاه تغذیه (C)

Fig. 1. A & B: Termite monitoring station C: Termite Feeding station

برای اندازه‌گیری میزان جستجوگری گونه مورد مطالعه در ماه‌های مختلف سال، از سه متغیر تعداد ایستگاه‌های فعال، میانگین مصرف چوب و تعداد افراد جستجوگر استفاده شد.

- **تعداد ایستگاه‌های فعال:** در بازدیدهای ماهانه ۸۵ ایستگاه ردیاب، بسته حاوی قطعات مقوایی هر ایستگاه برداشته و با بسته جدید جایگزین شد. هر بسته و شماره مربوط به ایستگاه آن در کیسه‌های پلاستیکی جداگانه به آزمایشگاه منتقل شد. ایستگاه‌هایی که علائم تغذیه گونه *A. vagans* در آن‌ها وجود داشت، حتی در صورت عدم مشاهده موربانه زنده به‌عنوان ایستگاه فعال ثبت شد.

- **جمعیت جستجوگر:** در آزمایشگاه جمعیت جستجوگر از مقوای ایستگاه‌های ردیاب با استفاده از قلم‌مو و پنس جدا و جمعیت جستجوگر هر ماه از مجموع موربانه‌های شمارش شده در ایستگاه‌های فعال هر ماه محاسبه شد.

- **میزان مصرف چوب:** در بازدید ماهانه ۱۵ ایستگاه تغذیه‌ای، قطعات چوبی تمام ایستگاه‌ها برداشته و با قطعات چوبی خشک شده و وزن شده جدید تعویض می‌شود. قطعات چوبی هر ایستگاه همراه با شماره مربوط به ایستگاه داخل پاکت‌های پلاستیکی جداگانه به آزمایشگاه منتقل شد. موربانه، خاک و گالری‌های گلی از سطح چوب حذف شده و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس برای مدت ۲۴ ساعت خشک شد. سپس وزن قطعات چوبی اندازه‌گیری و مجموع کاهش وزن قطعات چوبی در هر ماه به‌عنوان چوب مصرف شده در ماه اندازه‌گیری و میانگین تغذیه چوب در هر ایستگاه محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ارتباط الگوی نوسانات ماهانه متغیرها در طول دوره با الگوی نوسانات عوامل اقلیمی متوسط دما ماهانه و میزان بارندگی ماهانه با استفاده از آزمون همبستگی بین متغیرهای پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. تمام آمار مربوط به پارامترهای اقلیمی از ایستگاه هواشناسی شهر یزد دریافت شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و SAS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. با توجه به اینکه دو متغیر متوسط دمای ماهانه و میزان بارندگی ماهانه سری زمانی دارند، برای سنجش میزان تغییرات تعداد ایستگاه‌های فعال، جمعیت جستجوگر و میزان مصرف چوب با متوسط دمای ماهانه و میزان بارندگی ماهانه در طول دوره دو ساله آزمایش (تیر ۱۳۹۳ تا خرداد ۱۳۹۴)، از مدل رگرسیونی سری زمانی استفاده شد. در این مدل به همراه دو متغیر متوسط دمای ماهانه و میزان بارندگی ماهانه روند متغیر زمان نیز در نظر گرفته شده است. ابتدا وجود روند در داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس ایستایی مورد آزمون قرار گرفت که تنها متغیر دما نیاز به تبدیل لگاریتم برای ایستاشدن داشت. با حذف روند خطی و ایستاکردن سری زمانی و با برازش مدل ARIMA به هر متغیر، در نهایت باقیمانده مدل به عنوان متغیر جدید که تصادفی و پایدار هست برای تحلیل استفاده گردید. با توجه به آزمون همبستگی هرچند که بین دما در ماه‌های مختلف سال و تغییرات میانگین مصرف چوب و همچنین تعداد ایستگاه‌های فعال ارتباط معنی‌داری وجود دارد ولی به دلیل اینکه اثر زمان از بعد سری‌های زمانی معنی‌دار نبوده است، مشخص گردید که میانگین‌ها مستقل بوده و هیچ ارتباطی با زمان ندارند. لذا مقایسه میانگین‌ها با نرم افزار SAS و براساس تجزیه واریانس یک طرفه و با استفاده از آزمون توکی انجام شده است.

نتایج

براساس نتایج آزمون همبستگی پیرسن (جدول ۱)، میزان ضریب همبستگی پیرسن برای همبستگی بین میانگین دمای ماهانه و میانگین مجموع بارندگی ماهانه با میزان مصرف چوب و جمعیت جستجوگر به ترتیب ۰/۴۷۷، ۰/۵۷۰، ۰/۲۹۱- و ۰/۳۵۱- و مقادیر P به ترتیب ۰/۰۱۸، ۰/۰۰۴، ۰/۱۶۸ و ۰/۰۹۳ می‌باشد. بنابراین بین میانگین دمای ماهانه با میزان مصرف چوب و جمعیت جستجوگر رابطه معنی‌داری وجود دارد. مثبت بودن مقادیر همبستگی ۰/۴۷۷ و ۰/۵۷۰ بیانگر وجود رابطه مستقیم بین میانگین دمای ماهانه و متغیرهای میزان مصرف چوب و تعداد افراد جستجوگر می‌باشد. یعنی با افزایش دما، میزان مصرف چوب و تعداد افراد جستجوگر نیز افزایش می‌یابد (شکل ۲).

همچنین با توجه به نتایج مدل رگرسیون سری زمانی، در هر سه مورد تعداد ایستگاه‌های فعال، جمعیت جستجوگر و میزان مصرف چوب در روند ماهانه در مدل رگرسیونی معنادار است و با افزایش دما هر یک افزایش معنادار دارد. با توجه به مدل رگرسیونی و بر اساس متغیرهای مستقل میانگین دمای ماهانه و مجموع بارندگی ماهانه و متغیر وابسته میزان مصرف چوب میزان و تعداد افراد جستجوگر ضریب تعیین مدل به ترتیب ۰/۲۳۱ و ۰/۳۲۹ می‌باشد، یعنی به ترتیب ۲۳٪ متغیر میزان مصرف چوب و ۳۳٪ (یک سوم) متغیر تعداد افراد جستجوگر بر اساس دو متغیر میانگین دمای ماهانه و مجموع بارندگی ماهانه تعیین می‌شود. همچنین بر اساس P-مقدار مدل رگرسیونی به ترتیب ۰/۰۶۴ و ۰/۰۱۵ می‌باشد، بنابراین مدل رگرسیونی متغیرهای مستقل میانگین دمای ماهانه و

مجموع بارندگی ماهانه و متغیر وابسته میزان مصرف چوب در سطح ۰/۰۵ معنی دار نمی باشد. همچنین P- مقدار ضرایب مدل رگرسیونی به ترتیب ۰/۰۵۹ و ۰/۷۶۶ می باشد که معنی دار نمی باشند. برای مدل رگرسیونی بر اساس متغیرهای مستقل میانگین دمای ماهانه و مجموع بارندگی ماهانه و متغیر وابسته تعداد افراد جستجوگر در سطح ۰/۰۵ معنی دار می باشد. همچنین P- مقدار ضرایب مدل رگرسیونی به ترتیب ۰/۰۱۹ و ۰/۷۲۰ می باشد، یعنی متغیر میانگین دمای ماهانه معنی دار می باشد ولی متغیر مجموع بارندگی ماهانه معنی دار نمی باشد. این بدین معنی است که فعالیت جستجوگری موربانه ها تحت تاثیر دما می باشد و بارندگی نقش مهمی در این خصوص ندارد.

جدول ۱ - آزمون همبستگی بین متغیرهای میانگین تغذیه از چوب و تعداد افراد جستجوگر با میانگین دمای ماهانه و بارندگی ماهانه.

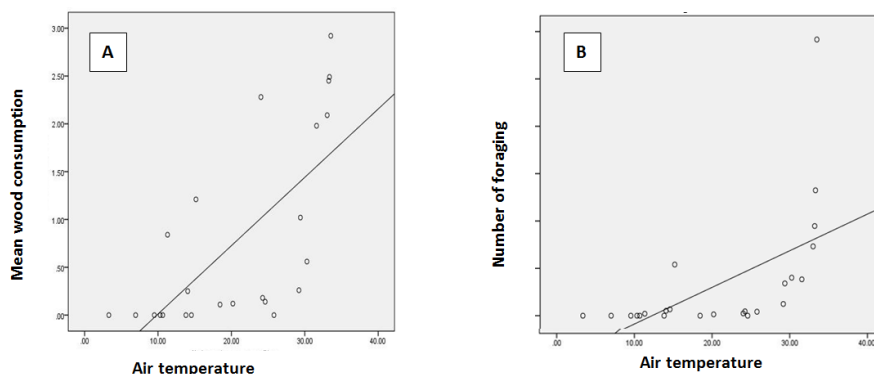
Table 1. Correlation test between variables, wood consumption and number of foraging and average monthly air temperature and total monthly precipitation.

		Average monthly air temperatures	Total monthly precipitation	Mean wood consumption	Number of foraging
Average monthly air temperatures	Pearson Correlation	1	-.697**	.477*	.570**
	Sig. (2-tailed)		.000	.018	.004
	N	24	24	24	24
Total monthly precipitation	Pearson Correlation	-.697**	1	-.291	-.351
	Sig. (2-tailed)	.000		.168	.093
	N	24	24	24	24
Mean wood consumption	Pearson Correlation	.477*	-.291	1	.883**
	Sig. (2-tailed)	.018	.168		.000
	N	24	24	24	24
Number of foraging	Pearson Correlation	.570**	-.351	.883**	1
	Sig. (2-tailed)	.004	.093	.000	
	N	24	24	24	24

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

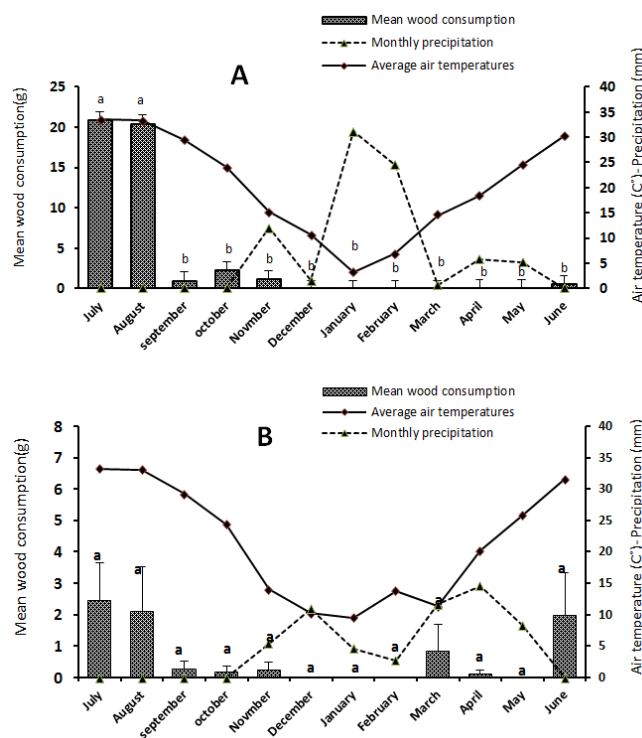
*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

تغییرات میانگین مصرف چوب: همان گونه که در شکل ۳ مشاهده می شود، میانگین تغذیه چوب در ماه های تیر و مرداد بسیار بیشتر از ماه های دیگر است. نتایج آزمون توکی برای مقایسه ماهانه میانگین تغذیه چوب در سطح آماری ۵ درصد بیانگر عدم تفاوت میان ماه های سال به استثناء ماه های تیر و مرداد از نظر میزان تغذیه چوب در سال اول است. با توجه به مقادیر میانگین، میزان تغذیه چوب در ماه های تیر و مرداد در یک سطح آماری قرار می گیرند و بین سایر ماه های سال از نظر میانگین تغذیه چوب تفاوت معنی دار مشاهده نمی شود ($P=0/077$). با این وجود از نظر آماری طبق نتایج آزمون توکی، تفاوت میانگین تغذیه چوب در سال دوم آزمایش معنی دار نیست ($F=37/35$, $df=11$, $P=0/327$).



شکل ۲- پراکنش میانگین مصرف ماهانه چوب (A) و جمعیت جستجوگر (B) با میانگین دمای ماهانه در تیر ۱۳۹۲ تا خرداد ۱۳۹۴.

Fig. 2. Distribution of mean wood consumption and number of foraging with average monthly air temperatures, during June 2013- May 2015.

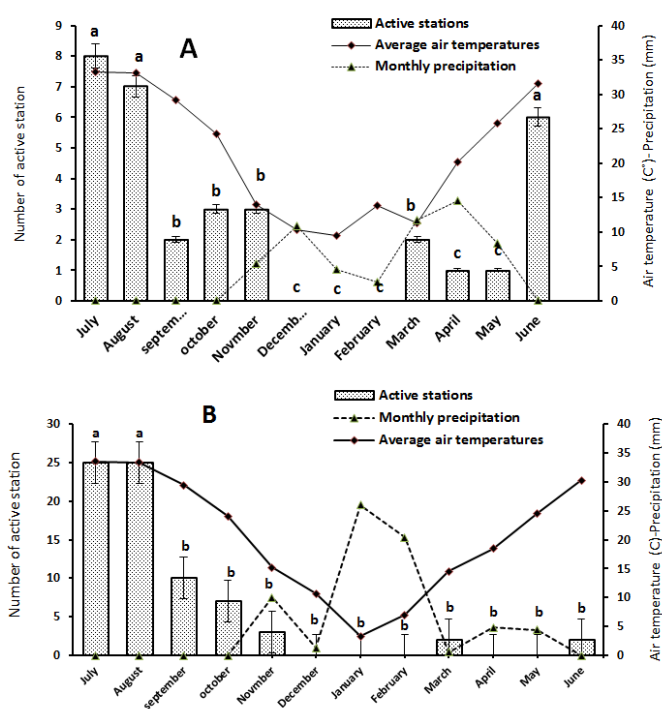


شکل ۳- میانگین مصرف ماهانه چوب \pm خطای معیار (گرم) در ایستگاه‌های تغذیه (۱۵ ایستگاه)، نمودارهای خطی دمای ماهانه و بارندگی ماهانه را نشان می‌دهد. ستون‌های دارای حروف مشابه در آزمون توکی در سطح آماری ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. A: سال اول آزمایش (تیر ۱۳۹۲ تا خرداد ۱۳۹۳) و B: سال دوم آزمایش (تیر ۱۳۹۳ تا خرداد ۱۳۹۴).

Fig. 3. Mean of wood consumption (grams) in feeding station (15 stations) for each month. Lines represent average monthly precipitation and air temperatures. Bars with the same letters are not significantly different ($P = 0.5$; Turkey's test).

A: Year1 (June 2013- May 2014) and B: Year 2 (June 2014- May 2015)

تغییرات تعداد ایستگاه‌های فعال: مقایسه کمی متغیرها در دو سال آزمایش کاهش جمعیت را در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول آزمایش نشان می‌دهد. در متغیر تعداد ایستگاه‌های فعال در اوج فعالیت در تیرماه در سال اول تعداد ۲۵ و در سال دوم در همین ماه ۸ ایستگاه فعال ثبت شده است (شکل ۴). مقایسه میانگین تغذیه از چوب (شکل ۳) و جمعیت جستجوگر (شکل ۵) نیز کاهش جمعیت در سال دوم را نشان می‌دهد. بین ماه‌های مختلف سال از نظر تعداد ایستگاه‌های فعال اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($F=۲/۳۳$, $df=۱۱$, $P=۰/۰۴۱$). گرم‌ترین ماه‌های سال، خرداد، تیر و مرداد با ۲۵ ایستگاه فعال در سال اول آزمایش و تعداد ۶، ۸ و ۷ ایستگاه فعال در سال دوم آزمایش از تعداد کل ۸۵ ایستگاه ردیاب، بالاترین تعداد ایستگاه فعال را داشتند. کاهش محسوس فعالیت از شهریورماه شروع شده و از آذرماه تا بهمن فعالیت در ایستگاه‌های ردیاب متوقف و درصد ایستگاه‌های فعال صفر ثبت شده است (شکل ۴). در نتایج آزمون توکی در سطح آماری پنج درصد در سال دوم، بجز تیر و مرداد سایر ماه‌های سال از نظر تعداد ایستگاه فعال اختلاف معنی‌داری نداشتند و در یک سطح آماری قرار می‌گیرند ($F=۲/۳۳$, $df=۱۱$, $P=۰/۳۳۶$).



شکل ۴- تعداد ایستگاه‌های ردیاب مورد حمله موربانه (۸۵ ایستگاه) در هر ماه، نمودارهای خطی دمای ماهانه و بارندگی ماهانه را نشان می‌دهد. ستون‌های دارای حروف مشابه در آزمون توکی در سطح آماری ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.
 A: سال اول آزمایش (تیر ۱۳۹۲ تا خرداد ۱۳۹۳) و B: سال دوم آزمایش (تیر ۱۳۹۳ تا خرداد ۱۳۹۴)
 (۱۳۹۴)

Fig. 4. Number of monitoring stations (out of 85) occupied by termites for each month. Lines represent average monthly precipitation and air temperatures. Bars with the same letters are not significantly different ($P = 0.5$; Turkey's test) A: Year1 (June 2013- May 2014) and B: Year 2 (June 2014- May 2015)

بحث

جستجوگری گونه *A. vagans* در شرایط اقلیمی شهر یزد به صورت معناداری تحت تأثیر تغییرات فصلی قرار دارد. در هر دو سال آزمایش، تعداد ایستگاه‌های فعال و میانگین تغذیه از چوب در فصل تابستان به بالاترین میزان رسیده است و در ماه‌های آذر، دی و بهمن متوقف شده است. با گرم شدن مجدد هوا در اسفند، فعالیت در ایستگاه‌ها آغاز شده است (شکل‌های ۳ و ۴). وجود الگوی فصلی در فعالیت جستجوگری گونه‌های مختلف موربانه‌ها مورد بررسی و تأیید است. در گونه *Coptotermes lacteus* (Forggatt)، در تابستان دامنه و جمعیت جستجوگر افزایش می‌یابد در صورتی که در زمستان جمعیت جستجوگر کاهش و در نزدیک لانه تمرکز می‌یابد (Evans & Gleeson, 2001). مقایسه فعالیت جستجوگری فصلی *C. formasanus* و *C. gestroi* نشان داد فعالیت جستجوگری هر دو گونه در فصل سرد کاهش می‌یابد اما گونه *C. formasanus* در ماه‌های سرد سال کاهش فعالیت کمتری دارد. در این پژوهش فعالیت جستجوگری بیشتر این گونه در طول سال، به‌عنوان یکی از عوامل موفقیت این گونه در پراکنش وسیع آن در مناطق مختلف جهان مورد بررسی قرار گرفته است (Arab et al., 2005). در بررسی تأثیر تغییرات فصلی، ارتباط معنادار پارامتر اقلیمی میانگین دمای ماهانه با دو متغیر آزمایش (جدول ۱)، تأثیر معنی‌دار دما بر تغییرات فصلی جستجوگری گونه مورد آزمایش را تأیید می‌کند. میزان بارندگی ماهانه، پارامتر اقلیمی دیگری است که تأثیر تغییرات فصلی آن بر جستجوگری گونه *A. vagans* بررسی شد. نتایج رگرسیون نشان داد ارتباط معنی‌داری بین بارندگی ماهانه و سه متغیر آزمایش وجود ندارد (جدول ۱). پژوهش‌های صورت گرفته در مورد الگوی فصلی فعالیت جستجوگری موربانه‌های زیرزمینی نشان می‌دهد، الگوی فصلی فعالیت جستجوگری با هر دو عامل دما و میزان بارندگی در ارتباط است (Abensperg, 1991; Dibog et al., 1998; Haverty et al., 1999). اما نتایج این پژوهش در زمینه تأثیر پارامترهای اقلیمی دما و میزان بارندگی بر فعالیت جستجوگری گونه مورد مطالعه با نتایج برخی از پژوهشگران که تأثیر دو عامل دما و بارندگی را بر فعالیت جستجوگری بررسی نموده‌اند مطابقت ندارد. بررسی‌ها روی جستجوگری گونه *Heterotermes aureus* (Haverty et al., 1974) و گونه *Gnathamitermes perplexus* (La Fage et al., 1976) نشان داد در هر دو گونه، ارتباط مستقیم با دما و بارندگی وجود دارد. دلیل این عدم تطابق نتایج، از دو دیدگاه قابل بررسی است. اول نحوه پراکنندگی بارندگی در اقلیم گرم و خشک شهر یزد و وجود بیشتر بارندگی در ماه‌های سرد سال است، که در این ماه‌ها، پایین بودن دما عامل توقف جستجوگری است. از دیدگاه دیگر فعالیت متفاوت گونه‌های مختلف در برابر عوامل اقلیمی است. تحقیقات سانتونز و همکاران (۲۰۱۰)، بیانگر این مطلب است که رطوبت خاک تأثیر کاملاً متفاوتی بر فعالیت جستجوگری دو گونه موربانه دارد. در گونه *C. gestroi* تغذیه از طعمه همبستگی منفی با رطوبت خاک دارد در صورتی که در گونه *Heterotermes longiceps* (Snyder) تغذیه طعمه با رطوبت خاک ارتباط مستقیم دارد. غیورفر در مورد گونه *A. vagans* اظهار می‌دارد فعالیت افراد کلنی به دما بستگی دارد (Ghayourfar, 1991). در مناطقی که دارای زمستان‌های سرد می‌باشند، این گونه در زمستان هیچ فعالیتی ندارد، در صورتی که در استان‌های جنوبی که زمستان‌های ملایمی دارند، این گونه نه تنها فعالیت می‌کند بلکه در بهمن‌ماه پرواز گروهی را نیز انجام می‌دهد. که با نتایج ما در این پژوهش مطابقت دارد. در نتایج این آزمایش‌ها، بیشترین میزان فعالیت در هر سال در گرم‌ترین ماه‌های سال (تیر و مرداد) ثبت شده است که با نتایج اوانس و گلیسن (۲۰۰۱) که ذکر می‌کند موربانه‌ها از اکستریم‌های حرارتی پرهیز می‌کنند، مطابقت ندارد. نتایج آزمایش‌ها ما نشان داد گونه *A. vagans*

در بالاترین دما ماهانه بیشترین فعالیت جستجوگری را داشته است. مقایسه کمی متغیرها در دو سال آزمایش کاهش جمعیت در سایت آزمایش را در سال دوم نسبت به سال اول نشان می‌دهد. عواملی نظیر تغییر در میزان و شوری آب مورد استفاده در آبیاری، تغییر پوشش گیاهی، اجرای عملیات ساختمان‌سازی و یا ورود منابع غذایی جدید به محل آزمایش از مواردی است که ممکن است به کاهش جمعیت در ایستگاه‌های ردیاب و طعمه‌ای منجر شود. در محل انجام این آزمایش که حدود ۸۰۰۰ متر مربع وسعت داشت در دو سال انجام آزمایش، هیچ یک از این تغییرات اتفاق نیافتاده است. برای پیدا کردن علت این کاهش، پارامترهای اقلیمی دو سال آزمایش با میانگین بلندمدت این پارامترها مقایسه شد. در بررسی کلی مقایسه پارامترهای میانگین دما، میزان بارندگی و دمای خاک براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی شهر یزد در دو سال آزمایش با میانگین بلندمدت ۲۰ ساله مشخص گردید که کاهش دما و افزایش بارندگی در ماه‌های دی و بهمن ۱۳۹۲ قابل توجه بوده است. این آمار نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۲ شهر یزد یک زمستان سرد را گذرانده است. برای بررسی بیشتر در این زمینه پارامترهای کمینه و بیشینه مطلق و متوسط در این دو ماه با میانگین بلند مدت ۲۰ ساله نیز مقایسه شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد، رسیدن دما به $10/1-$ درجه سلسیوس در بهمن ۱۳۹۲ که کمترین دما ثبت شده در ۲۰ سال گذشته نیز بوده است، با کاهش جمعیت کلنی‌ها در این آزمایش مرتبط باشد. موریانه‌ها حشرات مناطق گرمسیری هستند. این حشرات دیپوز ندارند و سرما می‌تواند بر روند فعالیت آن‌ها تأثیرگذار باشد (Ghayourfar, 2000). موریانه‌های زیرزمینی برای گریز از سرما و یخبندان زمستان به سمت پایین جایگاه دما تغییرات کمتری دارد حرکت می‌کنند. عمق لانه بر اساس شرایط اقلیمی منطقه تعیین می‌شود (Ghayourfar, 1991). به‌عنوان مثال برای دست‌یابی به افراد کلنی A. vagans در مناطق سردسیر کشور نسبت به مناطق با زمستان‌های ملایم نیاز به جستجو در عمق‌های پایین‌تر است (Ghayourfar, 1991). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شهر یزد عمق قسمت‌هایی از کلنی که برای زمستان‌گذرانی استفاده می‌شود برای $10/1-$ درجه سلسیوس مناسب نیست و افت ناگهانی دما می‌تواند سبب کاهش جمعیت می‌شود.

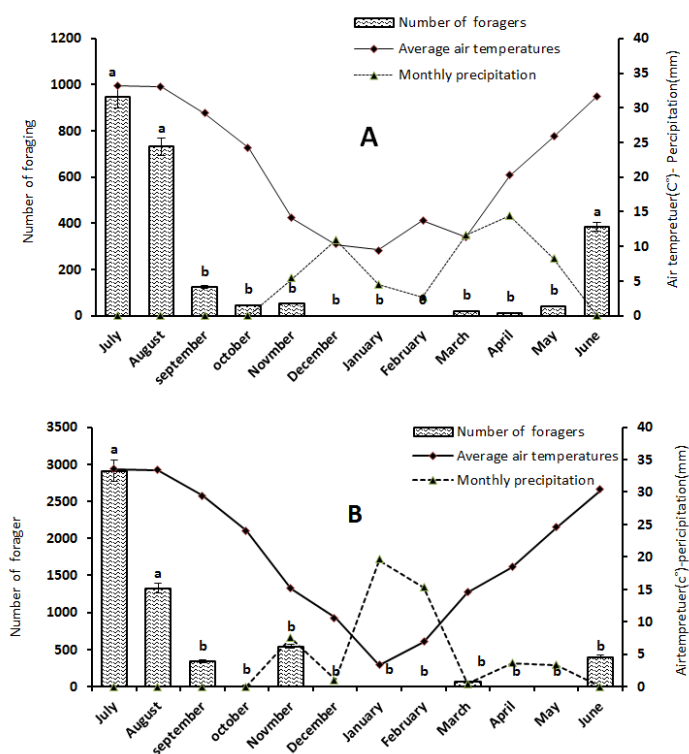
جدول ۲- مقایسه پارامترهای اقلیمی دی و بهمن ۱۳۹۲ با میانگین بلندمدت

Table 2. Weather data during months Dey (22 December to 21 January) and Bahman (21 January to 19 February) 1392 in comparison with historical weather data.

Air temperature (C°)								Month
Absolute maximum		Average of maximum		Absolute minimum		Average of minimum		
Historical	1392	Historical	1392	Historical	1392	Historical	1392	
24.8	14.8	13.2	8.5	-10.8	-5.2	0.6	-1.9	Dey
27.8	22.6	15.1	13.0	-10.1	-10.1	2.1	0.9	Bahman

کنترل موریانه‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم طعمه‌گذاری وابسته به حضور و تغذیه افراد جستجوگر در ایستگاه‌های طعمه‌گذاری شده است (Su & Scheffran, 1998). بر اساس نتایج این پژوهش در شرایط اقلیمی شهر یزد در ماه‌های آذر، دی و بهمن فعالیت و تغذیه این گونه در ایستگاه‌ها کاملاً متوقف می‌شود. مطالعات نشان داده است که تغییرات فصلی فعالیت جستجوگری ممکن است به دلیل کاهش فعالیت در طول زمستان بر تأثیر طعمه‌های مورد استفاده در سیستم طعمه‌گذاری اثر منفی داشته باشد (Ripa et al., 2007; Haverty et al., 2010).

Ruan *et al.*, 2015). مهاجرت افراد جستجوگر به عمق‌های پایین‌تر و استفاده آن‌ها از مواد غذایی جایگزین در ماه‌های سرد سال می‌تواند سبب کاهش تأثیر طعمه‌ها شود. از سوی دیگر جستجوگری و تغذیه از ایستگاه‌ها در ماه‌های تیر و مرداد به صورت معنادار از سایر ماه‌های سال بیشتر است. بنابراین در برنامه‌ریزی برای به‌کارگیری سیستم طعمه‌گذاری باید بازدیدهای منظم از ایستگاه‌ها انجام شده و طعمه کافی در اختیار کلنی قرار گیرد. با توجه به نتایج این پژوهش طعمه‌گذاری مناسب در ماه‌های تیر و مرداد می‌تواند یکی از عوامل موفقیت کنترل گونه *A. vagans* در شرایط اقلیمی شهر یزد با استفاده از سیستم طعمه‌گذاری باشد.



شکل ۵- جمعیت جستجوگر جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های ردیاب (۸۵ ایستگاه) در هر ماه، نمودارهای خطی دمای ماهانه و بارندگی ماهانه را نشان می‌دهد. ستون‌های دارای حروف مشابه در آزمون توکی سطح معناداری ۰/۱ اختلاف معنی‌دار ندارند.

A: سال اول آزمایش (تیر ماه ۱۳۹۲ تا خرداد ماه ۱۳۹۳) و B: سال دوم آزمایش (تیر ماه ۱۳۹۳ تا خرداد ماه ۱۳۹۴)

Fig. 5. Forager collected from monitoring stations (out of 85) for each month. Lines represent average monthly precipitation and air temperatures. Bars with the same letters are not significantly different ($P = 0.1$; Turkey's test).

A: Year1 (June 2013- May 2014) and B: Year 2 (June 2014- May 2015)

References

- Abensperg, T. M.** (1991) Seasonal changes in activity of subterranean termite species (Isoptera) in Western Australian wheatbelt habitats. *Australian Journal of Ecology* 16, 331-336.
- Absuhama, F. T. & Al Houty, W. A.** (1989) Diurnal activity rhythms of the subterranean termite *Anacanthotermes vagans* (Hagen) under laboratory and field conditions of the Kuwait desert. *Biometeorology* 33, 12-18.
- Arab, A., Costa-Leonardo, A. M., Casarin, F. E., Guaraldo, A. C. & Chaves, R. C.** (2005) Foraging activity and demographic patterns of two termite species (Isoptera:Rhinotermitidae) living in urban landscapes in southeastern Brazil. *European Journal of Entomology* 102, 691.
- Comelius, M. L. & Osbrink, W. L. A.** (2011) Effect of seasonal changes in soil temperature and moisture on wood consumption and foraging activity of formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 104, 1024-1030.
- Delaplane, K. S., Saxton, A. M. & La Fage, J. P.** (1991) Foraging phenology of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Louisiana. *American Midland Naturalist* 125, 222-230.
- Dibog, L., Eggelton, P. & Forzi, F.** (1998) Seasonality of soil termites in a humid tropical forest. *Tropical Ecology* 14, 841-850.
- Eger, J. E., Jr., M. D. Lees, P. A. Neese, T. H. Atkinson, E. M. Thoms, M. T. Messenger, J. J. Demark L. C., Lee, E. L. Vargo, & M. P. Tolley.** (2012) Elimination of subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) colonies using a refined cellulose bait matrix containing noviflumuron when monitored and replenished quarterly. *Economic Entomology* 105, 533-539.
- Evans, T. A. & Gleeson, P. V.** (2001) Seasonal and daily activity patterns of subterranean, wood-eating termite foragers. *Australian Journal of Zoology* 49, 311-321.
- Evans, T. A., Forschler, B. T. & Grace, J. K.** (2013) Biology of Invasive Termites: A Worldwide Review. *Annual Review of Entomology* 58, 455-474.
- Gambetta, A., Zaffagnini, V., De capua, E.** (2000) Use of hexaflumuron against subterranean termites for protection of historical and artistic structures: experiment carried out in selected test areas at the church of santa maria della santia in Naples. *Cultural Heritage*, 1: 207-216.
- Ghayourfar, R.** (1991) An investigation on important termites species in Iran and their control. Master of science thesis, Department of plant protection, Tehran university. [In Persian].
- Ghayourfar, R.** (2000) Biosystematic study of termite fauna of Iran. Ph.D thesis, Department of plant protection, Tehran university. [In Persian].
- Ghayourfar, R., Pourmohammadi, S., Saffar, M. & Hasanabadi L.** (2008) Injurious biological agents in historical buildings. 296 pp. Hampa. [In Persian].
- Haverty, M. I., LaFage, J. P. & Nutting, W. L.** (1974) Seasonal activity and environmental control of foraging of the subterranean termite, *Heterotermes aureus* (Snyder), in a desert grassland. *Life Sciences* 15, 1091-1101.
- Haverty, M. I., Getty, G. M., Copren, K. A. & Lewis, V. R.** (1999). Seasonal foraging and feeding behavior of *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) in a wildland and a residential location in northern California. *Environmental Entomology* 28, 1077-1084.

-
- Haverty, M. I., Tabuchi, E., L., Vargo, D. L. & Cox, L. J.** (2010) Response of *Reticulitermes hespersus* colonies to baiting lufenuron in northern california. *Journal of Economic Entomology* 103, 770-780.
- La Fage, J. P., Haverty, M. I. & Nutting, W. L.** (1976) Environmental factors collated with the foraging behavior of a desert subterranean termite, *Gnathamitermes perplexus* (Banks) Isoptera: Termitidae. *Sociobiology* 2, 155-196.
- Matthews, R.W. & Matthews J. R.** (2010). *Insect Behavior*, p:514. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- Messenger, M. T., & N-Y. Su.** (2005) Colony characteristics and seasonal activity of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Louis Armstrong Park, New Orleans, Louisiana. *Entomology Science* 40, 268-279.
- Ripa, R., Luppichini, P., Su, N. Y. & Rust. M. K.** (2007) Field evaluation of potential control strategies against the invasive eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Chile. *Journal of Economic Entomology* 100, 1391-1399.
- Ruan, G., Song, X., Hu, Y., Han, N. & Zhang, D.** (2015) Foraging activities of *Coptotermes formosanus* in subtropical areas in China. *Journal of Economic Entomology* 108, 701-706.
- Rust, M. K. & Su, N. Y.** (2012) Managing Social Insects of Urban Importance. *Annual Review of Entomology* 57: 355-375.
- Santos, M. N., Teixeira, M. L. F. Pereira, M. B. & Menezes, E. B.** (2010) Enviromental factors influencing the foraging and feeding behavior of two termite species (Isoptera: Rhinotermitidae) in natural habitats. *Sociobiology* 55:763-777.
- Su, N. Y., Thoms, E. M. Ban, P. M. & Scheffrahn, R. H.** (1995) A monitoring-baiting station to detect and eliminate foraging populations of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) near structures. *Economic Entomology* 88: 932-936.
- Su, N. Y. & Schefran R. H.** (1998) A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management. *Integrated Pest Management Reviews* 3:1-13.
-