Applied Entomology and Phytopathology **آفات و بیماری‌های گیاهی**

Vol. 91, No. 1, Sep. 2023 **جلد ۹۱، شماره ۱، شهریور ۱۴۰۲**

DOI: 10.22092/JAEP.2023.360566.1461

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر برخی متغیرهای محیطی بر حضور و پراکنش گونه‌های *Nezara viridula* L. و *Acrosternum millieri* در استان یزد با استفاده از روش بیشینه آنتروپی (MaxEnt)

مهدی دهقانی زاهدانی ✉[1]، علیمراد سرافرازی[2]

۱- استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران؛ ۲- استادیار، بخش رده‌بندی حشرات، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۲)

چکیده

شناخت عوامل و متغیرهای محیطی اثرگذار بر حضور و پراکنش آفات همواره به‌عنوان یکی از اهداف راهبردی مدیریت کنترل آفات مورد توجه پژوهشگران بوده است. سن‌های سبز *Nezara viridula* L. و *Acrosternum millieri* Mulsant & Rey. در سال‌های اخیر در ردیف یکی از مهم‌ترین آفات محصول پسته و بادام در استان یزد مطرح بوده‌اند. نتایج آزمون جک نایف برای گونه *N. viridula* نشان داد که متغیرهای ارتفاع و حداکثر دمای ماه‌های گرم سال زمانی که به‌تنهایی استفاده شوند، بیشترین تأثیر را برای ساخت مدل دارند و زمانی که همه متغیرها برای ساخت مدل به‌کار گرفته شدند، ارتفاع و میانگین بارندگی سالانه به‌عنوان اثرگذارترین متغیر در حضور و پراکنش *N. viridula* معرفی شدند. در نهایت با مشاهده نقشه‌های حاصل از مدل پراکنش گونه‌ها، پوشش گیاهی برای گونه *N. viridula* و ارتفاع برای گونه *A. millieri* به‌عنوان فاکتورهای اقلیمی تعیین کننده برای حضور و پراکنش گونه‌های مورد مطالعه پیشنهاد می شوند.

واژه‌های کلیدی: استان یزد، پراکنش، حضور، *Nezara viridula*، *Acrosternum millieri*، MaxEnt

Investigation of some environmental parameters effect on incidence and distribution of *Nezara viridula* L. and *Acrosternum millieri* in Yazd provine of Iran using Maximum Entropy modeling

M. DEHGHANI-ZAHEDANI✉[1], A. SARAFRAZI[2]

1. Assistant Professor, of Dept. Plant Protection, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran; 2. Assistant Professor,of Insect Taxonomy Research Department, Iranian Research Institue of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO) Tehran, Iran

Abstract

Recognition of environmental factors and variables affecting the incidence and distribution of insect pests has always been considered by researchers as one of the strategic aims of pest control. *Nezara viridula* L. and *Acrosternum millieri* Mulsant & Rey. have been introduced recently as one of the most important pests of pistachio and almond products in the Yazd province of Iran. In this study, the effect of environmental variables on the presence and distribution of these species was performed using the maximum entropy method. The results of the Jacknife test for *N. viridula* showed that the variables of altitude and maximum temperature of the warmest month have the maximum effect on incidence and distribution when used separately.Finally, by observing the maps obtained from the species distribution model, "vegetation" for *N. viridula* and "altitude" for *A. millieri* were suggested as critical climatic factors in the presence and distribution of the studied species.

Keywords: *Acrosternum millieri*, Distribution, Incidence, *Nezara viridula*, MaxEnt, Yazd province

✉ **dehghanizahedani@gmail.com**

©2023, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

مقدمه

ارتباط بین پراکنش حشرات آفت و شرایط اقلیمی مناطق مورد مطالعه نظیر دما ،میزان بارندگی و پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه همواره به‌عنوان یکی از مباحث مهم پژوهشگران درعلم اکولوژی و مدیریت آفات بوده است. (Price, *et al*., 1991; Pearson and Dawson, 2003) در واقع با آگاهی از نحوه پراکنش آفات و عوامل محیطی تأثیر گذار بر پراکنش آن‌ها می‌توان در جهت تصمیم‌سازی و مدیریت بلند مدت آفات اقدام نمود.

استان یزد با مساحت ۱۳۱۵۷۵ کیلومترمربع ،بین طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ٥٦ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ٤٠ دقیقه تا ۳۳ درجه و۳۰ دقیقه شمالی در قسمت مرکزی ایران قرار دارد و قلمرو وسیعی از استان از نظر تقسیمات اقلیمی زیر پوشش اقلیم‌های خشک و فراخشک قرار گرفته است. دور بودن منطقه از سفره‌های آب وسیع، کمی مقدار بارندگی و بالا بودن میزان تبخیر، عامل اصلی کاهش پوشش گیاهی در استان می‌باشد (Shirani *et al*., 2009). با این حال توسعه کاشت گلخانه و پسته و بادام و انار در استان منجر به‌ایجاد یک فون و فلور مناسب در استان گردیده است و استان یزد بر اساس آمارنامه منتشر شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی (https://www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/Amarnameh-J1-1401.pdf) با بیش از ۳۳۰۰۰ هکتار باغ پسته ، بادام و انار، پس از استان کرمان در جایگاه دومین تولید کننده پسته در کشور قرار دارد. وجود چنین پوشش گیاهی یکنواخت خود باعث فعالیت و گسترش پراکنش حشرات گیاه‌خوار خصوصاً سن‌های سبز در استان یزد شده که سالیانه خسارت اقتصادی قابل توجهی را بر محصولات پسته و بادام در استان یزد برجای می‌گذارد. در این ارتباط دو گونه *Nezara viridula* L. و *Acrosternum millierri* Muslant and Rey. در سال‌های اخیر از نظر ایجاد خسارت روی محصول پسته استان از اهمیت ویژه ای برخوردار می‌باشند و شناخت زیستگاه و بوم آشیان (Ecological niche) این آفات یکی از اهداف این پژوهش بوده که این شناخت می‌تواند در اجرای برنامه‌های راهبردی کنترل آفات مذکور در استان مثمر ثمر واقع گردد. دلایل انتخاب استان یزد در این تحقیق را می‌توان به اهمیت اقتصادی سن‌های سبز در استان، مساحت تحقیقاتی قابل قبول و وجود اقلیم‌های مختلف در فواصل جغرافیایی کم نسبت داد.

سن *N. viridula* یک گونه همه جایی و چندخوار بوده که دارای میزبان‌های گیاهی فراوانی از جمله پسته و بادام است. خسارت این آفت روی محصول پسته به‌صورت تغذیه مستقیم از شیره گیاهی و انتقال عامل بیمارگر قارچی *Nematospora coryli* Peglion. به‌صورت غیرمستقیم می‌باشد. (Behdad, 2002; Mehrnejad *et al*., 2013). به‌طور کلی پراکنش *N.viridula* از سرعت بالایی برخوردار است و گونه‌های آن قدرت کافی برای جابجایی در مسافت‌های طولانی را دارند (Schaefer and Panizzi , 2000). در هر دو گونه *N.viridula* و *A.millieri* مانند سایر سن‌های سبز، فعالیت پوره‌ها پس از خروج از تخم به‌صورت اجتماعی (Gregarious) بوده و در سنین بالای پورگی هر فرد حشره پراکنده شده و به‌صورت انفرادی به تغذیه می‌پردازد(Greene *et al*. 2005). نحوه خسارت *A.millierri* و *N.viridula* نیز شباهت کامل با سایر سن‌های سبز داشته و با ایجاد زخم (Lesion) روی میوه پسته و تغذیه از شیره گیاهی باعث ریزش شدید میوه‌های نارس در اوایل فصل می‌شوند و اصطلاحا این زخم‌های نکروزه را epicarplesion می‌نامند(Bolkan *et al*., 1984; Mehrnejad, 2001). گونه *A.millierri* از مهم‌ترین گونه‌های جنس *Acrosternum* در منطقه پالئارکتیک بوده (Mehrnejad *et al*., 2013) و دامنه میزبانی آن نسبتاً وسیع می‌باشد (Schaefer and panizzi, 2000). جمعیت‌های *A.millierri* در روزهای گرم فصل بهار ظاهر شده و بیشترین فعالیت خود را اوایل ماه تیر آغاز می‌نماید. حشرات بالغ در طی ماه‌های ژوئیه (تیر) و آگوست (مرداد) بیشترین فعالیت تغذیه خود را روی درختان پسته آغاز می‌کنند. دوره زندگی این گونه ۳۰ تا ٤٥ روز به‌طول

می‌انجامد. (Gomez and Mizell , 2005). هردو گونه *A.millieri* و *N.viridula* دارای رژیم غذایی چندخواری بوده و از دامنه میزبانی نسبتاً وسیعی برخوردار می‌باشند (Linnavuori, 2012)، ضمن آن که گونه *N. viridula* گونه‌ای جهانی‌تر و شناخته شده‌تر می‌باشد (Todd,1989). صلح‌جوی فرد و همکاران (Solhjouy-Fard *et al*., 2013) پراکنش سن‌های سبز در ایران را مورد بررسی نموده اند که در آن تحقیق هیچ موردی از استان یزد ثبت نشده است. از دلایل انجام این تحقیق عدم وجود استناد دقیق از حضور و پراکنش گونه‌های *A. millieri* و *N. viridula*، در تحقیقات سال‌های گذشته و بازبینی مجدد پراکنش گونه‌های سن سبز خصوصا گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* با توجه به اهمیت اقتصادی این آفات روی محصول پسته و اهمیت این محصول در استان یزد می‌باشد. در استان کرمان مطالعات مشابهی روی سن‌های سبز *N. viridula* و *Brachynema germarii* Kolenati. انجام گرفته و تأثیر درجه حرارت و ارتفاع بر میزان پراکنش گونه‌های مورد مطالعه معنی‌دار ارزیابی شده است (Tavanpour, *et al*., 2016). در آن تحقیق تأثیر متغیرهای محیطی بر حضور و میزان پراکنش گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* به‌همراه تعیین بوم آشیان آفات به‌عنوان محور اصلی تحقیق تلقی شده است. معمولاً نقشه‌های پراکنش زیستی که در جهت تعیین پراکندگی دقیق گونه تهیه می‌شود بر پایه وجود یک گونه در یک زیستگاه تعریف و پایه‌گذاری می‌شود. برای آگاهی از این مسئله نحوه روابط متقابل یک گونه با محیط و نیازهای فردی یک گونه در بوم آشیان بایستی مورد توجه قرار گیرد (Ladle and Whittaker, 2011).

در اکثر موارد تفسیر عوامل بوم شناختی بر پراکنش حشرات آفت امری مشکل است (Brooks, *et al*., 2020; Duelli, *et al*., 1990) اما با طراحی یک مدل پراکنش مناسب می‌توان از طریق پیش آگاهی، راهکارهای لازم برای کنترل حشرات مهاجم، قبل از شروع خسارت اقتصادی را طراحی نمود (Sutherst *et al*., 2007). ابداع یک روش صحیح و در عین حال دقیق برای تعیین پراکنش گونه‌ها همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین علاقه مندی‌های اکولوژیست‌ها مطرح بوده است. هدف از اجرای این روش‌ها در اغلب موارد، تفسیر عواملی است که بر سازگاری محیطی گونه‌ها در یک اکوسیستم تأثیر می‌گذارند (Berger *et al*., 1996). در واقع برای مدیریت و کنترل گونه‌های مهاجم استفاده از ابزارهای مناسب برای آگاهی و پیش بینی الگوهای هجوم در مناطق مورد مطالعه جزو نیازهای اصلی در نظر گرفته می‌شود (Roura – Pascual. *et al*., 2008). یکی از نرم افزارهای مهم در پیش بینی پراکنش و تعیین بوم آشیان حشرات و سایر جانوران نرم افزار MaxEnt بوده و مقایسه اجمالی نرم افزارهای مدل‌های بوم آشیان به‌خوبی نشان می‌دهد که MaxEnt در مقایسه با سایر مدل‌ها به‌ویژه زمانی که تعداد داده‌های دلالت کننده بر حضور گونه کم باشد، بهتر عمل می‌کند و نتایج صحیح تر و واقعی تری را ارائه می‌دهد. این ویژگی در نرم افزار MaxEnt احتمال بروز خطا در هنگام پراکنش کم گونه‌ها در منطقه مورد مطالعه را کاهش می‌دهد (Elith *et al*., 2006; Hernandez *et al*., 2006; Thorn *et al*., 2009).

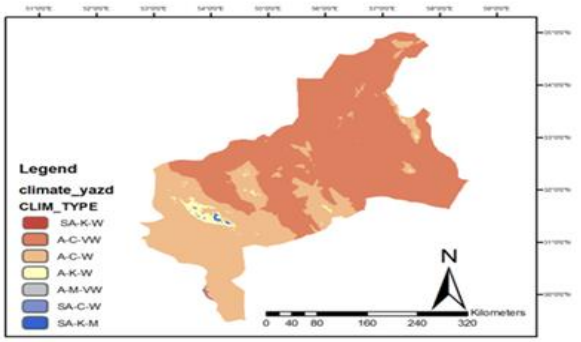
روش بررسی

نمونه برداری از سن‌های سبز متعلق به خانواده Pentatomidae در استان یزد طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ بر اساس اقلیم‌های مختلف توصیف شده مناطق خشک (ICADRA) در استان یزد انجام شد (جدول۱ و شکل ۱).

جدول ۱- پهنه‌بندی اقلیمی استان یزد بر اساس شاخص‌های دما و رطوبت نسبی

Table 1. Climatic zones of Yazd province, according to temperature and humidity index

Abbrevation	Winter	Summer	Moisture
A-C-VW	cool	very warm	arid
A-C-W	cool	warm	arid
A-K-W	cold	warm	arid
A-M-VW	mild	very warm	arid
SA-K-M	cold	mild	semi-Arid
SA-K-W	cold	warm	semi-Arid
SA-C-W	cold	warm	semi-Arid



شکل ۱– هفت ناحیه اقلیمی استان یزد بر اساس تقسیم بندی ICADRA

Fig. 1. Seven climatic zones in Yazd province based on ICADRA zonation

با در نظر گرفتن اصول استانداردسازی در نمونه برداری، پوشش‌های گیاهی طبیعی واقع در بیابان‌ها، مراتع و مناطق کوهستانی و پوشش گیاهی نیمه طبیعی واقع در باغ‌های پسته، بادام و انار به‌عنوان نقاط اصلی نمونه برداری تعیین گردید. جمع آوری حشرات کامل سن به‌روش‌های "تور زدن" و استفاده از تله نوری انجام گرفت. به‌منظور دستیابی به‌نمونه‌های بیشتر، سن‌های سبز اتاله شده موزه حشره شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد نیز به‌عنوان نمونه‌های تحقیقاتی در نظر گرفته شد. هم‌زمان با جمع آوری نمونه‌ها، مشخصات کامل محل نمونه برداری از قبیل طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا، ثبت گردید و در نهایت حشرات جمع‌آوری شده در الکل و یا به‌صورت اتاله شده برای شناسایی به آزمایشگاه منتقل گردید. برای شناسایی و تشخیص گونه‌های جمع‌آوری شده از منابع، کلیدهای شناسایی ارائه شده توسط Linnavuori, (Ribes *et al.*,2008; Linnavuori,2012; 2008) استفاده شد. در راستای شناسایی نمونه، علاوه بر صفات مرفولوژیک، از مهم‌ترین قسمت بدن یعنی اندام تناسلی نر نیز استفاده شد. تشخیص نمونه‌ها بر اساس شناسایی اندام جنسی نر و ماده (ژنیتالیا) توصیف شده به‌وسیله (Sarafrazi Linnavuori, 2012 and Mozafar-Zangeneh, 2009;) انجام گرفت. بعد از شناسایی گونه‌ها، اطلاعات نمونه که شامل نام علمی گونه، خانواده، زیرخانواده، قبیله، ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، محل جمع آوری و تعداد نمونه‌های جمع آوری شده بود به‌صورت ستون‌های مجزا، در نرم افزار اکسل ثبت و تنظیم گردید.

به‌منظور دستیابی به مدل پیش بینی پراکنش گونه‌ها از پارامترهای محیطی، از نرم افزار MaxEnt استفاده شد. در راستای انتقال داده‌ها به نرم افزار MaxEnt ، متغیرهای محیطی تأثیر گذار بر حضور و پراکنش گونه‌های مورد مطالعه انتخاب گردیده و با توجه به اطلاعات مربوط به‌گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* در نرم افزار Arc GIS 9.3 جای داده شد (جدول ۲). داده‌هایی که در این نرم افزار استفاده شد از نوع داده‌های Presence Only انتخاب گردید و فایل اکسل مورد استفاده نیز به‌صورت فرمت csv و فقط با داشتن ۳ ستون اصلی Species, X, Y در MaxEnt به اجرا درآمد.

جدول۲– متغیرهای محیطی استفاده شده در پیش بینی مدل حضور و پراکنش گونه‌های *Nezara viridula* و *Acrosternum millieri* در استان یزد

Table 2. Environmental variables used in predicting the incidence and distribution of *Nezara viridula* and *Acrosternum millieri* in Yazd province

Environmental parameter	Code of parameter
Annual mean temperature (°C)	Bio 1
Maximum temperature of warmest month(°C)	Bio 5
Maximum temperature of coldest month(°C)	Bio 6
Annual precipitation (mm)	Bio 12
Precipitation of wettest month (mm)	Bio 13
Precipitation of driest month (mm)	Bio 14
Altitude (m)	Elevation

در تنظیم MaxEnt، ۱۰۰۰۰ داده به‌عنوان پیش زمینه انتخاب شد و برای هر گونه ۱۰ تکرار انجام شد. با استفاده از نرم افزار ArcGIS version 9.3، زیستگاه‌های مناسب برای حضور گونه با طیف رنگ سبز و مناطقی که تناسب کمتری برای حضور گونه دارا بودند، با رنگ قرمز مشخص شد. برای توصیف مدل پیش بینی زیستگاه از روش لجستیک استفاده شد. جدول‌های تهیه شده در اکسل نیز به‌صورت فایل ASCII تغییر و ذخیره شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم افزار MaxEnt از طریق

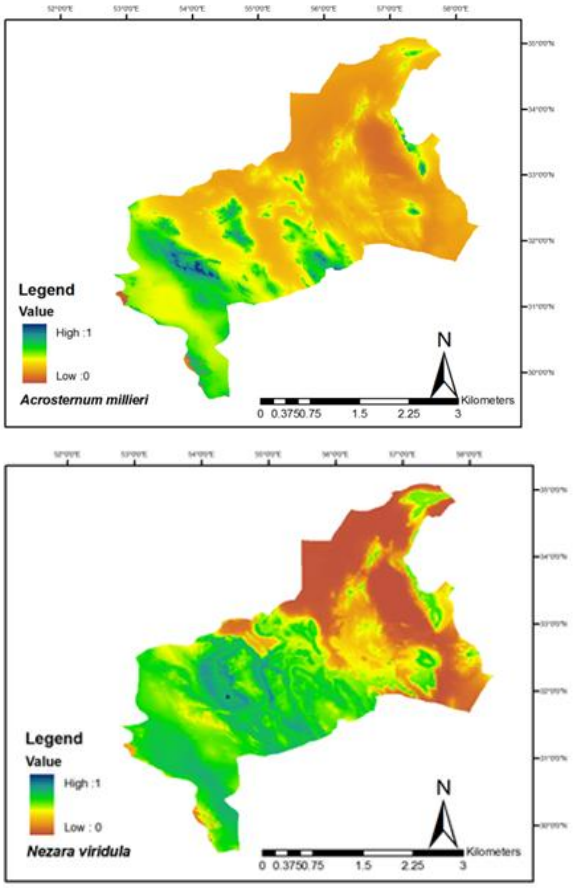
دو آزمون AUC value و Jacknife انجام پذیرفت. نتایج تجزیه و تحلیل AUC دامنه‌ای بین ۰/۵–۱ را نشان می‌دهد که وقتی مدل ۱ باشد، یعنی کامل‌ترین توانایی پیش‌بینی را داشته و نمونه‌ها با پارامترهای محیطی انتخاب شده مطابقت بیشتری دارند و مقادیر کمتر از ۰/۵ نشان دهنده آن است که مدل به‌صورت تصادفی پیش بینی شده است (Elith *et al.*, 2006). از آزمون Jacknife برای ارزیابی اهمیت هر متغیر به‌تنهایی برای ساخت مدل پیش بینی پراکنش گونه استفاده شد ولی علاوه برآن، از تأثیر و اهمیت هر یک از متغیرها در مدل سازی پراکنش، با در نظر گرفتن اثرات متقابل سایر لایه‌ها نیز در این آزمون استفاده گردید.

نتایج

تأثیر اقلیم‌های شش گانه بر حضور و پراکنش گونه‌های *N. viridula* و *A.millieri*

نقشه مدل پراکنش گونه‌ها در مورد گونه *N. viridula* نشان داد که شمال غربی مرکز استان، نزدیک به دامنه کوه شیرکوه و همچنین قسمت جنوب استان، نزدیک به شهرستان مهریز و نواحی هرات و مروست بهترین شرایط حضور و پراکنش این گونه را دارا می‌باشد (شکل ۱ و ۲). همچنین در مورد گونه *A.millieri* دامنه کوهستانی شیرکوه، مرکز استان و مناطق ییلاقی استان مانند ده بالا و طزرجان که بیشتر در اقلیم A-K-W قرار گرفته اند، با داشتن شرایط اقلیمی مناسب مستعد حضور این گونه می‌باشد (شکل ۱ و ۲).

در طی سه سال پژوهش ۱۳۴۰ فرد جمع‌آوری گردید که ۸۴۸ فرد متعلق به گونه *N.viridula* و ۴۹۲ فرد به گونه *A.millieri* بود. نقشه‌های مدل پراکنش گونه‌ها، پتانسیل پراکنش و زیستگاه‌های مناسب برای حضور گونه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار MaxEnt و با ده تکرار تهیه شد که در شکل ۲ نمایش داده شده اند. رنگ سبز نشان‌دهنده وجود زیستگاه‌های مناسب برای حضور گونه‌ها و رنگ قرمز مناطقی را نشان می‌دهد که تناسب کمتری برای حضور گونه وجود دارد. با توجه به نقشه شکل ۲ پراکنش گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* در ناحیه جنوب غربی و مرکزی (به‌سمت غرب) استان یزد حضور پررنگ‌تر و قابل ملاحظه‌تری دارد. ناحیه جنوب، جنوب غربی و مرکزی استان یزد که شامل اقلیم–های A-C-W، A-K-W، SA-K-M و قسمت کوچکی از نواحی جنوبی و شمالی اقلیم A-C-VW می‌باشد، مساعدترین شرایط را برای حضور گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* را در استان فراهم نموده است. با این حال مدل پراکنش گونه‌ها نشان داد که نواحی شمال، شمال شرق و شرق استان از نظر اکولوژی شرایط مناسبی را برای حضور گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* دارا نمی‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲– پیش بینی زیستگاه مناسب گونه‌های *Nezara viridula* و *Acrosternum millieri* در استان یزد از طریق مکسنت. طیف سبز پررنگ نشان دهنده بیشترین میزان حضور و طیف قرمزرنگ نشان دهنده کمترین میزان حضور گونه *N. viridula* در استان یزد می‌باشد.

Fig. 2. Prediction of habitat suitability for *Nezara viridula* and *Acrosternum millieri* in Yazd province via MaxEnt. Suitable habitats are shown in green, while less suitable ones are shown in red.

جدول۲- متغیرهای محیطی استفاده شده در پیش بینی مدل حضور و پراکنش گونه‌های *Nezara viridula* و *Acrosternum millieri* در استان یزد

Table 2. Environmental variables used in predicting the incidence and distribution of *Nezara viridula* and *Acrosternum millieri* in Yazd province

Environmental parameter	Code of parameter
Annual mean temperature (°C)	Bio 1
Maximum temperature of warmest month(°C)	Bio 5
Maximum temperature of coldest month(°C)	Bio 6
Annual precipitation (mm)	Bio 12
Precipitation of wettest month (mm)	Bio 13
Precipitation of driest month (mm)	Bio 14
Altitude (m)	Elevation

نمودار AUC و آزمون Jacknife

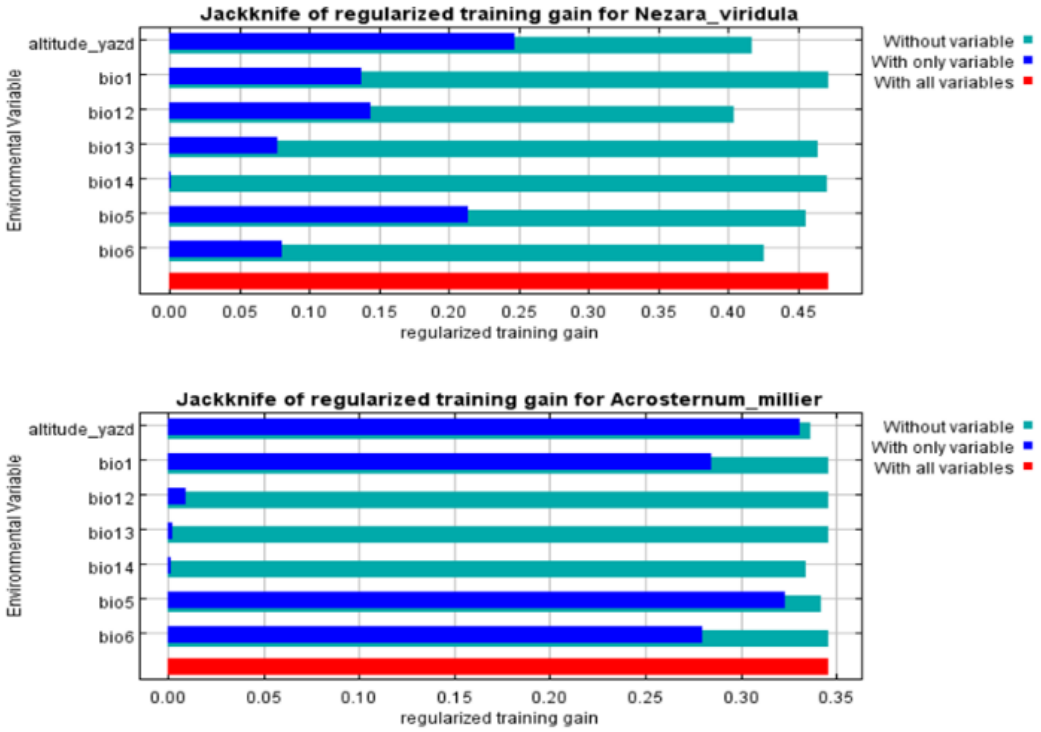
با توجه به آن‌که معیار AUC در هر دوگونه *N. viridula* و *A. millieri* بیش از ۰/۵ بود، این مقدار نشان داد که پراکنش گونه‌های مورد مطالعه با پارامترهای محیطی تطابق داشته و این عوامل تأثیر به‌سزایی بر پراکنش گونه‌های مورد مطالعه دارند. جهت ارزیابی اهمیت متغیرهای محیطی که پراکنش گونه‌ها به‌کار رفته است، از تست Jacknife استفاده شد. این تست دارای ۳ ستون رنگی است. ستون قرمز رنگ، سود کل مدل ایجاد شده با در نظر گرفتن تأثیر همه متغیرها بر هم می‌باشد. ستون سبز رنگ، تأثیر حذف هر کدام از متغیرها را در نتیجه کل مدل نشان می‌دهد و ستون آبی رنگ تأثیر انفرادی متغیرها را در ساخت مدل پراکنش گونه بیان می‌کند (شکل ۳). شاخص AUC یا ارزیابی عملکرد مدل برای هر دو گونه *N. viridula* و *A. millieri* که در اشکال ٤ و ٥ در مورد گونه‌های مورد مطالعه نمایش داده شده اند، رقمی بالاتر از ۰/۵ را نشان داد که بر اساس مطالعات Elith و همکاران در سال ۲۰۰٦ میزان AUC بالاتر از ۰/۵ نشان از مطابقت و تأثیرگذاری معنی‌دار پارامترهای محیطی بر پراکنش گونه‌های مورد مطالعه دارد.

نتایج آزمون Jacknife برای گونه *N. viridula* (شکل۳ و ٤) نشان داد که ارتفاع (elevation) و حداکثر دمای ماه‌های گرم سال (Bio5) زمانی که هر کدام به تنهایی استفاده شوند، بیشترین تأثیر را برای ساخت مدل دارند و زمانی که همه متغیرها برای ساخت مدل به‌کار گرفته شدند، ارتفاع و میانگین بارندگی سالانه (Bio12) حاوی بیشترین اطلاعات اکولوژیکی بوده و به‌عنوان مهمترین فاکتورها نسبت به سایر متغیرها هستند. بارندگی ماه‌های خشک سال (Bio14) دارای کمترین ارزش برای تهیه مدل پراکنش گونه *N. viridula* در استان یزد تعیین شد. نمودارهای پاسخ در گونه *N. viridula* مشخص نمود که در متغیر Bio 1 یا میانگین دمای سالانه احتمال حضور گونه در محدوده دمایی ۵ تا ۱۷ درجه سلسیوس دارای بیشترین میزان است. از طرفی نتایج حاصل از داده های حداکثر دمای ماه‌های گرم سال (Bio5) نشان داد که در محدوده دمایی ۲۸ تا ۳۹ درجه سلسیوس احتمال حضور گونه افزایش پیدا می‌کند و هر چه دما از این دامنه بیشتر شود، پراکنش گونه به‌تدریج کاهش می‌یابد. در Bio6 یا حداکثر ماه‌های سرد سال با افزایش دما تأثیری مثبت در پراکنش ایجاد می‌شود (شکل ۳ و ٤).

در Bio 12 که نشان دهنده میزان بارندگی سالانه است، تغییر اندکی در کاهش پراکنش در محدوده ٤۰ تا ٦۰ میلی‌متر مشاهده گردید و در دامنه ٦۰ تا ۷۰ میلی متر تغییری ناگهانی به‌صورت کاهش پراکنش نمایان شد و در میزان ۱۲۰ میلی‌متر بارندگی، یک نوع همبستگی مثبت با احتمال پراکنش گونه پدیدار گردید. در نهایت با افزایش بارندگی، پراکندگی گونه نیز به‌صورت ثابت افزایش یافت (شکل ۳ و ٤).

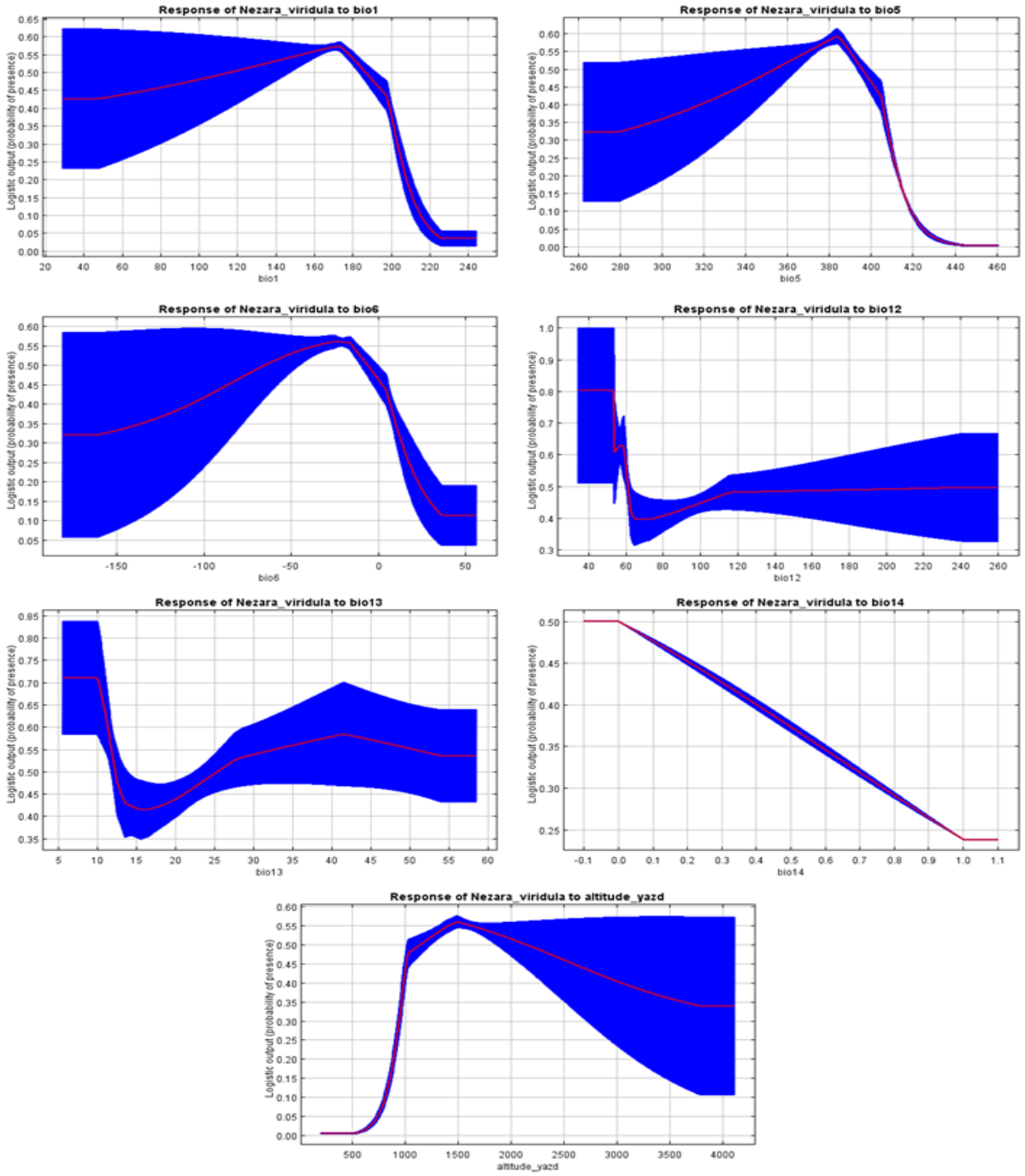
در مورد گونه *A. millieri* نمودارهای پاسخ نشان داد که ارتفاع در مقایسه با سایر متغیرها وقتی که به‌صورت انفرادی به‌کار رود بیشترین و بالاترین تأثیر را در پیش‌بینی حضور و پراکنش گونه داشته و به‌دنبال آن حداکثر دمای ماه-های گرم سال Bio5 و میانگین دمای سالانه Bio1 به‌ترتیب حاوی اطلاعات اکولوژیکی در ساخت مدل پراکنش این گونه هستند (شکل ۵). همان گونه که در شکل ۳ و ۵ مشخص است، در گونه *A. millieri* منحنی پاسخ متغیر میانگین دمای سالانه (Bio1) نشان داد که افزایش میانگین دمای سالانه دارای تأثیری منفی بر حضور و پراکنش گونه *A. millieri* داشته که در مقایسه با گونه *N. viridula* اثر کاهنده این متغیر بر حضور و پراکنش

گونه*A. millieri* با درجه بیشتری مشاهده گردید. محدوده دمایی ٦ تا ۲۲ درجه سلسیوس نیز درجه احتمال حضور گونه *A. millieri* کاهش یافت. حداکثر دمای ماه‌های گرم سال (Bio5) و حداقل دمای ماه‌های سرد سال (Bio6) بر میزان حضور و پراکنش گونه *A. millieri* نیز به‌مانند *N. viridula* اثری منفی داشت. و بیشترین احتمال حضور *A. millieri* در دمای ۲۸ تا ۳۰ درجه سلسیوس بود که با افزایش یافتن حداکثر دمای ماه‌های گرم (Bio5) میزان احتمال فعالیت و پراکنش گونه کاهش یافت. میانگین بارندگی سالیانه (Bio 12) اثری مثبت در احتمال حضور گونه *A. millieri* نشان داد و در محدوده ٦۰ تا ۲٤۰ میلی‌متر میانگین بارندگی سالانه، افزایش حضور پراکندگی گونه مشخص گردید. در ادامه نیز بین حضور و پراکنش گونه *A. millieri* و بارندگی ماه‌های مرطوب سال (Bio13) یک نوع همبستگی مثبت مشاهده شد. در نهایت ارتفاع رابطه مثبتی با احتمال پراکندگی گونه*A. millieri* نشان داد که با افزایش ارتفاع، احتمال حضور گونه نیز افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد افزایش ارتفاع یکی از فاکتورهای کلیدی در میزان حضور و پراکنش گونه *A. millieri* نسبت‌به متغیرهای دیگر باشد (شکل ۳ و ۵). نقشه‌های مدل پراکنش گونه‌ها، پتانسیل پراکنش و زیستگاه‌های مناسب برای حضور گونه در MaxEnt و با استفاده از نرم افزار ArcGIS version 9.3 نشان داد که احتمالاً ناحیه جنوب غربی و مرکزی (به‌سمت غرب) استان یزد از پتانسیل بیشتری برای حضور و پراکنش گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* برخوردار می‌باشند (شکل۵).



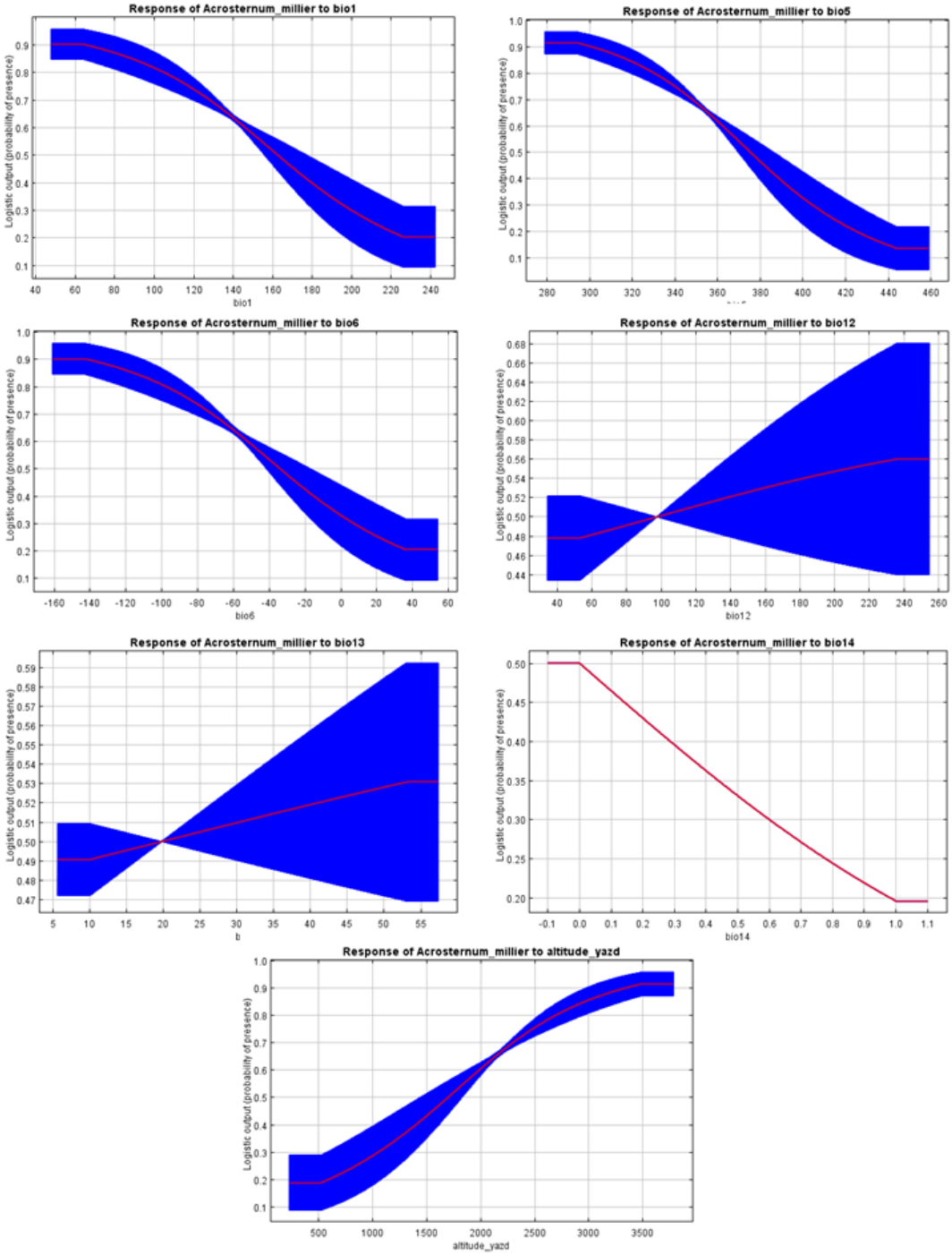
شکل ۳- ارتباط بین متغیرهای محیطی تحقیق و سود کل به‌دست آمده در آزمون جک نایف در گونه‌های *Nezara viridula* و *Acrosternum millieri*، بخش عمودی نمودار شامل متغیرهای محیطی و بخش افقی نمودار سه حالت سود کل به‌دست آمده از اثر متقابل متغیرهای محیطی (رنگ قرمز)، تأثیر انفرادی متغیرها (رنگ آبی) و بدون حضور متغیر (رنگ سبز) می‌باشد. تأثیر معنی‌دار متغیرهای محیطی ارتفاع و حداکثر دمای ماه‌های گرم سال (Bio 5) در گونه *N. viridula* و ارتفاع به‌همراه میانگین دما سالیانه (Bio1) و حداکثر دمای ماه‌های گرم سال (Bio 5) در گونه *A. millieri* نمایان است.

Fig. 3. Correlation between environmental variables and regularized training gain based on Jackknife tests. These variables are categorized into three categories: without variable (green), with only variable (blue), and with all variables (red). Jacknife test's results illustrate the massive effect of altitude, the maximum temperature of the warmest month (Bio 5) on the distribution of *Nezara viridula* and *Acrosternum millieri* in Yazd province.



شکل ٤- آزمون اهمیت پارامترهای محیطی بر اساس منحنی‌های پاسخ در پیش بینی احتمال حضور گونه *Nezara viridula* در استان یزد با استفاده از نرم افزار مکسنت. متغیرها در جدول ۲ به‌صورت علائم اختصاری توضیح داده شده‌اند. هیچ اثر معنی‌داری از متغیر میزان بارندگی در ماه‌های خشک سال (Bio 14) گزارش نگردید که با توجه به شرایط اقلیمی استان در فلات ایران کاملاً قابل پیش‌بینی است. سایر متغیرهای محیطی جدول ۲ بر حضور و پراکنش گونه*viridula* Nezara تاثیر معنی‌داری داشتند.

Fig. 4. Experiments of the environmental variables' importance and marginal response curves of contribution variables to predict the incidence probability of *Nezara viridula* in Yazd province of Iran were performed by MaxEnt. See table 2 for the definition of Bio variables. No significant influence of the driest month's precipitation (Bio 14) is detected, while the interference of other variables is significantly visible in the distribution of *N.viridula* in Yazd province.



شکل۵- آزمایش‌ها و منحنی‌های پاسخ مربوط به اهمیت متغیرهای محیطی برای پیش‌بینی احتمال حضور گونه *Acrosternum millieri* در استان یزد با استفاده از نرم افزار مکسنت. متغیرها در جدول ۲ به‌صورت علائم اختصاری توضیح داده شده‌اند. به مانند گونه *Nezara viridula* تأثیر بارندگی در ماه‌های خشک سال (Bio 14) بر حضور و پراکنش گونه معنی‌دار نبوده اما سایر متغیرهای توضیح داده شده در جدول ۲ تأثیر معنی‌داری بر حضور و پراکنش گونه *A. millieri* در استان یزد داشتند.

Fig. 5. Experiments of the environmental variables' importance and marginal response curves of contribution variables to predict the incidence probability of *Acrosternum millieri* in Yazd province of Iran were performed by MaxEnt. Like *Nezara viridula*, the precipitation of driest month(Bio 14) on the presence and distribution of the species was not significant, but the other variables explained in table 2 had a meaningful effect on the presence and distribution of *Acrosternum millieri* in Yazd province.

بحث

با در نظر گرفتن حضور گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* در نقاط آبی رنگ نقشه (با توجه به سطح زیر کشت وسیع باغ‌های پسته، بادام و انار) به‌نظر می‌رسد گسترش پوشش گیاهی نیمه طبیعی(Quasi-natural)به‌خصوص رویشگاه‌های پسته در چند سال اخیر نقشی تعیین‌کننده در حضور و پراکنش گونه‌های مورد مطالعه دارد و به‌عبارتی پوشش گیاهی، احتمالاً تعیین کننده الگوی پراکنش گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* می‌باشد. البته این فرضیه در مورد گونه *A. millieri* با توجه به‌حضور پررنگ این گونه در ارتفاعات تا حدودی ضعیف‌تر است. در مورد گونه *A. millieri* با توجه به‌آنکه بیشترین محل استقرار گونه اقلیم A-K-W می‌باشد، اجرای اقدامات پیشگیرانه کنترل آفت در اقلیم مورد نظر می‌تواند در جهت کاهش پراکنش و خسارت آفت در استان مثمر ثمر واقع شود که البته با توجه به صعب العبور بودن اقلیم، اجرای این اقدامات تا حدود زیادی مشکل به‌نظر می‌رسد. همان‌طور که مشخص است پوشش گیاهی خود متأثر از شرایط اقلیمی می‌باشد (Sutherst, *et al.* 2007; Ladle and Whittaker, 2011). از این رو اقلیم‌های SA-K-M، A-K-W، A-C-W در استان یزد می‌توانند به‌عنوان مناسب ترین بوم آشیان برای گونه‌های *N.viridula* و *A.millieri* مطرح گردند (شکل ۱و ۵). مطالعات پانیزی (Panizzi,1997) بر روی میزبان‌های وحشی سن‌های خانواده Pentatomidae نیز گویای این امر می‌باشد که سن‌های این خانواده در صورت عدم وجود میزبان‌های وحشی با توجه به‌قدرت مهاجرت بالا به سرعت در مناطقی که گیاهان زراعی و باغی کشت می‌شود، پراکنده و در این مناطق استقرار پیدا می‌کنند و در نهایت از منابع با کیفیت زراعی و باغی تغذیه می‌نمایند. بر اساس این پژوهش چنین به‌نظر می‌رسد که علاوه بر گیاه میزبان مناطق مورد مطالعه مانند باغ‌های پسته و سایر محصولات، گیاهان وحشی میزبان نظیر گون، گز و تاغ می‌توانند به‌عنوان پناهگاه زمستان گذرانی معرفی گردند و وجود این قبیل پناهگاه‌ها موجب پراکنش گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* خواهد شد. هم‌زمانی بین پراکنش گونه‌های مورد مطالعه خصوصاً *N. viridula* با رشد علف‌های هرز و گیاهان مرتعی و باغی به‌عنوان میزبان این سن‌ها در اواخر بهار با تحقیقات مهرنژاد (Mehrnejad, 2001) مطابقت کامل دارد. کم رنگ بودن حضور گونه‌های مورد مطالعه در مناطق مرکزی، شرقی و شمال شرقی استان می‌تواند به نبود پوشش گیاهی در این مناطق مربوط باشد و به‌نظر می‌رسد فقدان پوشش گیاهی مناسب در مناطق مرکزی، شرقی و شمال شرقی استان یزد به‌عنوان یک مانع جغرافیایی و اقلیمی برای پراکنش گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* در این مناطق مطرح می‌باشد. با این حال برخی مطالعات حاکی از آن است که مناطق کویری و بیابانی بستری مناسب برای حضور و پراکنش سن‌های سبز هستند (Abdykairovna, 2011). به‌نظر می‌رسد که پوشش گیاهی طبیعی خصوصاً گیاهان گون، گز و تاغ در مقایسه با پوشش گیاهی نیمه مصنوعی درختان پسته دارای تأثیرگذاری کمتری بر پراکنش سن‌های *N. viridula* و *A. millieri* می‌باشند. به‌عبارت دیگر با وجود کم بارش بودن مناطق مورد مطالعه و به‌طبع آن کم بودن مساحت پوشش گیاهی طبیعی، افزایش سطح زیر کشت پسته در چند سال اخیر در استان و توسعه قنات و به‌ویژه چاه‌های عمیق کشاورزی، بستر مناسبی را برای حضور گونه‌های سن سبز به‌ویژه *N. viridula* (با توجه به قدرت پراکنش گونه) در استان یزد فراهم نموده است. در مناطق مرکزی یزد که شاهد فراوانی بالای پوشش گیاهی گون، گز و تاغ بوده و همچنین شرایط دمایی و رطوبت مناسب رشد و گسترش سن‌های سبز فراهم است، موارد کمتری از سن‌های سبز در مقایسه با مناطق کوهستانی و باغات پسته مشاهده گردید.

از منظری دیگر با توجه به شرایط اقلیمی استان یزد به‌نظر می‌رسد نقش متغیرهای محیطی دما به‌ویژه حداکثر دمای ماه‌های گرم سال (Bio 5) و میانگین دمای سالیانه (Bio1) در مقایسه با متغیرهای محیطی مربوط به رطوبت و بارندگی نقش بیشتری در حضور و پراکنش گونه‌های *N. viridula* و

A. millieri بیشتر و ملموس‌تر است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل منحنی‌های پاسخ در رابطه با ارتباط دما با حضور و پراکنش گونه‌های *N. viridula* و *A. millieri* نشان داد که افزایش دما تا ۳۰ درجه سلسیوس تأثیر فزاینده‌ای بر حضور و پراکنش گونه‌های مورد مطالعه دارد اما در مورد گونه *A. millieri* افزایش دما سبب کاهش حضور و فعالیت گونه در اقلیم‌های مورد مطالعه گردیده است. تحقیقات موسولین (Musolin, 2007) نشان می‌دهد که تغییرات دما روی فعالیت و پراکنش جغرافیایی سن‌های خانواده *Pentatomidae* اثرگذار بوده و فعالیت این حشرات عمدتاً در دماهای بالای ۳۰ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. در تأیید این رهیافت تادا و همکاران (Tada *et al*., 2011) به‌این نتیجه رسیدند در گونه‌های *N. viridula* و *Acrosternum hilare* Say. از خانواده *Pentatomidae* دمای بالای ۳۰ درجه سلسیوس باعث از بین رفتن باکتری‌های هم‌زیست در سیستم گوارش این حشرات گردیده و فعالیت تغذیه‌ای این حشرات متوقف می‌گردد. با توجه به نتایج نگارنده، فرضیه عدم فعالیت گونه‌های مورد مطالعه در دمای بالای ۳۰ درجه در مورد گونه *A. millieri* صادق بوده اما با توجه به‌حضور گونه *N. viridula* در محدوده دمایی ۲۸ تا ۳۹ درجه سلسیوس چنین فرضیه‌ای در مورد گونه مذکور صدق نمی‌کند. با تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از ارتباط بین متغیرهای محیطی تحقیق و سود کل به‌دست آمده در آزمون جک نایف (شکل ۳) مشخص گردید که نوسانات اثر پارامترهای محیطی در گونه *A. millieri* در مقایسه با گونه *N. viridula* از دامنه بیشتری برخوردار بوده که این پدیده حساسیت و متعاقب آن محدودیت پراکنش *A. millieri* را در مقایسه با گونه *N.viridula* نمایش می‌دهد. ویلیامسون (Williamson, 1996) علت محدودیت پراکنش گونه‌ها و بالعکس جهانی شدن و دامنه پراکنش وسیع آن‌ها را به حساسیت و عدم حساسیت آن‌ها به متغیرهای محیطی مرتبط می‌داند. ویوان و پانیزی (Vivan and Panizzi,1996) عدم پراکنش گونه *N. viridula* در فصول گرم سال را به افزایش شدید دما در فصل تابستان مربوط می‌دانند، در حالی که این محدودیت در پراکنش می‌تواند به فعالیت‌های دشمنان طبیعی به‌ویژه مگس‌های خانواده Tachinidae مربوط باشد (Brooks *et al*., 2020). به‌نظر می‌رسد با توجه به تأثیرمستقل دما بر روی زیست شناسی و روند رشد جانوران به‌ویژه حشرات و شرایط اقلیمی گرم و خشک منطقه، فرضیه ویوان و پانیزی (Vivan and Panizzi, 2006) در مورد توجیه علت پراکنش محدود گونه *N. viridula* محتمل‌تر می‌باشد.

مقایسه پتانسیل پراکنش *A. millieri* و *N. viridula* نشان داد که گونه *A. millieri* در استان یزد دامنه پراکنش پایین‌تری نسبت به *N. viridula* دارد (شکل ۲). احتمال می‌رود گسترش پوشش گیاهی نیمه طبیعی (باغ‌های پسته) در سال‌های اخیر بر پراکنش گونه *A. millierri* تأثیر کمتری گذاشته است و در این گونه عوامل اقلیمی نظیر رطوبت نسبی و ارتفاع تأثیر بیشتری بر وجود و پراکنش آن داشته است. در مورد گونه *N. viridula* واژه جهانی بودن برازنده آن است و سرعت پراکنش این گونه با وجود گسترش منبع غذایی آن از رشد مناسبی برخوردار بوده و به‌عبارت دیگر به‌نظر می‌رسد توسعه پوشش گیاهی باغات پسته با پراکنش آن رابطه ای مستقیم دارد. رشد سریع در پراکنش گونه *N. viridula* با توجه به افزایش دما امری است که در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از عوامل افزایش جمعیت و خسارت گونه مزبور در اکوسیستم‌های زراعی مطرح گردیده است (Musulin *et al*., 2010).

باید توجه داشت با اینکه گونه *N. viridula* به‌عنوان یک گونه جهانی (Cosmopolite) شناخته می‌شود (Kiritani ,1970)، اما نتایج حاصل نشان داد گونه مزبور در مناطق کویری با پوشش گیاهی محدود فعالیتی نداشته و به‌نظر می‌رسد مناطق کویری به‌عنوان یک مانع اقلیمی در کاهش حضور و پراکنش این گونه نقش دارد. چنین شرایطی احتمالاً در مورد گونه*A. millieri* با شدت بیشتری همراه بوده و در نتیجه پراکنش *A. millieri* نسبت به *N. viridula* از دامنه کمتری برخوردار است (شکل ۲). از نگاهی دیگر ویوان و پانیزی (Vivan and Panizzi, 2006)

گونه *N. viridula* را گونه‌ای گرمسیری معرفی می‌نماید و مطالعات فیلیپس و همکاران (Philips *et al*., 2006) نشان می‌دهد گونه‌هایی که در مناطق گرمسیری فعالیت می‌کنند دارای آستانه دمایی بالاتری می‌باشند و در نتیجه حضور و پراکنش آن‌ها در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری محسوس‌تر است. با توجه به‌آن که تمرکز و فعالیت زیستی گونه *A. millieri* عمدتاً در نواحی کوهستانی یزد (مناطق سانیچ، ده بالا و طزرجان) مشاهده گردید و در نواحی کویری تنها چند مورد محدود از آن‌ها گزارش گردید، می‌توان چنین برداشت نمود که کاهش ارتفاع و افزایش دما نقشی بازدارنده بر حضور و پراکنش گونه *A. millieri* در استان یزد دارد (شکل۲ و ۳). بر اساس فرضیه ارائه شده توسط ویلیامسون و فیتر (Williamson and Fitter,1996) گونه‌هایی که در ارتفاع بالاتری از سطح دریا زندگی می‌کنند دارای آستانه دمایی پایین تری بوده و افزایش دما باعث کاهش پراکنش آن‌ها خواهد شد. با توجه به‌این که در گونه *A. millieri* افزایش میانگین دمای سالانه تأثیر منفی و ارتفاع دارای تأثیری مثبت بر پراکنش گونه دارند، بنابراین وقوع این پدیده با فرضیه ارائه شده توسط ویلیامسون و فیتر (Williamson and Fitter,1996) مطابقت دارد. گاهی ممکن است یک یا چند عامل از عوامل ماکروکلیما، به‌صورت موضعی دچار تغییرات شده و در آن نقاط سبب به‌وجود آمدن شرایطی خاص و متفاوت با اقلیم‌های غالب گردد (Ardakani,2001). حضور و پراکنش گونه *A. millieri* در اقلیم‌های A-K-W و SA-K-M وجود گونه مزبور در مزوکلیما را تا حدود زیادی تأیید می‌نماید (شکل ۱ و ۲). در مورد گونه *N. viridula* به‌نظر می‌رسد گسترش پوشش گیاهی نیمه طبیعی تأثیر بیشتری را بر حضور و پراکنش گونه *N. viridula* در مقایسه با *A. millieri* گذاشته باشد. این اثرگذاری مثبت در تحقیقات توان پور و همکاران (Tavanpour, *et al*., 2016) و نیز تاد (Todd, 1989) خود را نمایان ساخته است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد به‌دلیل در اختیار قراردادن امکانات پژوهشی و همچنین از سرکار خانم دکتر سمانه صلح‌جوی‌فرد ازپردیس دانشگاه تهران به‌خاطر مساعدت‌هایشان کمال تشکر را داریم.

References

ABDYKAIROVNA. Y.P. 2011. Fauna of Heteroptera in the deserts of Kazakhstan. Journal of Arid Land. No. 3(4): 303-305. DOI: content/uploads/2020/05/izdaniya/ statiyi/etmologiya/Yesenbekova,%202011.pdf

ARDAKANI, M. R. 2001. Ecology. Tehran University Press. 340 pp (In Persian).

BEHDAD, E. 2002. Introductory entomology and important plant pests in Iran.Yadboud Press. 824 pp (In Persian).

BERGER, A.L., DELLA PIETRA, S.A. and V. J. DELLA PIETRA. 1996. A maximum entropy approach to natural language processing. Computer Linguist. No. 22(1): 39-71.

BOLKAN, H.A., OGAWA, J.M., RICE, R.E., BOSTOCK, R.M. and J. C. CRANE. 1984. Leaf-footed bug implicated in pistachio carp lesion. California Agriculture. No. 38:16-17.

BROOKS, D.R., HEREWARD, J.P., WILSON, L.J. and G. H. Walter. 2020. Multiple invasions of generalist herbivore-Secondary contact between two divergent lineages of *Nezara viridula* L. in Australia. Evolutionary Applications. No. 13: 2113-2129. DOI: https://doi.org/10.1111/eva.12971

DUELLI, P., STUDER, M., MARCHAND, I. and S. JAKOB. 1990. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. Biological Conservation. No. 54: 193-207. DOI: https://doi.org/10.1016/0006-3207(90)90051-P

ELITH, J., GRAHAM, C.H., ANDERSON, R.P., DUDIK, M., FERRIER, S., GUISAN, A., HIJMANS, R.J.,

HUETTMAN, F., LEATHWICK, J.R., LEHMANN, A., LI, J., LOHMANN, L.G., LOISELLE, B.A., MANION, G., MORITZ, C., NAKAMURA, M., NAKAZAWA, Y., OVERTON, J.M., PETERSON, A.T., PHILLIPS, S.J., RICHARDSON, K., SCACHETTI-PERREIRA, R., SCHAPIRE, R.E., SOBERON, J., WILLIAMS, S., WISZ, M.S. and ZIMMERMANN, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecogeography. No. 29: 129-151. DOI: https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x

GOMEZ, C. and R. F. MIZELL. 2005. Green Stink Bug, *Acrosternum hilera* (Say) (Insecta: Hemiptera: Pentatomidae). University of Florida pub. Available on: http://creatures.ifas.ufl.edu.

GREENE, J. K., TURNIPSEED, M.J., SULLIVAN, S.G. and O.L. May. 2005. Treatment thresholds for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. Journal of Economic Entomology. No. 94: 403-409.

HERNANDEZ. P.A., GRAHAM. C.H., MASTER. L.L. and D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. Ecography. No. 29: 773-785.

ICARDA .2004. ICARDA Annual Report 2004 Communication Team. Aleppo, Syria: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). DOI: https://repo.mel.cgiar.org/handle /20.500.11766/7624

JOHNSON, D. L. and A. WOROBEC. 1988. Spatial and temporal computer analysis of insects and weather: grasshoppers and rainfall in Alberta. Entomological Society of Canada. No. 146: 33-48.

KIRITANI. K. 1970. Studies on the adult polymorphism in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). Researches on Population Ecology. No. 12(1): 19-34.DOI: 10.1007/BF02511079.

LINNAVUORI, R.E. 1986. Heteroptera of Saudi Arabia. Fauna of Saudi Arabia 8: 31-197.

LINNAVUORI, R.E. 2008. Studies on the Acanthosomatidae, Scutelleridae and Pentatomidae (Heteroptera) of Gilan and the adjacent provinces in northern Iran. Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae. No. 48: 1-21.

LINNAVUORI, R.E. 2012. Studies on Pyrrhocoridae, Coreidae and Pentatomidae (Heteroptera) of Khuzestan and adjacent provinces in Iran. Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae. No. 52: 67-88.

LADLE, R.J. and R.J. WHITTAKER, 2011. Conservation Biogeography. John Wiley & Sons Ltd Publication. 301 pp. DOI: 10.1002/9781444390001

MEHRNEJAD, M.R. The current status of pistachio pests in Iran. In : Ak B.E. (ed.). XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds. Zaragoza : CIHEAM, 2001. p. 315-322. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 56). 11. GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds, 1999/09/01-04, Sanliurfa (Turkey). http://om.ciheam.org/om/pdf/c56/01600196.pdf

MEHRNEJAD. M. R., LINNAVUORI, R. E. and S. H. ALAVI. 2013. Hemipteran bugs associated with pistachio trees and notes on major species. Zoology and Ecology. No. 23(1): 29-40. DOI: 10.1080/21658005.2013.774832

MERRIAM, G. and A. LANOUE. 1990. Corridor use by small mammals: field measurements for three experimental types of Peromyscus leucopus. Landscape Ecology. No. 4: 123-131. DOI: https://doi.org/10.1007/BF00132856

MUSOLIN. D. L. 2007. Insects in a warmer world: ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change. Global Change Biology. No. 13: 1565–1585. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01395.x

MUSOLIN. D. L., TOUGOU, D. and K. FUJISAKI.2010.Too hot to handle? Phenological and life-history responses to simulated climate change of the southern green stink bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae). Global Change Biology. No. 16(1): 73-78.

PANIZZI. A. R. 1997. Wild hosts of pentatomids: Ecological significance and role in their pest status on crops. Annual Review of Entomology. No. 42(1): 99–122. DOI: 10.1146/annurev.ento.42.1.99

PEARSON, R. G. and T. P. DAWSON. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of

species: are bioclimate envelope models useful?. Global Ecology and Biogeography. No. 12(5): 361-371. DOI:https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003. 00042.x

PHILLIPS, S. J., ANDERSON, R.P. and R.E. SCHAPIRE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling. No 190: 231-256.

PRICE, P. W., LEWINSOHN, T. M., FERNANDES, G. W. and W. W. BENSON.1991. Plant-Animal Interactions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions. Wiley, New York.

REZAEI, M., KHALILI, H. and SHAMSAEI, F. 2012. Important pests and pathogens of pistachio.Basirat-Afzaa publication. 143 pp (In Persian).

RIBES, J. and G. SCHMITZ. 1992. Revision du genre Brachynema Muslant & Ray,1852 (Heteroptera:Pentatomidae:Pentatominae). Bull. Annls Soc. R. Belge Ent 128. 105-166.

RIBES, J., PAGOLA-CARTE, S. and I. ZABALEGUI. 2008. On some Palearctic Carpocorini (Heteroptera: Pentatomidae: Pentatominae). Heteropterus Revista Entomologia. No. 8(2): 155-169.

ROURA-PASCUAL, N., BROTONS, L., PETERSON, A.T. and W. THULLIER. 2008. Consensual predictions of potential distributional areas for invasive species: a case study of Argentine ants in the Iberian Peninsula. Biological Invasions. 11: 1017-1031. DOI 10.1007/s10530-008-9313-3

SARAFRAZI, A. and MOZAFAR-ZANGENEH, A. 2009. The list of Hemiptera-Heteroptera in the Hayk Mirzayans insect museum of Iranian research institute of plant protection: Insects of Iran. Agricultural Research Education and Extension publication. 56 pp.

SCHAEFER, C.W. and A.R PANIZZI. 2000. Heteroptera of Economic Importance. CRC Press, Boca Raton. 828 pp.

SHIRANI, F., MAZIDI, A. and M. Khodagholi. 2009. Climate classification of Yazd province via Multivariate statistical method. Journal of Geography and Regional Development .13:139-157 [In Persian].

SOLHJOUY-FARD, S., SARAFRAZI, A., MINBASHI MOEINI. M. and A. AHADIYAT. 2013. Predicting habitat distribution of five heteropteran pest species in Iran. Journal of Insect Science. No. 13:116. DOI: https://doi.org/10.1673/031.013.11601

SUTHERST, R.W., MAYWALD, G.F. and A. S. BOURNE. 2007. Including species interactions in risk assessment for global change. Global Change Biology. No. 13(9): 1843-1859.

TADA. A., KIKUCHI. Y., HOSOKAWA. T., MUSOLIN. D., FUJISAKI. K. and T. FUKATSU. 2011. Obligate association with gut bacterial symbiont in Japanese populations of southern green stinkbug *Nezara viridula* (Heteroptera:Pentatomidae). Applied Entomology and Zoology. No. 46(4): 483-488.

TAVANPOUR, T., SARAFRAZI, A. M., MEHRNEJAD, M. R. and S. IMANI.2016. Distribution scenario of two species of green bugs *Brachynema germarii* and *Nezara viridula* (Hemiptera; Pentatomidae) in Kerman province. Applied Entomology and Phytopatology. No. 84(1): 67-78 (In Persian with English summary). DOI: 10.22092/JAEP.2016.106611

THORN, J.S., NIJMAN, V., SMITH, D. and K.A.I. NEKARIS. 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: Nycticebus). Diversity and Distributions. No. 15: 289-298. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00535.x

TODD. J. W. 1989. Ecology and behavior of *Nezara viridula*. Annual Review of Entomology. No 34(1): 273-292. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.en.34.010189.001421

VIVAN. L.M. and A.R. PANIZZI. 2006. Geographical distribution of genetically determined types of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) in Brazil. Neotropical Entomology. No. 35(2): 175-181.

WILLIAMSON, M. H. and A. FITTER. 1996. The Characters of successful invaders. Biological Conservation. 78: 163-170.