



دانشگاه شیراز
معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی
گروه آموزشی گیاهپزشکی

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی
رشته حشره‌شناسی کشاورزی

مدل‌سازی پراکنش ساقه‌خوارهای برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها در اقلیم‌های مختلف ایران

پژوهشگر:

مهدی جلائیان زعفرانی

استادان راهنما:

علی‌گلی زاده

علیمراد سرافرازی

استاد مشاور:

بابک نعیمی

اردیبهشت 1397

عنوان و نام پدیدآور:	مدل سازی پراکنش ساقه‌خوارهای برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها در اقلیم‌های مختلف ایران، مهدی جلائیان زعفرانی
استادان راهنما:	دکتر علی گلی‌زاده و دکتر علیمراد سرفرازی
استادان مشاور:	دکتر بابک نعیمی
تاریخ دفاع:	1397/2/5
تعداد صفحات:	162 ص.
شماره پایان‌نامه:	گیاهپزشکی

چکیده:

ساقه‌خوارها مهم‌ترین آفت در طول دوران رشد برنج هستند. ارزیابی دقیق پراکنش بالقوه‌ی این آفات و سن‌های شکارگر آن‌ها، نقش کلیدی در مدیریت اکوسیستم‌های شالیزاری دارد. در این پژوهش، پراکنش جغرافیایی شب‌پره‌های ساقه‌خوار برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها در 17 استان برنج کاری کشور در سال‌های 1394 تا 1396 بررسی شد. همچنین به منظور تعیین پراکنش بالقوه‌ی گونه‌های مهم از 9 مدل پیش‌بینی پراکنش گونه (sdm) (GLM، BRT، SVM، CART، MARS، RF، Maxent، Maxlike و BIOCLIM) به کمک بسته‌ی sdm در نرم‌افزار R استفاده شد. نتایج نشان داد در شالیزارهای کشور در مجموع هشت گونه ساقه‌خوار شامل *Chilo suppressalis*، *C. suppressalis*، *C. phragmitella*، *C. suppressalis*، *C. luteellus*، *partellus*، *Andrallus spinidens*، *Ostrinia nubilalis* و *S. nonagrioides*، *cretica*، *Ectomocoris ululans*، *Peirates hybridus*، *O. plumicornis*، *Oncocephalus pilicornis*، *Nabis capsiformis* و *Orius minutus* فعالیت داشتند. در بین این گونه‌ها، ساقه‌خوار نواری برنج (*C. suppressalis*) و ساقه‌خوار سزامیا (*Sesamia spp.*) به عنوان مهم‌ترین ساقه‌خوارهای برنج و سن آندرالوس (*A. spinidens*) به عنوان مهم‌ترین سن شکارگر در شالیزارهای کشور معرفی شدند. حضور ساقه‌خوار نواری برنج از پنج استان خراسان رضوی، قزوین، زنجان، چهارمحال و بختیاری و آذربایجان شرقی و خسارت سزامیا روی برنج از چهار استان کهگیلویه و بویراحمد، اصفهان، ایلام و اردبیل برای اولین بار گزارش شد. نتایج مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش نشان داد مناطق محدودی از کشور برای حضور ساقه‌خوار نواری برنج و سطح بسیار گسترده‌تری از شالیزارهای ایران برای ساقه‌خوار سزامیا مناسب هستند. این در حالی است که در نتایج پژوهش حاضر مشخص شد ساقه‌خوار سزامیا به دلیل رقابت با ساقه‌خوار نواری یا عدم وجود گیاه میزبان، فقط در مناطق محدودی به برنج خسارت می‌زند. همچنین پیش‌بینی پراکنش سن شکارگر آندرالوس به منظور بررسی امکان کاربرد در سطح شالیزارهای ایران نشان داد که برخی استان‌ها برای حضور این عامل بیولوژیک مناسب هستند. بررسی میزان اهمیت متغیرهای محیطی در پراکنش ساقه‌خوار نواری، ساقه‌خوار سزامیا و سن آندرالوس نشان داد که به ترتیب متغیرهای وابسته به دما، متغیرهای وابسته به رطوبت و ارتفاع بیش‌ترین سهم را در پراکنش این گونه‌ها در شالیزارهای ایران داشتند. بر اساس نتایج ارزیابی دقت دو آزمون AUC و TSS، همه‌ی مدل‌ها عملکرد قابل قبولی در پیش‌بینی پراکنش ساقه‌خوار نواری داشتند. در حالی که فقط سه مدل SVM، RF و Maxent از دقت قابل قبولی در پیش‌بینی پراکنش ساقه‌خوار سزامیا برخوردار بودند. در مورد سن آندرالوس فقط مدل CART دقت لازم را نداشت. یافته‌های این پژوهش اطلاعات اولیه و کلیدی درباره‌ی پراکنش بالقوه‌ی مهم‌ترین ساقه‌خوارهای برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها در شالیزارهای ایران را فراهم می‌کند که می‌تواند در برنامه‌ریزی مدیریت آن‌ها در سطح کشور موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، ساقه‌خوار برنج، شالیزار، شکارگر، مدل پراکنش گونه

فهرست مطالب

۱۷	۱- کلیات پژوهش
۱۷	1-1- مقدمه
۲۱	2-1- برنج
۲۱	1-2-1- اهمیت برنج در ایران
۲۲	2-2-1- پراکنش و سطح زیر کشت برنج در ایران
۲۲	3-2-1- چالش‌های تولید برنج در ایران
۲۳	3-1- آفات برنج
۲۳	1-3-1- ساقه‌خوارها
۲۴	1-1-3-1- خانواده‌ی Crambidae
۲۶	2-1-3-1- خانواده‌ی Noctuidae
۲۷	4-1- دشمنان طبیعی ساقه‌خوارها
۲۷	1-4-1- سن‌های شکارگر
۳۰	5-1- عوامل موثر در پراکنش جغرافیایی آفات و شکارگرها
۳۰	1-5-1- نقش اقلیم در پراکنش جغرافیایی آفات
۳۱	2-5-1- مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی موثر در پراکنش جغرافیایی آفات
۳۱	1-2-5-1- دما
۳۲	2-2-5-1- رطوبت
۳۲	6-1- اهمیت پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی آفات و دشمنان طبیعی
۳۴	7-1- مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه
۳۵	1-7-1- تاریخچه‌ی استفاده از مدل پراکنش گونه
۳۶	2-7-1- اجزای تشکیل دهنده‌ی یک مدل پراکنش گونه
۳۶	1-2-7-1- داده‌های (متغیرهای) محیطی
۳۷	2-2-7-1- داده‌های بیولوژیکی
۳۸	3-2-7-1- مدل
۳۸	3-7-1- روند شکل‌گیری یک مدل پراکنش گونه
۳۸	4-7-1- کاربردهای مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه
۴۰	8-1- معرفی نرم‌افزارهای مختلف مدل‌سازی
۴۴	9-1- مدل‌های پراکنش گونه بر پایه‌ی نرم‌افزار R
۴۵	1-9-1- بسته‌ی sdm
۴۷	10-1- مروری بر مطالعات انجام شده با استفاده از مدل‌های پراکنش گونه‌های آفت
۵۵	2- مواد و روش پژوهش
۵۵	1-2- وسعت منطقه‌ی مورد مطالعه

- 2-2- جمع‌آوری گونه‌ها ۵۶
- 2-2-1- نمونه‌برداری صحرائی ۵۶
- 2-2-2- بررسی نمونه‌های موجود در کلکسیون‌ها ۵۸
- 2-2-3- بررسی منابع و مستندات علمی معتبر ۵۸
- 2-3- نگهداری و شناسایی نمونه‌ها ۵۸
- 2-4- ثبت داده‌ها و تشکیل بانک اطلاعاتی ۵۹
- 2-5- تهیه نقشه‌های پراکنش فعلی گونه‌ها ۶۰
- 2-6- مدل سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها ۶۰
- 2-6-1- ورود داده‌های بیولوژیکی ۶۰
- 2-6-2- ورود داده‌های محیطی ۶۱
- 2-6-2-1- استخراج لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی ۶۱
- 2-6-2-2- حذف متغیرهای محیطی نامناسب ۶۱
- 2-6-3- انتخاب مدل ۶۳
- 2-6-4- تنظیمات مدل ۶۳
- 2-6-5- انجام تجزیه و تحلیل‌های مدل سازی ۶۴
- 2-6-6- سنجش اهمیت و میزان تاثیر متغیرهای محیطی ۶۴
- 2-6-7- ارزیابی عملکرد مدل‌ها ۶۵
- 2-7- تهیه نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها ۶۶
- 2-8- برآیند عملکرد گروهی مدل‌ها ۶۶
- 3- نتایج و یافته‌های پژوهش ۶۷
- 3-1- شناسایی و پراکنش جغرافیایی گونه‌ها ۶۷
- 3-1-1- ساقه‌خوارها ۶۷
- 3-1-1-1- خانواده‌ی Crambidae ۶۷
- 3-1-1-2- خانواده‌ی Noctuidae ۷۷
- 3-1-2- سن‌های شکارگر ۷۷
- 3-1-2-1- خانواده‌ی Pentatomidae ۷۸
- 3-1-2-2- خانواده‌ی Reduviidae ۷۹
- 3-1-2-3- خانواده‌ی Miridae ۸۲
- 3-1-2-4- خانواده‌ی Anthocoridae ۸۳
- 3-1-2-5- خانواده‌ی Nabidae ۸۴
- 3-2- مدل سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها ۸۵
- 3-2-1- انتخاب متغیرهای محیطی مناسب برای هر گونه ۸۵
- 3-2-2- مدل سازی پیش‌بینی پراکنش *Chilo suppressalis* ۸۶
- 3-2-2-1- نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش ۸۶
- 3-2-2-2- ارزیابی عملکرد مدل‌های پراکنش ۸۸
- 3-2-2-3- ارزیابی اهمیت متغیرهای محیطی در مدل سازی پراکنش ۹۱
- 3-2-2-4- برآیند عملکرد گروهی مدل‌های پراکنش ۹۴

95	..... <i>Sesamia</i> spp. مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش	3-2-3
96	..... نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش	1-3-2-3
97	..... ارزیابی عملکرد مدل‌های پراکنش	2-3-2-3
100	..... ارزیابی اهمیت متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش	3-3-2-3
103	..... برآیند عملکرد گروهی مدل‌های پراکنش	4-3-2-3
104	..... مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش <i>Andrallus spinidens</i>	4-2-3
105	..... نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش	1-4-2-3
106	..... ارزیابی عملکرد مدل‌های پراکنش	2-4-2-3
109	..... ارزیابی اهمیت متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش	3-4-2-3
112	..... برآیند عملکرد گروهی مدل‌های پراکنش	4-4-2-3
115	..... بحث و نتیجه‌گیری	4
115	..... شناسایی گونه‌ها و پراکنش جغرافیایی آن‌ها	1-4
115	..... ساقه‌خوارها	1-1-4
120	..... سن‌های شکارگر	2-1-4
124	..... مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها	2-4
124	..... اهمیت آماده‌سازی داده‌های بیولوژیکی صحیح و مناسب	1-2-4
124	..... اهمیت انتخاب متغیرهای محیطی مناسب برای هر گونه	2-2-4
125	..... اهمیت انتخاب مدل(های) مناسب	3-2-4
126	..... بررسی وضعیت پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها	3-4
127	..... پیش‌بینی پراکنش ساقه‌خوار نواری برنج	1-3-4
128	..... پیش‌بینی پراکنش ساقه‌خوار سزامیا	2-3-4
130	..... پیش‌بینی پراکنش سن شکارگر آندرالوس	3-3-4
130	..... بررسی متغیرهای محیطی موثر در پراکنش گونه‌ها	4-4
131	..... متغیرهای محیطی موثر در پراکنش ساقه‌خوار نواری برنج	1-4-4
133	..... متغیرهای محیطی موثر در پراکنش ساقه‌خوار سزامیا	2-4-4
133	..... متغیرهای محیطی موثر در پراکنش سن شکارگر آندرالوس	3-4-4
134	..... بررسی میزان دقت مدل‌ها در پراکنش گونه‌ها	5-4
134	..... بررسی میزان دقت مدل‌ها در پراکنش ساقه‌خوار نواری برنج	1-5-4
135	..... بررسی میزان دقت مدل‌ها در پراکنش ساقه‌خوار سزامیا	2-5-4
136	..... بررسی میزان دقت مدل‌ها در پراکنش سن شکارگر آندرالوس	3-5-4
136	..... تاثیر عوامل غیرزنده (اقلیم، میزان) و زنده (رقابت) در پراکنش گونه‌ها	6-4
138	..... نتیجه‌گیری نهایی	7-4
140	..... پیشنهادها	8-4
143	..... منابع	5

فهرست جدول‌ها

24	جدول 1-1: مهم‌ترین ساقه‌خوارهای برنج در دنیا
29	جدول 1-2: مهم‌ترین سن‌های شکارگر ساقه‌خوارهای برنج در دنیا
62	جدول 1-2-1: مشخصات مربوط به لایه‌های متغیرهای محیطی
63	جدول 2-2: مشخصات مدل‌های استفاده شده در پژوهش
	جدول 1-3: متغیرهای محیطی به کار گرفته شده در فرایند مدل‌سازی ساقه‌خوار نواری برنج، ساقه‌خوار
86	سزامیا و سن شکارگر آندرالوس
	جدول 2-3: ارزیابی عملکرد 9 مدل مختلف در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی
89	<i>Chilo suppressalis</i>
98	جدول 3-3: ارزیابی عملکرد 9 مدل مختلف در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش <i>Sesamia</i> spp.
	جدول 3-4: ارزیابی عملکرد 9 مدل مختلف در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی
107	<i>Andrallus spinidens</i>

فهرست شکل‌ها

- شکل 1-1: سطح زیر کشت برنج در ایران بر اساس تقسیمات استانی 22
- شکل 1-2: دیاگرام مراحل اصلی مورد نیاز برای ساخت و اعتبارسنجی یک مدل پراکنش گونه 39
- شکل 1-3: نمایش شماتیک یک زنجیره شامل سه مرحله‌ی پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش برای مدل‌سازی پراکنش گونه در sdm 46
- شکل 2-1: نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی و تقسیم‌بندی استانی ایران 55
- شکل 2-2: تله‌ی نوری شارژی قابل حمل و تله‌ی مالایز 57
- شکل 2-3: ظروف پلاستیکی دردار مخصوص انتقال نمونه‌ها از مزرعه به آزمایشگاه 57
- شکل 2-4: اتاله کردن شب‌پره‌های ساقه‌خوار با سوزن مخصوص؛ (ب) اتاله کردن سن‌های شکارگر روی کاغذ مثلثی؛ (ج) تهیه‌ی اسلاید میکروسکوپی از اندام تناسلی؛ (د) نگهداری اسلایدهای تهیه شده 59
- شکل 2-5: (الف) میکروتیوب حاوی سیلیکاژل، پنبه، دستمال کاغذی و شب‌پره‌ی ساقه‌خوار؛ (ب) اختصاص یک کد اختصاصی به هر نمونه؛ (ج) بسته‌بندی نهایی و ارسال نمونه‌ها 60
- شکل 3-1: گونه‌ی *Chilo suppressalis*: (الف) حشره‌ی بالغ نر؛ (ب) حشره‌ی بالغ ماده؛ (ج) اندام تولیدمثلی خارجی نر؛ (د) اندام تولیدمثلی خارجی ماده 68
- شکل 3-2: پراکنش جغرافیایی ساقه‌خوار نواری برنج *Chilo suppressalis* در برنج‌کاری‌های ایران 69
- شکل 3-3: گونه‌ی *Chilo luteellus*: (الف) حشره‌ی بالغ نر؛ (ب) حشره‌ی بالغ ماده؛ (ج) اندام تولیدمثلی خارجی نر؛ (د) اندام تولیدمثلی خارجی ماده 70
- شکل 3-4: پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Chilo luteellus* در برنج‌کاری‌های ایران 71
- شکل 3-5: گونه‌ی *Chilo phragmitella*: (الف) حشره‌ی بالغ نر؛ (ب) حشره‌ی بالغ ماده؛ (ج) اندام تولیدمثلی خارجی نر؛ (د) اندام تولیدمثلی خارجی ماده 72
- شکل 3-6: پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Chilo phragmitella* در برنج‌کاری‌های ایران 73
- شکل 3-7: پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Chilo partellus* در برنج‌کاری‌های ایران 74
- شکل 3-8: گونه‌ی *Scirpophaga praelata*: (الف) حشره‌ی بالغ نر؛ (ب) حشره‌ی بالغ ماده؛ (ج) اندام تولیدمثلی خارجی نر؛ (د) اندام تولیدمثلی خارجی ماده 75
- شکل 3-9: پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Scirpophaga praelata* در برنج‌کاری‌های ایران 76
- شکل 3-10: پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Ostrinia nubilalis* در برنج‌کاری‌های ایران 76
- شکل 3-11: پراکنش جغرافیایی *Sesamia* spp. در برنج‌کاری‌های ایران 77
- شکل 3-12: حشره‌ی بالغ و پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Andrallus spinidens* در برنج‌کاری‌های ایران 78
- شکل 3-13: حشره‌ی بالغ و پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Oncocephalus pilicornis* در برنج‌کاری‌های ایران 79
- شکل 3-14: حشره‌ی بالغ و پراکنش جغرافیایی *Oncocephalus plumicornis* در برنج‌کاری‌های ایران 80
- شکل 3-15: حشره‌ی بالغ و پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Peirates hybridus* در برنج‌کاری‌های ایران 81
- شکل 3-16: حشره‌ی بالغ و پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Ectomocoris ululans* در برنج‌کاری‌های ایران 82

- شکل 3-17: حشره‌ی بالغ و پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Deraeocoris serenus* در برنج‌کاری‌های ایران 83
- شکل 3-18: حشره‌ی بالغ و اندام تناسلی خارجی نر و پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Orius minutus* در برنج‌کاری‌های ایران 84
- شکل 3-19: حشره‌ی بالغ و پراکنش جغرافیایی گونه‌ی *Nabis capsiformis* در برنج‌کاری‌های ایران 85
- شکل 3-20: نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی *Chilo suppressalis* در ایران بر مبنای 9 مدل مختلف شامل: GLM, BRT, RF, SVM, CART, MARS, BIOCLIM, Maxent و Maxlike 87
- شکل 3-21: نمودارهای ROC حاصل از 9 مدل مختلف برای گونه‌ی *Chilo suppressalis* 90
- شکل 3-22: میزان مشارکت متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ی *Chilo suppressalis* بر اساس 9 مدل مختلف 92
- شکل 3-23: میزان مشارکت متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ی *Chilo suppressalis* بر اساس میانگین مدل‌ها 94
- شکل 3-24: نقشه‌ی برآیند عملکرد گروهی مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی *Chilo suppressalis* در ایران 95
- شکل 3-25: نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش *Sesamia spp.* در ایران بر مبنای 9 مدل مختلف شامل: GLM, BRT, RF, SVM, CART, MARS, BIOCLIM, Maxent و Maxlike 96
- شکل 3-26: نمودارهای ROC حاصل از 9 مدل مختلف برای *Sesamia spp.* 99
- شکل 3-27: میزان مشارکت متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش *Sesamia spp.* بر اساس 9 مدل مختلف 101
- شکل 3-28: میزان مشارکت متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش *Sesamia spp.* بر اساس میانگین مدل‌ها 103
- شکل 3-29: نقشه‌ی برآیند عملکرد گروهی مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی *Sesamia spp.* در ایران 104
- شکل 3-30: نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی *Andrallus spinidens* در ایران بر مبنای 9 مدل مختلف شامل: GLM, BRT, RF, SVM, CART, MARS, BIOCLIM, Maxent و Maxlike 105
- شکل 3-31: نمودارهای ROC حاصل از 9 مدل مختلف برای گونه‌ی *Andrallus spinidens* 108
- شکل 3-32: میزان مشارکت متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ی *Andrallus spinidens* بر اساس 9 مدل مختلف 110
- شکل 3-33: میزان مشارکت متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ی *Andrallus spinidens* بر اساس میانگین مدل‌ها 112
- شکل 3-34: نقشه‌ی برآیند عملکرد گروهی مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی *Andrallus spinidens* در ایران 113

1- کلیات پژوهش

1-1- مقدمه

برنج مهم‌ترین محصول غذایی در کشورهای در حال توسعه، با سطحی حدود 145 میلیون هکتار در بیش از 110 کشور جهان کشت می‌شود (Pandey et al., 2010). این گیاه غذای اصلی و روزانه‌ی مردم ایران است و بعد از گندم و جو، بیش‌ترین سطح زیر کشت را در بین غلات دارد. برنج در 17 استان کشور و در مجموع به مساحت 528000 هکتار کشت می‌شود (بی‌نام، 1394). عوامل متعددی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز تولید این محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در بین آفاتی که به برنج در طول دوران رشد خسارت وارد می‌کنند، ساقه‌خوارها^۱ شایع‌ترین و مهم‌ترین هستند. لارو آفت با نفوذ به درون ساقه‌ی برنج و سایر گندمیان^۲ میزبان، از محتویات داخل ساقه تغذیه می‌کند. نتیجه‌ی این تغذیه، کاهش کمی و کیفی محصول است. ساقه‌خوارهای برنج، پراکندگی و سیعی در اغلب مناطق دنیا شامل آسیا، استرالیا، آمریکا و آفریقا دارند. ساقه‌خوارهای برنج به دو راسته‌ی دو بالان^۳ و بال‌پولک‌داران^۴ تعلق دارند. حدود 45 گونه از این ساقه‌خوارها متعلق به دو خانواده‌ی Crambidae (35 گونه) و Noctuidae (10 گونه) از راسته‌ی بال‌پولک‌داران روی برنج فعالیت می‌کنند (Pathak & Khan, 1994). البته خسارت همه‌ی آن‌ها اقتصادی نیست و فقط 17 گونه از بال‌پولک‌داران به عنوان گونه‌های خسارت‌زا روی برنج معرفی شده‌اند (Heinrichs, 1995). در این بین سه جنس *Chilo* *Scirpophaga* Treitschke, Zincken و *Sesamia* Guenec نسبت به سایر جنس‌ها اهمیت بیش‌تری دارند (Khan et al., 1991).

در جنس *Chilo*، گونه‌ی *Chilo suppressalis* (Walker) که با نام ساقه‌خوار نواری

-
1. Stem borers
 2. Poaceae
 3. Diptera
 4. Lepidoptera

برنج^۵ معروف است، در سال 1351 برای اولین بار در ایران شناسایی و گزارش شد (Ebert, 1973). این آفت به عنوان مهم‌ترین آفت برنج در کشور شناخته شده (صائب، 1378) و در حال حاضر مهم‌ترین آفت مزارع برنج در شالیزارهای استان‌های گیلان، مازندران، گلستان و اصفهان می‌باشد (به نقل از خانجانی، 1384). همچنین دو گونه‌ی *Sesamia cretica* Lederer و *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre) برنج از استان‌های فارس و خوزستان گزارش شده‌اند (مدرس اول، 1391 Esfandiari et al., 2011).

با توجه به شرایط خاص اکوسیستم برنج که شامل محیط‌های آبی و خشکی به طور هم‌زمان است، فون بسیار متنوعی از انواع دشمنان طبیعی در مزارع برنج فعالیت دارند. تاکنون 147 گونه دشمن طبیعی ساقه‌خوارهای برنج از 34 خانواده متعلق به 10 راسته معرفی شده است (Khan et al., 1991; Yasumatsu & Torii, 1968). گزارش‌ها نشان می‌دهد که شکارگرهای مزارع برنج به تنهایی توانایی از بین بردن 30 تا 65 درصد از تخم‌های ساقه‌خوارها را دارند (Heinrichs, 1995). بنابراین، حفاظت از شکارگرها در مزارع برنج نقش مهمی در کاهش مصرف سموم خواهد داشت (Jadhao, 2011). از بین گروه‌های مختلف شکارگرهای فعال در شالیزارها، دو گروه عنکبوت‌ها و سن‌های شکارگر از اهمیت بیش‌تری در کنترل ساقه‌خوارها برخوردار هستند (Bambaradeniya & Amerasinghe, 2003). بدون شک عوامل متعددی شامل متغیرهای اقلیمی در موفقیت این عوامل طبیعی در برنامه‌های کنترل ساقه‌خوارهای برنج ایفای نقش می‌کنند.

آگاهی از نحوه‌ی پراکنش و الگوی توزیع فضایی آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها کاربردهای زیادی در مطالعات بوم‌شناسی و تصمیم‌گیری در مورد چگونگی کنترل آفات و همچنین به‌کارگیری مناسب دشمنان طبیعی نمونه‌برداری انجام شود. بنابراین لازم است که در ابتدا از جمعیت آفات و دشمنان طبیعی نمونه‌برداری انجام شود. از آن‌جا که انجام نمونه‌برداری به دلایل مختلف همیشه مقدور نیست و با توجه به نبود اطلاعات کافی در مورد محل پراکنش گونه‌ها، پیش‌بینی مدل پراکنش راهکار مناسبی برای اطلاع از جزئیات آن و دستیابی به نقشه‌های مناسب برای استفاده در برنامه‌های مدیریتی است (Tognelli et al., 2009).

مدل پراکنش گونه^۶ روشی است که با به‌کارگیری متغیرهای محیطی، نقشه‌ای از

5. Rice striped stem borer

6. Species Distribution Model (SDM)

محل‌های مناسب و محتمل برای حیات یک گونه را فراهم می‌کند. در واقع، مدل پراکنش گونه ارتباط بین ویژگی‌های محیطی و احتمال وجود آن گونه را مشخص می‌کند. مدل پراکنش گونه ابزاری ارزشمند برای تصمیم‌گیری در مدیریت آفات، حفظ دشمنان طبیعی و تکثیر و رهاسازی آن‌ها، ارزیابی توانایی خسارت‌زایی گونه‌ها و انتخاب محصول است. در این روش می‌توان با استفاده از گروهی از متغیرهای اقلیمی^۷ و توپوگرافی^۸ که با توجه به بوم‌شناسی گونه بیش‌ترین تاثیر روی گونه‌های مورد مطالعه را دارند، پراکنش گونه‌ها را مشخص و مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در مدل پراکنش گونه‌ها را تعیین کرد (Guisan & Zimmermann, 2000; Guisan & Thuiller, 2005). الگوی پراکنش جمعیت‌ها علاوه بر نقش تعیین کننده در نوع برنامه‌برداری و روش تجزیه و تحلیل داده‌های جمعیتی، در تخمین جمعیت‌ها و تجزیه و تحلیل روابط متقابل میان آن‌ها و دشمنان طبیعی‌شان و ارائه‌ی اطلاعات در خصوص بوم‌شناسی رفتاری کاربرد زیادی دارد (Tsai et al., 2000). در دو دهه‌ی اخیر مدل پیش‌بینی پراکنش گونه در مورد گیاهان و مهره‌داران به طور وسیعی به کار گرفته شده است، ولی مطالعات به نسبت محدودتری در رابطه با مدل پراکنش گونه‌های حشرات، بویژه حشرات آفت محصولات کشاورزی، وجود دارد و بیش‌تر این مطالعات مربوط به ناقلین بیماری‌های انسانی بوده است (Komar et al., 2005).

ایران یکی از پیچیده‌ترین مناطق جغرافیایی قلمرو پالئارکتیک^۹ به شمار می‌رود که تنوع زیستی بسیار بالایی دارد. کشور ایران با عرض جغرافیایی گسترده، جزو مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود و از نظر شرایط اقلیمی و آب و هوایی به دو بخش عمده‌ی خشک و مرطوب قابل تقسیم‌بندی است. هر کدام از این دو بخش، خود از چند اقلیم فرعی تشکیل شده‌اند (مجنونیان و همکاران، 1384). با توجه به نقش انکار ناپذیر تنوع اقلیمی در شدت خسارت وارده به وسیله‌ی آفات به محصولات راهبردی و کارایی دشمنان طبیعی، اطلاع از چگونگی گسترش گونه‌های مختلف حشرات اعم از مفید یا مضر در این اقلیم‌ها، کمک شایان توجهی در ارایه‌ی برنامه‌های مدیریتی خواهد کرد. علاوه بر این، توجه خاص جهانی به پدیده‌ی گرم شدن کره‌ی زمین^{۱۰} و تاثیر آن بر پراکنش گونه‌ها و نبود این اطلاعات در مورد بسیاری از آفات کلیدی و دشمنان طبیعی

7. Climate variables

8. Topographic variables

9. Palearctic

10. Global Warming

آن‌ها منجر به اهمیت بیش‌تر این مساله شده است.

با توجه به کلیات ارایه شده در ارتباط با ساقه‌خوارهای برنج، متاسفانه اطلاعات موجود در حوزه‌ی پراکنش این آفات مهم در ایران بسیار اندک است و همین اطلاعات اندک نیز به دو استان شمالی کشور (گیلان و مازندران) محدود بوده‌اند. به طوری که اطلاع چندانی از وضعیت سایر گونه‌های ساقه‌خوار برنج (حتی در دو استان مذکور) و دشمنان طبیعی آن‌ها (بویژه سن‌های شکارگر) در سایر مناطق برنج‌کاری کشور در دست نیست. همچنین اطلاعات اندک موجود بیش‌تر جنبه‌ی استانی دارند و در این مورد نقش اقلیم نادیده گرفته شده است. بدیهی است آگاهی از گسترش اقلیمی گونه‌های ساقه‌خوار برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها و تجزیه و تحلیل این اطلاعات در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی به همراه تهیه نقشه‌های پراکنش فعلی این گونه‌ها، منجر به فهم بهتر از برهمکنش بین متغیرهای اقلیمی (مانند دما، رطوبت، ارتفاع، پوشش گیاهی منطقه و غیره) با نحوه‌ی پراکنش آن‌ها خواهد شد. با روشن شدن ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و پراکنش هر گونه، میزان تاثیر و نقش هر کدام از آن‌ها در مدل پراکنش فعلی آن گونه مشخص می‌شود. همچنین با تعیین مدل پراکنش ساقه‌خوارهای مهم برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها امکان پیش‌بینی مناطق قابل اشغال توسط ساقه‌خوارها در مکان‌هایی که تا به حال این گونه‌ها گسترش نداشته‌اند و همچنین استفاده‌ی بهینه از دشمنان طبیعی بویژه انتقال آن‌ها از یک منطقه به منطقه‌ی دیگر فراهم خواهد شد. تصمیم‌گیری بر اساس درک چنین روابطی در سطح کلان به مدیران امکان تدوین برنامه‌های جامع مدیریت کنترل گونه‌های آفت را خواهد داد.

در این پژوهش، تعیین وضعیت پراکنش کنونی و مدل پراکنش بالقوه‌ی ساقه‌خوارهای برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها برای اولین بار به طور جامع در سطح شالیزارهای کشور و به کمک جدیدترین روش‌های مدل‌سازی انجام شده است. به این ترتیب، پژوهش حاضر به طور خلاصه با اهداف زیر انجام شد:

- 1- تهیه نقشه‌ی دقیق پراکنش جغرافیایی فعلی ساقه‌خوار نواری برنج (C. *suppressalis*) به عنوان مهم‌ترین آفت برنج در ایران
- 2- مشخص شدن سایر گونه‌های احتمالی ساقه‌خوار برنج در ایران؛ بویژه در نوار شمالی کشور و تهیه نقشه‌ی پراکنش فعلی هر کدام از گونه‌ها
- 3- شناسایی و معرفی سن‌های شکارگر ساقه‌خوارهای برنج در ایران و تهیه نقشه‌ی پراکنش فعلی گونه‌ها

- 4- تعیین ارتباط بین متغیرهای محیطی با نحوه‌ی پراکنش مهم‌ترین ساقه‌خوارهای برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها در ایران
- 5- تعیین مهم‌ترین متغیر(های) محیطی موثر در نحوه‌ی پراکنش مهم‌ترین ساقه‌خوارهای برنج و سن‌های شکارگر آن‌ها در ایران
- 6- پیش‌بینی امکان یا عدم امکان گسترش هر کدام از ساقه‌خوارهای برنج و مهم‌ترین سن‌های شکارگر آن‌ها به سایر مناطق برنج‌کاری کشور که تاکنون توسط این گونه‌ها اشغال نشده‌اند.
- 7- پیش‌بینی امکان شیوع ساقه‌خوارها در مناطقی از کشور که به عنوان مناطق جدید برای کشت برنج در نظر گرفته می‌شوند.
- 8- بررسی و پیش‌بینی امکان یا عدم امکان انتقال و استقرار مهم‌ترین سن‌های شکارگر ساقه‌خوارها به سایر مناطق برنج‌کاری کشور که تاکنون توسط این گونه‌ها اشغال نشده‌اند.

1-2-2- برنج

برنج، گیاهی زراعی و یک‌ساله با نام علمی *Oryza sativa* L. و از خانواده‌ی گندمیان است. دانه‌های این گیاه از حدود 5000 سال پیش تاکنون به‌عنوان منبع غذایی توسط بشر مصرف می‌شود و مبدا پیدایش آن بویژه کشورهای هند و چین است (Toriyama et al., 2005). برنج مهم‌ترین محصول غذایی در کشورهای در حال توسعه است و غذای حدود نیمی از جمعیت جهان را تامین می‌کند. برنج به همراه گندم یکی از دو محصولی است که موجب انقلاب سبز در جهان شده و نقش اساسی در کاهش فقر در قسمت‌های عمده‌ای از جهان بویژه آسیا داشته است (Pandey et al., 2010).

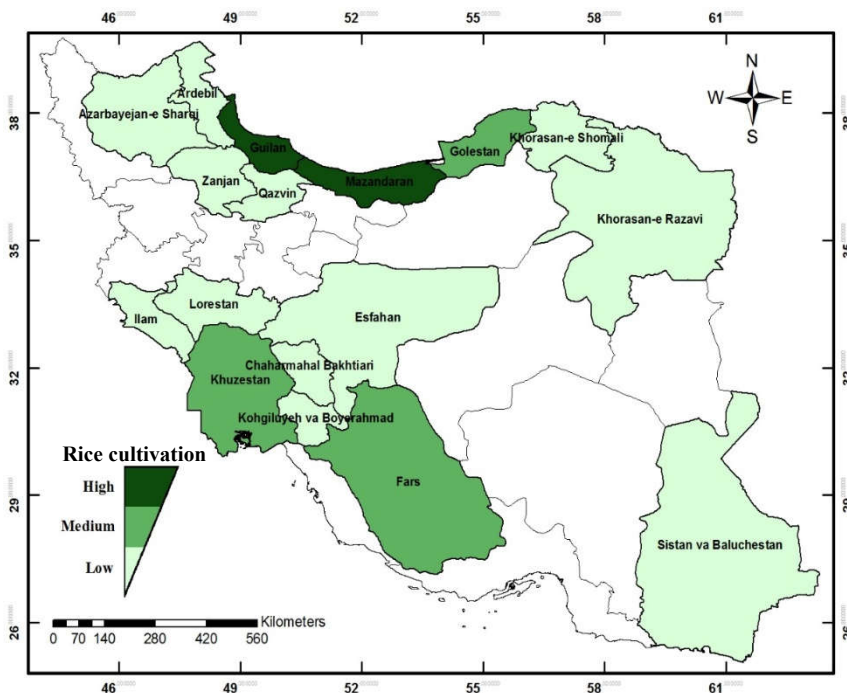
1-2-2-1- اهمیت برنج در ایران

برنج و گندم جزو محصولات راهبردی و از منابع مهم و اساسی در تغذیه‌ی روزانه‌ی مردم ایران هستند. کیفیت بالای عناصر غذایی (پروتئین، نشاسته، اسیدهای چرب غیر اشباع، کلاسیم، منیزیم، فسفر، آهن، روی، مس و منگنز) و خوراک مناسب برنج از جمله دلایل توجه ویژه به این محصول زراعی در بین مردم است. در حال حاضر مصرف برنج در ایران حدود 3/5 میلیون تن در سال است که پیش‌بینی می‌شود با توجه به رشد جمعیت، تا سال 2035 به حدود 5 میلیون تن افزایش یابد (پاداشت و همکاران، 1393). همچنین برنج مهم‌ترین فعالیت اقتصادی، اجتماعی و اشتغال در استان‌های شمالی کشور است. حدود 700 هزار بهره‌بردار به کشت مستقیم آن مشغول هستند و هزاران شغل دیگر نیز

به طور غیر مستقیم در ارتباط با این زراعت فعالیت می کنند (پاداشت و همکاران، 1393).

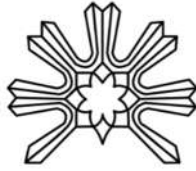
1-2-2- پراکنش و سطح زیر کشت برنج در ایران

سطح زیر کشت برنج در کشور در سال زراعی 94-1393 حدود 530 هزار هکتار برآورد شده است. تقریباً تمام این سطح در 17 استان مختلف شامل: آذربایجان شرقی، اردبیل، اصفهان، ایلام، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، کهگیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان، لرستان و مازندران قرار دارد (شکل 1-1). پنج استان مازندران، گیلان، خوزستان، گلستان و فارس به ترتیب دارای بیشترین سطح زیر کشت برنج هستند به طوری که حدود 93 درصد از اراضی کشت برنج کشور را به خود اختصاص داده اند (بی نام، 1394).



شکل 1-1- سطح زیر کشت برنج در ایران بر اساس تقسیمات استانی، برگرفته از بی نام، 1394 (اصل)، سطح (هکتار) زیر کشت؛ High: بیش از 150 هزار، Medium: بین 25 تا 55 هزار، Low: کم از شش هزار.

Title and Author:	Distribution modeling of rice stem borers and their heteropteran predators in different climates of Iran
Supervisor:	Dr. Ali Golizadeh & Dr. Alimorad Sarafrazi
Graduation date:	25 April 2018
Number of pages:	162
Abstract	
<p>Stem borers are major pests in all growth stages of rice. Accurate assessment of distribution potential of the pests and their predators in paddy filed ecosystems, play a key role in their management. In this study, the geographical distribution of moth stem borers and their heteropteran predators were investigated in paddy fields of 17 provinces, during 2015-2017. In addition, the distribution potential of important species, was determined using nine distribution models (GLM, BRT, SVM, CART, MARS, RF, Maxent, Maxlike and BIOCLIM) with sdm package in R software. A total of eight stem borer species including <i>Chilo partellus</i>, <i>C. luteellus</i>, <i>C. suppressalis</i>, <i>C. phragmitella</i>, <i>Scirpophaga praelata</i>, <i>Sesamia cretica</i>, <i>S. nonagrioides</i> and <i>Ostrinia nubilalis</i>; and eight heteropteran predators, including <i>Andrallus spinidens</i>, <i>Oncocephalus pilicornis</i>, <i>O. plumicornis</i>, <i>Peirates hybridus</i>, <i>Ectomocoris ululans</i>, <i>Deraeocoris serenus</i>, <i>Orius minutus</i> and <i>Nabis capsiformis</i> were identified. <i>Chilo suppressalis</i> and <i>Sesamia</i> spp. were identified as serious rice stem borers and <i>A. spinidens</i> was the most important heteropteran predator in paddy fields of Iran. <i>Chilo suppressalis</i> is recorded for the first time from five provinces including Khorasan-e Razavi, Qazvin, Zanjan, Chaharmahal Bakhtiari and Azarbayegan-e Sharqi. Moreover, damage by <i>Sesamia</i> spp. on rice for the first time is reported from Kohgiluyeh and Boyerahmad, Esfahan, Ilam and Ardebil provinces. Distribution prediction results showed limited suitable areas for <i>C. suppressalis</i>, and a wider range for <i>Sesamia</i> spp. However, <i>Sesamia</i> spp. only damage on rice in few areas due to its competition with <i>C. suppressalis</i> or lack of host plant. Moreover, distribution prediction of <i>A. spinidens</i> showed that paddy fields of some provinces are suitable for the presence of this biological control agent. Assessing the rate of contribution of environmental variables in modelling the distribution of <i>C. suppressalis</i>, <i>Sesamia</i> spp. and <i>A. spinidens</i>, revealed that temperature, precipitation and elevation, had the highest contribution, respectively. Based on AUC and TSS indices, all models had acceptable performance for predicting the distribution of <i>C. suppressalis</i>. While only RF, SVM, and Maxent models showed acceptable accuracy in distribution prediction of <i>Sesamia</i> spp. Moreover, among the models examined, only CART model did not have acceptable accuracy for <i>A. spinidens</i>. The current findings provide key and basic distribution information of the most important rice stem borers and their heteropteran predators in paddy fields of Iran, which would be useful in implementing an effective pest management program.</p>	
Keywords: climate, paddy field, predator, rice stem borer, species distribution model	



University of Mohaghegh Ardabili
Faculty of Agriculture & Natural Resources
Department of Plant Protection

Dissertation submitted in partial fulfillment for the degree of Doctor
of Philosophy
in Agricultural Entomology

Distribution modeling of rice stem borers and their heteropteran predators in different climates of Iran

By:
Mahdi Jalaiean Zaferani

Supervisor:
Dr. Ali Golizadeh
Dr. Alimorad Sarafrazi

Advisor:
Dr. Babak Naimi

April 2018