

محاسبه سطح زیان اقتصادی شته یولاف-گندم (*Sitobion avenae* (Hom.: Aphididae) روی گندم

رقم چمران در اهواز

یداله خواجه‌زاده^{۱*} و مجید حسینی مقدم^۲

۱- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران، ۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

*مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیک: khajehzadeh1339@yahoo.com

Determination of economic injury level of *Sitobion avenae* (Hom.: Aphididae) on wheat of Chameran variety in Ahwaz

Y. Khajehzadeh^{1*} and M. Hasanimoghaddam²

1. Plant Protection Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources research Center, AREEO, Ahwaze, Iran. 2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

*Corresponding author, E-mail: khajehzadeh1339 @ yahoo.com

چکیده

خشکسالی سال‌های اخیر، باعث افزایش جمعیت شته یولاف-گندم (*Sitobion avenae* Fab.) شده است. با توجه به افزایش فعالیت دشمنان طبیعی آنها در مزارع غلات، بهترین روش کنترل آن آفت براساس استفاده از سموم انتخابی با کاهش اثرات سوء زیست-محیطی استوار است. بنابراین لزوم تعیین سطحی از تراکم آفت که باعث خسارت اقتصادی می‌شود (EIL)، برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه سم در آگرواکوسیستم حساس گندم مشهود می‌باشد. از این‌رو این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت آزمایش کرت‌های یک بار خرد شده با دو عامل مراحل نمو و تراکم شته در سه تکرار بر روی گندم آبی متوسط رس رقم چمران در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز طی دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۸ اجرا شد. مراحل نمو (ابتدای، اواسط و اواخر مرحله شیری) به‌عنوان عامل اصلی و تراکم شته (شاهد صفر، ۱۰-۵، ۱۵-۱۱، ۲۰-۱۶، ۲۵-۲۱، ۳۰-۲۶ و ۳۵-۳۰ شته در هر سنبله) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تمام تیمارها با استفاده از روش توری آستینی و در سه تکرار اجرا شدند. میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف تراکم شته با استفاده از آزمون دانکن گروه‌بندی و معادله و منحنی خط رگرسیونی بین تعداد شته و وزن دانه در هر بوته محاسبه شد. برای محاسبه EIL شته یولاف-گندم از روش حد سودآوری مبارزه استفاده شد. نتایج سال اول نشان داد که بدون احتساب نقش دشمنان طبیعی سطح زیان اقتصادی (EIL) شته یولاف-گندم در ابتدای، اواسط و اواخر مرحله شیری شدن دانه گندم به‌ترتیب ۱۷، ۲۲ و ۴۲ شته و آستانه زیان اقتصادی به همان‌ترتیب ۱۲، ۱۷ و ۳۱ شته یولاف-گندم برای هر سنبله محاسبه شد. نتایج سال دوم نشان داد که سطح زیان اقتصادی در ابتدا، اواسط و اواخر مرحله شیری شدن دانه گندم به‌ترتیب ۹، ۱۸ و ۴۹ شته و آستانه زیان اقتصادی به‌همان ترتیب ۷، ۱۴ و ۳۷ شته یولاف-گندم برای هر سنبله محاسبه شد. همچنین در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ سطح زیان اقتصادی در ابتدا، اواسط و اواخر مرحله شیری ۸، ۱۶ و ۴۴ شته و آستانه زیان اقتصادی به‌همان ترتیب ۶، ۱۲ و ۳۳ شته در هر سنبله به‌دست آمد.

واژگان کلیدی: سطح زیان اقتصادی، شته یولاف-گندم، گندم و اهواز

Abstract

The drought phenomenon in recent years has increased the oat aphid (*Sitobion avenae* Fab.) population in khuzestan wheat fields. Considering the existence of different natural enemies of this pest in cereal fields, the best control method would be based on selective pesticide application which is less harmful to environment and natural enemies. Thus determination of pest Economic injury level (EIL) became a necessity to prevent immethodical usage of pesticides in wheat vulnerable agroecosystem. Hence, an experiment was conducted in complete randomized block design based on split plot with two factors and three replications including growing stages and aphid density in Chameran cultivar in agricultural research station of Ahwaz during 2010 to 2011. Growing stages (Early, middle and late of milky stage) and aphid density (0, 5-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30 and 31-35 aphid on spike) were considered as mainplot and subplot, respectively. All treatments applied in a net cage. Averages of yield in different aphid density treatments were grouped by Duncan- multiple range test. Regression equations and curves were obtained between aphid density and seed weight in each spike. Grain threshold method was used to EIL measurement. The results showed that EIL was 17, 22, 42 aphids/spike in early, middle and late of milky stage of wheat with no calculating of natural enemies but ET was 12, 17, 31 aphids/spike in the first year and EIL was 9, 18, 49 aphids/spike and ET was 7, 14, 37 aphids/spike in the second year. Also, EIL was 8, 16, 44 aphids/spike and ET was 6, 12, 33 aphids/spike in 2014-2015, respectively.

Key words: Economic injury level, *Sitobion avenae* Fab., Wheat, Ahwaz

مقدمه

شته‌های غلات از مهم‌ترین آفات مزارع گندم می‌باشند که همه‌ساله درصد بزرگی از محصول را در سرتاسر جهان نابود می‌کنند (Blackman & Eastop, 1984; Carter et al., 1980 Kiechefer & Gellner, 1992). در سال‌های ۸۲ و ۸۳ بیشترین سطح مبارزه شیمیایی را پس از سن گندم، در کشور به خود اختصاص داده است (Anonymous, 2004). Davatchi (1954) برای اولین بار ۱۱ گونه شته، Frabakhesh (1961) ۱۲ گونه از روی گندم‌های ایران و Eastop & Hodjat (1978) در فهرستی از شته‌های خوزستان از چهارگونه شته‌های گندم و جو نام بردند. Rezaei, et al. (2006) گزارش دادند که در خوزستان چهارگونه شته فعالیت دارند که شته یولاف-گندم (S. avenae) به‌عنوان گونه غالب از نیمه بهمن ماه، هم‌زمان با شروع گلدهی و در مرحله شیری شدن دانه گندم تا پایان فروردین ماه، مصادف با مرحله سفت شدن دانه‌های گندم، بیشترین فعالیت را دارد. محققین مختلف نشان دادند که فاکتورهای آب و هوایی بر جمعیت شته‌ها اثر می‌گذارند (Aheer et al., 2007 و Geza, 2000). حداکثر درجه حرارت اثر مثبت معنی‌داری و رطوبت نسبی اثر منفی معنی‌داری بر جمعیت شته‌ها دارد (Aheer et al., 2007). در زمستان‌های سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ درجه حرارت نسبتاً بالا و میزان بارندگی بسیار کم (خشکسالی) باعث طغیان جمعیت شته روسی گندم در بهار سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۵ گردید (رضوانی، ۱۳۸۰).

خسارت شته‌های گندم گاهی در مزارع گندم پاکستان به ۱۰۰٪ (Anon., 1987) و در مواردی ۵۰ تا ۷۰ درصد (Kuroli and Nemeth, 1987) رسید. میزان خسارت یک شته سبز گندم در پاکستان ۲/۲٪ عملکرد دانه تخمین زده شد (Aheer et al., 1993). همین‌گونه در سال ۱۹۷۶ حدود ۱۲۰ میلیون پوند در گندم در انگلستان خسارت وارد نمود (Watt et al., 1984). نتایج بررسی‌ها

در آفریقای جنوبی نشان داد که اگر جمعیت شته برای مدت کوتاهی زیاد باشد، در گندم پاییزه خسارت به-وجود نخواهد آمد ولی اگر تراکم شته برای مدت طولانی زیاد باشد در آن‌صورت خسارت وارده چشمگیر است و میزان محصول با افزایش تراکم نسبت عکس دارد (Dutoit, 1989b).

Vickerman & Wratten (1979) اظهار داشتند شته‌ها با تغذیه از گندم به‌دلیل کاهش تعداد خوشه‌ها، دانه‌ها در خوشه، کاهش وزن هزار دانه و تأثیر روی کیفیت دانه باعث خسارت مستقیم به آن محصول می‌شوند. Ba-Angood. & Stewart (1980 b) گزارش کردند که ترکیب جمعیت *Sitobion avenae* و *Metopolophium dirhodum* به تعداد ۸۰ شته در هر ساقه در مرحله گل دادن و ۱۶۰-۳۰۰ شته در هر ساقه در مرحله شیری شدن باعث کاهش معنی‌دار درصد پروتئین دانه می‌شوند. آنها تحقیقاتی روی تأثیر کاربرد حشره‌کش پرمور در زمان آلودگی جو به شته و ارزیابی خسارت توسط شته به جو در جنوب غربی کوپک کانادا انجام دادند و اظهار کردند سمپاشی با سم پرمور برای کنترل شته‌ها در مزارع جو در زمان گلدهی و مرحله شیری در عملکرد محصول و وزن هزار دانه در مقایسه با شاهد بدون سمپاشی افزایش معنی‌داری داشت (Ba-Angood & Stewart, 1980 a). تحقیقاتی روی سطح زیان اقتصادی و آستانه کنترل شته‌های غلات روی گندم‌های بهاره در ایالت آیداهو روی شته‌های S. avenae و M. dirhodum انجام دادند و با سمپاشی کردن بر علیه آفت در مرحله گلدهی در مقایسه با شاهد عملکرد گندم در سال ۱۹۸۴، ۳/۷ تن در هکتار (۳۶/۵ درصد) و در سال ۱۹۸۵، ۱/۳ تن در هکتار (۳۹/۳ درصد) افزایش نشان داد. همچنین آنها آستانه زیان اقتصادی و نرم سمپاشی براساس مرحله رشدی گیاه را ۲-۴ شته در مرحله گل‌دهی، ۶-۱۰ شته در مرحله

پتانسیل ایجاد مقاومت در شته‌ها بر حساسیت مزارع گندم در استفاده از مواد شیمیایی برای کنترل جمعیت شته‌ها می‌افزاید. از آنجایی که سیاست‌های اخیر کنترل آفات بر پایه کاهش مصارف سموم و استفاده بهینه از سم می‌باشد، بنابراین لزوم اندازه‌گیری سطحی از تراکم آفت که باعث خسارت اقتصادی می‌شود (EIL) در اگرواکوسیستم حساس گندم لازم می‌باشد. از این رو مبادرت به محاسبه سطح خسارت اقتصادی و آستانه خسارت اقتصادی آن گونه شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت آزمایش کرت‌های یک بار خرد شده با دو عامل مراحل نموی و تراکم شته در سه تکرار بر روی گندم آبی متوسط رس رقم چمران در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز طی دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. مراحل نموی (ابتدای مرحله‌ی شیری، اواسط مرحله شیری و اواخر مرحله شیری) به‌عنوان عامل اصلی و تراکم شته (شاهد صفر، ۱۰-۵، ۱۵-۱۱، ۲۰-۱۶، ۲۵-۲۱ و ۳۰-۲۶ و ۳۱-۳۵ شته در هر سنبله) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. برای اعمال تراکم‌ها از روش توری آستینی استفاده شد. ابعاد پلات‌های فرعی و اصلی به ترتیب ۲ × ۳ و ۳ × ۱۷ متر، فاصله پلات‌های فرعی از یکدیگر ۰/۵ متر، پلات‌های اصلی ۱ متر، بلوک‌ها ۲ متر و ابعاد هر بلوک ۳ × ۵۳ متر بودند. در هر پلات فرعی ۵ سنبله اعمال تیمار شد. برای آلوده‌سازی سنبله‌های گندم به شته با تراکم‌های موردنظر، با استفاده از قلم‌مو از مزرعه آلوده گندم، شته‌ها به روی سنبله‌ها منتقل شدند، سپس روی سنبله توری آستینی قرار داده شد و تا پایان دوره زندگی شته‌ها برای جلوگیری از انتقال و استقرار پوره‌های

شیری و تعداد ۱۰ شته یا بیشتر در مرحله شیری تا اواسط خمیری اعلام نموده و از مرحله خمیری به بعد سمپاشی توصیه نمودند زیرا مرحله حساس گیاه به شته گذشته است (Johnston & Bishop, 1987). در منطقه آلتارپ سوئد، کاهش عملکرد دانه گندم به‌زای هر شته سبز گندم در هر سنبله، حدود ۴۰ کیلوگرم در هر هکتار در سال ۲۰۰۵ بود و این بالاترین میزان کاهش عملکرد در بین گونه‌های شته بوده است (Larson, 2005). در بررسی که در میشگان آمریکا صورت گرفت آستانه زیان اقتصادی چهار گونه از شته‌های گندم را در مرحله گیاهچه‌ای تا مرحله آبستنی ۱۵-۱۲ شته روی هر سنبله به‌دست آمد (Safarzoda et al., 2014).

اولین بار (Stern et al., 1959) و Stern (1966) بر تراکم جمعیت آفت به‌عنوان یک شاخص برای تعیین زمان کنترل آفت تأکید داشتند و پس از آن Stone & Pedigo (1972) بر اهمیت سطح خسارت اقتصادی (EIL) در برنامه مدیریت تلفیقی آفت (IPM) برای کاربرد منطقی و مناسب حشره‌کش تأکید نمودند و از این‌رو، تعیین EIL آفات مهم محصولات زراعی به‌عنوان یک ضرورت اولیه در مدیریت تلفیقی آفات، مجدداً توسط Peterson (2002) Highly & مورد توجه قرار گرفت.

خشکسالی سال‌های اخیر در استان خوزستان، دوره کوتاه رشد و نمو و قابلیت زادآوری فراوان آنها باعث ازدیاد انفجار مانند جمعیت شته‌ها در مزارع گندم در برخی نواحی خوزستان شده است، به‌طوری‌که در برخی از مزارع در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ گاهاً به ۱۵۰۰ شته در مزارع شمال استان و در منطقه اهواز به ۱۰۰ تا ۵۰۰ شته روی هر سنبله رسید. در آن سال زراعی میزان بارش در ماه‌های دی، بهمن، اسفند ۱۳۸۶ و فروردین ۱۳۸۷ به- ترتیب ۱/۸، ۲/۵، ۱/۱ و ۱/۲ میلی‌متر بود. حضور دشمنان طبیعی متعدد مانند شکارگرها (کفشدوزک‌ها، مگس‌های گل و بال توری‌ها) و زنبورهای پارازیتوئید و

به EIL اضافه شد. در نتیجه، EIL محاسبه شده تحت تأثیر حضور دشمنان طبیعی افزایش یافت تا نرم مبارزه منطبق با شرایط زارع منطقه باشد. برای محاسبه ET از ET ثابت که معمول‌ترین نوع ET عینی می‌باشد، استفاده گردید (Pedigo, 1994) ضمناً برای محاسبه ET. ۷۵٪ EIL محاسبه شده، استفاده شد (Pedigo, 2013).

با توجه به حضور کفشدوزک ۷ نقطه‌ای در مرحله شیری دانه گندم به‌عنوان تنها دشمن طبیعی در آن مرحله در مزارع گندم خوزستان، مبادرت به بررسی کارایی مراحل مختلف رشدی کفشدوزک بر جمعیت شته سبز گندم شد. این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار عامل رهاسازی مراحل رشدی کفشدوزک (یک حشره کامل، یک حشره کامل و یک لارو سن ۲، یک حشره کامل و یک لارو سن ۳، یک حشره کامل و دو لارو سن ۲ و ۳) و شاهد بدون رهاسازی دشمن طبیعی در چهار تکرار انجام شد. رهاسازی هر مرحله رشدی کفشدوزک روی ۱۰ سنبله با تراکم ثابت ۵۰ شته بر روی سنبله گندم رقم چمران در زیر توری آستینی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز طی دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. جمعیت شته قبل از رهاسازی و ۲ و ۵ روز بعد از رهاسازی دشمن طبیعی (با توجه به طول دوره ابتدای شیری به‌عنوان حساس‌ترین مرحله رشدی به خسارت شته حدود ۵ روز است) شمارش شته‌ها انجام و درصد تأثیر دشمن طبیعی بر جمعیت شته‌ها از فرمول ابوت برای هر سال به‌دست و میانگین درصد تأثیر برای دو سال در محاسبه سطح زیان اقتصادی لحاظ شد.

نتایج

معادلات رگرسیونی ابتدا، اواسط و اواخر مرحله شیری دانه گندم

شته به همان حالت باقی ماندند. برای محاسبه عملکرد در هکتار از فرمول زیر استفاده شد:

$$10^{-3} \times \text{وزن هزار دانه} \times \text{تعداد دانه در سنبله} \times \text{تعداد سنبله در مترمربع} = \text{عملکرد در هکتار}$$

قبل از برداشت محصول، تعداد بوته در متر مربع و پس از برداشت، وزن دانه‌های سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تیمارهای مختلف محاسبه و با استفاده از نرم‌افزار SAS برآورد و با آزمون دانکن گروه-بندی شدند. با استفاده از نرم‌افزار Excel و Table-curve بهترین معادله و منحنی رگرسیون بین تعداد شته و وزن دانه هر سنبله محاسبه و سپس وزن محصول یک هکتار در شرایط تراکم مشخص شته از وزن محصول یک هکتار در شرایط صفر شته کم شد و مابه‌التفاوت محصول به‌عنوان خسارت وارده به محصول توسط مقدار معین آفت تلقی گردید و به این طریق میزان خسارت (خسارت به‌ازای هر واحد آفت) مشخص شد. برای برآورد خسارت یک آفت از ضریب صدمه‌زنی (Coefficient of injury) و روش تعیین رابطه موجود بین تراکم آفت و میزان کاهش محصول استفاده شد (Pedigo et al., 1996). به‌منظور تعیین سطح زیان اقتصادی براساس ضریب صدمه‌زنی آفت و روش تعیین رابطه موجود بین تراکم آفت و میزان کاهش محصول از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

کاهش محصول به‌ازای هر آفت + حد سودآوری = سطح زیان اقتصادی
حد سودآوری مبارزه^۱ از تقسیم هزینه کنترل آفت در همان سال بر قیمت تمام شده گندم به‌دست آمد (Pedigo et al., 1996).

در رابطه بالا حد سودآوری مبارزه که عبارت است از منطقه شروع خسارت اقتصادی از رابطه زیر محاسبه می‌شود: ارزش هر واحد گندم + هزینه مدیریت کنترل آفت در سطح = حد سودآوری تغییرات جمعیت و کارایی دشمنان طبیعی شته‌ها در منطقه در طی دو سال زراعی فوق مورد مطالعه قرار گرفت و میانگین کارایی دشمنان طبیعی برای این دو سال، در EIL محاسبه شده ضرب گردید و عدد حاصله،

1. Gain threshold

سال اول (۸۹-۱۳۸۸)

معادله $x^2 + (0/023)x^3 + (-6/444E - 0.5) x^4 + (0/966E$
 $Y = 1/749 + (0/1128) x + (-0/031)$ تعریف شد.
 در این معادله $R^2 = 0/771$ و $r = 0/878^*$ محاسبه شدند
 ($p = 0/007$)، (شکل ۱، D). در مرحله اواسط شیری با
 معادله $x^3 + (0/00013) x^4 + (-1/3343E - 0.6) x^5 + (0/00449)$
 $Y = 1/961 + (-0/285) x + (0/0594) x^2 + (-0/00449)$
 تعریف شد. در این معادله $R^2 = 0/974$ و $r = 0/986^*$
 ($p = 0/131$)، (شکل ۱، E).
 در مرحله اواخر شیری با معادله $x^0 - 0.8$
 $(-8/92E - 0.5) x^3 + (4/075E - 0.6) x^4 + (-5/189E$
 $Y = 1/8257 + (-0/0198) x + (0/00103) x^2 +$
 برآزش شد. در این معادله $R^2 = 0/9543$ و $r = 0/976^*$
 ($P = 0/054$)، (شکل ۱، F).

این رابطه در مرحله ابتدای شیری با معادله $x^3 - 0.6$
 $Y = 1/491 - 0/019x + 0/00062x^2 - 6/409E$ تعریف
 شد. در این معادله $R^2 = 0/974$ و $r = 0/986^*$ محاسبه
 شدند ($p < 0/01$)، (شکل ۱، A). در مرحله اواسط شیری
 با معادله $x^3 - 0.6$
 $Y = 1/487$ تعریف شد. در این معادله $R^2 = 0/973$ و
 $r = 0/986^*$ محاسبه شدند ($p = 0/018$)، (شکل ۱، B).
 در مرحله اواخر شیری با معادله $x^3 - 0.7$
 $Y = 1/554 - 0/003x +$
 $R^2 = 0/789^*$ و $r = 0/629$ ، (شکل ۱، C).

سال دوم (۹۰-۱۳۸۹)

رابطه بین جمعیت شته (x) و وزن دانه‌های یک
 سنبله (Y) در مرحله ابتدای شیری با معادله $x^0 - 0.7$

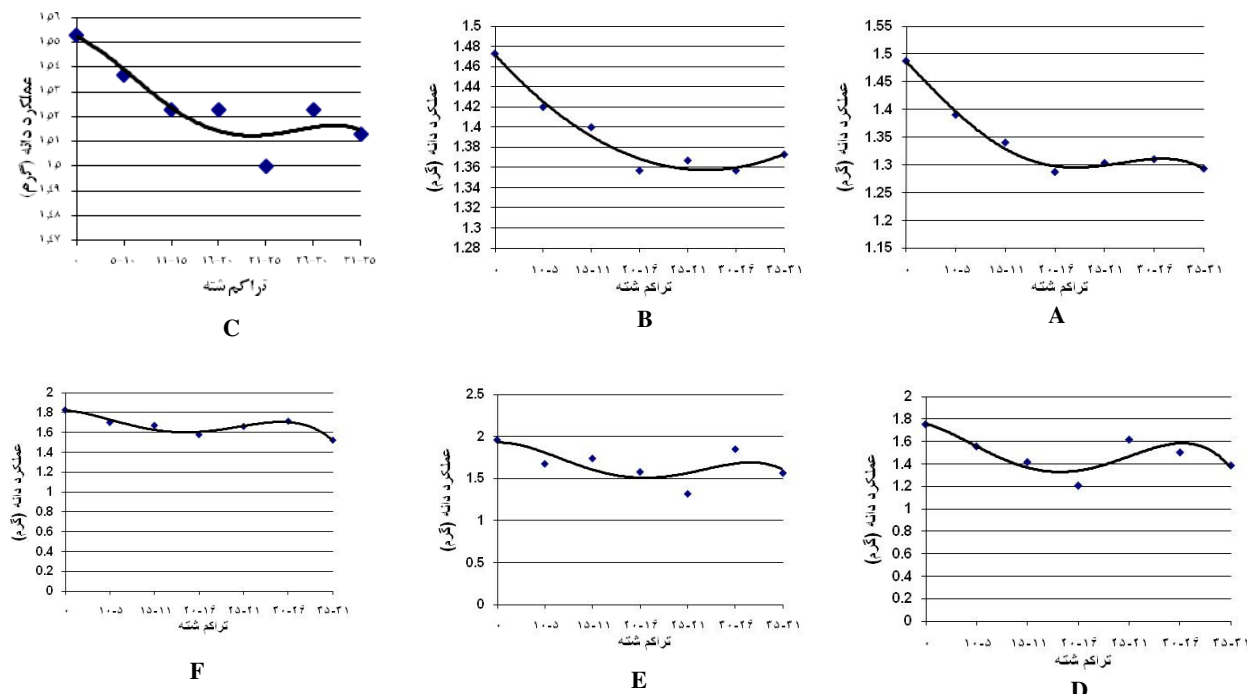


Fig. 1. Regression curves between aphid density and seed weight in each spike in early (A, D), middle (B, E) and late (C, F) of milky stage of wheat during 2009-2010 and 2010-2011, respectively.

شکل ۱- منحنی رگرسیون تعداد شته روی سنبله و وزن دانه‌های یک سنبله به ترتیب در ابتدا (A, D)، اواسط (B, E) و

اواخر (C, F) مرحله شیری دانه گندم طی سال‌های ۸۹-۹۰ و ۸۸-۸۹

محاسبه سطح زیان اقتصادی (EIL)

در سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹

برای محاسبه EIL، نیاز به محاسبه هزینه مدیریت آفت در واحد سطح (C)، میزان خسارت وارده در واحد سطح (D) و همچنین ارزش واحد محصول می‌باشد. با در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به یک لیتر حشره‌کش دیازینون (۴۵۰۰۰ ریال) برای هر هکتار، اجاره سمپاش ۱۰۰ لیتری برای مدت یک روز (۹۰۰۰۰ ریال)، نیروی کارگری برای مدت یک روز (۸۰۰۰۰ ریال) و نظارت بر سم پاشی و ارزیابی تأثیر سم‌پاشی (۵۳۷۵۰ ریال)، هزینه مدیریت آفت در هر هکتار از مزارع گندم، ۲۶۸۷۵۰ ریال محاسبه گردید. ارزش واحد محصول (قیمت هر کیلوگرم گندم)، ۳۶۰۰ ریال برای سال ۹۰-۱۳۸۹ در نظر گرفته شد. حد سودآوری مبارزه به صورت زیر محاسبه شد. $۲۶۸۷۵۰ \div ۳۶۰۰ = ۷۴/۶۵۲$

زیان اقتصادی به همان ترتیب ۱۷ و ۳۱ شته در هر سنبله به دست آمد.

در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰

با در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به یک کیلوگرم حشره‌کش دیازینون (۱۰۰۰۰۰ ریال) برای هر هکتار، اجاره سمپاش ۱۰۰ لیتری برای مدت یک روز (۱۵۰۰۰۰ ریال)، نیروی کارگری برای مدت یک روز (۱۴۰۰۰۰ ریال) و نظارت بر سم‌پاشی و ارزیابی تأثیر سم‌پاشی (۹۷۵۰۰ ریال)، هزینه مدیریت آفت در هر هکتار از مزارع گندم در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹، ۴۸۷۵۰۰ ریال بود. ارزش واحد محصول (قیمت هر کیلوگرم گندم): ۳۹۰۰ ریال برای سال ۹۰-۱۳۸۹ تعیین شد. حد سودآوری مبارزه به صورت زیر محاسبه شد.

$$۴۸۷۵۰۰ \div ۳۹۰۰ = ۱۲۵$$

میزان خسارت وارده در واحد سطح برای تراکم‌های مختلف (۵ تا ۳۵ شته برای هر سنبله) به ترتیب ۱۳/۳۹، ۴۶/۲۵، ۷۵/۲۱، ۵۹/۱۰، ۷۶/۸ و ۱۲/۹ محاسبه شد. از تقسیم حد سودآوری مبارزه بر میزان خسارت وارده در واحد سطح، سطح زیان اقتصادی شته برای تراکم‌های مختلف به دست آمد. به این ترتیب میانگین سطح زیان اقتصادی شته به ازای هر سنبله در ابتدا، اواسط و اواخر مرحله شیری ۹، ۱۸ و ۴۱ شته و آستانه زیان اقتصادی به همان ترتیب ۷، ۱۴ و ۳۱ شته در هر سنبله به دست آمد (جدول ۱).

در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴

برای محاسبه سطح و زیان اقتصادی در شرایط روز (۹۴-۱۳۹۳)، هزینه‌های مدیریت آفت براساس هزینه‌های آن سال در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به یک کیلوگرم حشره‌کش دیازینون (۳۲۰۰۰۰ ریال) برای هر هکتار، اجاره سمپاش ۱۰۰ لیتری برای

میزان خسارت وارده در واحد سطح برای تراکم‌های مختلف (۵ تا ۳۵ شته برای هر سنبله) به ترتیب ۹۹/۱۵، ۴۹/۷، ۴۹/۵، ۸/۲ و ۱۵/۲ محاسبه شد. از تقسیم حد سودآوری مبارزه بر میزان خسارت وارده در واحد سطح (اعداد فوق‌الذکر) سطح زیان اقتصادی شته برای تراکم‌های مختلف به دست آمد. به این ترتیب میانگین سطح زیان اقتصادی شته به ازای هر سنبله در ابتدای مرحله شیری ۱۷ شته سبز گندم در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ محاسبه شد (جدول ۱). با توجه به این که آستانه زیان اقتصادی به عنوان معیار مدیریتی عمل کنترل قبل از سطح زیان اقتصادی حادث می‌شود و جمعیت در آستانه زیان اقتصادی معمولاً ۲۵٪ کمتر از جمعیت سطح زیان اقتصادی می‌باشد.

(Pedigo, 2013). بنابراین آستانه زیان اقتصادی

شته سبز گندم در ابتدای مرحله شیری گندم، ۱۲ شته در هر سنبله محاسبه شد. میانگین سطح زیان اقتصادی در اواسط و اواخر مرحله شیری ۲۲ و ۴۱ شته و آستانه

۸، ۱۶ و ۴۴ شته و آستانه زیان اقتصادی به همان ترتیب ۶، ۱۲ و ۳۳ شته در هر سنبله به‌دست آمد (جدول ۱). میانگین کارایی دشمنان طبیعی برای این دو سال در مرحله ابتدای مرحله شیری، حدود ۱۱٪ برآورد گردید (جدول ۲). نتایج بررسی در سال اول (با احتساب نقش دشمنان طبیعی) در ابتدای، اواسط و انتهای مرحله شیری شدن دانه گندم به ترتیب ۱۹، ۲۴ و ۴۷ و در سال دوم به همان ترتیب ۱۰، ۲۱ و ۵۴ شته یولاف-گندم برای هر سنبله بود.

مدت یک روز (۳۰۰۰۰۰ ریال)، نیروی کارگری برای مدت یک روز (۴۰۰۰۰۰ ریال) و نظارت بر سم‌پاشی و ارزیابی تأثیر سم‌پاشی (۲۵۵۰۰۰ ریال)، هزینه مدیریت آفت در هر هکتار از مزارع گندم در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، ۱۲۷۵۰۰۰ ریال بود. ارزش واحد محصول (قیمت هر کیلوگرم گندم): ۱۱۵۰۰ ریال برای سال ۹۴-۱۳۹۳ تعیین شد. حدسودآوری مبارزه به‌صورت زیر محاسبه شد.

$$1275000 \div 11500 = 110/87$$

به این ترتیب میانگین سطح زیان اقتصادی شته به‌ازای هر سنبله در ابتدا، اواسط و اواخر مرحله شیری

Tabal 1. The seed yield, rate of damage, damage average for each aphid and EIL of wheat oat aphid during 2009-2011, and 2014-2015.

جدول ۱- عملکرد دانه، میزان خسارت، میانگین خسارت وارده به ازای هر حشره و سطح خسارت اقتصادی شته یولاف-گندم طی سال‌های ۹۰-۸۸ و ۹۴-۹۳.

Development Stag	2009-2010				2010-2011				2014-2015	
	Aphid No. (x)	Seed yield (Kg/ hect.)	Quantity of yield loss (Kg/ hect.)	Yield loss average for each aphid (Kg)	EIL	Seed yield (Kg/ hect.)	Quantity of yield loss (Kg/ hect.)	Yield loss average for each aphid (Kg)	EIL	EIL
The first of milky period	0	2589	-	-	-	2603	-	-	-	-
	5-10	2569	119.33	15.99	4.7	2315	293.5	39.13	3.194	2.83
	11-15	2508	97.33	7.49	10	2275	331	25.46	4.91	4.35
	16-20	2506	138.67	7.7	9.67	2217	391.5	21.75	5.75	5.1
	21-25	2496	126.33	5.49	13.62	2365	243.5	10.59	11.81	10.47
	26-30	2584	77	2.8	26.66	2367	241	8.76	14.26	12.66
	31-35	2620	107.67	2.15	34.56	2152	456	9.12	13.71	12.16
The middle of milky period	0	2657	-	-	-	2745	-	-	-	-
	5-10	2639	64.53	8.5	8.76	2618	67.5	9	13.9	12.32
	11-15	2605	65	5	14.93	2561	103.48	7.96	15.7	13.93
	16-20	2541	160	8.88	8.41	2553	141.48	7.86	15.9	14.11
	21-25	2566	66.333	2.87	26	2568	176.41	7.67	16.3	14.46
	26-30	2578	150.33	5.45	13.69	2594	119.63	4.35	28.7	25.48
	31-35	2676	66.66	1.22	61.19	2602	241.33	7.31	17.1	15.17
The end of milky period	0	2691	-	-	-	2722	-	-	-	-
	5-10	2683	115.66	15.47	4.83	2653	27.63	3.71	33.62	29.88
	11-15	2659	96	7.38	10.12	2703	46.28	3.56	35.1	31.14
	16-20	2672	131.33	7.28	1.25	2655	55.08	3.06	40.8	36.23
	21-25	2768	37.33	1.6	46.66	2717	69.92	3.04	41.1	36.47
	26-30	2812	26	0.9	75.40	2707	66.28	2.41	51.9	46
	31-35	2923	37.66	0.76	98.22	2695	44.88	1.36	91.98	81.82

جدول ۲- میانگین درصد کاهش جمعیت شته یولاف-گندم در سنبله در تیمارهای رهاسازی مراحل مختلف کفشدوزک ۷ نقطه ای طی سال های ۸۸-۸۹ و ۸۹-۹۰.

Table 2. Mean percent reduction of Aphid population per spike in various release treatments of ladybird beetle during 2009-2010 and 2010-2011.

Treatments	A	B	C
	Num. (Before release)	Percent reduction of Aphid 2 days after release)(Percent reduction of Aphid (5 days after release)
Coccinelid (A.)	50	8	10
Coccinelid (A. + L ₂)	50	11	12
Coccinelid (A. + L ₂ + L ₃)	50	13	15
Control	50	4	7

بحث

با افزایش تراکم شته یولاف-گندم، کاهش پیدا کرد اما این روند در تراکم‌های بالاتر متفاوت از تراکم‌های پایین‌تر بود. به بیانی دیگر عملکرد گندم در تراکم‌های ۲۵-۲۱ شته در مقایسه با تراکم‌های پایین‌تر بیشتر به-دست آمد، هر چند روند کاهش عملکرد به‌ازای افزایش تراکم شته بعد از آن تراکم نیز مشاهده شد. نتایج نشان دادند که کاهش عملکرد به‌ازای افزایش تراکم شته‌ها به-صورت غیرخطی افزایش داشت (اشکال ۱-۶)، این درحالی است که بسیاری از مدل‌های پیش‌بینی شده قبلی به‌صورت رگرسیون خطی گزارش شدند. این احتمال وجود دارد که در تراکم‌های بالاتر شته به‌علت زیاد شدن افراد جمعیت و افزایش تراکم شته‌ها در واحد سطح بین افراد گونه شته رقابت درون گونه‌ای ایجاد و باعث بالدار شدن شته‌ها و مهاجرت از روی سنبله‌ها خواهد شد (Larson, 2005a) و در نهایت باعث کاهش خسارت به‌ازای هر شته می‌شود.

Larson (2005a) در جنوب سوئد سطح زیان اقتصادی شته یولاف-گندم را در تراکم‌های مختلف بررسی نمود. نتایج او نشان داد که خسارت آفت در تراکم‌های ۴ تا ۱۰ شته به‌ازای هر بوته افزایش داشت اما در تراکم‌های ۱۵ تا ۴۰ شته به‌ازای هر بوته به‌شدت کاهش یافت. منحنی رگرسیونی s شکل و معادله آن $Y = 0.3826 \ln(x) - 0.4108$ و $R^2 = 0.97$ و $df = 7$ بود.

کارهای تحقیقاتی متعددی درخصوص ارزیابی خسارت و تعیین سطح خسارت در مزارع غلات در دنیا توسط Entwistle & Dixon (1987) و Larson (2005a) صورت گرفته است. تحقیق حاضر اولین تحقیقی است که در زمینه تعیین سطح خسارت اقتصادی شته یولاف-گندم در مزارع گندم استان صورت می‌گیرد. همان‌طور که از نتایج برمی‌آید سطح زیان اقتصادی در سال دوم در مراحل ابتدا و اواسط رسیدگی دانه گندم کمتر از همان مراحل در سال اول به‌دست آمد. همچنین درصد کاهش عملکرد گندم در سال دوم بیشتر از سال اول به-دست آمد. تفاوت EIL در دو سال بررسی، علاوه بر تفاوت پتانسیل خسارت‌زایی هر شته در دو سال، مربوط به افزایش هزینه‌های مدیریت و نرخ گندم در سال دوم بود که با نتایج مطالعات Chander *et al.* (2006) هم‌خوانی دارد. همچنین تفاوت در میزان خسارت یک شته توسط Fereres *et al.* (1980) مورد تأکید قرار گرفته، ضمناً آنها تنش خشکی و Honek (1991) سایر تنش‌های محیطی را در تفاوت میزان خسارت شته در سال‌های مختلف تأثیرگذار دانسته‌اند.

در تحقیق حاضر اثر تراکم‌های مختلف شته یولاف-گندم روی متغیرهای مختلف زراعی ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که عملکرد گندم در هر دو سال

مدل آنها خطی نبود و بایستی s-شکل باشد Dewar & (Carter, 1984). در مدل Larson (2005a) کاهش خسارت به‌ازای ۱۰ و ۴۰ شته به‌ترتیب ۷ و ۱۱ درصد بود. در تحقیق حاضر کاهش خسارت در تراکم ۱۰-۵ شته روی مراحل مختلف شیری شدن گندم در سال اول به-ترتیب ۴/۵۵، ۲/۴۲، ۴/۳۴ درصد و در تراکم ۳۰-۲۶ شته به‌ترتیب ۹/۲، ۵/۶۸ و ۰/۹۷ درصد کاهش عملکرد مشاهده شد. همچنین در تراکم ۱۰-۵ شته روی مراحل مختلف شیری شدن گندم در سال دوم به‌ترتیب ۱۱/۲۵، ۴/۶۲، ۲/۵۳ درصد و در تراکم ۳۰-۲۶ شته به‌ترتیب ۹/۲۴، ۵/۵، ۲/۷۶ درصد کاهش عملکرد به‌دست آمد و این نتایج حاکی از غیرخطی بودن معادله رگرسیونی بین تراکم شته و عملکرد است، لذا نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج Larson (2005b) مطابقت دارد. این محقق مدل خود را بسیار مشابه مدل رابطه تراکم-عملکرد مربوط به مگس سفید دانسته که توسط *et al.*, (2001) Nava-Camberos ارائه شده است.

آستانه‌های زیان اقتصادی متفاوتی برای *S. avenae* در کشورهای مختلف گزارش شده است (Larsson, 2005a). در انگلستان بیش از ۵ شته/سنبله (1989 *et al.*, Carter) در آلمان ۶-۱ شته/سنبله بسته به مرحله رشدی گندم (Mittnacht, 1986) یا ۵-۳ شته در مرحله گلدهی (Wetzel *et al.*, 1980)؛ در چین ۵-۴ شته/سنبله در مرحله گلدهی (Shaoyou *et al.*, 1986)؛ در سوئد ۸-۱ شته/بوته بسته به مرحله رشدی گندم (Larsson, 1986)؛ در دانمارک ۵ شته/سنبله (Hansen, 2003) در کانادا ۱۶-۸ شته به‌ازای هر سنبله بسته به مرحله رشدی گندم (Ba-Angood & Stewart, 1980a) و در میشگان آمریکا آستانه زیان اقتصادی چهار گونه از شته‌های گندم را در مرحله گیاهچه‌ای تا مرحله آبستنی ۱۵-۱۲ شته روی هر سنبله (Safarzoda *et al.*, 2014). گزارش کردند. در مطالعات قبلی گزارش شده است که خسارت

نتایج مطالعه حاضر با نتایج لارسون مطابقت دارد. بدیهی است که شته‌های رهاسازی شده در اوایل مرحله شیری به‌دلیل دسترسی شته‌ها به منابع غذایی تازه، امکان رشد و افزایش جمعیت شته‌ها بسیار بیشتر است. همچنین هر چه تعداد اولیه شته‌ای که روی سنبله‌ها رها شده کمتر باشد (تراکم ۱۰-۵ شته) امکان افزایش آن نیز در مقایسه با تراکم حداکثر (۳۵-۳۱) بیشتر می‌باشد. هر چه زمان رهاسازی به لحاظ فنولوژی گیاه دیرتر صورت گیرد، تأثیر روی میزان عملکرد کمتر می‌باشد که با نتایج به‌دست آمده توسط Johnston & Bishop (1987) هم-خوانی داشت. به‌عبارت دیگر، زمانی که شته‌ها در اوایل مرحله شیری روی سنبله رها شوند، به‌دلیل داشتن فرصت و زمان کافی تا اواخر مرحله شیری و تازه بودن منبع غذایی در دسترس و سهل‌الوصول بودن آن، میزان عملکرد را نسبت به زمانی که شته‌ها دیرتر (در اواخر مرحله شیری) روی سنبله رها می‌شوند، به نسبت بیشتری می‌توانند کاهش دهند. بر همین اساس عملکرد در زمان رهاسازی در مرحله اواخر شیری بیشتر از زمان رهاسازی در مرحله اوایل شیری می‌باشد. در بررسی به‌عمل آمده برخلاف انتظار با افزایش تعداد شته‌ها، عملکرد به‌طور چشم‌گیری کاهش نیافته و میزان عملکرد تیمار شاهد صفر کمتر از تیمارهای با تراکم-های متفاوت با شته بوده است که خود می‌تواند دلایل متفاوتی داشته باشد چرا که میزان عملکرد تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد که تغذیه آفت یکی از این عوامل می‌باشد. تغذیه، آبیاری، فاصله بین بوته‌ها و سایر فاکتورهای زراعی از دیگر این عوامل می‌باشند.

Entwistle & Dixon (1987) با بررسی ۶ رگرسیون مختلف گزارش کردند کاهش عملکرد به‌ازای ۱۰ شته در هر خوشه بین ۴/۴-۱/۴ درصد متفاوت بود درحالی که این کاهش به‌ازای ۴۰ شته در هر بوته از ۵/۷ تا ۱۵/۶ درصد متغیر بود، بنابراین چنین به‌نظر می‌رسد که

نتایج این تحقیق که با احتساب نقش دشمنان طبیعی توأم بوده با نتایج سایر محققین متفاوت است. آن محققین به شرایط مکان مطالعه (مزرعه یا آزمایشگاه) و نقش دشمنان طبیعی در زمان و مکان مورد مطالعه هم اشاره‌ای ننموده‌اند. همچنین سطح زیان اقتصادی یک معیار کمی پویا محسوب شده و با نوع محصول، قیمت محصول، هزینه‌ی مبارزه شیمیایی و شرایط اقلیمی مختلف تغییر می‌نماید (Pedigo, 1989).

ناشی از هر شته در اوایل غنچه‌دهی یا مراحل رشد اولیه گندم در مقایسه با اواخر آن بیشتر است (Blackman & Eastop, 1984; Wratten *et al.*, 1979). سابق بر این سطح زیان اقتصادی شته یولاف-گندم برای کنترل این آفت در مزارع مورد استفاده قرار گرفته ولی به علت همبستگی ضعیف جمعیت شته‌ها و عملکرد گندم از اعتماد کافی برخوردار نبوده است (Walters & Rabbing & Mantel, 1981; Oakley).

منابع

- Aheer, G. M., Rashid, A. Afzal, M. and Ali, A. (1993) Varietal resistance/susceptibility of wheat to aphids, *Sitobion avenae* F. and *Rhopalosiphum rufiabdominalis*. Sasaki.) *Journal of Agricultural Research* 31 (3):307-311
- Aheer, G. M., M. M. Munir and A. Ali. (2007). Impact of weather factors on population of wheat aphids at Mandi Baha-ud-Din district. *Journal of Agricultural Research* 45 (1): 61-66.
- Anonymous (1987) Wheat traveling seminar. Pak Agric. Res Council, Islamabad. PP. 31.
- Anonymous (2004) *Journal of Entomology Society of Iran* 6 (24) p. 3.
- Ba-Angood, S. A. & Stewart, R. K. (1980a) The effect of insecticide application on cereal aphid infestation and damage to barley in South Western Quebec. *Annual of Society Entomology Quebec*. 25: 72-76.
- Ba-Angood, S. A. & Stewart, R. K. (1980b) Sowing date and cereal aphid infestations damage to barley in south western Quebec. *Journal. of Economic Entomology* 73: 462-464.
- Blackman, R. L. & Eastop, V.F. (1984) *Aphids on the world's crops, an identification guide*: Johns Wiley and Sons. London, 466 pp.
- Campbell, A., Frazer, B. D., Gilbert, N., Gutierrez, A. P. and Mackauer, M. (1974) Temperature requirements of some aphid and their parasitoids. *Journal of Applied Entomology* 11: 431-438.
- Carter, N., Powell, W., Wright, A. F., Ashby, J. E. (1989) Effectiveness of different insecticides applied at various growth stages to control aphids on winter wheat. *Crop Protection* 8, 271-276.
- Chander, S. Lajpat, R., Pearis, F. B., Aggarwal, P.K. and Naveen K. (2006). Modeling the effect of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* and weeds in winter wheat as guide to management, *Agricultural systems* 88: 494-513.
- Davatchi, A. (1954) *Insect Pests of Cereals in Iran*. Univ. Tehran Public. 211 pp.
- Dewar, A. M. & Carter, N. (1984) Decision trees to assess the risk of cereal aphid outbreaks in summer in England. *Bullten Entomology Research* 74: 387-398.
- Dutoit, F. (1989b) Components of resistance in three bread wheat lines to Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in South Africa. *Journal. of Economic Entomology* 82: 1779-1781.
- Eastop, V. F. & Hodjat, S. H. (1978) A Checklist of Aphids and their Hosts in Khuzestan. *Journal. Of Shahid Chamran University, Ahwaz*. 5 (10-24).
- Entwistle J. C. & Dixon, A. F. G. (1987). Short term forecasting of wheat yield caused by the grain aphid in summer. *Annual of Applied Biology* 111: 489-508.
- Farahbakhsh, Gh. (1961) *A Checklist of Economically Important Insects & other Enemies of Plants & Agricultural Products in Iran*. Plant organization press. 153 pp.

- Fereres, A., Gutierrez, C., DelEstal, P., Castanera, P.** (1988) Impact of the English grain aphid, *Sitobion avenae* (F.), on the yield of wheat plants subjected to water deficits. *Environment Entomology*. 17 (3): 596-602
- Geza, K.** (2000) Aphid flight and change in abundance of winter wheat pests. *Archives of Phytopathology. and Plant Protection* 33 (4):361-373.
- Hodjat, S. H. & A. Fard, P.** (1986) The wheat aphids and the other aphids of Iran. *Journal. of Plant Pests and Diseases Institue of Iran*. 54 (1, 2) 83: 65-109.
- Honek, A.** (1991) Environment stress, plant quality and abundance of cereal aphids on winter wheat. *Journal of Applied Entomology*, 112, 65-70.
- Johnston, R. L. & Bishop, G. W.** (1987) Economic injury levels and economic thresholds for cereal aphids (Hom.: Aphididae) on spring planted wheat. *Journal of Economic Entomology* 80: 478-482.
- Kieckhefer, R. W. & Gellner,** (1992) Yield losses in winter wheat caused by low-density cereal aphid populations. *Agronomy Journal* 84:180.
- Kuroli, G. and Nemeth, I.** (1987) Aphid species occurring on winter wheat, their damage and results of control experiments. *Növényvédelem*. 23(9):385-394 [RAE (A) 76(8):5068, 1988].
- Larsson, H.** (2005 a) A crop loss model and dynamic thresholds for the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.), in winter wheat in southern Sweden. *Crop Protection* 24: 397-405.
- Larsson, H.** (2005 b) Aphids and thrips: *The Dynamics and Bio-Economics of Cereal Pests*. Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science Department of Crop Science Alnarp. 33 p.
- Nava-Camberos, U., Riley, D. G., Harris, M. K.** (2001) Density-yield relationship and economic injury levels for *Bemisia argentiifolia* in cantaloupe in Texas. *Journal of Economic Entomology* 94 (1), 180-189.
- Oakley, J. N., Walters, K. F. A.** (1994) A field evaluation of different criteria for determining the need to treat winter wheat against the grain aphid *S. avenae* and the rosegrain aphid *M. dirhodum*. *Annual Applied Biology* 124 (2), 195-211.
- Pedigo, L. P.** (1989) *Entomology and pest management*, Macmillan, New York, P: 234-236.
- Pedigo, L. P.** (1994) Economic Thresholds and Economic Injury Levels. *Annual Review Entomology* 61,339-345.
- Pedigo, L. P.** (2013) Economic Thresholds and Economic Injury Levels. In: E. B. Radcliffe, W. D. Hutchison & R. E. Cancelado [eds.], Radcliffe's IPM World Textbook, URL: <http://ipmworld.umn.edu>, University of Minnesota, St. Paul, MN.
- Pedigo, L. Hutchins, S. & Higley L. G.** (1986) Economic Injury Levels in Theory and Practice . *Annual. Review Entomology* 31: 341-71.
- Peterson, R. K. D. & Higley L. G.** (1986) Economic Injury Levels. PP.228-230 in Pimentel, D. (Ed.) *Encyclopedia of pest management*. Marcel Dekker, New York.
- Rabbing, R., & Mantel, W. P.** (1981) Monitoring for cereal aphids in winter wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 87, 25-29.
- Rezaei, N. Mosegh, M. S. & Hodjat, S. H.** (2006) The wheat and barely aphids and their natural enemies population dynamics in Khuzestan Province. *Journal. of Shahid Chamran University, Ahwaz*. 29 (2): 127-137
- Rezwani A.** (2001) *Key to the aphids (Hom.: Aphidinea) in Iran*. Agricultural Research, Education and Extension organization, Tehran. 305 PP.
- Safarzoda, S. Bahlai, C. A. Fox, A.F. Landis, D. A.** (2014) The role of natural enemy foraging guilds in controlling cereal aphids in Michigan wheat. *PLOS ONE* 9 (12): 1-17
- Stern, V. M.** (1966) Significance of the economic threshold in integrated pest control. *Proceedings of the FAO Symposium on the Integrated Pest Control, Rome*, 41-56.

- Stern, V. M., Smith, R. F., Bosch, R. V. D. & Hagen, K. S.** (1959) The integrated control concept. *Hilgardia* 29, 81-101.
- Stone, J. D. & Pedigo, L. P.** (1972) Development and economic injury level of the green clover worm on soybean in Iowa. *Journal of Economic Entomology* 65,197-202.
- Vickerman, G. P. & Wratten, S. D.** (1979) The biology and pest status of cereal aphids in Europe. *Review Bulletin Entomology. Res.* 69: 1-23.
- Watt, A. D., Vickerman, G. P. & Wratten, S. D.** (1984) The effect of the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.), on winter wheat in England: an analysis of the economics of control practice and forecasting systems. *Crop Protection* 209-222.
- Wratten, S. D., Lee, G., Stevens, D. J.** (1979) Duration of cereal aphid populations and the effects on wheat yield and quality, Proceedings of the 1979 British Crop Protection Conference. Pests and Diseases, vol. 1. pp. 1-8.