

مدیریت بوم‌شناختی بید کلم (*Plutella xylostella* (L.)) با استفاده از راهبرد کشت گیاهان تله

جواد کریم‌زاده اصفهانی* و محمد حسن بشارت‌نژاد

بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اصفهان، ایران.

*نویسنده مسئول: jkesfahani@gmail.com

تاریخ دریافت: 1394/08/19

تاریخ پذیرش: 1395/04/15

کریم‌زاده اصفهانی، ج. و م. ح. بشارت‌نژاد. 1395. مدیریت بوم‌شناختی بید کلم (*Plutella xylostella* L.) با استفاده از راهبرد کشت گیاهان تله. مجله کشاورزی بوم‌شناختی. 6 (2): 212-224.

سابقه و هدف: در سالهای اخیر بید کلم در ایران حالت طغیانی پیدا کرده است. به علت مقاومت این حشره به حشره‌کش‌های شیمیایی و باقی‌مانده بالای سموم مصرفی در محصولات تولیدشده، استفاده از روش‌های بوم‌شناختی (اکولوژیک) و پایدار برای کنترل این آفت امری ضروری است. روش‌های زراعی نه تنها ساده و کاربردی هستند، بلکه به علت سازگار بودن با دیگر روش‌های بوم‌شناختی، می‌توانند در مدیریت تلفیقی هم استفاده شوند. استفاده از گیاهان تله به عنوان یک روش زراعی و بوم‌شناختی در سال‌های اخیر افزایش شایان ملاحظه‌ای یافته‌است. هدف از این بررسی، مدیریت بوم‌شناختی بید کلم با استفاده از گیاهان بومی کشور به عنوان گیاه تله در کشت کلم پیچ در شرایط صحرایی بود.

مواد و روش‌ها: به این منظور، یک کشتزار 5000 متری از کلم پیچ واقع در شهرستان فلاورجان از استان اصفهان در نظر گرفته شد و تیمارهای آزمایشی به صورت کشت دو ردیف اول کرت با گیاهان تله شامل کلم چینی، خردل سفید، شلغم، ترب سیاه و مخلوط (هر چهار گیاه) به همراه شاهد (کلم پیچ) در کرت‌های آزمایشی (100 متر مربعی) به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با 4 تکرار اجرا شد. نمونه‌برداری تصادفی از لارو و شفیره بید کلم روی 10 بوته از گیاه اصلی هر کرت و نمونه‌برداری از حشره کامل بید کلم روی 3 بوته از گیاهان تله هر کرت از دو هفته پس از نشاءکاری تا آخر فصل رشد (زمان برداشت) هر دو هفته یکبار انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گیاهان تله از نظر جلب حشره کامل بید کلم وجود دارد. به طوری که از نظر میانگین شمار حشره کامل بید کلم در بوته، خردل سفید ($9/07 \pm 0/27$) بالاترین و کلم پیچ ($1/00 \pm 0/05$) پایین‌ترین میزان جلب را به خود اختصاص دادند و تیمارهای مخلوط ($7/11 \pm 0/35$)، کلم چینی ($6/86 \pm 0/47$)، ترب سیاه ($6/50 \pm 0/32$) و شلغم ($6/17 \pm 0/41$) همگی در یک گروه حدواسط قرار گرفتند. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف تله از نظر آلودگی گیاه اصلی به مجموع لارو و شفیره بید کلم وجود داشت. به طوری که از نظر میانگین مجموع شمار لارو و شفیره بید کلم در بوته گیاه اصلی، تیمار خردل سفید ($2/85 \pm 0/14$) کمترین و کلم پیچ ($6/23 \pm 0/37$) بیشترین میزان آلودگی را به خود اختصاص دادند و تیمارهای شلغم ($4/03 \pm 0/27$)، ترب سیاه ($4/13 \pm 0/21$)، کلم چینی ($4/15 \pm 0/26$) و مخلوط ($4/25 \pm 0/31$) همگی در یک گروه حدواسط قرار گرفتند. به علاوه، همبستگی منفی و معنی‌داری بین مجموع شمار لارو و شفیره بید کلم روی گیاه اصلی و شمار حشره کامل بید کلم روی گیاه تله با ضریب همبستگی $-0/62$ (فاصله اطمینان 95% بین $-0/79$ و $-0/37$) وجود داشت. نتایج این بررسی نشان داد که گیاهان تله کارایی چشمگیری در کاهش آلودگی کشتزارهای کلم پیچ به بید کلم دارند. همه‌ی گیاهان تله نه تنها حشره کامل بید کلم را به خود جلب کردند، بلکه باعث کاهش آلودگی گیاه اصلی به لارو و

شغیره بید کلم شدند. در این میان، خردل سفید بهترین کارایی و عملکرد را در بین گیاهان تله داشت و نشان داد که می‌تواند به‌عنوان یک گیاه تله‌ی کارآمد در کاهش جمعیت بیدکلم و آسیب و زیان آن در کشتزار کلم‌پیچ مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نگرانی‌های شایان ملاحظه در رابطه با کاربرد متوالی حشره‌کش‌های شیمیایی، استفاده از روش‌های زراعی مدیریت آفات، مانند کشت گیاهان تله، به علت ساده و کاربردی بودن آن‌ها و نیز شایانیت سازگاری با دیگر روش‌های بوم‌شناختی امری ضروری به‌شمار می‌آید.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پایدار، کلم‌پیچ، خردل سفید، کنترل زراعی، کاهش کاربرد سموم.

مقدمه

تازه مصرف می‌شوند نیاز به استفاده از روش‌های بوم-شناختی و پایدار برای کنترل این آفت را دوچندان ساخته است. روش‌های زراعی نه تنها ساده و کاربردی می‌باشند بلکه به علت سازگار بودن می‌توانند با روش‌های بوم‌شناختی دیگر مانند استفاده از زنبورهای انگل‌واره (پارازیتوئید) و حشره‌کش‌های میکروبی تلفیق شوند. استفاده از گیاهان تله یک روش زراعی و بوم‌شناختی می‌باشد که از ابزار سنتی مدیریت آفات بوده و در سال‌های اخیر کاربرد آن افزایش شایان ملاحظه‌ای یافته است (Shelton and Badenes-Perez, 2006).

گیاهان تله، گیاهانی هستند که برای جلب حشرات یا موجودهای دیگر مانند نماتدها برای حفاظت گیاه اصلی از حمله آفات کشت می‌شوند، این حفاظت ممکن است بواسطه جلوگیری از رسیدن آفت به گیاه یا بواسطه تمرکز آفت در برخی قسمت‌های کشتزار و در پی آن کنترل اقتصادی آن اعمال شود (Shelton and Badenes-Perez, 2006). به‌طور مثال، در یک کشتزار سویا می‌توان 70-85% جمعیت سن‌های بد بو را را به گیاهان تله که تنها 10-1% کل کشتزار را پوشش می‌دهند جلب کرد (Hokkanen, 2006; Shelton and Badenes-Perez, 1991). تا سال 1991 تنها 11 گونه آفت در 4 بوم‌نظام زراعی (پنبه، سویا، سیب زمینی و کلم گل) توسط گیاهان تله به طور موفق کنترل شده بودند (Talekar and Shelton, 1993). پیش از ظهور حشره‌کش‌های جدید آلی، کشت نواری گیاهانی با اهمیت اقتصادی پایین‌تر و ارجحیت بالا برای بید کلم در بین کشتزارهای تجاری گیاهان خانواده چلیپائی‌ان عمومیت داشت. این گیاهان تله، بید کلم را به خود جلب می‌کردند به‌طوری‌که این آفت به گیاه اصلی حمله نمی‌کرد (Shelton and Badenes-Perez, 2006). امروزه نیز که استفاده از حشره‌کش‌های جدید به دلیل مقاومت به حشره‌کش‌ها محدود شده است استفاده از گیاهان تله به‌ویژه در

امروزه نگرانی‌های شایان ملاحظه‌ای در رابطه با کاربرد متوالی حشره‌کش‌های شیمیایی وجود دارد که از جمله می‌توان به مقاومت آفات به حشره‌کش‌ها، طغیان دوباره آفات، بیماری‌های حاد و مزمن برای انسان، آلودگی محیط و تولید غیراقتصادی محصولات کشاورزی اشاره داشت (Karimzadeh and Farazmand, 2011). بید کلم (*Plutella xylostella* (L.)) (Lepidoptera, Plutellidae) مهم‌ترین آفت گیاهان خانواده چلیپائی‌ان در سرتاسر جهان است. این حشره به‌طورعموم از محصولات زراعی مانند کلم پیچ، کلم بروکسل، کلم چینی، کلم قمری، کلم گل، کلم بروکلی، کلزا، تربچه، شلغم، خردل، و شمار زیادی از علف‌های هرز خانواده چلیپائی‌ان تغذیه می‌کند (Talekar and Shelton, 1993; Furlong et al., 2013). این آفت امروزه در هر جایی که چلیپائی‌ان کشت می‌شوند وجود دارد و باور بر این است که بالاترین گسترش جهانی را در بین همه بالپولکداران داراست. به‌رغم تلاش‌های گسترده‌ای که برای مدیریت این آفت صورت گرفته است طغیان‌ها و کنترل‌های غیر موثری در بسیاری از کشورها گزارش شده است (Sivapragasam et al., 1997). بید کلم مهم‌ترین آفت مزارع کلم‌پیچ و کلم‌گل در ایران می‌باشد و به چلیپائی‌ان دیگر مانند شلغم، تربچه، ترب و کلزا نیز آسیب می‌زند (Afiunizadehand and Karimzadeh, 2015). در سال‌های اخیر بید کلم در ایران حالت طغیانی پیدا کرده است به‌طوری‌که، انواع حشره‌کش‌های متداول قادر به کنترل این آفت نیستند (Afiunizadeh and Karimzadeh, 2015). مقاومت این حشره به حشره‌کش‌های سنتتیک و افزون بر آن، باقی‌مانده بالای سموم مصرفی در محصولاتی مانند کلم‌پیچ و کلم‌گل که بیشتر به صورت

کند. بنابراین، کشت کلارد در پیرامون کشتزارهای کلم پیچ به عنوان تاکتیک موثر مدیریت بید کلم توصیه شده است (Mitchell et al., 2000). همچنین، کلارد به عنوان گیاه تله موثر علیه بید کلم در کشتزارهای کلم پیچ در گوآم، نیویورک (Badenes-Perez et al., 2004; Musser et al., 2005a) و نواحی دیگر ایالات متحده (Muniappan et al., 2001) گزارش شده است.

راکت زرد (*Barbarea vulgaris* var. *arcuata* (Opiz ex J. Fr. Presl and C. Presl) Fr. گیاه تله موفق علیه بید کلم استفاده شده است. این گیاه یک علف هرز دوساله از خانواده چلیپائیان و مرسوم در ایالات متحده می‌باشد (Idris and Grafius, 1996). از نظر حساسیت به بید کلم، دو نوع راکت زرد، صیقلی (*glossy*) و کرکی (*pubescent*)، وجود دارد. گیاهان راکت زرد نوع صیقلی (جور یا تیپ رزت) هنگامی که در گلخانه پرورش داده شوند یا در تابستان گردآوری شوند به‌طور کامل مقاوم به بید کلم هستند ولی برگهای گردآوری شده در اواخر پاییز مقاومت کمتری دارند (Agerbirk et al., 2003; Shelton and Nault, 2004). بررسی‌های پرشمار آزمایشگاهی و صحرایی نشان داده است که راکت زرد نسبت به دیگر گیاهان چلیپائیان توانایی بالایی در جلب حشرات کامل بید کلم (برای تخم‌گذاری) دارد ولی بقای لاروهای بید کلم روی آن ممکن نیست (Lu et al., 2004; Shelton and Nault, 2004; Badenes-Perez et al., 2004; Badenes-Perez et al., 2005a; Badenes-Perez et al., 2005b). از گیاهان چلیپائیان دیگری که به عنوان گیاه تله مطلوب (ایده‌آل) (جلب‌کننده قوی برای تخم‌گذاری و نامناسب برای رشد و نمو لاروها) آزمون شده‌اند خردل سفید (*Sinapis alba* L.) و مروارید (*Lobularia maritima* (L.) Desv.) می‌باشند. نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی با این دو گیاه در مقایسه با کلم بروکسل (*Brassica oleracea* var. *gemmifera* DC.) در هلند نشان داده است که به علت دارا بودن یک همبستگی پایین رجحان-عملکرد (جلب‌کننده برای تخم‌گذاری ولی به‌نسبت نامناسب برای رشد و نمو لاروی)، قدومه به عنوان نامزدی (کاندید) مناسب برای گیاه تله علیه بید کلم مطرح می‌باشد (de Groot et al., 2005). در انگلستان، استفاده از خردل سفید به عنوان گیاه تله، شیوع بید کلم را در کلم گل کاهش داد (George et al., 2009).

کشورهای در حال توسعه جایگزین واقعی‌تری به نظر می‌رسد. استفاده از گیاهان تله به طور موثر می‌تواند کاربرد حشره‌کش‌ها را به صفر برساند زیرا لاروهای بید کلم باقی‌مانده روی گیاه تله به شدت انگلی (پارازیت) خواهد شد (Talekar and Shelton, 1993).

نخستین گیاهی که به عنوان گیاه تله برای کنترل بید کلم پیشنهاد شده است خردل هندی (*Brassica juncea* (L.) Czern.) می‌باشد. آزمایش‌های صحرایی در هند با الگوهای متفاوت کشت کلم و خردل هندی نیز مشخص کرد که یک الگوی کشت که در آن به ازای هر 25 ردیف کلم، دو ردیف خردل هندی (در ابتدا و انتهای ردیف‌های کلم؛ نخستین ردیف 15 روز پیش از کشت گیاه اصلی و دومین ردیف 25 روز پس از کشت گیاه اصلی) کشت شود برای مدیریت موفق آفت نوید بخش بوده است. به‌طوری‌که، جمعیت بیشتری از لارو بید کلم در کشت کلم تنها در مقایسه با کلم‌های مخلوط با خردل هندی وجود داشته است. البته، کنترل حشراتی که جلب خردل هندی شده بودند با دیکلروس به نسبت یک در هزار به فاصله‌های 10-15 روزه از 15 روز پس از کشت به دست آمده است. پرورش کلم‌ها نیز در این کشت مخلوط در هنگام فصل بارانی بدون کاربرد حشره‌کش ممکن شده است درحالی که در فصل زمستان دو بار سمپاشی با هیروکلراید کارتاب به نسبت نیم در هزار برای کنترل بید کلم ضروری بوده است (Srinivasan and Krishna Moorthy, 1991, 1992). از موارد دیگر استفاده موفق خردل هندی به‌عنوان گیاه تله علیه بید کلم می‌توان در کشت‌های کلم بروکلی، کلم گل و کلم پیچ در آفریقای جنوبی (Charleston and Kfir, 2000)، در کشت کلم پیچ سفید (*Brassica oleracea* var. *alba*) در سوئد (Åsman, 2002) و در کشت کلم پیچ در نیویورک (Badenes-Perez et al., 2004) اشاره داشت. گیاه دیگری که به عنوان گیاه تله در کلم پیچ به طور موفق علیه بید کلم استفاده شده است کلارد (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.) می‌باشد. در پژوهشی در فلوریدا، کلارد به صورت پیرامونی در کشتزارهای کلم پیچ در کشت بهاره استفاده شد. در این کشتزارها، شمار بید کلم در گیاه اصلی هرگز به آستانه کاربرد حشره‌کش‌ها (0,3 لارو در بوته) نرسید. افزون بر، این کاهش شمار سمپاشی روی کلم پیچ به همراه تمرکز بالای لاروهای میزبان روی کلارد می‌تواند به نگهداری جمعیت‌های دشمنان طبیعی بید کلم در این بوم‌نظام زراعی کمک

از اول اردیبهشت ماه سال 1393 (همزمان با کشت بذر گیاه اصلی در خزانه برای تهیه نشاء)، بذره‌های چهار گیاه تله انتخابی شامل کلم چینی (*Brassica pekinensis* (Lour.) (Rupr.)، خردل سفید، شلغم (*Brassica rapa* L.) و ترب سیاه (*Raphanus sativus* var. *niger* J. Kern.) در گلدان-های کوچک پرشده با خاک سترون (استریل) مخلوط شده با خاک برگ کشت شد و در شرایط گلخانه (دمای 25 ± 5 درجه سلسیوس و دوره نوری طبیعی) و بدون کاربرد هیچ آفت‌کشی پرورش داده شدو تا 4 هفته‌گی مراقبت شدند. سپس گلدان‌ها به کشتزار انتقال داده شد. کشتزاری 5000 مترمربعی از کلم پیچ واقع در شهرستان فلاورجان (شهر پیربکران، روستای چم)، که از مناطق عمده‌ی کلم‌کاری در استان اصفهان بوده و در سال‌های اخیر آلودگی شدید به بید کلم نشان داده‌است به‌عنوان پایگاه انتخابی برای آزمایش در نظر گرفته شد. برای اجرای آزمایش، کشتزار بلوک‌بندی شده و چهار بلوک (طرح بلوک کامل تصادفی) در نظر گرفته شد و در هر بلوک 6 کرت ایجاد شد. به طوری که کرت‌های آزمایشی دارای ابعاد $8 \times 12/5$ متر (با مساحت 100 متر مربع)، فاصله کرت‌ها درون بلوک 2 متر و بین بلوک‌ها 10 متر در نظر گرفته شد. گیاهان تله به‌صورت تیمارهای زیر در هر بلوک به طور تصادفی کشت شد: (1) کشت دو ردیف اول کرت با کلم چینی، (2) کشت دو ردیف اول کرت با خردل سفید، (3) کشت دو ردیف اول کرت با شلغم، (4) کشت دو ردیف اول کرت با ترب سیاه، (5) کشت دو ردیف اول کرت از چهار گیاه تله یادشده به صورت مخلوط (هر گیاه تله نصف ردیف) و (6) کشت دو ردیف اول کرت با کلم پیچ (تیمار شاهد).

نمونه‌برداری

نمونه برداری به دو صورت انجام شد: (1) نمونه‌برداری از لارو و شفیره بید کلم - از دو هفته پس از نشاءکاری تا آخر فصل رشد (زمان برداشت) هر دو هفته یکبار، از گیاه اصلی هر کرت 10 بوته به طور تصادفی انتخاب شد و همه لاروهای سن دوم تا چهارم (همه لاروها غیر از لاروهای سن یک که درون برگ حالت مینوز دارد)، پیش شفیره و شفیره روی آنها شمارش شد؛ و (2) نمونه‌برداری از حشره کامل بید کلم - از سه هفته پس از نشاءکاری تا آخر فصل رشد (زمان برداشت) هر دو هفته یک بار، از گیاهان تله هر کرت سه بوته به طور تصادفی انتخاب شد و تمام حشرات کامل روی آنها شمارش شد.

در لهستان استفاده از جعفری (*Tagetes patula nana* L.) و همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) در کشت کلم پیچ باعث کاهش لارو و شفیره بید کلم روی کلم پیچ شده است (Jankowska et al., 2009; Jankowska, 2010). گیاه تله کشنده (dead-end trap crop) گیاهی است که جلب‌کننده قوی برای تخمگذاری حشرات کامل باشد ولی لاروهای حشره روی آن قادر به بقا نباشند. لازم به یادآوری است که، استفاده از راکت زرد یا هر گیاه دیگری که بتواند به عنوان گیاه تله کشنده علیه بید کلم به کار رود موفق‌تر از کاربرد گیاهان تله‌ای است که تنها تخمگذاری را افزایش می‌دهند (Shelton and Nault, 2004). در این رابطه، Shelton et al. (2008) رنگه (لاین)های کلارد و خردل هندی تراریخته با *Bacillus thuringiensis* تولید کرده‌اند که دارای ژن Cry1C بوده و می‌توانند به عنوان گیاهان تله کشنده علیه بید کلم استفاده شوند. گلوکوزینولات‌ها (glucosinolates) فراورده‌های فعال گیاهی خاص چلیپائیانی مانند کلم‌ها، کلزا و گیاه مدل *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. هستند که توسط گیاه‌خواران اختصاصی چلیپائیانی مانند بید کلم به طور مکرر به عنوان محرک تخمگذاری به کار گرفته می‌شوند. انتقال ژنتیکی پایدار مسیر بنزیل گلوکوزینولات از *A. thaliana* به توتون منجر به تولید بنزیل گلوکوزینولات بدون ایجاد تغییرپذیری-های مورفولوژیکی (ریخت‌شناختی) شده است. توتون‌های تولیدکننده بنزیل گلوکوزینولات جلب‌کنندگی بیشتری برای تخمگذاری بید کلم در مقایسه با توتون‌های وحشی نشان داده‌اند. از آنجایی که، لاروهای نئونات قادر به بقا روی توتون نبوده‌اند پیشنهاد شده است که این گیاهان می‌توانند به عنوان گیاهان تله کشنده علیه بید کلم برای درازمدت استفاده شوند (Møldrup et al., 2012). هدف از این بررسی، انتخاب چند گیاه میزبان بید کلم از میان گیاهان بومی کشور و بررسی و مقایسه آنها به عنوان گیاهان تله در جلب حشرات کامل بید کلم و کاهش جمعیت این آفت مهم در گیاه اصلی بود. نتایج به دست آمده می‌تواند به عنوان راهکار جدید در مدیریت بید کلم به تنهایی و یا با تلفیق با راهبردهای پایدار دیگر استفاده شود.

مواد و روش‌ها

الگوی کشت

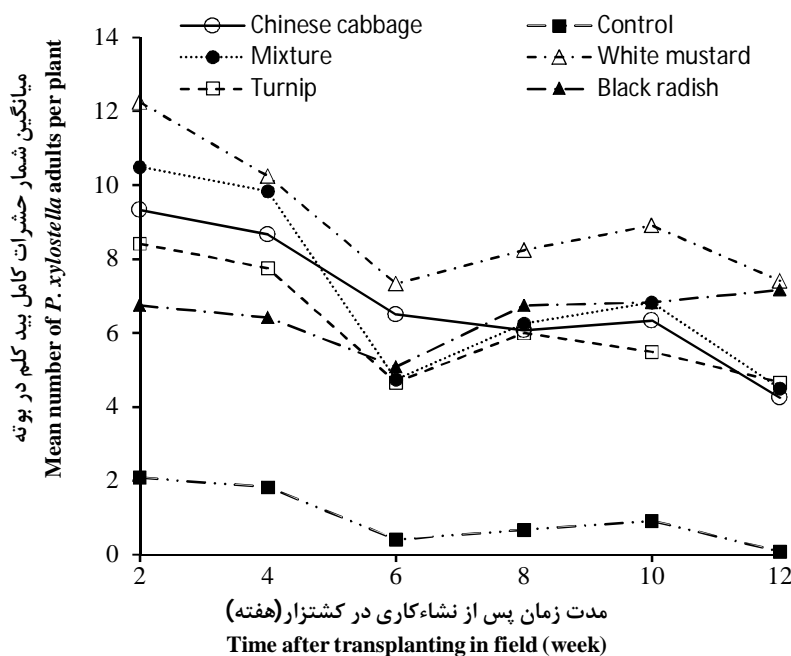
تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های شمارشی (شمار لارو، شفیره و حشرات کامل بید کلم) به شیوه مدلسازی خطی عمومی (Generalized Linear Modelling) و به طور خاص توسط مدل‌های لگاریتمی-خطی (log-linear models) با خطای پویسون (Poisson) تجزیه و تحلیل شد. در مواردی که پراکنش مازاد (overdispersion) در داده‌ها وجود داشت به جای خطای پویسون از خطای شبه پویسون (quasi-Poisson) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی انجام شد. همبستگی داده‌های حشرات کامل با داده‌های لاروی و شفیرگی با برازش مدل‌های رگرسیونی با خطای نرمال (شامل مدل‌های مختلف خطی و چندجمله‌ای (polynomial)) و مدل رگرسیونی با خطای پویسون (Poisson) تعیین شد. همه داده‌های آماری در محیط R 2.10.0 تجزیه و تحلیل شد (Crawley, 2013).

نتایج و بحث

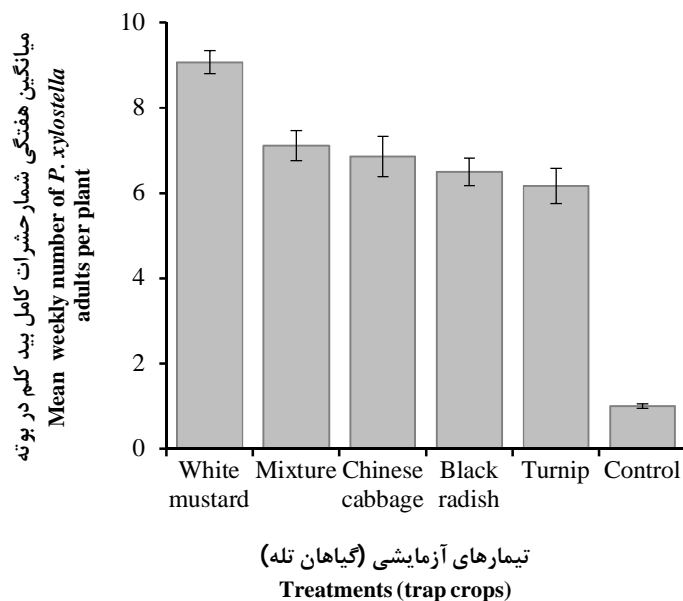
روند جمعیت حشره کامل بید کلم روی گیاهان تله در طول فصل رشد نشان می‌دهد که حشره کامل بید کلم به همی گیاهان تله بهتر از تیمار شاهد (کلم پیچ) جلب شده اند و در بین گیاهان تله نیز، خردل سفید برتری محسوس را در جلب بید کلم نشان می‌دهد (شکل 1).

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($t_{18} = -12.922, P < 0.001$) بین گیاهان تله از نظر جلب حشره کامل بید کلم وجود دارد. به طوری که از نظر میانگین شمار حشره کامل بید کلم در بوته، خردل سفید ($9/07 \pm 0/27$) بالاترین و کلم پیچ ($1/00 \pm 0/05$) پایین‌ترین شمار جلب حشره را به خود اختصاص دادند و تیمارهای مخلوط ($7/11 \pm 0/35$)، کلم چینی ($6/86 \pm 0/47$)، ترب سیاه ($6/50 \pm 0/32$) و شلغم ($6/17 \pm 0/41$) همگی در یک گروه حد واسط قرار گرفتند (شکل 2).



شکل 1- روند جمعیت حشره کامل بید کلم بر روی گیاهان تله در طول فصل رشد .

Fig. 1- Population trend of *P. xylostella* adults on trap crop during the growing season.



شکل 2- میانگین هفتگی جمعیت حشره کامل بید کلم روی گیاهان تله.
 Fig. 2- Weekly mean population of *P. xylostella* adults on trap crop.

خطای شبه پویسون (quasi-Poisson) بصورت زیر به دست آمد:

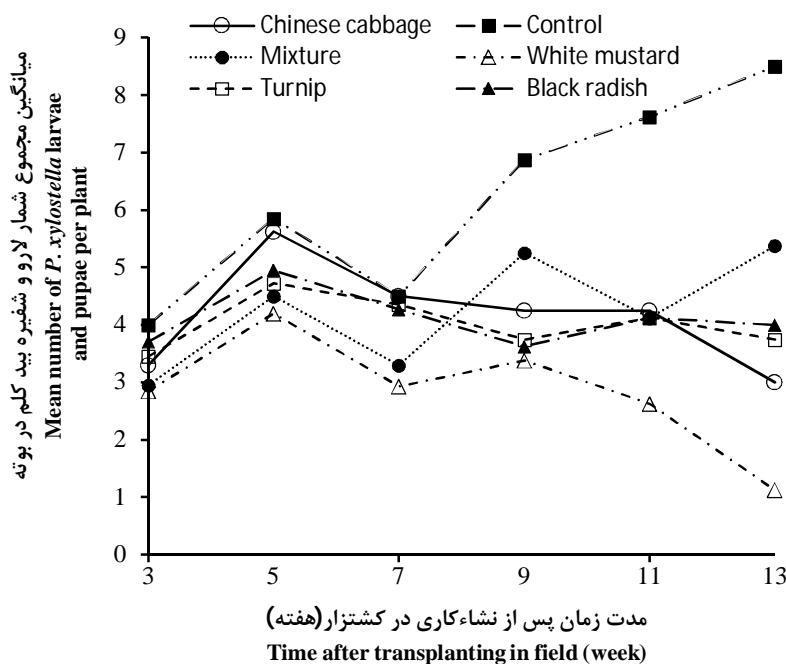
$$y = e^{5.526728 - 0.005522x}$$

این مدل یک رابطه خطی معنی‌دار ($t_{34} = -4.8330, P < 0.001$) بین x و لگاریتم y با درجه برازش $0/99$ نشان می‌دهد (شکل 5).

نتایج این بررسی نشان داد که گیاهان تله کارایی چشمگیری در کاهش آلودگی کشتزارهای کلم پیچ به بید کلم دارند. همه‌ی گیاهان تله نه تنها حشره کامل بید کلم را به خود جلب کردند بلکه باعث کاهش آلودگی گیاه اصلی به لارو و شفیره بید کلم شدند. در این میان، خردل سفید بهترین کارایی و عملکرد را در بین گیاهان تله داشت. ارزش اقتصادی بالای گیاهان خانواده چلیپاییان، طغیان بید کلم در سال‌های اخیر، کارایی نداشتن حشره‌کش‌های شیمیایی در کنترل این آفت، و همچنین تاکید بر مبارزه غیرشیمیایی بعثت باقی‌مانده سموم در این محصولات که به صورت تازه-خوری مصرف می‌شوند اهمیت مدیریت بوم‌شناختی آفات (Karimzadeh and Farazmand, 2011) را دوچندان ساخته است. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که خردل سفید می‌تواند به عنوان یک گیاه تله‌ی کارآمد در کاهش جمعیت بیدکلم و نیز آسیب و زیان آن در کشتزار کلم مؤثر باشد.

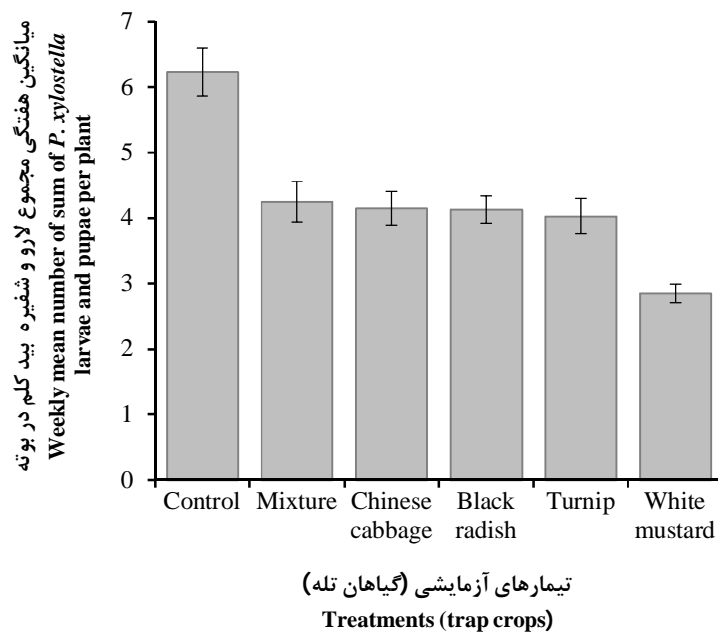
روند مجموع جمعیت لارو و شفیره بید کلم بر روی گیاه اصلی (کلم پیچ) در طول فصل رشد نشان می‌دهد که مجموع جمعیت لارو و شفیره بید کلم در همه‌ی تیمارهای کمتر از تیمار شاهد (کلم پیچ) می‌باشد و در بین تیمارهای گیاهان تله نیز، خردل سفید کمترین آلودگی را به مجموع لارو و شفیره بید کلم در کل فصل نشان می‌دهد (شکل 3). نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، تفاوت معنی‌داری ($df = 18, z\text{-value} = 3.380, P < 0.001$) بین تیمارهای مختلف تله از نظر آلودگی گیاه اصلی به مجموع لارو و شفیره بید کلم وجود دارد. به طوری که از نظر میانگین مجموع شمار لارو و شفیره بید کلم در بوته گیاه اصلی، تیمار خردل سفید ($2/85 \pm 0/14$) کمترین و کلم پیچ ($6/23 \pm 0/37$) بیشترین میزان آلودگی را به خود اختصاص دادند و تیمارهای شلغم ($4/03 \pm 0/27$)، ترب سیاه ($4/13 \pm 0/21$)، کلم چینی ($4/15 \pm 0/26$) و مخلوط ($4/25 \pm 0/31$) همگی در یک گروه حد واسط قرار گرفتند (شکل 4).

یک همبستگی منفی و معنی‌دار ($t_{34} = -4.6092, P < 0.001$) بین مجموع داده‌های لاروی و شفیرگی روی گیاه اصلی (y) و داده‌های حشرات کامل بید کلم روی گیاهان تله (x) با ضریب همبستگی $-0/62$ (فاصله اطمینان 95% بین $-0/79$ و $-0/37$) به دست آمد (شکل 5). بهترین مدل برازش‌شده، مدل لگاریتمی - خطی (Log-linear model) با



شکل 3- روند مجموع جمعیت لارو و شفیره بید کلم روی گیاه اصلی در طول فصل رشد.

Fig. 3- Population trend of the sum of *P. xylostella* larvae and pupae on the main crop during the growing season.



شکل 4- میانگین هفتگی مجموع جمعیت لارو و شفیره بید کلم روی گیاه اصلی.

Fig. 4- Weekly mean population of sum of *P. xylostella* larvae and pupa on the main crop.

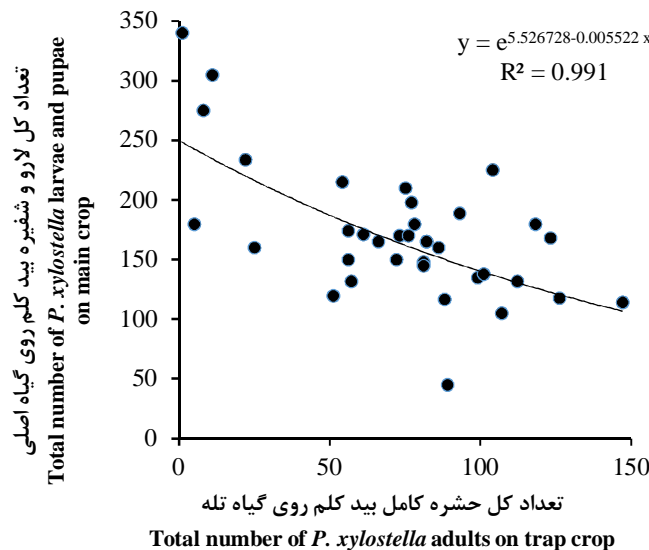
(تماسی و دیداری) برای جلب حشرات به سوی گیاهان معین دارای اهمیت ویژه‌ای است. از سویی، کیفیت گیاه تله در جذاب بودن آن به عنوان منبع غذایی یا محل تخمگذاری

حشرات بر پایه یک سری سازوکارهای پایه گیاهان تله را شناسایی و به میزبان‌های دیگر ترجیح می‌دهند. در این زمینه، مواد شیمیایی (بوایی و چشایی) و یا فیزیکی

تخمگذاری برای حشرات اختصاصی را شامل می‌شوند (Karimzadeh, 2005).

گلوکوزینولات‌ها و گلوکوزیدها بترتیب بعنوان محرک تخم-گذاری و تغذیه برای بید کلم شناخته شده‌اند (Talekar and Shelton, 1993). بید کلم برای شناسایی گیاهان میزبان برای تخم‌گذاری به شدت به گلوکوزینولات‌ها وابسته است (Reed *et al.*, 1989). در این رابطه، ال ایزوتیوسیانات یک ماده ثانویه فرار بوده که بید کلم را به گیاه میزبان جلب می‌کند. افزون بر این، مقدار بهینه ال ایزوتیوسیانات که به‌طورعموم برای بیشتر گیاهخواران غیراختصاصی یک ماده بازدارنده است برای بید کلم به عنوان یک محرک تخمگذاری عمل می‌کند (Karimzadeh, 2005). گلوکوزیدهای سینیگرین (sinigrin)، سینالبین (sinalbin) و گلوکوکیرولین (glucocheirolin) به عنوان محرک اختصاصی تغذیه بیدکلم گزارش شده اند (Talekar and Shelton, 1993). بذر خردل سفید حاوی سینالبین (4-hydroxybenzyl glucosinolate) می‌باشد (Bodnaryk, 1991; Reed *et al.*, 1989; Fahey *et al.*, 2001). به جز ال ایزوتیوسیانات، سینالبین نیز به عنوان محرک تخمگذاری برای بید کلم گزارش شده است (Reed *et al.*, 1989).

در مقایسه با گیاه اصلی تعیین کننده می باشد (Badenes- *et al.*, 2004). بنابراین، نخستین شرط کاشت گیاه تله ترجیح آفت برای تخمگذاری روی آن می‌باشد. در این بررسی، همه‌ی گیاهان تله استفاده شده از نظر جلب حشره کامل بید کلم در مقایسه با تیمار شاهد بهتر عمل کردند. افزون بر این، خردل سفید بهترین عملکرد را در این زمینه نشان داد. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که میزان بالای جلب‌کنندگی در گیاهان خانواده چلیپائیان به‌طورعمده ناشی از مواد شیمیایی از جمله گلوکوزینولات‌ها (متابولیت‌های ثانویه حاوی گوگرد) می‌باشد. گلوکوزینولات‌ها و متابولیت‌های آنها بازدارنده‌های موثری برای حشرات غیراختصاصی هستند. درحالی‌که، این ترکیب‌ها برای انتخاب میزبان حشرات اختصاصی، حیاتی هستند. گلوکوزینولات‌ها ترکیب‌هایی مشتق از اسید آمینه‌اند که در واکنش‌های یاخته‌های گیاهی ذخیره شده‌اند و تا هنگامی که دست نخورده‌اند فعالیت زیستی محدودی دارند. ولی بدن‌بال آسیب به بافت‌های گیاه و در معرض آنزیم مایروزیناز (myrosinase) موجود در گیاه آبکافت (هیدرولیز) شده و مجموعه پیچیده‌ای از فرآورده‌هایی چون تیوسیانات‌ها، ایزوتیوسیانات‌ها و نیتریل‌ها را تولید می‌کنند. این فرآورده‌های تولیدی فعالیت زیستی گوناگونی دارند که از بازدارندگی تغذیه برای حشرات غیر اختصاصی تا محرک



شکل 5- رابطه بین جمعیت لارو و شفیره بید کلم روی محصول اصلی و جمعیت حشره کامل بید کلم روی گیاه تله.
Fig. 5- Correlation between the population of *P. xylostella* larvae and pupae on the main crop and the population of *P. xylostella* adults on the trap crop.

and Shelton, 1993). سودمندی خردل سفید به عنوان گیاه تله علیه بید کلم در کلم بروکسل (de Groot et al., 2005) و کلم گل (George et al., 2009) نیز به اثبات رسیده است.

نتیجه‌گیری

ارزش اقتصادی بالای گیاهان خانواده چلیپائیان و کشت وسیع این گیاهان در ایران، طغیان بیدکلم در سال‌های اخیر و کارایی نداشتن حشره‌کش‌های شیمیایی در کنترل این آفت و همچنین تاکید بر مبارزه غیرشیمیایی (به علت باقی‌مانده سموم در این گیاهان که به صورت تازه‌خوری مصرف می‌شوند) اهمیت مدیریت بوم‌شناختی بید کلم را دوچندان ساخته است. نتایج این بررسی نشان داد که گیاهان تله کارایی چشمگیری در کاهش آلودگی کشتزارهای کلم‌پیچ به بید کلم دارند. در این میان، خردل سفید بهترین کارایی و عملکرد را در بین گیاهان تله داشت. استفاده از گیاهان تله یک روش زراعی و بوم‌شناختی می‌باشد که به طور موثری می‌تواند کاربرد حشره‌کش‌ها را به صفر برساند زیرا لاروهای بیدکلم باقی‌مانده روی گیاه تله به شدت انگلی خواهد شد. در این بررسی، امکان کشت گیاهان تله به‌عنوان مولفه‌ای در برنامه‌های مدیریت بوم‌شناختی بید کلم در کشتزارهای کلم‌پیچ ایران به اثبات رسید. در واقع، استفاده از گیاهان تله‌ای چون خردل سفید در کشت کلم-پیچ و کلم گل می‌تواند به‌عنوان راهکار جدید و موثر در مدیریت بید کلم به تنهایی و یا با تلفیق با راهبردهای پایدار دیگر (هم‌چون، به‌کارگیری انگل‌واره بومی *Cotesia vestalis* و زیست‌آفت‌کش میکروبی *Bt*) معرفی شود. در این رابطه، لحاظ کردن آستانه زیان اقتصادی در مدیریت آفت و تاکید بر مبانی زیست محیطی و بهداشتی می‌تواند راه‌گشای اجرای مدیریت بوم‌شناختی بید کلم در ایران باشد.

امروزه در کشاورزی مرسوم تلاش‌های بسیاری صورت می‌گیرد تا کمیت و کیفیت برداشت افزایش یابد درحالی‌که این تلاش‌ها مغایر فرایندهای بوم‌شناختی‌اند. شیوه بوم-شناختی مدیریت آفات سعی بر این دارد که با مدیریت فرایندهای بوم‌شناختی همان هدف‌های تولید بیشتر و بهتر را برآورده سازد. این شیوه نه تنها با محیط سازگارتر است بلکه به ورودی انرژی و منابع کمتری نسبت به مدیریت کنونی آفات نیاز دارد. مسئله اساسی در این شیوه، اجرای دقیق برنامه‌های گیاه پزشکی‌ای است که در هماهنگی با طبیعت باشند. این راهبرد جدید همه روش‌هایی را که توازن بوم‌شناختی طبیعت را بهم بزنند رد می‌کند. بنابراین، حتی آفت‌کش‌های جدید که دارای خواصی چون سمیت پایین، انتخابی برای دشمنان طبیعی و تاثیر سریع روی هدف هستند مورد پذیرش نیستند. عامل‌های کنترل بیولوژیک نیز، به‌ویژه در رهاسازی اشباعی، می‌توانند برای تعادل طبیعی مضر باشند. مدیریت اکولوژیک آفات بقیه روش‌های گیاه‌پزشکی را به شرط بی‌خطر بودن برای محیط می‌پذیرد (Karimzadeh and Farazmand, 2011). پیش از ظهور حشره‌کش‌های مدرن آلی، کشت نواری گیاهانی با اهمیت اقتصادی پایین‌تر و ارجحیت بالا برای بید کلم در بین کشتزارهای تجاری گیاهان خانواده چلیپائیان عمومیت داشت. این گیاهان تله، بید کلم را به خود جلب می‌کردند به‌طوری‌که این آفت به گیاه اصلی حمله نمی‌کرد. امروزه نیز که استفاده از حشره‌کش‌های مدرن بدلیل مقاومت به حشره‌کش‌ها محدود شده است استفاده از گیاهان تله به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه جایگزین واقعی تری به‌نظر می‌رسد. استفاده از گیاهان تله به طور موثر می‌تواند کاربرد حشره‌کش‌ها را به صفر برساند زیرا لاروهای بید کلم باقی‌مانده روی گیاه تله به شدت انگلی خواهد شد. استفاده از خردل سفید به عنوان گیاه تله علیه بید کلم حتی پیش از ظهور حشره‌کش‌های مدرن آلی رواج داشته است (Talekar

منابع

- Afiunizadeh, M. and Karimzadeh, J., 2015. Assessment of naturally-occurring parasitism of diamondback moth in field using recruitment method. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 48, 43-49.
- Agerbirk, N., Olsen, C.E., Bibby, B.O.M., Frandsen, H.O., Brown, L.D., Nielsen, J.K. and Renwick, J.A.A., 2003. A saponin correlated with variable resistance of *Barbarea vulgaris* to the diamondback moth *Plutella xylostella*. Journal of Chemical Ecology. 29, 1417-1433.
- Åsman, K., 2002. Trap cropping effect on oviposition behaviour of the leek moth *Acrolepiopsis assectella* and the diamondback moth *Plutella xylostella*.

- Entomologia Experimentalis et Applicata. 105, 153-164.
- Badenes-Perez, F.R., Nault, B.A. and Shelton, A.M., 2005a. Manipulating the attractiveness and suitability of hosts for diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*. 98, 836-844.
- Badenes-Perez, F.R., Shelton, A.M. and Nault, B.A., 2004. Evaluating trap crops for diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*. 97, 1365-1372.
- Badenes-Perez, F.R., Shelton, A.M. and Nault, B.A., 2005b. Using yellow rocket as a trap crop for diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*. 98, 884-890.
- Bodnaryk, R.P., 1991. Developmental profile of sinalbin (p-hydroxybenzyl glucosinolate) in mustard seedlings, *Sinapis alba* L., and its relationship to insect resistance. *Journal of Chemical Ecology*. 17, 1543-1556.
- Charleston, D.S. and Kfir, R., 2000. The possibility of using Indian mustard, *Brassica juncea*, as a trap crop for the diamondback moth, *Plutella xylostella*, in South Africa. *Crop Protection*. 19, 455-460.
- Crawley, M.J., 2013. *The R Book*. Wiley, Chichester, UK.
- Fahey, J.W., Zalcmann, A.T. and Talalay, P., 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*. 56, 5-51.
- Furlong, M.J., Wright, D.J. and Dossdall, L.M., 2013. Diamondback moth ecology and management: Problems, progress, and prospects. *Annual Review of Entomology*. 58, 517-541.
- George, D.R., Collier, R. and Port, G., 2009. Testing and improving the effectiveness of trap crops for management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.): A laboratory-based study. *Pest Management Science*. 65, 1219-1227.
- de Groot, M., Winkler, K. and Potting, R..P.J., 2005. Testing the potential of white mustard (*Sinapis alba*) and sweet alyssum (*Lobularia maritima*) as trap crops for the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting*. 16, 117-123.
- Hokkanen, H.M.T., 1991. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*. 36, 119-138.
- Idris, A.B. and Grafius, E., 1996. Effects of wild and cultivated host plants on oviposition, survival and development of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology*. 25, 825-833.
- Jankowska, B., 2010. Effect of intercropping white cabbage with French marigold (*Tagetes patula nana*) and pot marigold (*Calendula officinalis*) on diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) population density and its parasitoid complex. *Vegetable Crops Research Bulletin*. 73, 107-117.
- Jankowska, B., Poniedzialek, M. and Jędrszczyk, E., 2009. Effect of intercropping white cabbage with French marigold (*Tagetes patula nana* L.) and pot marigold (*Calendula officinalis* L.) on the colonization of plants by pest insects. *Folia Horticulturae*. 21, 95-103.
- Karimzadeh, J., 2005. Studies on tritrophic interactions between crucifers, the diamondback moth and an endolarval parasitoid. Ph.D. Thesis. University of London, London, UK.
- Karimzadeh, J. and Farazmand, H., 2011. Ecological pest management. *Zeytoon*. 31, 11-16. (In Persian with English abstract).
- Lu, J.H., Liu, S.S. and Shelton, A.M., 2004. Laboratory evaluations of a wild crucifer *Barbarea vulgaris* as a management tool for the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Bulletin of Entomological Research*. 94, 509-516.
- Mitchell, E.R., Hu, G. and Johanowicz, D., 2000. Management of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in cabbage using collard as a trap crop. *HortScience*. 35, 875-879.
- Møldrup, M.E., Geu-Flores, F., de Vos, M., Olsen, C.E., Sun, J., Jander, G. and Halkier, B.A., 2012. Engineering of benzylglucosinolate in tobacco provides proof-of-concept for dead-end trap crops genetically modified to attract *Plutella xylostella* (diamondback moth). *Plant Biotechnology Journal*. 10, 435-442.
- Muniappan, R., Cruz, J. and Bamba, J., 2001. Trap crops for diamondback moth and other crucifer pests in Guam. In *Proceedings of the 4th International Workshop on the Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests, 26th-29th November, Melbourne, Australia*. pp. 141-146.
- Musser, F.R., Nault, B.A., Nyrop, J.P. and Shelton, A.M., 2005. Impact of a glossy collard trap crop on diamondback moth adult movement, oviposition and larval survival. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 117, 71-81.
- Reed, D.W., Pivnick, K.A. and Underhill, E.W., 1989. Identification of chemical imposition stimulants for the diamondback moth, *Plutella xylostella*, present in three species of Brassicaceae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 53, 277-286.

- Shelton, A.M. and Badenes-Perez, F.R., 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. Annual Review of Entomology. 51, 285-308.
- Shelton, A.M., Hatch, S.L., Zhao, J.Z., Chen, M., Earle, E.D. and Cao, J., 2008. Suppression of diamondback moth using Bt-transgenic plants as a trap crop. Crop Protection. 27, 403-409.
- Shelton, A.M. and Nault, B.A., 2004. Dead-end trap cropping: A technique to improve management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Crop Protection. 23, 497-503.
- Sivapragasam, A., Loke, W.H., Hussan, A.K. and Lim, G.S., 1997. Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Srinivasan, K. and Krishna Moorthy, P.N., 1991. Indian mustard as a trap crop for management of major lepidopterous pests on cabbage. Tropical Pest Management. 37, 26-32.
- Srinivasan, K. and Krishna Moorthy, P.N., 1992. Development and adoption of integrated pest management for major pests of cabbage using Indian mustard as a trap crop. In Proceedings of the 2nd International Workshop on the Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests, 10th-14th December, Tainan, Taiwan. pp. 511-521.
- Talekar, N.S. and Shelton, A.M., 1993. Biology, ecology and management of the diamondback moth. Annual Review of Entomology. 38, 275-301.

Ecological management of the diamondback moth (*Plutella xylostella* (L.)) using trap cropping strategy

Javad Karimzadeh* and Mohammad Hassan Besharatnejad

Department of Plant Protection, Isfahan Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran.

*Corresponding author: jkesfahani@gmail.com

Received: 2015.11.10

Accepted: 2016.07.05

Karimzadeh, J. and Besharatnejad, M. H., 2016. Ecological management of the diamondback moth (*Plutella xylostella* (L.)) using trap cropping strategy. *Journal of Agroecology*. 6 (2), 212-224.

Introduction: In recent years, the diamondback moth (*Plutella xylostella*) has shown some outbreaks in Iran (Afionizadeh and Karimzadeh, 2015). Due to the development of insecticide resistance in *P. xylostella* populations and high insecticide residue on the crops, the alternative, ecological and sustainable pest management strategies are urgently needed (Talekar and Shelton, 1993). Cultural control is simple, applied and compatible with other ecological methods, and hence, it can be used in integrated pest management. Trap cropping is a cultural and ecological pest management strategy that has been increasingly used in recent years (Shelton and Badenes-Perez, 2006). The present study aimed to examine an ecological management of *P. xylostella* using native plants as trap crops in common cabbage.

Materials and methods: For this purpose, an experiment with six treatments was performed in a 0.5-ha field of common cabbage located in Falavarjan (Isfahan province, central Iran). In each 100-m² plot, the first two rows were planted with a trap crop, including Chinese cabbage, white mustard, turnip, black radish, and a mixture of all mentioned trap crops. Common cabbage was considered as the control. The treatments were replicated four times in a randomized complete block design. Random sampling was performed fortnightly from transplantation to harvest on 10 plants of main crop (common cabbage) per plot looking for *P. xylostella* larvae and pupae, and on 3 plants of trap crop per plot looking for *P. xylostella* adults.

Results and discussion: The experiments indicated that there was a significant difference between trap crops for attracting *P. xylostella* adults. In this regard, the highest and lowest mean number of *P. xylostella* adults were observed on white mustard (9.07 ± 0.27 per plant) and control (1.00 ± 0.05 per plant), respectively. A moderate attractiveness for *P. xylostella* adults was recorded on mixture (7.11 ± 0.35 per plant), Chinese cabbage (6.86 ± 0.47 per plant), black radish (6.50 ± 0.32 per plant) and turnip (6.17 ± 0.41 per plant). In addition, main crop infestations to *P. xylostella* larvae and pupae varied significantly between treatments; the mean number of sum of *P. xylostella* larvae and pupae on main crop was lowest on white mustard treatment (2.85 ± 0.14 per plant) and highest on control (6.23 ± 0.37 per plant). Other treatments showed an intermediate level of infestation to *P. xylostella*, as the mean number of sum of *P. xylostella* larvae and pupae on main crop were 4.03 ± 0.27 , 4.13 ± 0.21 , 4.15 ± 0.26 and 4.25 ± 0.31 per plant for turnip, black radish, Chinese cabbage and mixture treatments, respectively. Moreover, there was a significant correlation between the infestation of main crop (the mean number of sum of *P. xylostella* larvae and pupae on main crop) and attractiveness of trap crops (the mean number of *P. xylostella* adults on trap crop) with a coefficient of -0.62 (95% CI: -0.79 to -0.37). The present study showed that trap cropping could considerably reduce *P. xylostella* infestations in common cabbage. Among the tested trap crops, of course, white mustard showed the greatest efficiency; it was the most qualified trap crop for reducing *P. xylostella* populations and their damages to common cabbage in field.

Conclusion: Considering the great concerns on overuse of chemical insecticides, it is necessary to use the cultural procedures of pest management, such as trap cropping. Trap cropping provides a simple and applied tool, which is compatible with other ecological pest management strategies.

Keywords: Common cabbage, Cultural control, Pesticide use reduction, Sustainable pest management, White mustard.

References:

- Afiunizadeh, M. and Karimzadeh, J., 2015. Assessment of naturally-occurring parasitism of diamondback moth in field using recruitment method. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 48, 43-49.
- Shelton, A.M. and Badenes-Perez, F.R., 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*. 51, 285-308.
- Talekar, N.S. and Shelton, A.M., 1993. Biology, ecology and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology*. 38, 275-301.