

تأثیر سطوح مختلف اسیدیته آب دیونیزه و استاندارد بر کارایی سه حشره کش روی سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci*

سمیه رنجبر^۱، حسین اللهیاری^{۲*}، خلیل طالبی^۳، احمد حیدری^۴
۱، ۲ و ۳، به ترتیب، دانشجوی دکتری و استادان گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴، دانشیار بخش تحقیقات آفت‌کش‌ها، موسسه گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۹/۰۸/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۱)

چکیده

اسیدیته آب یک ویژگی مهم است که می‌تواند بر کارایی آفت‌کش‌ها تأثیر بگذارد. اسیدیته اسیدی یا قلیایی آب روی حلالیت، جذب، فعالیت زیستی یا هیدرولیز ملکول آفت‌کش اثر منفی دارد. اثر اسیدیته آب بر کارایی حشره‌کش‌ها در کنترل پوره سن دوم سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci* با استفاده از روش غوطه‌وری برگ تعیین شد. آزمایش با آب دیونیزه و استاندارد در چهار سطح اسیدیته ۴، ۶، ۷ و ۹ و سه حشره‌کش مالاتیون، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن انجام شد. بر اساس مقادیر LC_{50} برآورد شده بین سمیت حشره‌کش‌ها در سطوح مختلف اسیدیته آب اختلاف معنی‌داری وجود داشت. کارایی آفت‌کش‌ها در اسیدیته ۹ در مقایسه با ۶ و ۷ کمتر بود. نسبت دز کشنده LC_{50} آب استاندارد به آب دیونیزه برای مالاتیون در اسیدیته ۶ و استامی‌پرید و اسپیرومسیفن در اسیدیته ۷ تفاوت معنی‌دار آماری داشت. به عبارتی سمیت حشره‌کش‌ها در این اسیدیته‌ها، تحت تأثیر نوع آب قرار گرفت. عملکرد مالاتیون در اسیدیته ۶ آب دیونیزه ۲/۸۲ بار بیشتر از آب استاندارد در همین سطح اسیدیته بود. برای استامی‌پرید در اسیدیته ۷ آب دیونیزه، سمیت ۲/۵۵ برابر بیشتر از آب استاندارد مشاهده شد. نتایج همچنین مشخص نمود اسپیرومسیفن در آب دیونیزه با اسیدیته ۷ و ۶ به ترتیب ۲/۱ و ۱/۸۵ بار عملکرد بهتری در مقایسه با همین سطوح اسیدیته در آب استاندارد نشان داده است. نتایج کلی نشان داد آفت‌کش‌های مورد آزمایش در یک اسیدیته مشخص عملکرد مطلوب‌تری روی سفیدبالک پنبه داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: ویژگی کیفی، اسیدیته، آب دیونیزه و استاندارد، نسبت دز کشنده.

The effect of different pH levels of deionized and standard water on the efficacy of three insecticides on *Bemisia tabaci*

Somayeh Ranjbar¹, Hossein Allahyari^{2*}, Khalil Talebi Jahromi³, Ahmad Heidari⁴

1, 2, 3, Ph. D. Candidate, Professors, Department of Plant Protection, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4. Associate Professor, Department of Pesticide Researches, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran.

(Received: October 31, 2020 - Accepted: May 11, 2021)

ABSTRACT

Water acidity is an important property that can influence the performance of pesticides. Acidic or alkaline water pH can negatively influence the solubility, uptake, biological activity and hydrolysis of the pesticide molecule. The effect of water pH on the efficacy of insecticides on second instar nymph of *Bemisia tabaci* was determined by leaf dip method. The experiment was conducted with deionized and standard water at 4 pH levels 4, 6, 7, 9 and three insecticides as malathion, acetamiprid and spiromesifen. Based on LC_{50} values, there was a significant difference between the toxicity of insecticides at different pH levels. All pesticides were less effective at pH 9 compared to other pH levels. The lethal dose ratio LC_{50} of standard to deionized water for malathion at pH 6, acetamiprid and spiromesifen at pH 7 was statistically different. The toxicity of insecticides was affected by water type at the mentioned pH levels. Malathion performance in deionized water at pH 6 was 2.82 times higher than standard at the same pH. For acetamiprid was observed that toxicity in deionized water at pH 7 was 2.55 fold more than standard. The results also revealed that spiromesifen in deionized water with pH 7 and 6 has exhibited 2.1 and 1.85 times better efficacy compared to the same pH levels in standard D. Overall, this study showed that experimental insecticides in a specific pH have a relevant effect on *Bemisia tabaci*.

Keyword: water quality factor, pH, deionized and standard water, lethal dose ratio.

* Corresponding author E-mail: allahyar@ut.ac.ir

مقدمه

آب رایج‌ترین حلال مورد استفاده برای کاربرد آفت‌کش‌ها است. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب می‌تواند بر شاخص‌های کیفی و در نتیجه کارایی انواع آفت‌کش‌ها موثر باشد. از مهم‌ترین این خصوصیات می‌توان به اسیدیته، سختی، تیرگی و هدایت الکتریکی اشاره کرد. اسیدیته به صورت غلظت یون هیدروژن در آب بیان می‌شود (Matson, 1995). بسیاری از ترکیبات آفت‌کش اسید یا باز ضعیف هستند، که در محلول آبی تفکیک می‌شوند. میزان تفکیک آن‌ها به ثابت تفکیک و اسیدیته آب بستگی دارد. این موضوع در سم‌شناسی اهمیت دارد زیرا گونه ملکولی و یونی از نظر قطبی بودن با هم اختلاف دارند، بنابراین، از نظر ورود به داخل بدن موجودات زنده متفاوت هستند. گونه ملکولی بیشتر از یونی از غشاء فسفولیپیدی جلد بدن حشرات عبور می‌کند (Talebi Jahromi, 2011). اسیدیته آب بار الکتریکی ملکول آفت‌کش و در نتیجه توانایی نفوذ ترکیب سمی در کوتیکول برگ و رسیدن به جایگاه اثر را تغییر می‌دهد (Fishel and Ferrell, 2010). برخی آفت‌کش‌ها در محیط قلیایی آب هیدرولیز می‌شوند. در این پدیده ملکول آفت‌کش تجزیه شده و عملاً روی موجود هدف بی‌تاثیر می‌شود. همچنین در جذب و انتقال ماده سمی در گیاه نیز اختلال ایجاد می‌کند (Dyguda Kazimierowicz et al., 2014). سرعت عمل هیدرولیز به ماهیت شیمیایی آفت‌کش، pH و درجه حرارت محلول سمی و مدت زمان تماس آفت‌کش با آب بستگی دارد. (Riden and Richards, 2013). ترکیبات حشره‌کش بویژه گروه‌های فسفره آلی و کاربامات در مقایسه با قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها بیشتر مستعد هیدرولیز قلیایی هستند (Mckie, 2014). هیدرولیز آفت‌کش‌ها در محیط قلیایی آب سرعت بیشتری در مقایسه با آب اسیدی دارد. به این دلیل که قدرت حمله‌ی آنیون OH⁻ به عنوان یک عامل هسته دوست به فسفر مرکزی در ترکیبات فسفره و باند دوگانه C=N در استامی‌پرید در مقایسه با یون هیدرونیوم (H₃O⁺) بیشتر است و فعال‌شدن این واکنش‌ها به مقدار انرژی کمتری نیاز

دارد (Kazimierowicz et al., 2014; Todey et al., 2018) (Dyguda 2018) گزارش‌های متعددی در مورد تاثیر منفی اسیدیته قلیایی یا اسیدی آب بر عملکرد آفت‌کش‌ها وجود دارد (Nalewaja and Matysiak, 1991; Whitford, 2009; Devkota et al., 2016). کارایی علف‌کش سافلوفناسیل تحت تاثیر اسیدیته آب قرار گرفت. بطوریکه این علف‌کش در اسیدیته ۷/۷ و ۴ به ترتیب موجب کنترل ۷۱ و ۱۵ درصدی علف هرز lambsquarters شد (Roskamp et al., 2013). در مطالعه دیگر علف‌کش توفوردی به همراه گلایفوسیت در آب با اسیدیته ۴، پنج درصد کنترل بیشتری روی علف‌های هرز در مقایسه با pH ۹ داشت (Devkota, 2019) and Johnson, 2019) در مطالعه‌ای مشخص گردید اسیدیته آب می‌تواند بر سمیت حشره‌کش‌های پنتاکلرفلن، آلدیکارب و بنزن هگزاکلراید روی لارو *Chironomus riparius* اثر بگذارد. افزایش اسیدیته و درجه حرارت منجر به کاهش عملکرد حشره‌کش‌ها شد (Fisher, 1991). محققین گزارش کردند هیدرولیز مالاتیون در اسیدیته قلیایی (۹) از طریق شکسته شدن باند P-S اتفاق افتاده‌است. ساختار گروه واردشونده روی مکانیسم تجزیه ترکیبات ارگانوتیوسفات اثر داشته است (Dyguda Kazimierowicz et al., 2014). در تحقیق دیگر نتیجه گیری شد مسیر غالب تجزیه مالاتیون، هیدرولیز قلیایی است. بطوریکه این آفت‌کش در آب با اسیدیته ۸ سریع‌تر از محلول اسیدی (اسیدیته ۴) تجزیه شده است، ضمن اینکه درجه حرارت بر سرعت واکنش تاثیر داشت (Wolfe et al., 1977). تحقیقات نشان داد در محیط آبی، واکنش استامی‌پرید با یون هیدروکسیل با سهولت بیشتری در مقایسه با یون هیدرونیوم و ملکول آب صورت گرفته است (Huan et al., 2016). همچنین محققین دیگر گزارش کردند استامی‌پرید مسیر اصلی هیدرولیز را بوسیله واکنش با یون هیدروکسیل در آب با pH ۹ و ۱۰ طی می‌کند. سرعت واکنش ترکیبات نئونیکوتنوئید با یون هیدروژن در اسیدیته ۴ آب پایین‌تر از یون هیدروکسید در محیط قلیایی بوده است (Todey et al., 2018).

انجمن بین المللی تجزیه و تحلیل آفت‌کش‌ها^۱، مرجع آزمون‌های استاندارد برای کنترل شاخص‌های کیفی فرمولاسیون آفت‌کش‌هاست. آب استاندارد طبق دستورالعمل ارائه شده توسط سپیک تهیه می‌شود. این نمونه آب سختی ۳۴۲ پی‌پی‌ام داشته و از نظر سپیک استاندارد درجه D محسوب می‌شود. این سطح از سختی آب اثر منفی بر فرمولاسیون آفت‌کش‌ها نداشته و می‌تواند در آزمایش‌های سم‌شناسی که هدف حذف عامل سختی آب بر کارکرد آفت‌کش‌ها است، مورد استفاده قرار گیرد (Cipac, 2016). از آنجائیکه اطلاعات محدودی در زمینه‌ی تاثیر اسیدیته آب بر عملکرد حشره‌کش‌ها روی سفیدبالک پنبه وجود دارد. در این تحقیق از دو نمونه آب استاندارد درجه D و آب دیونیزه (آبی که تمامی یون‌های آن حذف شده‌است) به عنوان حلال برای زیست سنجی، با اهداف زیر استفاده گردید.

۱) بررسی تاثیر سطوح مختلف اسیدیته دو نوع آب بر کارایی حشره‌کش‌های آزمایشی روی پوره سن دوم سفیدبالک پنبه (۲) مقایسه‌ی اثر دو نمونه‌ی آب با اسیدیته متفاوت بر حشره‌کش‌ها

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و مقایسه تاثیر اسیدیته آب دیونیزه و استاندارد بر کارکرد حشره‌کش‌های مورد نظر روی سفیدبالک پنبه، آزمایش‌های زیست سنجی در آزمایشگاه تحقیقاتی بخش گیاهپزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی جنوب کرمان در سال ۱۳۹۸ انجام شد.

کشت خیار و پرورش حشرات

بذر گیاه خیار گلخانه‌ای *Cucumis sativus* L. هیبرید واریته امپراطور (شرکت Seminis) تهیه و به مدت سه روز خیس‌انده شد. سپس داخل گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۵ و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر که با مخلوط پرلیت و کوکوپیت (۲:۳) پر شده بود، کشت و در

سفیدبالک پنبه (Hemiptera: Gennadius) (*Bemisia tabaci* Aleyrodidae) یکی از مهم‌ترین آفات محصولات کشاورزی دنیا است، که در مقایسه با سایر سفیدبالک‌ها از نظر اقتصادی و انتقال بیماری‌های ویروسی حائز اهمیت بیشتری است (MC Kenzie *et al.*, 2014). سطح زیرکشت قابل توجه انواع محصولات جالیزی در مناطق جنوبی استان کرمان همچنین مساعدبودن درجه حرارت و رطوبت در محیط گلخانه، منجر به افزایش جمعیت این حشره و خسارت اقتصادی به کشاورزان شده است (Azadvar, 2015). در حال حاضر از روش شیمیایی بیشتر از سایر روش‌ها برای کنترل سفیدبالک استفاده می‌شود. به علت استقرار مراحل رشدی این حشره در سطح زیرین برگ، عدم تغذیه در مرحله شفیرگی، وجود لایه مومی روی برخی مراحل، تولید عسلک فراوان، تعدد نسل و دوره زندگی کوتاه، حشره‌کش‌ها کارایی لازم در کاهش جمعیت این آفت را ندارند (Kachilli, 2005). عواملی مانند انتخاب نادرست آفت‌کش، غلظت نامناسب، اختلاط سموم، عدم تشخیص زمان مناسب سمپاشی و شرایط نامساعد جوی در زمان سمپاشی موجب کاهش تاثیر آفت‌کش‌ها شده است. اما موضوع مهمی که اغلب نادیده گرفته می‌شود، بررسی تاثیر کیفیت آب محلول بر میزان اثربخشی آفت‌کش‌ها است (Fishel and Ferrell, 2010). پایش آب کشاورزی نواحی جنوبی استان کرمان نشان داد افزایش املاح و نمک‌های معدنی، منجر به بالا رفتن سختی، اسیدیته و هدایت الکتریکی آب شده است. بروز خشکسالی‌های مکرر و تغییرات اقلیم و به تبع آن پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی در بروز این پدیده تاثیرگذار بوده است (Basirat *et al.*, 2007; Sabah *et al.*, 2017). Heidari *et al.*, 2019 تغییر ویژگی‌های کیفی آب محلول می‌تواند یکی از عوامل کاهش کارایی آفت‌کش‌ها در این مناطق باشد. اسیدی یا قلیایی بودن بیش از حد آب موجب کاهش میزان تاثیر آفت‌کش از طریق تغییر در پایداری، حلالیت، تشکیل رسوب و عدم رسیدن به محل تاثیر شده و منجر به تکرار عملیات سمپاشی شود (Whitford, 2009).

1 Collaborative International Pesticides Analytical Council (CIPAC)

از حشره‌کش‌های مذکور در آب دیونیزه و آب استاندارد درجه D در ۴ سطح اسیدیته به عنوان حلال برای آزمایش زیست‌سنجی استفاده گردید.

آب استاندارد

برای تهیه آب استاندارد، از دستورالعمل ارایه شده توسط انجمن بین‌المللی تجزیه و تحلیل آفت‌کش‌ها (CIPAC Handbook F, MT 18.1, p:59) استفاده گردید. طبق این روش ۰/۴۰۳ گرم کلرید کلسیم دوآبه ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) و ۰/۱۳۹ گرم کلرید منیزیم شش‌آبه ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) در یک بشر محتوی ۹۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته، هم زده، سپس به حجم یک لیتر رسانده شد. این نمونه آب سختی ۳۴۲ ppm دارد که از نظر فائو استاندارد محسوب می‌شود و سیپک آن را به عنوان استاندارد درجه D مشخص نموده است (Cipac, 2016).

تنظیم سطوح اسیدیته (pH) آب

در این آزمایش دو نوع آب دیونیزه و استاندارد (سختی ۳۴۲ درجه) با چهار سطح اسیدیته ۴، ۶، ۷ و ۹ تهیه شد. ترکیبات شیمیایی مصرفی شامل استات سدیم (CH_3COONa)، اسید استیک (CH_3COOH)، فسفات هیدروژن مونوبسیک (NaH_2PO_4) و فسفات هیدروژن دیبسیک (Na_2HPO_4) از شرکت Sigma-Aldrich، هیدروکسید سدیم (NaOH) و اسید فسفریک (H_3PO_4) از شرکت Merck خریداری شدند. جهت تنظیم اسیدیته آب به میزان ۴ و ۶ از بافر استات سدیم و اسید استیک در صورت لزوم هیدروکسید سدیم استفاده گردید. از بافر فسفات شامل فسفات هیدروژن مونوبسیک و در صورت نیاز هیدروکسید سدیم برای تنظیم اسیدیته ۷ و فسفات هیدروژن دیبسیک و اسید فسفریک برای اسیدیته ۹ استفاده گردید. اندازه‌گیری اسیدیته آب توسط دستگاه pH متر Consort مدل C3020-Belgium انجام شد.

آزمایش زیست‌سنجی

آزمون زیست‌سنجی با فرمولاسیون حشره‌کش‌های

محیط گلخانه شیشه‌ای با درجه حرارت 24 ± 1 سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد نگهداری شدند. گیاهان هر هفته با محلول کود ۲ درصد NPK (۲۰:۲۰:۲۰) تغذیه شدند. جمع‌آوری سفیدبالک پنبه به صورت جمع‌کردن حشره کامل توسط آسپیراتور از سطح بوته‌های آلوده خیار و برگ‌های آلوده به پوره‌های سنین بالا از گلخانه‌های خیار جنوب کرمان انجام شد. حشرات کامل به قفس‌هایی حاوی بوته‌های سالم خیار گلدانی منتقل شدند. برگ‌های حاوی پوره نیز به آزمایشگاه انتقال یافته و در ظروف یک بار مصرف روی بستری از آگار ۱/۵ درصد قرار گرفتند. بوته‌ها و برگ‌های خیار حاوی حشرات جمع‌آوری شده به اتاقک پرورش با دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ منتقل شدند. پرورش حشرات در آزمایشگاه تا ۵ نسل ادامه یافت.

هم‌سن‌سازی سفیدبالک پنبه

جهت انجام آزمایش زیست‌سنجی از حشرات هم‌سن سفیدبالک در مرحله پوره سن دوم استفاده گردید. هم‌سن‌سازی این حشره طبق روش ارایه شده توسط IRAC (2009) انجام شد. بر اساس این شیوه، پنج گیاه گلدانی در نظر گرفته، روی هر گیاه ۵۰ حشره بالغ نر و ماده جهت تخم‌گذاری رهاسازی شد. گلدان‌ها در قفس‌های جداگانه به ابعاد $40 \times 50 \times 70$ سانتیمتر که توسط توری پوشانده شده بودند، داخل اتاقک پرورش قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت حشرات بالغ روی بوته حذف شدند. ۹ روز پس از حذف حشرات کامل، از پوره‌های سفیدبالک به عنوان سن دوم برای آزمایش‌های زیست‌سنجی استفاده شد (IRAC, 2009).

حشره‌کش‌های مورد آزمایش

فرمولاسیون تجاری مالاتیون (EC, 57% شرکت سمیران، ایران)، استامپ‌پرید (SP, 20% شرکت گیاه، ایران) و اسپیرومسیفن، SC (24% شرکت بایر، آلمان) برای انجام این تحقیق استفاده شد. محلول تهیه شده

et al., 2003)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های آزمایش زیست‌سنجی توسط نرم افزار (LeOra Software Company, POLO-Plus Version 2.0) تجزیه پروبیت شدند. عوامل مربوط به خطوط غلظت-پاسخ محاسبه گردید. نسبت دز کشنده برای تعیین اختلاف آماری بین مقادیر LC_{50} استفاده گردید. به این ترتیب نسبت مقادیر LC_{50} حشره‌کش‌ها در سطوح مختلف اسیدیته یا نسبت LC_{50} حشره‌کش در یک سطح اسیدیته در دو نوع آب محاسبه شد. این مقدار معنی‌دار در نظر گرفته شد، اگر فواصل اطمینان ۹۵ درصد شامل عدد یک نبود (Hosseinaveh and Ghadamyari, 2013; Robertson *et al.*, 2007) نمودار خطوط غلظت-پاسخ توسط نرم افزار POLO-Plus و سایر بوسیله Sigma (Systat software Inc) plot رسم شدند.

نتایج

آزمایش زیست‌سنجی

نتایج تجزیه پروبیت داده‌های آزمایش تاثیر سطوح مختلف اسیدیته دو نوع آب دیونیزه و آب استاندارد بر کارایی سه حشره‌کش آزمایشی روی پوره سن دوم سفیدبالک پنبه در جدول ۱ نشان داده شده است. بیشترین سمیت مالاتیون روی پورهی سن دوم سفیدبالک در آب دیونیزه با اسیدیته ۶ و ۷ به ترتیب با LC_{50} ppm ۴/۸۲ و ۷/۶۸ و در آب استاندارد با اسیدیته ۶ با مقدار LC_{50} ۱۳/۶۱ مشاهده شد. مالاتیون در هر دو نمونه آب با pH ۹ و ۴ در مقایسه با سایر سطوح اسیدیته عملکرد کمتری روی پوره سن دوم سفیدبالک داشت.

حشره‌کش استامی‌پرید در محلول آب دیونیزه با اسیدیته ۷ و ۶ به ترتیب با LC_{50} معادل ۴/۸۸ و ۸/۹۱ کارایی مطلوب‌تری روی این حشره نشان داد. عملکرد استامی‌پرید در آب استاندارد با اسیدیته ۷ (ppm ۱۲/۴۷ = LC_{50}) و سپس در اسیدیته ۶ (ppm ۱۶/۱۳ = LC_{50}) بهتر از دو سطح دیگر اسیدیته در

مالاتیون، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن رقیق‌شده در دو نمونه آب دیونیزه و آب استاندارد در سه تکرار، بلافاصله بعد از تهیه محلول هر حشره‌کش انجام گردید. آزمون مقدماتی یا براکتینگ به منظور تعیین دامنه تلفات ۷۵-۲۵ درصد در هر یک از نمونه‌های آب با حشره‌کش‌ها انجام شد. سپس توسط روابط لگاریتمی پنج غلظت نهایی بر اساس ماده فرموله شده، محاسبه شدند. محلول پایه با غلظت بالا تهیه و بعد سایر غلظت‌ها از محلول پایه و طبق رابطه $c_1v_1 = c_2v_2$ محاسبه و تهیه گردید (Talebi Jahromi, 2011). محلول نهایی حشره‌کش در آب حاوی غلظت ۰/۰۲ درصد ترایتون x-100 به عنوان سورفاکتانت غیر یونی بود. از روش غوطه‌وری برگ برای آزمایش زیست‌سنجی استفاده شد (Nauen *et al.*, 2008; Cuthbertson *et al.*, 2009; Yuxian *et al.*, 2011). این صورت که دیسک‌های برگی به قطر ۳ سانتیمتر از برگ خیار آلوده به پوره سن دو سفیدبالک تهیه گردید. به ازای هر برگ ۱۵ پوره در نظر گرفته و سایر مراحل رشدی در صورت وجود حذف شدند. دیسک‌های برگی حاوی پوره سن دو به مدت ۱۰ ثانیه در محلول آفت‌کش فرو برده شدند، سپس روی کاغذ صافی قرار گرفته تا خشک شوند. پس از آن دیسک‌های برگی داخل ظروف پتری به قطر ۶۰ میلی‌متر روی بستری از ژل آگار ۱/۵ درصد قرار داده شدند. برای ایجاد تهویه، روی درب پتری سوراخی که با توری پوشیده شده، تعبیه گردید. پس از انجام زیست‌سنجی پتری‌های تیمار شده به اتافک رشد با شرایط ذکر شده منتقل شدند. با توجه به نحوه‌ی تاثیر متفاوت حشره‌کش‌ها روی سفیدبالک، پاسخ حشرات تیمار شده به آن‌ها در دوره‌های زمانی متفاوت انجام گردید. به این ترتیب تیمارهای مالاتیون، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن ۲۴، ۷۲ و ۹۶ ساعت بعد از زیست‌سنجی بررسی شدند. تعداد حشرات مرده ثبت و در صورت نیاز درصد مرگ‌ومیر اصلاح شده توسط فرمول آبوت محاسبه گردید (Abbott, 1925). پوره‌هایی با بدن قهوه‌ای و خشک که با نزدیک کردن قلم موی نازک هیچ حرکتی نکردند، مرده محسوب شدند (Choi

همین آب بود. سمیت استامی پرید در pH معادل ۹ و ۴ در هر دو نوع آب دیونیزه و استاندارد کاهش یافت. حشره کش اسپیرومسیفن در آب دیونیزه با اسیدیته ۷ سمیت بیشتری روی پوره سن دوم سفیدبالک در مقایسه با محلول تهیه شده از همین حشره کش در سایر سطوح اسیدیته داشت. هر سه حشره کش در محلول تهیه شده از هر دو نوع آب با pH ۹ کارایی کمتری در مقایسه با pH ۴ نشان دادند (جدول ۱). شکل ۱ خطوط دز-پاسخ مربوط به حشره کش ها در اسیدیته متفاوت آب را نشان می دهد.

جدول ۱: مقادیر LC_{50} حشره کش ها در سطوح مختلف اسیدیته دو نوع آب روی پوره سن دوم سفیدبالک پنبه *B. tabaci*
Table 1. LC_{50} values of insecticides at different pH levels of two water samples on second instar nymph of *B. tabaci*

Insecticide	Water type	pH	LC_{50} (ppm)	(95%CL)	Slope (\pm SE)	χ^2 (df)	Heterogeneity Factor	
Malathion	DI	4	30.1	(5.51-42.21)	1.93(\pm 0.68)	1.01(13)	0.084	
		6	4.82	(0.47-8.48)	1.78(\pm 0.57)	3.27(13)	0.25	
		7	7.68	(1.09-12.53)	1.82(\pm 0.59)	2.3(13)	0.17	
	Sw	9	54.98	(22.32-67.48)	2.01(\pm 0.35)	1.77(13)	0.14	
		4	34.03	(6.22-47.64)	2.32(\pm 0.81)	2.59(13)	0.2	
		6	13.61	(3.76-19.07)	2.91(\pm 0.89)	2.88(13)	0.22	
		7	15.5	(3.5-22.23)	2.76(\pm 0.88)	1.78(13)	0.14	
		9	58.42	(22.96-72.43)	3.84(\pm 1.26)	2.54(13)	0.19	
		DI	4	36.3	(18.18-42.53)	5.5(\pm 0.8)	2.11(13)	0.16
Acetamiprid	DI	6	8.91	(2.32-12.3)	3.06(\pm 0.98)	2.55(13)	0.19	
		7	4.88	(0.31-8.08)	2.12(\pm 0.76)	2.7(13)	0.21	
		9	52.43	(27.16-60)	5.98(\pm 1.06)	1.48(13)	0.16	
	Sw	4	42.41	(20.05-49.42)	6.53(\pm 2.24)	1.75(13)	0.13	
		6	16.13	(7.38-19.86)	4.69(\pm 1.43)	2.38(13)	0.18	
		7	12.47	(5.77-15.64)	4.11(\pm 1.18)	2.25(13)	0.17	
		9	57.91	(34.49-64.91)	7.19(\pm 2.4)	2.35(13)	0.24	
		DI	4	21.61	(7.29-27.05)	3.89(\pm 0.31)	2.23(13)	0.17
		Spiromesifen	DI	6	10.26	(3.61-13.44)	3.14(\pm 0.97)	1.87(13)
7	7.12			(2.82-9.39)	3.38(\pm 0.96)	2.19(13)	0.16	
9	39.23			(19.25-46.72)	4.05(\pm 0.87)	2.4(13)	0.18	
Sw	4		30.18	(13.45-36.28)	4.9(\pm 1.61)	2.45(13)	0.19	
	6		19.02	(9.15-22.92)	4.55(\pm 1.42)	1.95(13)	0.15	
	7		14.92	(6.47-18.37)	4.71(\pm 1.48)	3.79(13)	0.29	
	9		46.12	(21.32-54.72)	4.62(\pm 1.5)	1.4(13)	0.03	

Sw: Standard water, DI: Deionized

Sw: آب استاندارد، DI: آب دیونیزه

مختلف آب استاندارد و آب دیونیزه به تفکیک برای هر حشره کش توسط نرم افزار Plus- POLO محاسبه گردید (جدول ۲). در محلول تهیه شده از آب دیونیزه

نسبت دز کشنده حشره کش ها در سطوح مختلف اسیدیته آب نسبت دز کشنده پنجاه درصد (LC_{50}) در اسیدیته

۴ به ۶ و ۷ pH تفاوت معنی دار داشت. به عبارتی استامی پرید در سطوح ۹ pH و ۴ در مقایسه با ۷ pH و ۶ عملکرد متفاوتی نشان داد در حالیکه کارایی استامی پرید در آب دیونیزه با سطوح اسیدیته ۶ و ۷ اختلافی نداشت. در آب استاندارد نسبت دز کشنده استامی پرید در نسبت ۹ pH به ۴ همچنین ۶ pH به ۷ تفاوت آماری مشاهده نشد. نسبت ۹ pH به ۶ و ۷ همین طور ۴ به ۶ و ۷ اختلاف آماری وجود داشت و نشان داد این حشره کش سمیت متفاوتی در ۹ pH و ۴ در مقایسه با ۶ pH و ۷ روی مرحله پوره سفیدبالک داشته است (جدول ۲). حشره کش اسپیرومسیفن در هر دو نوع آب دیونیزه و استاندارد در نسبت های ۹ pH به ۴، ۶ و ۷ عملکرد متفاوتی نشان داد و از نظر آماری اختلاف داشت. برای اسپیرومسیفن نسبت دز کشنده LC₅₀ ۶ به ۷ تفاوتی مشاهده نشد. این نتیجه بیان کرد که این حشره کش در ۶ pH و ۷ روی پوره سفیدبالک اثر یکسان دارد.

و حشره کش مالاتیون نسبت LC₅₀ ۹ pH به ۴ همچنین ۷ pH به ۶ به دلیل اینکه فاصله اطمینان ۰/۹۵ شامل عدد یک می باشد، از نظر آماری تفاوت آماری نداشت (Robertson *et al.*, 2007). سمیت مالاتیون در آب دیونیزه شامل ۹ pH با ۶ و ۷ روی پوره سن دوم سفیدبالک متفاوت بود، ولی عملکرد این حشره کش در ۹ pH با ۴ از نظر تاثیر بر مرگومیر روی این حشره تفاوتی نشان نداد. در آب استاندارد مالاتیون در نسبت ۹ pH به ۶ و ۷ همچنین ۴ pH به ۶ اختلاف آماری در عملکرد نشان داد. این نتیجه مشخص کرد سمیت این حشره کش در ۹ pH در مقایسه با ۶ pH و ۷ کاملاً متفاوت است. در آب استاندارد کارایی مالاتیون در ۴ pH در مقایسه با ۶ تفاوت معنی دار داشت. سمیت مالاتیون در محلول تهیه شده از دو آب دیونیزه و استاندارد در ۶ pH و ۷ تفاوت معنی داری نداشت. نسبت LC₅₀ استامی پرید در آب دیونیزه با اسیدیته ۹ به ۴، ۶ و ۷ و همچنین ۹ pH

جدول ۲: نسبت دز کشنده پنجاه درصد (LC₅₀) حشره کش های آزمایشی در سطوح متفاوت pH

Table 2. Lethal dose ratio LC₅₀ for experimental insecticides at different pH levels

Water type	pH Ratio	Malathion				Acetamiprid				Spiromesifen			
		Ratio*	Limits 0.95	sig		pH Ratio	Ratio*	Limits 0.95	sig	pH Ratio	Ratio*	Limits 0.95	sig
DI	9/4	1.83	0.95-3.5	ns	9/4	1.44	1.04-2.03	*	9/4	1.82	1.14-2.88	*	
	9/6	11.41	4.31-30.17	*	9/6	5.89	3.33-10.38	*	9/6	3.82	2.28-6.39	*	
	9/7	7.16	3.05-16.82	*	9/7	10.72	4.43-26	*	9/7	5.51	3.3-9.19	*	
	4/6	6.25	2.14-18.21	*	4/6	4.08	2.3-7.3	*	4/6	2.11	1.11-3.71	*	
	4/7	3.92	1.5-10.27	*	4/7	7.43	3.04-18.17	*	4/7	3.03	1.72-5.33	*	
	7/6	1.6	0.48-5.31	ns	6/7	1.82	0.67-4.97	ns	6/7	1.44	0.78-2.64	ns	
	Sw	9/4	1.71	0.88-3.32	ns	9/4	1.36	0.99-1.87	ns	9/4	1.53	1.01-2.3	*
9/6		4.29	2.26-8.15	*	9/6	3.59	2.45-5.24	*	9/6	3.82	1.61-3.65	*	
9/7		3.76	1.91-7.44	*	9/7	4.64	3.11-6.92	*	9/7	5.51	1.2-4.78	*	
4/6		2.5	1.15-5.43	*	4/6	2.63	1.7-3.99	*	4/6	1.59	1.04-2.42	*	
4/7		2.19	0.98-4.93	ns	4/7	3.4	2.2-5.25	*	4/7	2.02	1.29-3.17	*	
7/6		1.14	0.51-2.52	ns	6/7	1.3	0.8-2.09	ns	6/7	1.27	0.81-1.99	ns	

Ratio*: Lethal dose ratio of two pH

Ratio*: نسبت دز کشنده LC₅₀ دو pH

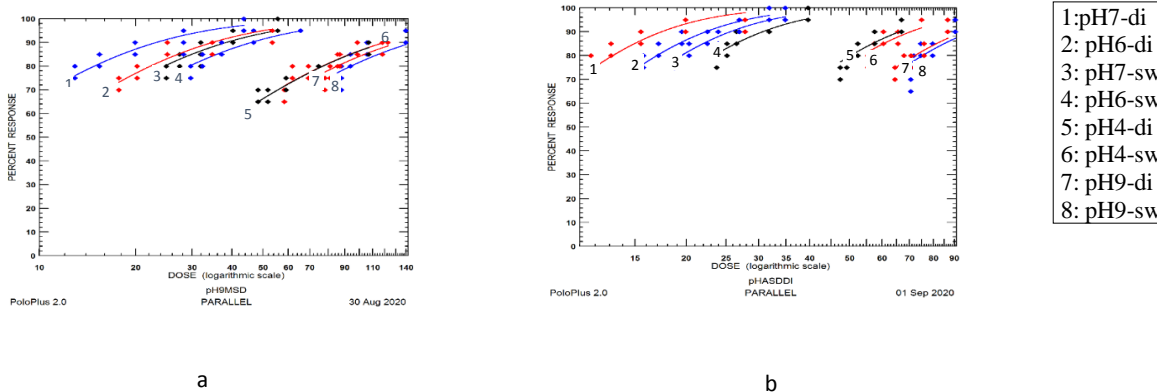
* & ns: Significant and non significant difference between two LC₅₀

DI و Sw آب دیونیزه و آب استاندارد

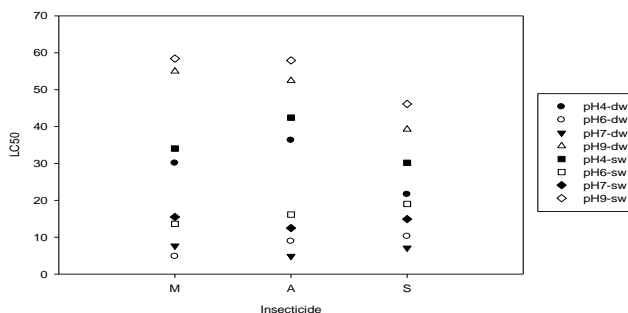
Sw & DI: Standard water and Deionized water

pH ۴، ۶ و ۹ تفاوت آماری نشان نداد. عملکرد استامی پرید در این سطوح در دو نوع آب از نظر آماری یکسان بود. در اسیدیته ۷ نسبت LC₅₀ استامی پرید در آب استاندارد به دیونیزه تفاوت آماری معنی دار مشاهده گردید و سمیت تحت تاثیر نوع آب قرار گرفت. برای حشره کش اسپیرومسیفن نسبت دز کشنده LC₅₀ آب استاندارد به آب دیونیزه در pH ۴ و ۹ تفاوتی وجود نداشت. در pH ۶ و ۷ این نسبت اختلاف معنی دار نشان داد. نوع آب بر سمیت ایجاد شده روی مرحله پوره سفیدبالک تاثیر گذاشته است. در شکل ۲ نشان داده شده است.

نسبت دز کشنده پنجگانه درصد (LC₅₀) آب استاندارد به آب دیونیزه برای هر حشره کش در سطوح مختلف pH توسط نرم افزار POLO-Plus محاسبه گردید (جدول ۳). این نسبت برای مالاتیون در سطوح pH ۴، ۷ و ۹، به دلیل اینکه فاصله اطمینان ۰/۹۵ شامل عدد یک می باشد، تفاوت معنی دار نداشت. به عبارتی کارایی مالاتیون در سه سطح اسیدیته ذکر شده تحت تاثیر نوع آب قرار نگرفت. نسبت مقادیر LC₅₀ آب استاندارد به آب دیونیزه برای مالاتیون در pH ۶ تفاوت معنی دار آماری داشت و متاثر از نوع آب شد. نسبت دز کشنده LC₅₀ استامی پرید در آب استاندارد به آب دیونیزه در



شکل ۱. خطوط دز-پاسخ حشره کش های آزمایشی در سطوح مختلف pH آب
Figure 1. Dose-Response lines of experimental insecticides at different pH levels of water
a: مالاتیون b: استامی پرید



شکل ۲. غلظت کشنده ۵۰ درصد حشره کش ها در سطوح مختلف pH روی پوره سن دوم سفیدبالک پنبه *B. tabaci*
Figure 2. The LC₅₀ of insecticides at different pH levels on second instar nymph of *B. tabaci*.

dw: deionized water sw:

dw: آب دیونیزه، sw: آب استاندارد

standard water

M: Malathion, A:

M: مالاتیون، A: استامی پرید، S: اسپیرومسیفن

Acetamidiprid

جدول ۳: نسبت دز کشنده مقادیر LC50 حشره‌کش‌های آزمایشی در آب استاندارد به آب دیونیزه در سطوح مختلف pH
Table 3. Lethal dose Ratio of experimental insecticides in Standard water D to Deionized water at different water pH levels

pH	Malathion			Acetamidprid			Spiromesifen		
	Ratio*	Limits lower- upper	sig	Ratio*	Limits lower- upper	sig	Ratio*	Limits lower- upper	sig
1	1.	0.51-2.49	s	1.	0.81-1.68	ns	1.	0.82-1.5	s
2	31	1.02-8.14	s	16	0.97-3.36	ns	4	1.01-3.13	s
3	82	0.76-5.37	s	81	1.011-6.44	*	85	1.22-3.6	s
4	2.	0.65-1.72	s	2.	0.82-1.48	ns	2.	0.79-1.75	s
5	02			55			1		
6	1.			1.			1.		
7	06		s	1			2		s

نسبت دز کشنده آب استاندارد به آب دیونیزه

Ratio*: Lethal dose ratio Standard water to Deionized water

* & ns: Significant and non significant LC₅₀ بین دو آماری معنی‌دار تفاوت و عدم تفاوت معنی‌دار آماری بین دو LC₅₀ difference between two LC₅₀

سریع‌تر از خنثی و اسیدی اتفاق می‌افتد. مکانیسم اثر pH آب بر تجزیه مالاتیون از نوع واکنش جاننشینی هسته دوستی بوده که عامل هسته دوست حمله کننده یون هیدروکسیل می‌باشد. این واکنش شامل مسیر تک یا چند مرحله‌ای است. در تک مرحله‌ای واکنش جاننشینی - مستقیم است که همزمان با حمله یون هیدروکسیل به فسفر مرکزی و تشکیل پیوند P-OH، پیوند P-S سست و در نهایت شکسته شده و گروه ترک کننده ساختار ملکولی آفت‌کش را ترک می‌کند. در مسیر چند مرحله‌ای واکنش حذف-اضافه است که منجر به تشکیل ترکیبات حدواسط می‌شود. به این صورت که ابتدا طول پیوند جدید P-OH زیاد بوده بتدریج کاهش یافته و از استحکام بیشتری برخوردار می‌شود. هم‌زمان پیوند P-S سست شده و طول آن به تدریج افزایش می‌یابد. در نهایت پس از چند ماده حدواسط اتصال P-S شکسته شده و گروه ترک‌کننده خارج می‌شود. مالاتیون برای تجزیه شدن به سطوح انرژی پایین‌تری در مقایسه با سایر ترکیبات مانند پاراآکسون، اسفات و فنیتریتیون داشته است (Dyguda Kazimierowicz *et al.*, 2014) عملکرد مالاتیون در آب با اسیدیته ۴ در مقایسه با ۶ و ۷ کمتر بود. تحقیقات نشان داده‌است مسیر دیگر تجزیه مالاتیون در محیط آبی با pH اسیدی می‌باشد، ولی در مقایسه با هیدرولیز قلیایی این واکنش کندتر اتفاق می‌افتد (Wolfe *et al.*, 1977).

بحث

محققین متعدد گزارش کردند اسیدیته آب محلول‌پاشی یک فاکتور مهم است که می‌تواند بر عملکرد آفت‌کش‌ها تاثیر داشته باشد (Devkota *et al.*, 2016; Devkota and Johnson, 2019). در pH اسیدی یا قلیایی آب بار الکتریکی ملکول آفت‌کش تغییر کرده و این امر بر نفوذ ماده سمی و رسیدن به جایگاه هدف، تاثیر گذار است (Nalewaja *et al.*, 1991).

در تحقیق حاضر نقش pH آب در عملکرد حشره‌کش‌های آزمایشی کاملاً مشهود است (جدول ۱). کارایی حشره‌کش‌ها در دو نوع آب با pH ۹ کاهش یافت. این کاهش عملکرد در مالاتیون بیشتر و در اسپیرومسیفن کمتر مشاهده شد. مالاتیون در pH ۶ آب دیونیزه و استاندارد به ترتیب ۱۱/۴۱ و ۴/۲۹ برابر کارایی بهتری در مقایسه با محلول این دو نوع آب در pH ۹ نشان داد. ضمن اینکه سمیت مالاتیون در آب دیونیزه و استاندارد با pH ۷ به ترتیب ۷/۱۶ و ۳/۷۶ برابر بیشتر از pH ۹ بود. طبق نتایج آزمایش مالاتیون به pH ۹ و ۴ محلول حساس است و این دو سطح pH اثر منفی روی عملکرد این حشره‌کش داشته‌اند. این موضوع با نتایج تحقیقات (Wolfe *et al.*, 1977) و (Dyguda Kazimierowicz *et al.*, 2014) مطابقت می‌کند. این محققین گزارش کردند تجزیه مالاتیون در محیط آب با pH قلیایی به دلیل پدیده هیدرولیز

متابولیت انول را تشکیل دهد، متابولیزه شدن بوسیله ی هیدروکسیلاسیون گروه های متیل یا حلقه سیکلوپنتیل ادامه می یابد (Babczynski and Arthur, 2005). در مطالعه ای نیمه عمر اسپروومسیفن در اسیدیته ۹ و ۴ به ترتیب ۴/۳ و ۵ روز محاسبه شده است. در آب خنثی پایدار بوده و نیمه عمر ۸۷ روز داشته است (SPEX CertiPrep, 2017). در تحقیقی دیگر سرعت از بین رفتن اسپروومسیفن در آب مقطر با اسیدیته ۹ سریع تر از ۴ و ۷ بوده است. نیمه عمر این ترکیب در اسیدیته ۹، ۴ و ۷ به ترتیب ۵/۷، ۹/۷ و ۱۲/۵ روز محاسبه گردید (Mate et al., 2015).

مقایسه سمیت حشره کش ها در دو نمونه آب از طریق محاسبه نسبت مقادیر LC₅₀ حشره کش ها در آب استاندارد به آب دیونیزه انجام شد و نشان داد سمیت حشره کش مالاتیون در pH ۶، استامی پرید در pH ۷ و اسپروومسیفن در دو سطح pH ۶ و ۷ در دو نوع آب متفاوت بوده است (جدول ۳).

مالاتیون در pH ۶ آب دیونیزه ۲/۸۲ برابر سمیت بیشتری در مقایسه با همین سطح pH در آب استاندارد داشت. به همین ترتیب کارایی استامی پرید در pH ۷ آب دیونیزه ۲/۵۵ برابر بیشتر از محلول تهیه شده از همین حشره کش در آب استاندارد با pH ۷ بود. سمیت اسپروومسیفن در آب دیونیزه با pH ۷ و ۶ به ترتیب ۲/۱ و ۱/۸۵ برابر بیشتر از آب استاندارد با همین سطوح pH بود. اگرچه درجه سختی آب استاندارد ۳۴۲ است و این مقدار از نظر فائو حد استاندارد محسوب می شود، اما طبق جدول ۳، تاثیر کاتیون های کلسیم و منیزیم در آب استاندارد در برخی سطوح خاص pH، که حشره کش ها عملکرد بهتری داشتند، مشهود است. محققین متعددی نتیجه گیری کردند سختی آب همراه با pH قلیایی یا اسیدی می تواند بر کارایی آفت کش ها تاثیر بگذارد (Devkota et al., 2019; Deer and Bread, 2001).

نتیجه گیری کلی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد حشره کش مالاتیون در محلول هر دو نوع آب در pH ۶، استامی پرید و

استامی پرید در pH ۷ آب دیونیزه و استاندارد به ترتیب ۱۰/۷۲ و ۴/۶۴ برابر، سمیت بیشتری از pH ۹ همین دو نوع آب نشان داد. ضمن اینکه کارایی حشره کش مذکور در pH ۷ آب دیونیزه ۷/۴۳ بار بیشتر از pH ۴ همین نوع آب بود. بر این اساس عملکرد استامی پرید در اسیدیته قلیایی و اسیدی آب در مقایسه با اسیدیته خنثی و نزدیک به آن کاهش قابل ملاحظه ای داشته است. مکانیسم اثر pH بر تجزیه استامی پرید در محیط قلیایی به این صورت است که عامل هسته دوست (یون هیدروکسیل) به اتصال دو گانه کربن-نیتروژن (C=N) در ساختار ملکولی آفت کش حمله و پیوند جدید C-O تشکیل شده به دنبال آن پیوند دو گانه C=N سست شده و در نهایت شکسته می شود. پروتون از یون هیدروکسیل به آرامی به اتم نیتروژن تغییر مکان می دهد و پیوند N-H تشکیل می شود. در محیط اسیدی آب پروتون از یون هیدرونیوم به اتم نیتروژن دارای پیوند دو گانه با کربن در ساختار ملکولی استامی پرید (C=N) منتقل می شود. هم زمان اتم اکسیژن از یون هیدرونیوم به اتم کربن متصل شده و پیوند C-O تشکیل می گردد با پیشرفت واکنش طول این پیوند کاهش یافته و به اتصال دو گانه C=O تبدیل می شود. در نهایت پیوندهای O-H و C-N شکسته شده و آفت کش تجزیه می شود (Huan et al., 2016; Todey et al., 2018).

کارایی اسپروومسیفن در pH ۹ و ۴ در مقایسه با ۶ و ۷ تفاوت معنی دار داشت. این حشره کش در pH ۷ آب دیونیزه و استاندارد، ۵/۵ برابر سمیت بیشتری از pH ۹ نشان داد. به همین ترتیب کارایی حشره کش در pH ۷ آب دیونیزه و استاندارد ۳ و ۲ برابر کارکرد آن در pH ۴ بود. عملکرد اسپروومسیفن روی پوره سن دوم سفیدبالک در اسیدیته ۷ و ۶ تفاوتی نداشت. عمده مسیر تجزیه اسپروومسیفن در آب با اسیدیته قلیایی است زیرا در محیط آبی با اسیدیته ۹ هیدرولیز شده و نیمه عمر ۴/۳ روز دارد. نیمه عمر اسپروومسیفن در شرایط اسیدی آب (اسیدیته ۴) ۲ روز محاسبه شده است. در محیط آبی گروه استری در ملکول اسپروومسیفن می تواند هیدرولیز شود و

سیاسگزاری

از مسئولان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان و محققین بخش تحقیقات گیاهپزشکی بخاطر مساعدت در اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می گردد.

اسپیرومسیفن در pH ۷ عملکرد مطلوب تری روی پوره سفیدبالک پنبه داشته اند. به عبارتی این مقادیر، سطح pH بهینه برای فعالیت بیولوژیکی آفتکشها روی موجود هدف بوده است. حشرهکشها در سطوح مختلف pH آب دیونیزه کارایی مطلوب تری در مقایسه با آب استاندارد نشان دادند.

REFERENCES

- Abbott, W. S. (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Azadvar, M. (2015). *Management of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) disease in greenhouses of Southern Kerman*. Final report of Agricultural Research and Education center of Southern Kerman. 28 pp. (In Farsi)
- Babczynski, P. and Arthur, E.L. 2005. Environmental fate of spiromesifen (Oberon). *Planzenschutz-Nachrichten Bayer* 58: 371-390.
- Basirat, M., Taj Bakhsh, M.R., Hosseini Fard, J. and Heidari, M. (2007). *Effect of the water quality (Hardness, EC and pH) on the emulsion stability of the common pesticides in pistachio orchards of Kerman province*. Agricultural Research and Education Organization Scientific Information and Documentation Centre Agricultural, from <http://agrisis.areo.ir>.
- Choi, W. I., Lee, E.H., Choi, B. R., Parkand, H. M. and Ahn, Y. J. (2003). Toxicity of Plant Essential Oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 96(5), 1479-1484.
- Collaborative International Pesticides Analytical Council (CIPAC). (2016). *Specifications for pesticides: a training manual*, Participant's guide trial (3rd ed), from <https://www.cipac.org>.
- Cuthbertson, A.G.S., Blackburn, L.F. and Northing, P. (2009). Leaf dipping as an environmental screening measure to test chemical efficacy against *Bemisia tabaci* on poinsettia plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 6 (3), 347-352.
- Deer, H and Breard, R. (2001). *Effect of water pH on the chemical stability of pesticides*. Utah State University, Logan UT 84322-4620.
- Devkota, P., Spaunhorst, D. and Johnson, W.G. (2016). Influence of carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on mesotrione efficacy. *Weed Technology*, 30(3), 617-628.
- Devkota, P. and Johnson, W. G. (2019). Influence of carrier water pH, foliar fertilizer and ammonium sulfate on 2, 4-D and premixed 2, 4-D plus glyphosate efficacy. *Weed Technology*, 31, 878-887.
- Dyguda Kazimierowicz, E., Roszak, S and Sokalski, A. (2014). Alkaline hydrolysis of organophosphorus pesticides: The dependence of the reaction mechanism on the incoming group conformation. *The Journal of Physical Chemistry*, part B, 26: 7277-7289.
- Fishel, F. M. and Ferrell, J. A. (2010). Water pH and the effectiveness of pesticides. University of Florida, from <http://edis.ifas.ufl.edu/pi193>.
- Fisher, S.W. (1991). Changes in the toxicity of three pesticides as the function of environmental pH and temperature. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 46, 197-202.
- Heidari, A., Tajbakhsh, M. R. and Najafi, M. (2019). *Investigation on the effects of water quality (pH, hardness and EC) on quality control indexes of some pesticide formulations*. Final report of Iranian Research Institute of Plant Protection AREEO Tehran, Iran, (In Farsi).
- Hosseininaveh, V. and Ghadamyari, M. (2013). *Principles and concepts of experimental methods in insect biochemistry, physiology and toxicology*. University of Tehran Press (2nd ed), 577pp.
- Huan, S., Zhang, C., Luo, X., Chen, R. and Liang, G. (2016). Theoretical studies on the hydrolysis mechanism of acetamiprid. *Theoretical Chemistry Accounts*, 135: 1-11.
- IRAC. (2009). *Susceptibility test methods series for nymphs and eggs of Bemisia tabaci*, Method NO 016, from www.ircac-online.org.

24. Kachilli, F. (2005). *Study on bioecology of cotton whitefly and the effect of current paratitoides on it in Ahvaz*. Ph. D. dissertation Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Farsi)
25. LeOra Software. 2007. Polo-Plus: a user's guide to probit or logit analysis, version 2.0. LeOra Software Company Petaluma.
26. Mate, C. J., Mukherjee, I. and Kumar, Sh. (2015). Persistence of spiromesifen in soil: influence of moisture, light, pH, and organic amendment. *Environmental Monitoring and Assessment Journal*, 187:7.
27. Matson, N. (1995). *Water quality, pH and alkalinity*. Center for Agriculture, Food and the Environment in the College of Natural Sciences. University of Massachusetts Amherst. 32(1), 12-23.
28. MC Kenzie, C., Kumar, V. and Palmer, C. (2014). Chemical class rotations for control of *Bemisia tabaci* on poinsettia and their effect on cryptic species population composition. *Pest Management Science*, 70: 1573-1587.
29. McKie, P. and Johnson, W.S. (2014). *Water pH and its effect on pesticides stability*. University of Nevada Cooperative Extension, Fact Sheet FS-02-36.
30. Nalewaja, J. D., Woznica, Z. and Matysiak, R. (1991). 2, 4-D amine antagonism by salts. *Weed Technology*, 5, 873-880.
31. Nauen, R., Reckmann, U., Thomzik, J. and Thielert, W. (2008). Biological profile of spirotetramat (Movento) a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer Crop Science Journal*, 61(2), 251-277.
32. Riden, B. and Richards, K. (2013). *The impact of water quality on pesticide performance, the little factor that makes a big difference*. Penn State Extension Pesticide Education Program, from extension.psu.edu/pested.
33. Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. and Savin, N. E. (2007). *Bioassay with Arthropods POLO Computer Programme for Analysis of Bioassay Data*. 224 pp.
34. Roskamp, J. M., Turco, R.F., Bischoff, M. and Johnson, W. G. (2013). The influence of carrier water pH and hardness on saflufenacil efficacy and solubility. *Weed Technology*, 27(3), 527-533.
35. Sabah, A., Sharif, M. and Salari, P. (2017). *Monitoring of agricultural water of southern Kerman region*. Final report of agricultural research center of southern Kerman, 55p.
37. SPEX CertiPrep Pesticide Technical Note. (2017). *Spiromesifen summary*. From www.SPEXEurope.com.
38. Talebi Jahromi, Kh. (2011). *Pesticides Toxicology*. University of Tehran Press (5th ed), 507pp.
39. Todey, S., Fallon, A. M. and Arnold, W. (2018). Neonicotinoid insecticide hydrolysis and photolysis: Rates and residual toxicity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(11), 2797-2809.
40. Whitford, F. (2009). *The impact of water quality on pesticide performance*. Purdue University Press, 320 pp. From <http://www.ppp.purdue.edu/pubs/PP-86.pdf>.
41. Wolf, L., Zepp, J., Gordon, J. and Cline, D. (1977). *Kinetics of chemical degradation of Malathion in water*. Environmental Research Laboratory, U.S Environmental Protection Agency, Athens, Ga. 30601.
42. Yuxian, H. E., Jianwei, Z. and Dongdong, W.U. (2011). Sublethal effects of imidacloprid on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 104(3), 833-838.