آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۹، شماره ۱، شهریور ۱۴۰۰
Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 89, No. 1, Sep. 2021
DOI: 10.22092/jaep.2021.353652.1393

مقاله پژوهشی

تأثیر سختی و اسیدیته آب بر سمیت حشره‌کش‌ها روی سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci*

سمیه رنجبر[1]✉، حسین اللهیاری[2]، خلیل طالبی جهرمی[2]، احمد حیدری[3]
۱و۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- دانشیار بخش تحقیقات آفت‌کش‌ها، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۰)

چکیده

سختی و اسیدیته از ویژگی‌های مهم آب هستند که می‌توانند بر کارایی آفت‌کش‌ها تأثیر بگذارند. اثر سختی و اسیدیته آب بر کارایی حشره‌کش‌ها روی پوره سن دوم سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci* با استفاده از روش غوطه وری برگ تعیین شد. در آزمایش اول حشره‌کش‌های مالاتیون، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن در نمونه‌های آب چاه های آبیاری در سه سطح سختی ۱۸۶۹، ٦٤٥ و ۲٦٥ میلی‌گرم بر لیتر، آب استاندارد و دیونیزه برای زیست سنجی استفاده شد. در آزمایش دیگری تأثیر ٤ سطح اسیدیته ٤، ٦، ۷ و ۹ بر سمیت سه حشره‌کش فوق بررسی شد. با افزایش سختی آب کارایی حشره‌کش‌های آزمایشی کاهش یافت. مقادیر LC_{50} نشان داد سمیت مالاتیون، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن در آب سخت (۱۸٦۹ میلی‌گرم بر لیتر) به‌ترتیب ٤۰، ۱٥۷ و ۸٤ برابر کمتر از آب دیونیزه بود. همچنین کارایی مالاتیون، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن در آب با سختی ٦٤٥ میلی‌گرم بر لیتر نیز به‌ترتیب ۱۳، ٦٥ و ۳۹ بار نسبت به آب دیونیزه کمتر بود. آفت‌کش‌ها در اسیدیته ۹ در مقایسه با سایر سطوح سمیت کمتری داشتند. مالاتیون در آب با اسیدیته ٦ و ۷ به‌ترتیب ۱۱/٤۱ و ۷/۱٦ برابر کارایی مطلوب‌تری از اسیدیته ۹ داشت. عملکرد استامی‌پرید در اسیدیته ۷ و ٦ به‌ترتیب ۱۰/۷۲ و ٥/۸۹ بار بهتر از اسیدیته ۹ بود. سمیت اسپیرومسیفن در اسیدیته ۷ و ٦، به‌ترتیب ٥/٥۱ و ۳/۸۲ برابر بیشتر از ۹ بود. به‌طورکلی کارایی حشره‌کش‌ها در سطوح سختی بالای ۲٦٥ میلی‌گرم بر لیتر و اسیدیته قلیایی کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: آب سخت، اسیدیته، کارایی آفت‌کش

The influence of water hardness and pH on the toxicity of insecticides on *Bemisia tabaci*

S. RANJBAR[1]✉, H. ALLAHYARI[2], KH. TALEBI JAHROMI[2], A. HEIDARI[3]
1 and 2. Ph.D. Candidate, and the Professors of Department of Plant Protection, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran; 3. Associate Professor, Department of Pesticide Researches, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran.

Abstract

Water hardness and acidity are the important properties that can influence the performance of pesticides. The effect of water hardness and pH on the efficacy of insecticides on second instar nymph of *Bemisia tabaci* was determined by leaf dip method. In the first experiment, well water samples at 1869, 645, and 265 mg L^{-1} hardness, standard, and deionized water with malathion, acetamiprid, and spiromesifen used for bioassay. In another experiment, the effect of water pH at four levels 4, 6, 7, 9 on the toxicity of the above three insecticides was investigated. Increasing water hardness reduced the performance of the experimental insecticides. LC_{50} values showed that the toxicity of malathion, acetamiprid, and spiromesifen was 40, 157, and 84 times less in water with 1869 mg L^{-1} hardness than deionized water. The efficiency of malathion, acetamiprid, and spiromesifen was 13, 65, and 39 times less in water with 645 ppm hardness than deionized water. Pesticides were less effective at pH 9 compared to other pH levels. Malathion efficacy was 11.41 and 7.16 times better when it was diluted in water with pH 6 and 7 than pH 9. Acetamiprid provided 10.72 and 5.89 times greater toxicity when applied at pH 7 and 6 respectively than water with pH 9. Spiromesifen in deionized water with pH 7 and 6 has exhibited 5.51 and 3.82 times better efficacy compared to the water at the pH level of 9. Overall, the performance of insecticides reduced at hardness levels above 265 ppm and in alkaline pH.

Keyword: hard water, pesticide efficiency, pH

✉ somayei.ranjbar@ut.ac.ir

مقدمه

بیش از ۹۹ درصد از حجم محلول اسپری از آب تشکیل شده است (Altland, 2010). مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی آب سختی، اسیدیته، هدایت الکتریکی و تیرگی هستند که می‌توانند روی کارایی آفت‌کش‌ها تأثیر بگذارند (Odero, 2011; Roskamp *et al*., 2013).

آب سخت محتوی مواد معدنی قابل حل از قبیل یون‌های کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات و غیره است. کاتیون‌های موجود در آب سخت به‌ویژه کلسیم و منیزیم می‌توانند به آسانی با مولکول تفکیک شده آفت‌کش واکنش داده و ترکیب آفت‌کش-یون فلز تشکیل دهند. ترکیب جدید در آب به‌کندی حرکت کرده و نمی‌تواند به جایگاه هدف، کوتیکول گیاه یا جلد بدن حشره برسد، در نتیجه کارایی آفت‌کش کاهش می‌یابد (Whitford, 2009).

اسیدیته، غلظت یون هیدروژن در آب است (Mckie, 2014). بسیاری از ترکیبات آفت‌کش اسید و باز ضعیف بوده و در محلول‌های آبی تفکیک می‌شوند. میزان تفکیک آن‌ها به ثابت تفکیک و اسیدیته آب بستگی دارد(Talebi Jahromi, 2011). اسیدی یا قلیایی بودن بیش از حد آب می‌تواند باعث کاهش میزان تأثیر آفت‌کش از طریق تغییر در پایدارای، حلالیت، تشکیل رسوب و عدم رسیدن به محل تأثیر، شده و منجر به تکرار عملیات سمپاشی شود (Whitford, 2009). برخی آفت‌کش‌ها در محیط قلیایی آب هیدرولیز می‌شوند. در طی این عمل ملکول آفت‌کش تجزیه شده و روی موجود هدف بی‌تأثیر می‌شود (Dyguda Kazimierowicz *et al*., 2014). سرعت عمل هیدرولیز به ساختار شیمیایی آفت‌کش، اسیدیته و درجه حرارت محلول سمی و مدت زمان تماس ماده سمی با آب بستگی دارد (Riden and Richards, 2013). هیدرولیز قلیایی در حشره‌کش‌ها به‌ویژه در گروه‌های فسفره آلی و کاربامات بیشتر از قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها اتفاق می‌افتد (Mckie, 2014).

محققین متعددی گزارش کرده‌اند که سطوح بالای سختی و اسیدیته قلیایی یا اسیدی آب می‌تواند اثر منفی بر عملکرد آفت‌کش‌ها داشته باشد (Nalewaja and Matysiak, 1991; Devkota *et al*., 2016). به‌عنوان مثال سمیت کنه‌کش‌های پروپارژیت، اسپیرودیکلوفن، و هگزای تیازوکس روی کنه *Brevipalpus phoenicis* در محلول تهیه شده از آب محتوی سختی ٤٣٨ میلی‌گرم بر لیتر در مقایسه با سختی ٣٤٢ میلی‌گرم بر لیتر کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است (Pereira *et al*., 2011). کارایی گلایفوسیت و گلایفوسینیت در آب دارای ٤٢٧ میلی‌گرم بر لیتر سختی کربناتی روی علف‌هرز velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) به‌ترتیب از ٦٥ به ٣٧ درصد و ٣٣ به ١٦ درصد در مقایسه با آب دیونیزه کاهش یافت (Pratt *et al*., 2003). در مطالعه‌ای سختی ۱۷۹۹ میلی‌گرم بر لیتر آب موجب کاهش عملکرد گلایفوسیت در کنترل velvetleaf و redroot pigweed (Amaranthus retroflexus) در مقایسه با محلول تهیه‌شده از آب مقطر و آب با سختی ۳۵۳ میلی‌گرم بر لیتر شده است (Soltani *et al*., 2011). در تحقیقی مشخص شده اسیدیته آب بر کارایی علف‌کش سافلوفناسیل تأثیر دارد. به‌طوری که این علف‌کش در محلول با اسیدیته ۷/۷ و ٤ به‌ترتیب ۷۱ و ۱۵ درصد علف هرز lambsquarters (*Chenopodium album*) را کنترل کرده است (Roskamp *et al*., 2013).

در مطالعه دیگر Devkota and Johnson (2019) نتیجه گرفتند آمیخته توفوردی و گلایفوسیت در آب با اسیدیته ٤، پنج درصد کنترل بیشتری روی giant ragweed (*Ambrosia trifida*) و horseweed (*Erigeron canadensis*) در مقایسه با اسیدیته ۹ داشته است. تغییر اسیدیته و درجه حرارت اثر معنی‌داری بر سمیت حشره‌کش‌های پنتاکلرفنل، آلدیکارب و بنزن هگزاکلراید روی لارو *Chironomus riparius* داشته است افزایش اسیدیته از ٤ به ٨ به‌همراه درجه حرارت بالا باعث کاهش عملکرد پنتاکلرفنل شد (Fisher, 1991). در مطالعه‌ای کاهش تفریخ تخم در کنه آبی *Arrenurus manubriator* و حشره آبزی *Chironomus riparius* در اسیدیته ۲ و ۳ آب اتفاق افتاد. همچنین میزان بقاء لارو پشه و دوتونمف و لارو کنه بالغ به‌ترتیب در اسیدیته ٤ و ۳ کاهش یافت (Geefrey *et al*., 1997).

سفید بالک پنبه *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) یکی از آفات مهم مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری دنیا است که در مقایسه با سایر سفیدبالک‌ها از نظر اقتصادی و انتقال بیماری‌های ویروسی حائز اهمیت بیشتری است (MC Kenzie and Palmer, 2014). کنترل جمعیت خسارت‌زای سفید بالک پنبه به‌طور معمول متکی به کاربرد حشره‌کش‌ها است (Sequeira and Naranjo, 2008; Wilson *et al*., 2018)، که در برخی موارد این ترکیبات کنترل رضایت بخشی روی سفید بالک ندارند (Kachilli, 2005). عواملی مانند انتخاب نادرست و غلظت نامطلوب آفت‌کش، اختلاط سموم، عدم تشخیص زمان مناسب و شرایط نامساعد جوی در زمان سمپاشی موجب کاهش تأثیر آفت‌کش‌ها شده است. یک عامل مهم که اغلب نادیده گرفته می‌شود، تأثیرکیفیت آب محلول بر میزان اثربخشی آفت‌کش‌ها است (Fishel and Ferrell, 2010). تغییرات اقلیم و خشکسالی‌های مکرر موجب پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی در نواحی جنوبی استان کرمان شده و این امر منجر به بالارفتن سختی، اسیدیته و هدایت الکتریکی آب شده است که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل کاهش کارایی آفت‌کش‌ها در این مناطق باشد (Basirat *et al*., 2007; Heidari *et al*., 2019). اسپیرومسیفن در گلخانه به‌طور هم‌زمان سفید بالک وکنه را کنترل می‌نماید و توسط سازمان حفظ نباتات برای سفیدبالک پنبه توصیه شده است (Yeganeh, 2016). مالاتیون از گروه فسفره است که برای کنترل انواع آفات سبزی و جالیز به‌کار می‌رود (Talebi, 2011). با توجه به‌منابع علمی ترکیبات فسفره حساسیت بیشتری به‌آب مصرفی جهت محلول‌پاشی داشته و به‌سرعت هیدرولیز می‌شوند (Mckie and Palmer, 2014). لذا مالاتیون جهت مطالعه اثر ویژگی‌های کیفی آب بر پایداری و کارایی آن انتخاب گردید. حشره‌کش‌های گروه نئونیکوتنوئید نقش مهمی در کنترل سفیدبالک‌ها در گلخانه و به تبع آن مهار بیماری‌های ویروسی دارند(Smith *et al*, 2016). استامی‌پرید یکی از پرمصرف‌ترین ترکیبات سمی در گلخانه‌های خیار جنوب کرمان بوده که به‌دلیل رضایت‌مندی کشاورزان و متخصصین گیاه‌پزشکی ازتأثیر آن بر سفید بالک پنبه انتخاب شده است (Azadvar, 2015.).

از آنجائی که اطلاعات محدودی در زمینه‌ی تأثیر ویژگی‌های کیفی آب، به‌ویژه سختی و اسیدیته روی عملکرد حشره‌کش‌ها در کنترل سفید بالک پنبه وجود دارد، این تحقیق با هدف مقایسه تأثیر سطوح مختلف سختی آب کشاورزی با آب استاندارد و دیونیزه بر کارایی حشره‌کش‌های مالاتیون، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن روی سفیدبالک پنبه و مطالعه اثر اسیدیته آب بر سمیت حشره‌کش‌ها در کنترل آفت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه و پرورش حشرات

بذر گیاه خیار گلخانه‌ای *Cucumis sativus* L. هیبرید واریته امپراطور (شرکتSeminis) تهیه و به‌مدت 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 محیط گلخانه شیشه‌ای با درجه حرارت ۱±۲٤ سلسیوس، رطوبت نسبی ٥±٦٥ درصد نگهداری شدند. گیاهان هر هفته با کود NPK (۲۰:۲۰:۲۰) تغذیه شدند. جمع‌آوری سفیدبالک پنبه به‌صورت جمع‌کردن حشره کامل توسط آسپیراتور از سطح بوته‌ها 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 یک‌بار مصرف روی بستری از آگار ۱/٥ درصد قرار گرفتند و به اتاقک پرورش با دمای ۱±۲٥ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ٥±٦٥ درصد و دوره نوری ۱٦:۸ منتقل شدند. پرورش حشرات در آزمایشگاه تا ٦ نسل ادامه یافت و از حشرات نسل ششم به‌بعد برای زیست سنجی استفاده شد.

جهت انجام آزمایش زیست‌سنجی از حشرات هم‌سن سفیدبالک پنبه در مرحله پوره سن دوم استفاده گردید. هم‌سن‌سازی این حشره طبق روش ارایه شده توسط کمیته ایراک (Method NO: 016) انجام شد (IRAC, 2016). بر این اساس، پنج گیاه گلدانی در نظر گرفته، روی هر گیاه ۵۰ حشره بالغ نر و ماده جهت تخم‌گذاری رهاسازی کرده، گلدان‌ها در قفس‌های جداگانه به ابعاد ۷۰×۵۰×۴۰ سانتی‌متر که توسط توری پوشانده شده بودند، داخل اتاقک پرورش قرار گرفتند. پس از ۲٤ ساعت حشرات بالغ روی بوته حذف شدند. ۹ روز پس از حذف حشرات کامل، از پوره‌های سفیدبالک به‌عنوان سن دوم برای آزمایش‌های زیست سنجی استفاده شد (IRAC, 2016).

حشره‌کش‌ها

فرمولاسیون تجاری حشره‌کش‌های مالاتیون (EC 57%) شرکت سمیران، استامی‌پرید (SP 20%) شرکت گیاه و اسپیرومسیفن (Oberon® SC 24%) شرکت بایر کراپ ساینس برای انجام این تحقیق استفاده شد.

آزمایش اول: مطالعه سختی آب

جمع‌آوری نمونه‌های آب

از آب چاه کشاورزی ۱۱ منطقه کشت گلخانه استان کرمان (در تاریخ ۱۳۹۸/٤/۱۸) نمونه‌برداری شد و به آزمایشگاه علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی منتقل گردید. دمای آب در زمان نمونه برداری ۱±۲٤ و دمای محیط نگهداری ۱±۲۲ درجه سلسیوس بود. سپس از بین ۱۱ نمونه، سه مورد با سختی ۱۸٦۹، ٦٤٥ و ۲٦۵ میلی‌گرم بر لیتر و اسیدیته ۷/۵، ۷/۷ و ۷/۸ به‌ترتیب از چاه آب کشاورزی زنگی آباد (حوضه کرمان)، باغین (حوضه کرمان) ومرکز تحقیقات کشاورزی جنوب کرمان (حوضه جیرفت) انتخاب و به‌همراه آب استاندارد و دیونیزه به‌عنوان رقیق کننده برای آزمایش‌های زیست سنجی استفاده شد (جدول ۱). آب دیونیزه بدون یون بوده و سختی آن صفر است. آب استاندارد سختی ۳٤۲ میلی‌گرم بر لیتر دارد که از نظر فائو استاندارد محسوب می‌شود و سیپک (CIPAC) آن را به‌عنوان استاندارد درجه D مشخص نموده است. انجمن بین المللی تجزیه وتحلیل آفت‌کش‌ها (سیپک) کمیته ای متشکل ازشیمیدانان و متخصصین سم شناسی است که در زمینه روش‌های استاندارد تجزیه وتحلیل فرمولاسیون آفت‌کش‌ها فعالیت دارند و برای هر آفت‌کش دستورالعمل‌های اختصاصی در زمینه پایداری، حلالیت و تأثیر کیفیت آب برآن‌ها ارائه کرده‌اند (CIPAC, 2016).

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 ۰/٤۰۳ گرم کلرید کلسیم دوآبه ($CaCl_2.2H_2O$) و ۰/۱۳۹ گرم کلرید منیزیم شش‌آبه ($MgCl_2.6H_2O$) در یک بشر محتوی ۹۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته، هم زده، سپس به‌حجم یک لیتر رسانده شد (Cipac, 2016).

جدول ۱- خصوصیات فیزیک و شیمیایی نمونه‌های آب جهت زیست سنجی.

Table 1. Physicochemical properties of water samples used for bioassay.

water	pH		EC (µs/cm)		TDS (mg L^{-1})		Ca (mg L^{-1})		Mg (mg L^{-1})		TH (mg $CaCO_3L^{-1}$)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
w_1	7	7.5	7330	7060	5200	4589	310	320	248	260	1794.84	1869.2
w_2	7.6	7.7	2990	2900	1950	1885	95	79	110	109	689.97	645.97
w_3	7.6	7.8	997	960	650	624	71	75	23	19	271.95	265.48
sw	6.3	-	185	-	120	-	403	-	139	-	342	-
di	7	-	0.056	-	0.036	-	0	-	0	-	0	-

1, 2: first (9/7/2019) and second (9/10/2019) sampling,

pH: Acidity, EC: Electrical Conductivity, TDS: Total Dissolved Solids, TH: Total hardness, sw: standard water di: deionized water

آزمایش زیست سنجی

حشره‌کش‌های موردنظر در سه نمونه آب کشاورزی با سختی ۱۸۶۹، ٦٤٥ و ۲٦٥ میلی‌گرم بر لیتر، آب استاندارد (سختی ۳٤۲ میلی‌گرم بر لیتر) و دیونیزه رقیق شدند. آزمون مقدماتی به‌منظور تعیین دامنه تلفات ۷۵-۲۵ درصد در هر یک از نمونه‌های آب با حشره‌کش‌ها انجام شد. سپس ۵ غلظت نهایی به‌وسیله‌ی روابط لگاریتمی بر اساس ماده فرموله شده، محاسبه و برای تعیین غلظت کشنده ۵۰ درصد استفاده شدند (Robertson *et al*., 2017). محلول نهایی حشره‌کش در آب حاوی غلظت ۰/۰۲ درصد تریتون x-100 به‌عنوان سورفاکتانت غیریونی بود. هر تیمار در سه تکرار بلافاصله بعد از تهیه محلول هر حشره‌کش انجام و آزمایش زیست سنجی دو بار تکرار شد. در هر واحد آزمایشی ۱۵ تا ۲۰ حشره با میانگین ۱۰۰ حشره در هر غلظت انجام گردید.

از روش غوطه‌وری دیسک برگی برای آزمایش زیست سنجی استفاده شد (Nauen *et al*., 2008; Cuthbertson *et al*., 2009; Yuxian *et al*., 2011). دیسک‌های برگی به قطر ٤ سانتی‌متر از برگ خیار آلوده به پوره سن دو سفید بالک تهیه گردید. به‌ازای هر برگ ۱۵ پوره درنظر گرفته و سایر مراحل رشدی درصورت وجود حذف شدند. دیسک‌های برگی به‌مدت ۱۰ ثانیه در محلول آفت‌کش غوطه‌ور شدند، سپس روی کاغذ صافی قرارگرفته تا خشک شوند. پس از آن داخل ظروف پتری روی بستری از ژل آگار ۱/۵ درصد قرار داده شدند. جهت ایجاد تهویه روی درب پتری سوراخی که با توری پوشیده شده، تعبیه گردید. پس از انجام زیست سنجی پتری‌ها به اتاقک رشد با شرایط ذکرشده منتقل شدند. با توجه به‌نحوه تأثیر متفاوت حشره‌کش‌ها روی سفید بالک، پاسخ حشرات تیمار شده به آن در دوره‌های زمانی متفاوت بررسی شد. به این ترتیب مالاتیون (Talebi, 2011)، استامی‌پرید (Azadvar, 2015) و اسپیرومسیفن (Yeganeh, 2016) به‌ترتیب ۲٤، ۷۲ و ۹٦ ساعت بعد از زیست سنجی ارزیابی و تعداد حشرات مرده ثبت گردید. پوره‌هایی که بدن خشک داشته و با نوک قلم مو به راحتی از سطح برگ جدا شدند، مرده به‌حساب آمدند.

تجزیه پروبیت داده‌های زیست سنجی توسط نرم افزار POLO-Plus (LeOra Software Company,Version 2.0) انجام شد. نسبت دز کشنده برای تعیین اختلاف آماری بین مقادیر LC_{50} استفاده گردید. در صورتی‌که فواصل اطمینان ۹۵ درصد شامل عدد یک نبود، این مقدار معنی‌دار در نظر گرفته شد، (Robertson *et al*., 2017). نمودار خطوط غلظت-پاسخ توسط نرم افزار POLO- Plus و سایر به‌وسیله (Systat software Inc) Sigma plot رسم شدند.

آزمایش دوم: مطالعه اسیدیته آب

در این آزمایش چهار سطح اسیدیته ٤، ٦، ۷ و ۹ بر اساس حساسیت حشره‌کش‌های آزمایشی به سطوح مختلف اسیدیته آب از منابع علمی انتخاب (Huan *et al*., 2016; Dyguda Kazimierowicz *et al*., 2014; Babczinski, and Arthur, 2005) و در آب دیونیزه ایجاد شد و به‌عنوان حلال جهت تهیه محلول سمی استفاده گردید. ترکیبات شیمیایی مصرفی شامل استات سدیم (CH_3COONa)، اسید استیک (CH_3COOH)، فسفات هیدروژن مونوبیسیک (NaH_2PO_4) و فسفات هیدروژن دیابیسیک (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 به‌میزان ٤ و ٦ از بافر استات سدیم و اسید استیک در صورت لزوم هیدروکسید سدیم استفاده گردید (Hosseininaveh and Ghadamyari, 2013; Guzsvany *et al*., 2006). از بافر فسفات شامل فسفات هیدروژن مونوبیسیک و در صورت نیاز هیدروکسید سدیم برای تنظیم اسیدیته ۷ و فسفات هیدروژن دیابیسیک و اسید فسفریک برای اسیدیته ۹ استفاده گردید (Thuyet *et al*., 2013). اسیدیته آب توسط دستگاه pH متر Consort مدل C3020-Belgium اندازه‌گیری شد.

آزمایش زیست سنجی

این آزمایش با سه حشره‌کش رقیق‌شده در آب دیونیزه با ٤ سطح اسیدیته ٤، ٦، ٧ و ٩ در سه تکرار، بلافاصله بعد از تهیه محلول هر حشره‌کش انجام گردید. دامنه تلفات ۷۵-۲۵ درصد برای حشره‌کش‌ها تعیین و ۵ غلظت نهایی بر اساس ماده فرموله شده توسط روابط لگاریتمی محاسبه شدند. از روش غوطه‌وری برگ برای آزمایش زیست سنجی استفاده و مراحل انجام آن مطابق آزمایش قبل بود. ارزیابی پاسخ حشرات تیمار شده به‌حشره‌کش‌های مالاتیون، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن ٢٤، ٧٢ و ٩٦ ساعت بعد از زیست سنجی به‌صورت ثبت حشرات مرده انجام گردید. داده‌های آزمایش زیست سنجی جهت تعیین غلظت کشنده ۵۰ درصد توسط نرم‌افزار POLO-Plus تجزیه پروبیت شدند. مقایسه قدرت کشندگی حشره‌کش‌ها از طریق محاسبه نسبت دز کشنده پنجاه درصد (LC_{50}) انجام شد (Robertson *et al*., 2017).

نتایج

آزمایش اول: مطالعه سختی آب

نتایج تجزیه پروبیت نشان داد عملکرد حشره‌کش‌ها روی پوره سن دوم سفیدبالک پنبه تحت تأثیر سختی آب قرار گرفته است، به‌طوری که در سطوح بالاتر سختی کارایی ترکیبات سمی کاهش یافته است (جدول ۲). بیشترین تلفات پوره‌ها در محلول حشره‌کش تهیه شده از آب دیونیزه اتفاق افتاد. مقادیر LC_{50} برای استامی‌پرید، مالاتیون و اسپیرومسیفن در آب محتوی سختی ١٨٦٩ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب ٦٨/٥٧، ٦٤/٠٢ و ٣٩/٧٩ محاسبه شد. بیشترین تأثیر حشره‌کش‌ها روی سفیدبالک پنبه مربوط به‌حشره‌کش‌های استامی‌پرید و اسپیرومسیفن در آب دیونیزه به‌ترتیب با LC_{50} ٠/٤٤ و ٠/٤٧، سپس در آب استاندارد LC_{50} ٢/٩٦ و ٣/٨٢ بود. کارایی اسپیرومسیفن و مالاتیون در محلول تهیه شده از آب با سختی ٢٦٥ و ٦٤٥ میلی‌گرم بر لیتر مطلوب‌تر از استامی‌پرید بود (شکل ۱).

بر اساس نسبت دز کشنده، عملکرد حشره‌کش‌ها در آب سخت (١٨٦٩ میلی‌گرم بر لیتر) در مقایسه با سایر نمونه‌های آب تفاوت معنی دار داشت. نسبت غلظت کشنده ۵۰ درصد در آب با سختی ٦٤٥ به آب با سختی ٢٦٥ میلی‌گرم بر لیتر برای هر سه حشره‌کش اختلاف آماری نشان نداد. در آب محتوی سختی ٢٦٥ میلی‌گرم بر لیتر اسپیرومسیفن و مالاتیون عملکرد یکسانی با آب استاندارد داشتند، درحالی که کارکرد استامی‌پرید در آب ٢٦٥ با استاندارد تفاوت داشت (جدول ۳).

جدول۲- تجزیه پروبیت اثر سختی آب بر کارایی حشره‌کش‌ها روی پوره سن دوم *Bemisia tabaci*.

Table 2. Probit analysis of water hardness effect on the efficacy of insecticides on 2nd instar nymph of *Bemisia tabaci*.

Insecticide	Water	Insects (n)	LC_{50} (ppm)	(95% CL)	Slope (±SE)	χ^2 (df)	Heterogeneity Factor
Acetamiprid	w_1	360	68.57	(10.65-98.43)	2.43(±0.85)	1.33(13)	0.1
	w_2	360	28.36	(5.6-39.59)	2.02(±0.7)	1.66(13)	0.13
	w_3	360	18.88	(6.4-26)	2.2(±0.64)	1.52(13)	0.12
	sw	360	2.96	(0.33-5.3)	1.66(±0.51)	1.13(13)	0.087
	di	360	0.44	(0.01-1.2)	0.92(±0.27)	2.1(13)	0.16
Spiromesifen	w_1	360	39.79	(11.77-52.05)	3.52(±0.98)	1.15(13)	0.089
	w_2	360	18.66	(4.5-25.31)	3.28(±0.87)	1.88(13)	0.14
	w_3	360	8.72	(1.31-13.1)	2.33(±0.78)	1.07(13)	0.082
	sw	360	3.82	(0.8-6.26)	1.75(±0.48)	3.32(13)	0.26
	di	360	0.47	(0.01-1.34)	0.88(±0.26)	2.1(13)	0.16
Malathion	w_1	360	64.02	(12.74-95.82)	1.57(±0.51)	1.64(13)	0.13
	w_2	360	20.74	(1.22-35.7)	1.31(±0.47)	1.83(13)	0.14
	w_3	360	12.65	(2.7-20.53)	1.53(±0.43)	1.99 (13)	0.16
	sw	360	5.23	(0.66-9.76)	1.39(±0.39)	3.17(13)	0.25
	di	360	1.57	(0.1-3.75)	0.93(±0.25)	2.55(13)	0.19

w_1, w_2, w_3: well water with 1869, 645, 265 ppm hardness respectively sw: standard water di: deionized water.

نتایج رگرسیون خطی عامل سختی آب در برابر مقادیر LC_{50} نشان داد بین تغییرات سختی آب و غلظت کشنده ۵۰ درصد رابطه خطی معنی‌دار وجود دارد. از آنجائی‌که شیب خط رگرسیون برای هر سه حشره کش مثبت بود، به‌عبارتی دیگر با افزایش سختی مقدار LC_{50} نیز زیاد شده و لذا کارایی آفت‌کش کاهش یافته است (جدول ٤).

آزمایش دوم: مطالعه اسیدیته آب

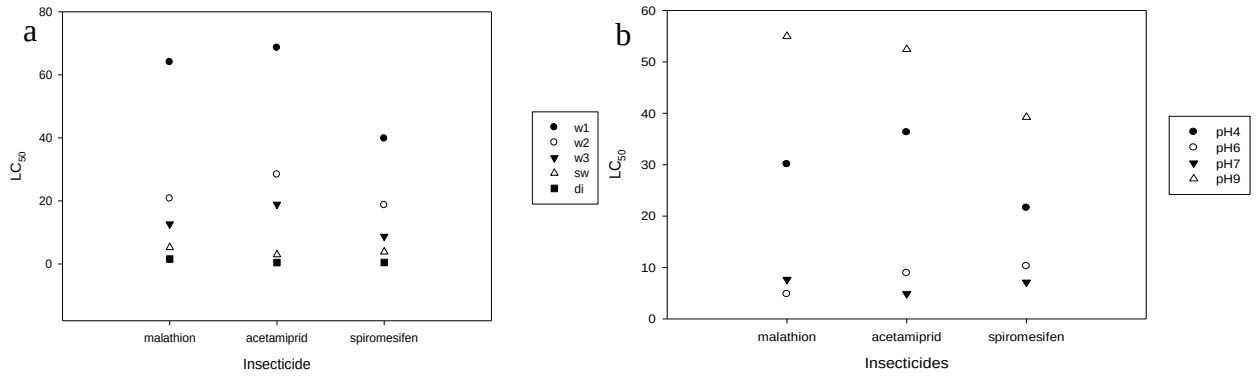
بر اساس نتایج این آزمایش حشره‌کش‌ها در محلول با اسیدیته خنثی و نزدیک به‌آن عملکرد مطلوب‌تری در مقایسه با اسیدی و قلیایی نشان داده‌اند (جدول ۵). مالاتیون در اسیدیته ٦ و ۷ آب دیونیزه با LC_{50} به‌ترتیب ٤/۸۲ و ۷/٦۸ میلی‌گرم بر لیتر در مقایسه با سایر سطوح اسیدیته کارایی بهتری روی پوره سن دوم سفیدبالک داشت. غلظت کشنده ۵۰ درصد استامی‌پرید در محلول با اسیدیته ۷ و ٦ به‌ترتیب ٤/۸۸ و ۸/۹۱ محاسبه گردید و نشان ازسمیت بیشتر این آفت‌کش در این سطوح در مقایسه با دو سطح دیگر اسیدیته بود. سمیت مالاتیون و استامی‌پرید در اسیدیته ۹ به‌مراتب کمتر از ٤ بود (جدول ۵). اسپیرومسیفن در آب دیونیزه با اسیدیته ۷ سمیت بیشتری روی سفیدبالک در مقایسه با سایر سطوح اسیدیته داشت. کمترین عملکرد اسپیرومسیفن در اسیدیته ۹ آب مشاهده گردید (شکل ۱).

جدول ۳- نسبت دز کشنده (LC_{50}) حشره‌کش‌ها در نمونه‌های آب.

Table 3. Lethal dose ratio (LDR) of insecticide LC_{50} values.in water samples.

Water Ratio	Acetamiprid			Spiromesifen			Malathion		
	LDR	Limits(0.95)	sig	LDR	Limits(0.95)	sig	LDR	Limits(0.95)	sig
w_1/w_2	2.42	(1.1-5.48)	*	2.13	(1.09-4.16)	*	3.08	(1.02-9.35)	*
w_1/w_3	3.63	(1.66-7.93)	*	4.56	(2.05-10.17)	*	5.06	(1.91-13.43)	*
w_1/sw	23.2	(7.7-69.93)	*	10.42	(4.35-25)	*	12.24	(3.85-38.85)	*
w_1/di	157.34	(28.8-259.63)	*	84.92	(15.42-167.57)	*	40.8	(9.37-177.62)	*
w_2/w_3	1.5	(0.72-3.14)	ns	2.14	(0.93-4.94)	ns	1.64	(0.51-5.27)	ns
w_2/sw	9.6	(3.3-28.05)	*	4.89	(1.97-12.12)	*	3.96	(1.06-14.86)	*
w_2/di	65.1	(12.15-148.57)	*	39.84	(7.11-123.13)	*	13.22	(2.66-65.77)	*
w_3/sw	6.4	(2.25-18.17)	*	2.3	(0.83-6.26)	ns	2.42	(0.72-8.13)	ns
w_3/di	43.33	(8.23-98.1)	*	18.61	(3.14-71/18)	*	8.06	(1.77-36.74)	*
sw/di	6.8	(1.1-42.47)	*	8.15	(1.33-49.88)	*	3.33	(0.65-17.14)	ns

w_1, w_2, w_3: well water with hardness 1869, 645, 265 ppm respectively sw: Standard water di: Deionized water.



شکل ۱- مقادیر LC_{50} حشره‌کش‌ها در نمونه‌های آب با سختی متفاوت (a) و اسیدیته متفاوت (b).

Fig 1. LC_{50} values of insecticides at different hardness (a) and pH levels (b).

w_1, w_2, w_3: well water with 1869, 645, 265 mg/L hardness respectively sw: standard water di: deionized water.

نسبت دز کشنده برای مالاتیون در اسیدیته ۹ به ٤ و همچنین ۷ به ٦ به‌دلیل اینکه فاصله اطمینان ۰/۹۵ شامل عدد یک می‌باشد، از نظر آماری تفاوت آماری نشان نداد. سمیت مالاتیون در اسیدیته ۹ با سطوح ٦ و ۷ روی پوره سن دوم سفیدبالک تفاوت معنی‌دار داشت، ولی عملکرد آن در اسیدیته ۹ با ٤ متفاوت نبود. در مورد استامی‌پرید نسبت دز کشنده پنجاه درصد اسیدیته ۹ به سطوح ٤، ٦ و ۷، همچنین اسیدیته ٤ به سطوح ٦ و ۷ تفاوت معنی‌دار داشت. سمیت استامی‌پرید در محلول با اسیدیته ٦ و ۷ یکسان بود. نسبت دز کشنده برای اسپیرومسیفن در اسیدیته ۹ به ٤، ٦ و ۷ از نظر آماری اختلاف نشان داد. در مورد سطح ٦ به ۷ تفاوتی مشاهده نشد (جدول ٦).

جدول ٤- رگرسیون سختی آب در برابر غلظت کشنده ۵۰ درصد حشره‌کش‌های آزمایشی.

Table 4. Linear regression water hardness vs experimental insecticides LC_{50}.

Insecticide	equation	R-square	Adj R-square
Acetamiprid	Y=1.62+0.036 X	0.94	0.91
Spiromesifen	Y=1.09+0.021 X	0.96	0.94
Malathion	Y=-0.41+0.034 X	0.98	0.97

Y: LC50, X: water hardness levels

جدول ۵- تجزیه پروبیت اثر اسیدیته آب بر کارایی حشره‌کش‌ها روی پوره سن دوم سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci*.

Table 5. Probit analysis of water pH effect on the efficacy of insecticides on 2nd instar nymph of *Bemisia tabaci*.

Insecticide	pH	Insects (n)	LC_{50} (ppm)	(95%CL)	Slope (±SE)	χ^2 (df)	Heterogeneity Factor
	4	360	36.3	(18.18-42.53)	5.5(±0.8)	2.11(13)	0.16
Acetamiprid	6	360	8.91	(2.32-12.3)	3.06(±0.98)	2.55(13)	0.19
	7	360	4.88	(0.31-8.08)	2.12(±0.76)	2.7(13)	0.21
	9	360	52.43	(27.16-60)	5.98(±1.06)	1.48(13)	0.16
	4	360	21.61	(7.29-27.05)	3.89(±0.31)	2.23(13)	0.17
Spiromesifen	6	360	10.26	(3.61-13.44)	3.14(±0.97)	1.87(13)	0.14
	7	360	7.12	(2.82-9.39)	3.38(±0.96)	2.19(13)	0.16
	9	360	39.23	(19.25-46.72)	4.05(±0.87)	2.4(13)	0.18
	4	360	30.1	(5.51-42.21)	1.93(±0.68)	1.01(13)	0.084
Malathion	6	360	4.82	(0.47-8.48)	1.78(±0.57)	3.27(13)	0.25
	7	360	7.68	(1.09-12.53)	1.82(±0.59)	2.3 (13)	0.17
	9	360	54.98	(22.32-67.48)	2.01(±0.35)	1.77(13)	0.14

جدول ٦- نسبت دز کشنده پنجاه درصد LC_{50} حشره‌کش‌ها در سطوح متفاوت اسیدیته.

Table 6. Lethal dose ratio (LDR) of insecticide LC_{50} values at different pH levels.

Insecticide	pH Ratio	LDR	Limits (0.95)	sig
	4/9	1.44	1.04-2.03	*
	6/9	5.89	3.33-10.38	*
Acetamiprid	7/9	10.72	4.43-26	*
	6/4	4.08	2.3-7.3	*
	7/4	7.43	3.04-18.17	*
	6/7	1.82	0.67-4.97	ns
	4/9	1.81	1.14-2.88	*
	6/9	3.82	2.28-6.39	*
Spiromesifen	7/9	5.51	3.3-9.19	*
	6/4	2.11	1.11-3.71	*
	7/4	3.03	1.72-5.33	*
	6/7	1.45	0.78-2.64	ns
	4/9	1.83	0.95-3.5	ns
	6/9	11.41	4.31-30.17	*
Malathion	7/9	7.16	3.05-16.82	*
	6/4	6.25	2.14-18.21	*
	7/4	3.92	1.5-10.27	*
	6/7	1.6	0.48-5.31	ns

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد سطوح بالاتر سختی آب موجب کاهش عملکرد حشره‌کش‌ها روی سفید بالک پنبه شده است. کارایی مالاتیون در محلول تهیه شده از آب دیونیزه ٤۰/۸، ۱۳/۲۲ و ۸/۰٦ برابر و در آب استاندارد ۱۲/۲٤، ۳/۹٦ و ۲/٤۲ برابر بیشتر از کارایی آن در آب با سختی ۱۸٦۹، ٦٤۵ و ۲٦۵ میلی‌گرم بر لیتر بود.

اثرات بازدارندگی آب سخت بر فعالیت مولکول‌های آفت‌کش برای علف‌کش گلایفوسیت شرح داده شده است. چندین محقق اظهار نمودند کاتیون کلسیم به گروه‌های کربوکسیل، فسفونات یا الکترون جفت نشده گروه آمین از مولکول گلایفوسیت متصل شده و یک ساختار سه دندانه‌ای شکل

می‌دهد (Motekaitis and Martell 1985, Thelen *et al.* 1995). پژوهشگران دیگر تشکیل یک لیگاند سه دندانه‌ای به‌وسیله اتصال یون کلسیم از میان نیتروژن آمین، اکسیژن کربوکسیلات و دو اکسیژن فسفونات را شرح دادند (Subramaniam and Hoggard, 1988) این ساختارها مولکول گلایفوسیت را غیر فعال کرده و در نتیجه کارایی آن کاهش می‌یابد.

مالاتیون در محیط آبی با یون هیدروکسید طی عمل هیدرولیز واکنش می‌دهد. اتم اکسیژن گروه هیدروکسیل به فسفر مرکزی متصل شده، سپس پروتون خود را از دست می‌دهد (Dyguda-Kazimierowicz *et al.*, 2014). طبق نظریه برهم‌کنش کلسیم با مولکول تفکیک شده آفت‌کش (Madsen *et al.*, 1978; Talen *et al.*, 1995) کاتیون کلسیم می‌تواند با اکسیژن دارای بار منفی اتصال برقرار کند.

کارایی استامی‌پرید به‌ترتیب ۱۵۷/۳، ۶۵/۱ و ۴۳/۳ بار در آب دیونیزه بیشتر از آب با سختی ۱۸۶۹، ۶۴۵ و ۲۶۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین این حشره کش ۲۳/۲، ۹/۶ و ۶/۴ برابر عملکرد بهتری در آب استاندارد در مقایسه با سه نمونه آب فوق داشت. استامی‌پرید در آب با آنیون هیدروکسید یا مولکول‌های آب واکنش می‌دهد. اتم اکسیژن از گروه هیدروکسیل به کربن مرکزی در ساختار مولکولی استامی‌پرید متصل شده و اتم هیدروژن خود را از دست می‌دهد(Huan *et al.*, 2016; Todey *et al.*, 2018). طبق نظریه ارائه شده (Madsen *et al.*, 1978; Talen *et al.*, 1995) کاتیون کلسیم به اتم اکسیژن دارای بار منفی متصل می‌شود و نمک کاتیون-آفت‌کش تشکیل می‌دهد که نتیجه‌ی آن کاهش عملکرد آفت‌کش است.

اسپیرومسیفن در محلول تهیه شده از آب دیونیزه ۸۴/۹، ۳۹/۸ و ۱۸/۶ برابر، همچنین در آب استاندارد ۱۰/۴، ۴/۹ و ۲/۳ بار کارایی بهتری در مقایسه با نمونه‌های آب محتوی سختی ۱۸۶۹، ۶۴۵ و ۲۶۵ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد. گروه استری در ساختار مولکولی اسپیرومسیفن در آب هیدرولیز شده و متابولیت انول را تشکیل می‌دهد، پس از آن به‌وسیله‌ی هیدروکسی‌لاسیون گروه‌های متیل یا حلقه سیکلوپنتیل بیشتر متابولیزه می‌شود .(Babczinski and Arthur, 2005). مولکول تفکیک شده آفت‌کش دارای یک اتم اکسیژن با بار منفی است(Doherty 2018, SPEX Certipreb, 2017) که طبق نظریه ارائه شده کاتیون کلسیم می‌تواند با اتم باردار اکسیژن پیوند تشکیل دهد (Madsen *et al.*, 1978; Talen *et al.*, 1995).

در تحقیقی مشخص شد آب دارای سختی ۱۷۹۹ میلی‌گرم بر لیتر در مقایسه با آب مقطر و سختی ۳۵۳ میلی‌گرم بر لیتر اثر آنتاگونیسمی بر فعالیت گلایفوسیت داشته است (Soltani *et al.*, 2011). محققین دیگر گزارش کردند کارایی علف‌کش توفوردی در آب حاوی کاتیون‌های کلسیم یا منیزیم روی علف‌های هرز Dandelion (*Taraxacum officinale*) و Broadleaf Plantain (*Plantago major*) در مقایسه با آب دیونیزه به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. محلول حاوی منگنز نیز تأثیر منفی بر عملکرد توفوردی داشت، اما اثر بازدارندگی آن کمتر از کلسیم و منیزیم بوده است (Patton *et al.*, 2016).

نتایج این تحقیق نشان داد حشره‌کش‌ها در سطوح مختلف اسیدیته آب عملکرد متفاوتی روی سفیدبالک داشته‌اند. در اسیدیته اسیدی یا قلیایی بار الکتریکی مولکول آفت‌کش تغییرکرده و این امر بر نفوذ ماده سمی و رسیدن به‌جایگاه هدف، تأثیرگذار است (Nalewaja *et al.*, 1991; Hajmohamadnia Ghalibaf *et al.*, 2016).

کارایی هر سه حشره‌کش در آب با اسیدیته ۹ کاهش یافت، این کاهش عملکرد در مالاتیون بیشتر و در اسپیرومسیفن کمتر مشاهده شد. مالاتیون در اسیدیته ۶ و ۷ به‌ترتیب ۱۱/۴۱ و ۷/۱۶ برابر کارایی بهتری در مقایسه با محلول با اسیدیته ۹ نشان داد. بر این اساس اسیدیته ۹ آب بر عملکرد این حشره‌کش تأثیر منفی داشته است. 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

اسیدیته قلیایی به‌دلیل پدیده هیدرولیز سریع‌تر از اسیدیته خنثی و اسیدی اتفاق می‌افتد. این واکنش معمولاً در حشره‌کش‌های فسفره رخ می‌دهد. عملکرد مالاتیون در آب با اسیدیته ٤ در مقایسه با ٦ و ٧ کمتر بود. مسیر دیگر تجزیه مالاتیون در محیط آبی با اسیدیته اسیدی می‌باشد، ولی در مقایسه با هیدرولیز قلیایی این واکنش کندتر اتفاق می‌افتد (Wolfe *et al.*, 1977).

استامی‌پرید در اسیدیته ٧ آب دیونیزه ١٠/٧٢ و ٧/٤٣ برابر سمیت بیشتری از اسیدیته ٩ و ٤ به‌ترتیب نشان داد. عملکرد استامی‌پرید در آب با اسیدیته قلیایی و اسیدی در مقایسه با اسیدیته خنثی و نزدیک به آن کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. این نتایج با مطالعات Huan *et al.*, (2016) و Todey *et al.*, (2018) که گزارش کردند مسیر اصلی تجزیه استامی‌پرید، هیدرولیز قلیایی است، هم‌خوانی دارد. هیدرولیز استامی‌پرید در محیط آبی با غلظت بالای آنیون OH^- سرعت بیشتری در مقایسه با آب حاوی غلظت بالای کاتیون H_3O^+ دارد. به این دلیل که قدرت حمله‌ی گروه هیدروکسیل به‌عنوان یک عامل نوکلئوفیل به باند دوگانه C=N در مقایسه با یون هیدرونیوم بیشتر است و فعال‌شدن این واکنش به‌مقدار انرژی کمتری نیاز دارد.

اسپیرومسیفن در اسیدیته ٧ به‌ترتیب ٥/٥١ و ٣ برابر کارایی مطلوب‌تری در مقایسه با اسیدیته ٩ و ٤ داشت. در محلول با اسیدیته ٦ با ٧ تفاوتی در سمیت اسپیرومسیفن مشاهده نشد. طبق این نتایج این حشره‌کش در اسیدیته ٧ و نزدیک به آن کارکرد بهتری روی سفیدبالک داشته است. اسپیرومسیفن در شرایط قلیایی آب سریع‌تر از خنثی و اسیدی تجزیه می‌شود، به‌طوری‌که نیمه عمر آن در اسیدیته ٩ و ٤ به‌ترتیب ٤/٣ و ٥ روز محاسبه شده است. در آب خنثی پایدار بوده و نیمه عمر ٨٧ روز داشته است. (SPEX CertiPrep, 2017). در مطالعه‌ای سرعت از بین رفتن اسپیرومسیفن در آب مقطر با اسیدیته ٩ سریع‌تر از ٤ و ٧ بوده است. نیمه عمر این ترکیب در اسیدیته ٩، ٤ و ٧ به‌ترتیب ٥/٧، ٩/٧ و ١٢/٥ روز محاسبه گردید. ملکول اسپیرومسیفن در اسیدیته ٩ و ٤ شکسته شده و تأثیرگذاری لازم روی سفیدبالک نداشته است (Mate *et al.*, 2015).

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد حشره‌کش‌ها در آب بدون یون کارایی مطلوب‌تری روی پوره سفیدبالک پنبه داشته‌اند. با افزایش سطح سختی آب از سمیت حشره‌کش‌ها کاسته شد. مناطق کشاورزی زنگی آباد و باغین کرمان به‌دلیل سختی بالای ٦٠٠ میلی‌گرم بر لیتر موجب کاهش کارایی حشره‌کش‌ها شده و لذا در این نواحی بایستی از مواد اصلاح کننده جهت بهبود کیفیت آب استفاده کرد. مالاتیون در اسیدیته ٦، استامی‌پرید و اسپیرومسیفن در اسیدیته ٧ عملکرد بهتری نشان دادند، بنابراین در هنگام تهیه محلول سمی تعدیل اسیدیته آب، جهت فعالیت بهینه حشره‌کش‌های مورد آزمایش این تحقیق ضروری است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت و همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان به‌سبب در اختیار قراردادن امکانات پژوهشی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

AZADVAR, M. 2015. Management of *tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) disease in greenhouses of Southern Kerman. Final report of Agricultural

ALTLAND, J. 2010. Water quality affects herbicide efficacy. http://oregonstate edu/dept/ nursery weeds/ feature articles/spray tank/spray tank htm.

Research and Education center of Southern Kerman. 28 pp. (In Persian with English summary), 53914.

BABCZINSKI, P. and E.L. ARTHUR, 2005. Environmental fate of spiromesifen (Oberon). Planzenschutz-Nachrichten Bayer, NO. 58: 371–390.

BASIRAT, M., M.R. TAJ BAKHSH, J. HOSSEINI FARD and M. HEIDARI, 2007. Effect of the water quality 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. http://agrisis.areo.ir.

COLLABORATIVE INTERNATIONAL PESTICIDES ANALYTICAL COUNCIL (CIPAC), 2016. Specifications for pesticides: a training manual, Participant's guide trial. https://www.cipac.org.

CUTHBERTSON, A.G.S., L.F. BLACKBURN and P. NORTHING, 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, NO. 6 (3): 347-352.

DEVKOTA, P., D. SPAUNHORST and W.G. JOHNSON, 2016. Influence of carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on mesotrione efficacy. Weed Technology, NO. 30(3): 617–628.

DEVKOTA, P and W.G. JOHNSON, 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, No. 31: 878-887.

DOHERTY, M. 2018. Spiromesifen. United States Environmental Protection Agency, USA. www. fao.org.

DYGUDA KAZIMIEROWICZ, E., S. ROSZAK and A. SOKALSKI, 2014. Alkaline hydrolysis of organophosphorus pesticides: The dependence of the reaction mechanism on the incoming group conformation. The Journal of Physical Chemistry, NO. 118 (26): 7277-7289.

FISHEL, F.M. and J.A. FERRELL, 2010. Water pH and the effectiveness of pesticides. University of Florida. 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, NO. 46: 197-202.

GEEFREY, M., T.W. SIMMONS, B.L. KERANS and B. SMITH, 1997. Relative acute effects of low pH and high iron on the hatching and survival of the water mite, *Arrenurus manubriator* and the aquatic insect, *Chironomus riparius*. Environmental Toxicology and Chemistry, NO. 16 (10): 2144–2150.

GUZSVANY, V., J. CSANADI, and F. GAAL, 2006. NMR Study of the Influence of pH on the Persistence of Some Neonicotinoids in Water. Acta Chimica Slovenica, NO. 53: 52-57.

HAJMOHAMMADNIA GHALIBAF, K., M.H. RASHED MOHASSEL, M. NASSIRI MAHALLATI, and E. ZAND, 2016. The investigation of pH variation of water in spray tank on glyphosate and nicosulfuron performance on barnyard grass and velvetleaf control. Journal of Plant Protection, NO. 29 (4): 531-539 (in Persian with English summary).

HEIDARI, A., M.R. TAJBAKHSH and M. NAJAFI, 2019. Investigation on the effects of water quality on quality control indexes of some pesticide formulations. Final report of Iranian Research Institute of Plant Protection (in Persian with English summary). 56281.

HOSSEININAVEH, V. and M. GHADAMYARI, 2013. Principles and concepts of experimental methods in insect biochemistry, physiology and toxicology. University of Tehran Press, 2nd edition, 577pp.

HUAN, S., C. ZHANG, X. LUO, R. CHEN and G. LIANG, 2016. Theoretical studies on the hydrolysis mechanism of acetamiprid. Theoretical Chemistry Accounts, NO. 135 (3): 1-11.

IRAC, 2016. Susceptibility test methods series for nymphs and eggs of *Bemisia tabaci*, Method NO. 016. www.irac-online.org.

KACHILLI, F. 2005. Study on bioechology of cotton whitefly and the effect of current paratitoides on it in Ahvaz. Ph.D. Thesis, University of Shahid Chamran Ahvaz, 155 pp. (In Persian with English summary).

KONTSEDALOV, S., Y. GOTTLIEB., I. ISHAAYA., R. NAUEN., R. HOROWITZC., and M. GHANIMA, 2009. Toxicity of spiromesifen to the developmental stages of *Bemisia tabaci* biotype B. Society of Chemical Industry. Pest Management Science, NO. 65: 5–13.

LEORA SOFTWARE, 2007. Polo-Plus: a user's guide to probit or logit analysis, version 2.0. LeOra Software Company Petaluma.

MADSEN, H.E.L., H.H. CHRISTENSEN and C. GONLIEB PETERSEN, 1978. Stability constants of copper, zinc, calcium, magnesium, manganese, complexes of N-(phosphonomethyl) glycine (glyphosate). Acta Chemica Scandinavica, NO. 32: 79-83.

MATE, C.J., I. MUKHERJEE and SH. KUMAR, 2015. Persistence of spiromesifen in soil: influence of moisture, light, pH, and organic amendment. Environmental Monitoring and Assessment Journal, NO. 187(7).

MC KENZIE, C and V. PALMER, 2014. Chemical class rotations for control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on poinsettia and their effect on cryptic species population composition. Pest Management Science, NO. 70 (10): 1573-1587.

MCKIE, P and W.S. JOHNSON, 2014. Water pH and its effect on pesticides stability. University of Nevada Cooperative Extension, Fact Sheet FS-02-36.

MOTEKAITIS, R.J. and A.E. MARTELL, 1985. Metal chelate formation by N-phosphonomethyl glycine and related ligands. Journal of Coordination Chemistry, NO. 14 (2): 139-149.

NALEWAJA, J.D., Z. WOZNICA and R. MATYSIAK, 1991. 2, 4-D amine antagonism by salts. Weed Technology, NO. 5: 873-880.

NAUEN, R., U. RECKMANN, J. THOMZIK and W. THIELERT, 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento) a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. Bayer Crop Science Journal, NO. 61 (2): 251-277.

ODERO, D.C. 2011. Impact of water quality on herbicide efficacy. http:// erec. ifas. ufl.edu/weeds/ pdf docs/ Accessed October 2012.

PATTON, A.J., D.V. WEISENBERGER and W.G. JOHNSON, 2016. Divalent cations in spray water influence 2, 4-D efficacy on Dandelion (*Taraxacum officinale*) and Broadleaf Plantain (*Plantago major*). Weed Technology, NO. 30 (2): 431-440.

PEREIRA PRADO, E., D. ARAUJO and C.G. RAETANO, 2011. Effects of water hardness and pH in acaricide spray solutions on the control of *Brevipalpus phoenicis* on sweet orange fruit. Bragantia Campinas, NO. 70 (2): 389-396.

PRATT, D., J. KELLS and D. PENNER, 2003. Substitutes for ammonium sulfate as additives with glyphosate and glufosinate. Weed Technology, NO. 17 (3): 576-581.

RIDEN, B and K. RICHARDS, 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.

ROBERTSON, J.L., M.M. JONES., E. OLGUIN and B. ALBERTS, 2017. Bioassay with Arthropods. 3 rd Edition, CRC Press, 212 pp.

ROSKAMP, J.M., R.F. TURCO, M. BISCHOFF and W.G. JOHNSON, 2013. The influence of carrier water pH and hardness on saflufenacil efficacy and solubility. Weed Technology, NO. 27(3): 527-533.

SEQUEIRA, R.V and S.E. NARANJO, 2008. Sampling and management of *Bemisia tabaci* (biotype B) in Australian cotton. Crop protection, NO. 27 (9): 1262-1268.

SMITH, H.A., C.A. NAGLE., C.A. MACVEAN, and C. MCKENZIE, 2016. Susceptibility of *Bemisia tabaci* to imidacloprid, thiamethoxam, dinotefuran and flupyradifurone in south Florida. Insects, NO. 57(7), from www.mdpi.com/journal/insects.

SOLTANI, N., R.E. NURSE, E. DARREN, D.E ROBINSON and P.H. SIKKEMA, 2011. Effect of ammonium

sulfate and water hardness on glyphosate and glufosinate activity in corn. Canadian Journal Plant Science, NO. 91 (6): 1053-1059.

SPEX CERTIPREP, Pesticide Technical Note, 2017. Spiromesifen summary. www.SPEXEurope.com.

SUBRAMANIAM, V and P.E. HOGGARD, 1988. Metal complexes of glyphosate. Journal of Agricultural and Food Chemistry, NO. 36 (6): 1326-1329.

TALEBI JAHROMI, K.H. 2011. Pesticides Toxicology. 5th edition, Tehran University Press. 507pp.

THELEN, K., E. JACKSON and D. PENNER, 1995. The basis for the hard-water antagonism of glyphosate activity. Weed Science, NO. 43 (4): 541-548.

TODEY, S., A.M. FALLON and W. ARNOLD, 2018. Neonicotinoid insecticide hydrolysis and photolysis: Rates and residual toxicity. Environmental Toxicology and Chemistry, NO. 37(11): 2797-2809.

THUYET, D.Q., H. WATANABE and J. Ok, 2013. Effect of pH on the degradation of imidacloprid and fipronil in paddy water. Journal of Pesticides Science, NO. 38 (4): 223-227.

WHITFORD, F. 2009. The impact of water quality on pesticide performance. Purdue University Press, 320 pp. http://www.ppp.purdue.edu/pubs/PP-86.pdf.

WOLF, L., J. ZEPP, J. GORDON and D. CLINE, 1977. Kinetics of chemical degradation of Malathion in water. Environmental Research Laboratory, U.S Environmental Protection Agency, Athens, Ga. 30601.

YUXIAN, H.E., Z. JIANWEI and W.U. DONGDONG, 2011. Sublethal effects of imidacloprid on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) under laboratory conditions. Journal of Economic Entomology, NO. 104: 833-838.

YEGANEH, M. 2016. Registered pesticides in Iran. Plant Protection Organization, 56 pp. 63295.