



نقش کیفیت آب در کارائی و اثربخشی آفتکش ها

هادی مصلی نژاد

دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

ایمیل: hmosalla@gmail.com

چکیده

آفتکش‌ها برای کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در کشاورزی نقش بسیار مهم و اساسی دارند. کارائی و اثربخشی آنها روی عوامل خسارتزای یادشده، تابع شرایط و مولفه‌های مختلفی از جمله کیفیت آب مورد استفاده برای تهیه محلول سمپاشی می‌باشد. این موضوع متأسفانه کمتر توسط کشاورزان مورد توجه قرار می‌گیرد و لذا لزوم اطلاع‌رسانی و آگاهی بخشی بیشتر احساس می‌شود. البته باید توجه داشت که همه آفتکش‌های موجود در بازار، از کیفیت آب متأثر نمی‌شوند و گروه‌های خاصی از انواع آفتکش‌ها شامل علفکش‌ها، حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها ممکن است در این خصوص اهمیت داشته باشند. در بین ویژگی‌های مرتبط با کیفیت آب، اسیدیته (pH) و سختی آب در کارائی آفتکش‌ها از بقیه مهم‌تر هستند. غفلت از این موضوع، نه تنها باعث کاهش کارائی و تاثیرگذاری آفتکش‌ها در کنترل عوامل خسارتزای می‌شود، بلکه باعث گیاهسوزی روی گیاهان و آسیب جدی به محصولات کشاورزی خواهد شد. در این مقاله هریک از انواع آفتکش‌ها که متأثر از اسیدیته و سختی آب هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: آفتکش‌ها، کیفیت آب، کارائی،

مقدمه

در کشاورزی امروز دنیا انواع مختلف آفتکش‌ها، نظیر حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، از نهاده‌های مهم و اساسی برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند و بدون مصرف آنها، بین ۳۰ تا ۴۰ درصد محصول توسط عوامل خسارتزای نظیر آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز، از بین خواهد رفت. کارائی و اثربخشی آفتکش‌ها به منظور کنترل عوامل خسارتزای در کشاورزی، وابسته به فاکتورهای مختلفی نظیر شناسائی دقیق آفت، تعیین زمان دقیق سمپاشی (با توجه به حساس‌ترین مرحله زیستی آفت)، انتخاب صحیح آفتکش و کاربرد دز مناسب، انتخاب سمپاش و ادوات مناسب سمپاشی می‌باشد. این موارد اولین مولفه‌هایی هستند که در ذهن افراد به عنوان فاکتورهای موثر در کارائی آفتکش‌ها در مزرعه، تداعی می‌شوند. اما در این خصوص، تاثیر کیفیت آب در کارائی آفتکش‌ها موضوعی است که کمتر مورد توجه کشاورزان قرار گرفته و در بسیاری از موارد مورد غفلت قرار می‌گیرد.

هنگام کاربرد عملیاتی آفتکش‌ها در مزرعه، آب رایج‌ترین و فراگیرترین حامل یا رقیق‌کننده برای تهیه محلول سمپاشی در دنیاست. درحقیقت انواع فرمولاسیون آفتکش‌ها (چه جامد و چه مایع) برای رقیق شدن و به کاربرده شدن، بایستی با آب مخلوط شوند. از این رو، کشاورزان در مناطق مختلف با توجه به شرایط موجود خود، از منابع آبی مختلف برای تهیه محلول سمپاشی استفاده می‌کنند. این منابع می‌تواند آب‌های زیرزمینی (چاه، قنات) و یا آب‌های سطحی (رود، رودخانه، برکه، کانال) باشد. حتی بعضی کشاورزان



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



ممکن است از آبهای شرب شهری استفاده کنند که چون این آبها نیز به منظور قابل شرب شدن در طی مراحل تصفیه، توسط مواد شیمیائی مختلف تیمار می‌شوند، بنابراین می‌توانند مشکلات خاص خود را داشته باشند. لازم به اشاره است از حامل‌های دیگر که ممکن است در کاربرد آفتکش‌ها، مورد استفاده کشاورزان قرار بگیرد، کودهای شیمیائی مایع و یا انواع روغن‌ها هستند که از موضوع این مقاله خارج است. باید توجه داشت که کودها نیز ممکن است حاوی مقادیر زیادی انواع نمک‌ها باشند که قطعاً روی میزان انحلال آفتکش‌ها هنگام تهیه محلول سمپاشی، تاثیر خواهد داشت.

پژوهش‌های متعدد جهانی، ثابت کرده است که خصوصیات فیزیکی و شیمیائی آب حین عبور از بسترهای مربوطه (اتم‌سفر، لایه‌های خاک و غیره)، تغییر می‌کند. این نکته در کشور ما نیز موضوعیت دارد. به طوری که تغییرات اقلیمی و کاهش بارندگی طی چند دهه اخیر در کشور ما، موجب پایین رفتن سطح آب سفره‌های زیرزمینی و افزایش املاح معدنی در آب‌های کشاورزی برخی نواحی شده و خصوصیات آب از قبیل اسیدیته و سختی را تغییر داده که این ویژگی‌ها در زمان تهیه محلول سمپاشی، می‌توانند پایداری برخی آفت‌کش‌ها و در نتیجه سمیت و کارائی آنها را کاهش دهند. باید توجه داشت که اسیدیته و سختی آب، حتی در طول فصل زراعی تحت تاثیر عوامل اقلیمی-جوی (بارندگی‌ها، سیل و سایر وقایع طبیعی) ممکن است تغییر کند. بنابراین توصیه می‌شود که کشاورزان و بهره‌برداران به طور مرتب و هر از چند ماه، از طریق آنالیز آزمایشگاهی، ویژگی‌های آب را رصد و اندازه‌گیری کنند. باتوجه به بحران کمبود آب در کشور، لزوم مدیریت صحیح منابع آب و جلوگیری از هدررفت و استفاده بهینه و حداکثری از آن، یک ضرورت است. در این مقاله به تاثیر کیفیت آب بر کارائی برخی آفتکش‌ها خواهیم پرداخت.

چه ویژگی‌هایی از آب روی کیفیت سمپاشی و کارائی آفت‌کش‌ها تاثیر دارد؟

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی آب متعدد هستند، مثل هدایت الکتریکی (EC^1)، کشش سطحی، قابلیت پخش‌شوندگی^۲، اسیدیته (pH)، سختی، شفافیت و کدورت آب. تغییر در هر یک از این ویژگی‌ها، می‌تواند آثار و پیامدهای مختلفی برای عملکرد آفتکش‌های مورد نظر در پی داشته باشد. ثابت شده است که بسته به نوع فرمولاسیون آفتکش‌ها، این ویژگی‌ها در تجزیه و متابولیز آفتکش‌ها (شکسته شدن مولکول ماده موثره)، اثرات بیولوژیک آفتکش‌ها (سینترژیستی و آنتگونیستی) جذب و انتقال آفتکش‌ها در گیاه هدف (مثلاً علف‌های هرز) و یا نفوذ آفتکش‌ها در بدن آفت، تاثیر دارند (Vuković et al., 2013). در بین ویژگی‌های اشاره‌شده ی آب، اسیدیته و سختی آب در کارائی آفتکش‌ها از بقیه مهم‌تر هستند که در ادامه به اهمیت این دو عامل اشاره خواهیم کرد. باید توجه داشت که ویژگی‌های نامتعارف آب، علاوه بر کاهش کارائی آفتکش‌ها در مزرعه، باعث خطر گیاهسوزی روی گیاهان نیز می‌شوند.

(۱) سختی آب

آب به شکل طبیعی خود فاقد هرگونه مواد معدنی اضافی است و اصطلاحاً "نرم" خوانده می‌شود. سختی آب عبارتست از وجود بیش از اندازه املاح معدنی محلول (کاتیون‌های چند ظرفیتی^۳) نظیر کلسیم و منیزیم و تا اندازه ای آهن، منگنز، آلومینیوم و روی در آب که واحد آن ppm یا (mg/L) است. این یون‌ها دارای بار مثبت هستند که می‌توانند با بار منفی مولکول‌های آفتکش واکنش نشان داده و جذب و انتقال آنها را کاهش دهند. درمیان کاتیون‌های یادشده، منیزیم (Mg^{+2}) و کلسیم (Ca^{+2}) از همه مهم‌تر هستند.

¹ Electrical conductivity

² dispersibility

³ polyvalent cations



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



یکی از مهم‌ترین انواع آفتکش‌ها که از بالا بودن سختی آب متاثر شده و کارایی آنها کاهش می‌یابد، علفکش‌ها هستند. تحقیقات متعدد ثابت کرده است که علفکش‌هایی که خاصیت اسیدی ضعیف دارند، کارایی آنها در آبهای سخت کاهش می‌یابد (Daramola et al., 2022). این علفکش‌ها عبارتند از: گلایفوسیت، توفوردی (2,4-D)، ام‌سی‌پی‌آ، دایکامبا، ستوکسیدیم، کلتودیم، نیکوسولفورون، سینوسولفورون و بنتازون. یکی از پیامدهای استفاده از آبهای سخت هنگام مصرف علفکش‌های یاد شده، ایجاد رسوب در مخزن سمپاش، جدار لوله‌ها و خروجی‌های سمپاش است که موجب انسداد و اختلال در عملکرد سمپاش می‌شود. ضمن اینکه قطعا تاثیر و کارایی علفکش روی علف هرز هدف نیز کاهش خواهد یافت.

۲) اسیدیته آب (pH)

pH در واقع یک واحد اندازه‌گیری برای تعیین میزان اسیدی یا قلیایی بودن یک مایع نظیر آب است. مولکول‌های آب از دو یون (H^+) و (OH^-) تشکیل می‌شوند. فاکتور pH با اندازه‌گیری میزان یون هیدروژن (H^+) در مایعات مشخص می‌شود^۴. این پارامتر در محدوده ۰ تا ۱۴ تعریف شده است؛ به طوری که pH=7 نشان‌دهنده خنثی بودن محلول مایع یعنی مساوی بودن یون‌های (H^+) و (OH^-) است. بنابراین pH کمتر از ۷ به معنای اسیدی و pH بیشتر از ۷ به عنوان محدوده بازی در نظر گرفته می‌شود. pH مبنای لگاریتمی دارد، به این معنی که هر یک درجه افزایش در pH، باعث تغییر در حساسیت ۱۰ برابری آفتکش به pH می‌شود.

به‌طور کلی اسیدیته آب مصرفی در تهیه محلول سمپاشی، فاکتور مهمی در پایداری و عملکرد آفتکش‌ها به حساب می‌آید. برخی از آفتکش‌ها در محیط‌های قلیایی یا اسیدی به سرعت هیدرولیز می‌شوند، به این صورت که طی واکنش‌های شیمیایی، مولکول آفتکش شکسته شده و ممکن است سریعاً رسوب کرده و در نتیجه کارایی خود را از دست بدهد. واکنش هیدرولیز در محیط‌های قلیایی، برای حشره‌کش‌ها در مقایسه با قارچ‌کش‌ها و علفکش‌ها سریع‌تر اتفاق می‌افتد (McKie and Johnson, 2014). بهترین محدوده pH آب برای بیشتر حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها، ۵ تا ۷ می‌باشد.

فاکتور مهم دیگری که در تغییر pH محلول سمپاشی تاثیر می‌گذارد، اختلاط آفتکش‌های مختلف (مثلاً حشره‌کش‌ها با علفکش‌ها) و قراردادن آنها در یک مخزن سمپاش هست که این موضوع نیز توسط بسیاری از کشاورزان نادیده گرفته می‌شود. در این حالت نیز، اختلاط چند نوع آفتکش مختلف باعث ایجاد واکنش‌های شیمیایی غیرقابل پیش‌بینی و در نتیجه تغییر در pH محلول سمپاشی و ایجاد مشکلات عدیده نظیر گیاهسوزی خواهد شد. در مجموع می‌توان گفت که اسیدیته قلیایی یا اسیدی آب، بسته به نوع آفتکش و یا فرمولاسیون آن می‌تواند بر دوام و پایداری حشره‌کش در محلول سمی تاثیر بگذارد و کارایی آفتکش را کاهش دهد. در ادامه مقاله، به هریک از دو مورد اسیدیته کم و زیاد آب خواهیم پرداخت.

pH بالا (قلیایی):

طبق تحقیقات انجام شده، به‌طور کلی حشره‌کش‌های گروه فسفره، کاربامات و بعضی پاپرتروئیدها به اسیدیته بالا یعنی محیط قلیایی، حساس بوده و هیدرولیز شده و مولکول آنها شکسته می‌شود (Takuma et al., 2006). به این پدیده، هیدرولیز قلیایی^۵ گفته می‌شود که پایدار بوده و غیرقابل برگشت است. درحقیقت آفتکش‌های اشاره شده، اسید ضعیف یا خنثی هستند که بیشترین پایداری را در

⁴ $pH = -\log[H^+]$

⁵ alkaline hydrolysis



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



محدوده (4-6.5⁷) دارند. به محض اینکه با آب قلیائی مخلوط می‌شوند، طی مراحل هیدرولیز قلیائی، بخش عمده‌ای از مولکول‌های ماده موثره آفتکش، شکسته خواهد شد. هرچه درجه قلیائی بودن آب بیشتر باشد، سرعت تجزیه و شکستن مولکول آفتکش هم بیشتر خواهد بود. در اینجاست که واژه دیگری به نام نیمه عمر آفتکش‌ها^۷ معنی و مفهوم پیدا می‌کند. نیمه عمر آفتکش‌ها به مدت زمانی گفته می‌شود که ۵۰ درصد مولکول آفتکش، تجزیه و شکسته می‌شود. حتی مدت زمان قرارگرفتن در محلول قلیائی، روی افت کیفیت آفتکش و کاهش کارائی آن تاثیر دارد. به طوری که کیفیت محلول سمپاشی که در ابتدای سمپاشی از نازل سمپاش خارج می‌شود، با محلولی که در انتهای زمان سمپاشی خارج می‌شود، کیفیتی متفاوت داشته باشند.

مالاتیون (از گروه فسفره) یکی از حشره‌کش‌های پرمصرف در ایران و جهان می‌باشد که گزارش‌ها حاکی از آن است که نیمه عمر آن در pH=10 حدود دو ساعت، در pH=8 حدود ۱۹ ساعت و در pH=7 حدود سه روز محاسبه شده است. همچنین برای حشره‌کش تریکلرفون (از گروه فسفره) نیز در شرایط pH بالای هشت، هیدرولیز قلیائی رخ می‌دهد. نیمه عمر تریکلرفون در pH=8 حدود یک ساعت، در pH=7 حدود ۶ ساعت و در pH=6 حدود چهار روز محاسبه شده است. حشره‌کش دیگر دیمتوات است که گزارش شده که نیمه عمر آن در pH=9 حدود یک ساعت، در pH=6 حدود ۱۹ ساعت و در pH=4، ۲۱ ساعت است (McDougall, 2012). برای آزینافوس متیل نیز، نیمه عمر آن در pH=9، دوازده ساعت، در pH=7، ده روز و در pH=5، هفده روز است.

علاوه بر حشره‌کش‌های گروه فسفره و کاربامات، بسیاری از قارچ‌کش‌ها، علفکش‌های فرموله شده بر پایه نمک (گلایفوسیت، ایمازاتاپیر^۸ و گلایفوسینات^۹) و حتی سایر گروه‌های حشره‌کش و کنه‌کش هم ممکن است به هیدرولیز قلیائی حساس باشند.

کنه‌کش سایفلومتوفن (دانيسارابا®) حساسیت زیادی به محیط قلیا دارد و نیمه عمر آن در pH=9 حدود ۱۰ دقیقه است. کنه‌کش پروپارزیت یکی دیگر از مواردی است که در pH بالای هفت، هیدرولیز قلیائی برای آن اتفاق می‌افتد. نیمه عمر پروپارزیت در pH=9 یک روز، در pH=6 ۳۳۱ روز و در pH=3 هفده روز محاسبه شده است. یکی از راه‌های حل این مشکل، استفاده از ادجوانت‌های تنظیم‌کننده pH، می‌باشد.

pH پائین (اسیدی):

آبهای اسیدی نیز ممکن است پایداری و اثربخشی برخی آفت‌کش‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. قارچ‌کش‌های برپایه مس، از جمله آفتکش‌هایی هستند که ثابت شده که اگر با آبهای اسیدی مخلوط شوند می‌توانند غیرفعال شده و حتی منجر به گیاهسوزی شوند. دلیل آن این است که هرچه اسیدیته آب کمتر باشد، میزان حلالیت مس افزایش می‌یابد یعنی باعث افزایش یون‌های مس در محلول سمپاشی می‌شود که خطر گیاهسوزی روی گیاه را در پی خواهد داشت. علفکش‌های گروه سولفونیل‌اوره‌ها، نظیر تریبنورون متیل (گرانستار)، سولفوسولفورون (آپروس) از لحاظ شیمیائی باز ضعیف بوده و لذا در محیط‌های اسیدی (pH < 7)، به سرعت هیدرولیز شده و مولکولشان شکسته می‌شود.

^۶ بعضی منابع علمی تا ۷ هم ذکر کرده اند

^۷ half-life of the pesticide

^۸ imazethapyr

^۹ glufosinate



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



یکی از توصیه های اساسی برای پی بردن به کیفیت آب مصرفی در کاربرد آفتکش ها، تجزیه و آنالیز آب توسط آزمایشگاه های مجاز و معتبر می باشد. این درحقیقت، اولین گام برای اطمینان از کیفیت آب مصرفی است.

فهرست منابع

- Vuković, S., Inđić, D., Lazić, S., Grahovac, M., Bursić, V., Šunjka, D., & Gvozdenac, S. (2013). Water in pesticide application. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 14(1), 132-141.
- Daramola, O. S., Johnson, W. G., Jordan, D. L., Chahal, G. S., & Devkota, P. (2022). Spray water quality and herbicide performance: a review. *Weed Technology*, 36(6), 758-767.
- McDougall, Sandra. 2012. Water quality for chemical spraying. Department of Primary Industries, New South Wales government.
- Takuma, Y., Kato, S., & Kojima, T. (2006). Kinetic study on alkaline decomposition of organophosphorus. *Studies in surface science and catalysis*, 829-832.
- Mc Kie, P. and Johnson, W.S. 2014. Water pH effect on pesticides stability. University of Nevada Cooperative Extension, Fact Sheet FS-02-36.