



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

## نشریه فنی

### اثر کیفیت آب بر کارایی علف کش ها

نگارندگان:

مهناز میرزائی

اسکندر زند

غلامعلی شاه حسینی

شماره ثبت:

۵۹۷۵۴

۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

## اثر کیفیت آب بر کارایی علف کش ها

نگارندگان:

مهناز میرزائی

اسکندر زند

موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

غلامعلی شاه حسینی

وزارت نیرو

مخاطبان نشریه فنی: کشاورزان پیشرو، مروجین و کارشناسان ارشد مراکز آموزشی، پژوهشی و اجرایی وابسته به وزارت جهاد کشاورزی

موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، نشریه فنی

اثر کیفیت آب بر کارایی علف کش ها

نگارندگان: مهناز میرزائی، اسکندر زند، غلامعلی شاه حسینی

ناشر: موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

سال نشر: ۱۴۰۰

شماره و تاریخ ثبت نشریه: ۵۹۷۵۴ مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۲۷

نشانی مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی: تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن،

پلاک ۱، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

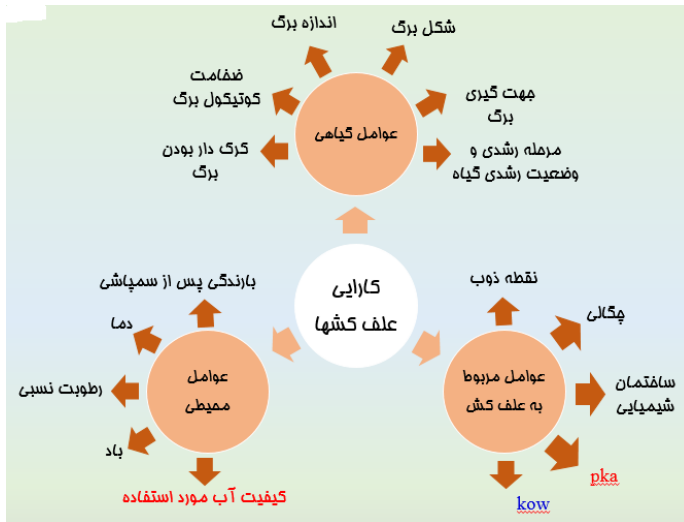
## فهرست مندرجات

مقدمه.....	۱
سختی آب.....	۳
سختی آب‌های ایران.....	۳
ارتباط سختی آب و علف‌کش‌ها.....	۸
خاصیت اسیدی و بازی مولکول علف‌کش‌ها.....	۸
حلالیت علف‌کش.....	۱۲
نقش گونهٔ علف هرز در کارایی علف‌کش‌های متأثر از آب‌های سخت.....	۲۵
روش‌های بهبود اثرات سختی آب بر کارایی علف‌کش‌ها.....	۲۶
کودهای نیتروژنی.....	۲۶
.....	۲۶
سولفات آمونیوم (AMS).....	۲۶
نیترات آمونیم (AMN).....	۲۸
نیترات آمونیم اوره (UAN).....	۲۹
مویان‌های غیر یونی.....	۳۰
کاهش حجم آب محلول سم‌پاشی.....	۳۰
اسیدهای آلی.....	۳۱
EDTA.....	۳۱

۳۲	.....	اثر اسیدیتهٔ آب بر کارایی علف کش ها
۳۳	.....	اثر قلبییت (بی کربنات ها) بر جذب و انتقال علف کش ها
۳۵	.....	تاثیر کدورت آب بر کارایی علف کش ها
۳۷	.....	اثر کل مواد جامد حل شده در آب بر جذب و انتقال علف کش ها
۳۸	.....	جمع بندی
۴۲	.....	فهرست منابع

## مقدمه

علف کَش‌ها به‌رغم مشکلات مربوط به آلودگی خاک و آب و سمیت مواد غذایی، ابزارهای ارزشمند و مهمی هستند که برای نظام‌های تولید منافع بزرگی در پی داشته‌اند. نگرانی عمومی پیرامون اثرات احتمالی آفت‌کش‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست، منجر به فشار رو به افزایش بر کشاورزان در بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌ها شده است (زند و همکاران، ۱۳۹۳). در کنترل شیمیایی علف‌های هرز، کارایی علف‌کش‌ها از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده کاربرد آنهاست که متأثر از عوامل مختلفی از جمله عوامل گیاهی (فیزیولوژی و مورفولوژی گیاهی)، عوامل محیطی و عوامل مربوط به علف‌کَش‌هاست (موسوی، ۱۳۹۰) (شکل ۱).



شکل ۱- عوامل مؤثر بر کارایی علف‌کش‌ها (برگرفته از موسوی، ۱۳۹۰).

لذا، از آنجایی که آب به‌عنوان مهم‌ترین و رایج‌ترین حامل مایع برای کاربرد اغلب علف‌کش‌ها محسوب شده و بیش از ۹۹ درصد محلول سم‌پاشی را تشکیل می‌دهد، به‌نظر می‌رسد کیفیت آن نقش مهمی در کارایی استفاده از علف‌کش‌ها داشته باشد (Nalewaja *et al.*, 1995). بیشتر علف‌کش‌های رایج، محلول در آب و قابل پاشش هستند، از این رو کیفیت آب مورد استفاده در سم‌پاشی، یکی از عوامل بسیار مهم است که می‌بایست در جهت افزایش کارایی علف‌کش‌ها و کاهش مشکلات زیست‌محیطی به آن توجه شود.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب می‌تواند بر شاخص‌های کیفیت آفت‌کش‌ها و در نتیجه کارایی انواع آنها مؤثر باشد. از مهم‌ترین عوامل کیفیت آب در مخزن سم‌پاش که بر جذب و انتقال برخی از علف‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند، می‌توان به سختی، اسیدیته، میزان یون بی‌کربنات ( $\text{HCO}_3^-$ ) و کدورت آب<sup>۱</sup> اشاره کرد (Bernards *et al.*, Green & Cahil, 2003؛ 2005؛ Green & Hale, 2005؛ Holm & Henry, 2005). بالا بودن سختی (بویژه عناصر کلسیم و منیزیم) و اسیدیته و همچنین وجود ذرات معلق، مواد آلی و رس (کدورت آب) و بی‌کربنات‌ها در آب برخی از نقاط کشور، باعث کاهش معنی‌دار کارایی تعدادی از علف‌کش‌ها و در نتیجه افزایش مصرف آنها شده است. با این وجود، اسیدیته و سختی آب، مهم‌تر از سایر عوامل هستند. براین اساس، بررسی خصوصیات آب مناطق مختلف کشور و تأثیر آن بر کارایی سموم آفت‌کش بسیار ضروری است. در این مجموعه به معرفی و تحلیل خصوصیتی از آب که بر کارایی علف‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند، پرداخته شده است.

---

<sup>1</sup> turbidity

## سختی آب

آب سخت به آب حاوی سطوح بالای کلسیم، منیزیم، سدیم و آهن گفته می‌شود که همگی دارای بار مثبت هستند و این توانایی را دارند که با مولکول‌های علف‌کش دارای بار منفی پیوند برقرار کرده و منجر به کاهش کارایی آن‌ها شوند. در اکثر آب‌های کشور، کاتیون‌های غالب شامل  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Ca}^{++}$ ،  $\text{Mg}^{++}$  و آنیون‌های غالب شامل  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{SO}_4^{-2}$  و  $\text{HCO}_3^-$  هستند (دهقانی، ۱۳۹۱). کلمه سختی آب هنگامی اطلاق می‌شود که آب حاوی مقادیر زیادی مواد حل شده بویژه کلسیم و منیزیم باشد (Heidekamp & Lemley, 2005). در برخی منابع، معیار سختی آب میزان یون‌های کلسیم و منیزیم است که براساس اکسی‌والان گرم کربنات کلسیم بیان می‌شود (Holm & Henry, 2005; Brown, 2006). آب‌ها را براساس سختی (کربنات کلسیم موجود در آنها) دسته‌بندی می‌کنند (جدول ۱) (Petroff, 2000).

**جدول ۱- دسته‌بندی آب‌ها از نظر سختی (برگرفته از EPA, 1976 و Petroff, 2000).**

نوع آب	سختی آب بر اساس میلی‌گرم بر لیتر (پی پی ام) کربنات کلسیم
نرم	۰-۷۵
سختی متوسط	۷۵-۱۵۰
سخت	۱۵۰-۳۰۰
بسیار سخت	بیشتر از ۳۰۰

## سختی آب‌های ایران

بانک اطلاعات کیفی منابع آب‌های زیرزمینی کشور شامل حدود ۲۹۴ هزار نمونه آب است که طی سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۸، از ۱۵۸۴۷ منبع مشتمل بر

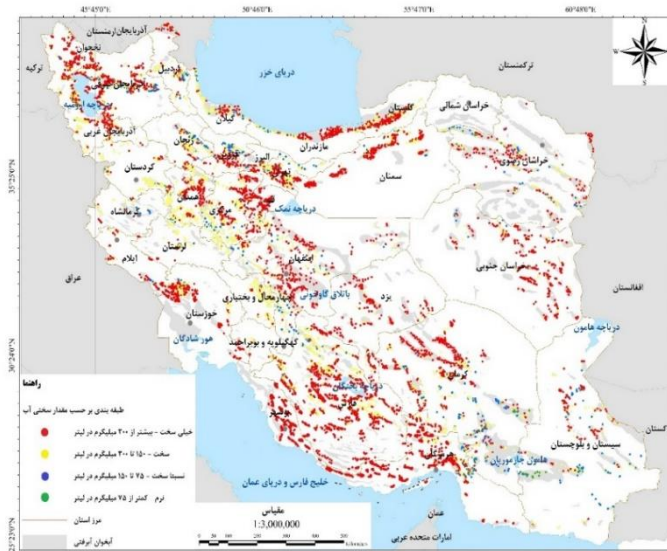
۱۲۳۶۷ حلقه چاه، ۱۶۹۲ دهنه چشمه و ۱۷۸۸ رشته قنات برداشت شده است. این نمونه برداری تقریباً در تمام سطح کشور پراکنده بوده و اغلب از آبخوان‌های آبرفتی پهنه دشت (شکل ۲) صورت گرفته است (بی نام، ۱۴۰۰). در این نشریه از این اطلاعات برای بررسی وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی کشور که بخش مهمی از آب‌های قابل استفاده در کشاورزی هستند، استفاده شده است.



**شکل ۲-** موقعیت نقاط نمونه برداری جهت تعیین کیفیت آب‌های ایران در استان‌ها و آبخوان‌های آبرفتی کشور (بر گرفته از بی نام، ۱۴۰۰).

در بررسی انجام شده توسط دفتر مطالعات پایه منابع آب ایران، نخست مقدار سختی نمونه‌های آب مربوط به سال ۱۳۹۸ محاسبه شده است. سپس، از آنجایی که تواتر نمونه برداری‌ها به صورت فصلی، شش ماهه یا سالانه است،

متوسط ارقام سختی هر منبع در طول سال به عنوان متوسط سختی نمونه در سال مربوطه منظور شده است. در مرحله بعد، این مقادیر بر اساس جداول طبقه‌بندی آژانس حفاظت محیط زیست یا EPA<sup>۱</sup>، به صورت کیفی و در چهار گروه نرم، با سختی متوسط، سخت و خیلی سخت توصیف شده‌اند. سپس با بررسی توصیف سختی نمونه‌های واقع در هر استان، درصد هر طبقه (جدول ۲)، نقشه سختی منابع آب‌های زیرزمینی کشور (شکل ۳) و طبقه‌بندی مقادیر سختی نمونه‌های شبکه پایش کیفی کشور، به تفکیک استان‌ها (شکل ۴) ترسیم شده است.



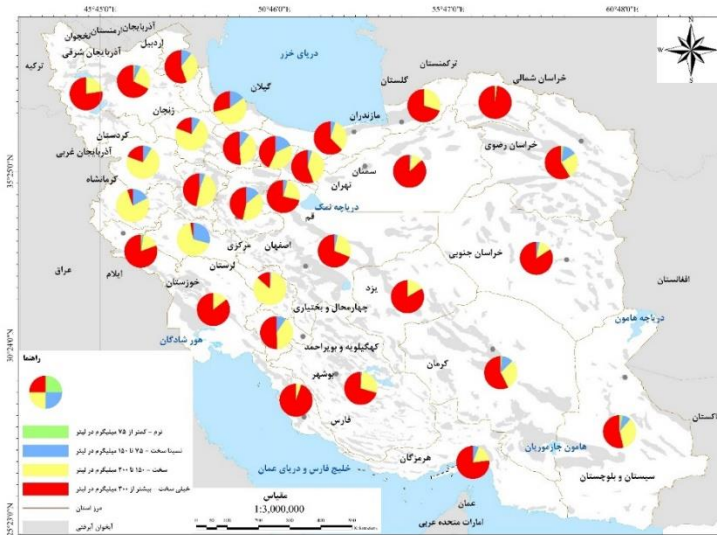
**شکل ۳-** طبقه‌بندی سختی منابع آب زیرزمینی کشور بر حسب طبقه‌بندی EPA در سال ۱۳۹۸ (برگرفته از بی نام، ۱۴۰۰).

<sup>1</sup> Environmental Protection Agency

**جدول ۲- وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی کشور براساس طبقه‌بندی آژانس حفاظت محیط زیست EPA در سال ۱۳۹۸ (برگرفته از بی‌نام، ۱۴۰۰).**

طبقه‌بندی سختی (%)				استان
خیلی سخت	سخت	نسبتا سخت	نرم	
۵۵/۲	۳۳/۷	۱۰/۵	۰/۶	اردبیل
۶۹/۲	۲۷/۶	۳/۲	۰	اصفهان
۴۲/۷	۳۸/۵	۱۷/۷	۱/۱	البرز
۸۰/۶	۱۶/۷	۱/۴	۱/۴	ایلام
۶۷/۶	۲۵/۵	۵/۶	۱/۳	آذربایجان شرقی
۷۶/۷	۲۲/۵	۰/۷	۰	آذربایجان غربی
۹۴/۴	۵/۱	۰/۵	۰	بوشهر
۵۵/۵	۴۰/۴	۴/۱	۰	تهران
۱۳/۵	۸۵/۳	۱/۲	۰	چهارمحال و بختیاری
۸۴/۲	۱۲/۸	۳	۰	خراسان جنوبی
۵۸/۷	۲۵/۸	۱۳/۱	۲/۴	خراسان رضوی
۹۸/۲	۱/۸	۰	۰	خراسان شمالی
۸۴/۹	۱۴/۴	۰/۷	۰	خوزستان
۱۹	۷۲/۵	۸/۵	۰	زنجان
۸۶/۹	۱۱/۴	۱/۷	۰	سمنان
۵۳/۸	۳۵	۸/۱	۳/۱	سیستان و بلوچستان
۷۰/۶	۲۸/۳	۱/۱	۰	فارس
۵۱	۳۸/۷	۹/۸	۰/۵	قزوین
۷۱/۵	۲۴/۴	۴/۱	۰	قم
۱۹/۳	۷۲/۱	۸/۶	۰	کردستان
۵۷/۶	۳۰	۱۱	۱/۴	کرمان
۵/۳	۷۷/۳	۱۷/۳	۰	کرمانشاه

۵۰/۶	۴۰	۹/۴	۰	کهگیلویه و بویراحمد
۶۹/۹	۲۹/۷	۰/۴	۰	گلستان
۲۹	۵۶/۳	۱۴/۸	۰	گیلان
۳/۲	۶۷/۷	۲۹/۱	۰	لرستان
۶۱/۸	۳۲/۵	۴/۸	۰/۹	مازندران
۴۶/۵	۳۹/۴	۱۴/۱	۰	مرکزی
۷۶/۱	۱۷/۲	۵/۷	۱	هرمزگان
۴۶/۸	۴۷/۸	۵/۴	۰	همدان
۸۲/۶	۱۶/۵	۰/۸	۰	یزد
۶۵/۲	۲۹	۵/۳	۰/۵	جمع کل



**شکل ۴-** طبقه‌بندی مقادیر سختی نمونه‌های شبکه‌ی پایش کیفی کشور به تفکیک استان‌ها براساس طبقه‌بندی EPA در سال ۱۳۹۸ (برگرفته از بی‌نام، ۱۴۰۰).

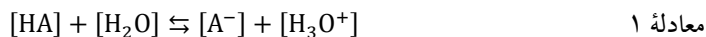
براین اساس، ۶۵/۲ درصد از آب‌های کشور در گروه بسیار سخت، ۲۹ درصد در گروه سخت، ۵/۳ درصد در گروه با سختی متوسط و ۰/۵ درصد در گروه آب‌های نرم قرار دارند.

### ارتباط سختی آب و علف‌کش‌ها

تأثیر کیفیت آب بر کارایی علف‌کش‌ها، به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی علف‌کش‌ها بستگی دارد. ثابت تفکیک اسید ( $pK_a$ ) و ضریب حلالیت در اکتانول<sup>۱</sup> و آب ( $K_{ow}$ )، از مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی علف‌کش‌ها در مبحث کیفیت آب هستند (زند و همکاران، ۱۳۹۳). در ادامه، ارتباط این عوامل با سختی آب مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

### خاصیت اسیدی و بازی مولکول علف‌کش

اسیدها موادی هستند که ضمن حل شدن در آب، یون  $H^+$  (یون هیدروژن) آزاد می‌کنند. البته یون  $H^+$  به صورت آزاد در آب وجود ندارد، به سرعت آب‌پوشی شده و تبدیل به یون هیدرونیوم ( $H_3O^+$ ) می‌شود. بازها موادی هستند که ضمن حل شدن در آب، یون  $OH^-$  (یون هیدروکسید) آزاد می‌کنند. در آب، تعادل زیر بین اسید ( $HA$ ) و آب برقرار می‌شود (معادله ۱) و آب به عنوان یک باز رفتار می‌کند:



---

<sup>1</sup> Octanol

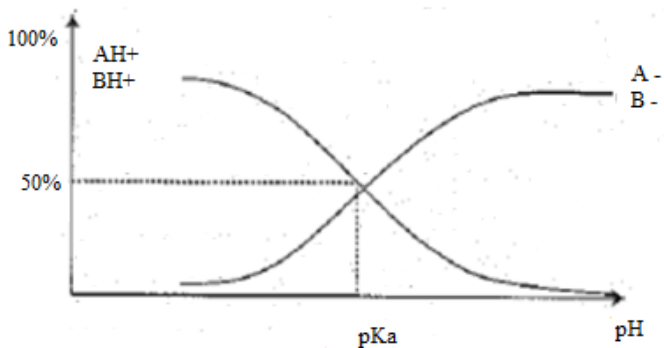
در این معادله  $[H_3O^+]$  غلظت یون هیدرونیوم (پروتون)،  $[A^-]$  گونه‌های آنیونی و  $[HA]$  گونه خنثی است. ثابت اسید (یا ثابت تفکیک اسید) نیز همان ثابت تعادل واکنش اسید ( $HA$ ) و آب است (معادله ۲).

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \quad \text{معادله ۲}$$

اسیدهای قوی دارای مقدار بزرگی برای  $K_a$  هستند (یعنی واکنش تعادلی به سمت راست پیشروی می‌کند و اسید تقریباً بطور کامل به  $H_3O^+$  و  $A^-$  تفکیک می‌شود). اسیدهای ضعیف دارای مقدار کوچکی برای  $K_a$  هستند. قدرت یک اسید را با ثابت تفکیک اسید ( $K_a$ ) و یا هم ارزش آن  $pK_a$  می‌سنجند.

$$pK_a = -\log_{10} K_a$$

پس اسیدهای قوی  $K_a$  بالا و  $pK_a$  پایین و اسیدهای ضعیف دارای  $K_a$  پایین و  $pK_a$  بالا هستند. وقتی خاصیت اسیدی ضعیف وجود دارد، ترکیب در محلول آبی، هم به صورت ملکولی و هم به صورت یونی وجود دارد. اشکال ملکولی یک ترکیب، در چربی بهتر حل می‌شوند و اشکال یونی آن حلالیت بیشتری در آب دارند. البته  $pH$  محیط نیز مهم است؛ اگر  $pH$  محیط و  $pK_a$  برابر باشند، نیمی از ترکیب به صورت یونی و نیمی به صورت ملکولی است. در مجموع نسبت گونه‌های خنثی به آنیون‌ها، تابعی از  $pH$  است و با افزایش  $pH$  نسبت آنیون‌ها زیاد می‌شود (Cobb & Reade, 2010) (شکل ۵).



**شکل ۵-** ارتباط بین pH و غلظت گونه‌های آنیونی  $[A^-]$  و گونه‌ای خنثی  $[HA]$  (بر گرفته از Cobb & Reade, 2010).

بر اساس گزارش (Istvan & Endre, 2009)، pH محلول سم، حلالیت و پایداری یونی علف‌کش‌های اسید ضعیف را کنترل می‌کند. بنابراین، با تعیین شکل علف‌کش بر جذب و فعالیت زیستی آنها تأثیر گذار است. بدین ترتیب که با افزایش pH محلول سم به مقادیر بالاتری از  $pK_a$  علف‌کش (ثابت یونیزاسیون اسیدی)، علف‌کش اسید ضعیف به شکل آنیونی تبدیل شده، غشاء و دیواره سلولی بار منفی به خود می‌گیرد و در نتیجه، نفوذ علف‌کش به داخل کوتیکول چربی دوست را با مشکل مواجه می‌سازد.

در عین حال، کاهش pH محلول سم به زیر  $pK_a$ ، علف‌کش اسید ضعیف را به شکل خنثی یا غیر یونی تبدیل کرده و بنابراین، نفوذ آن را به داخل کوتیکول چربی دوست تسهیل می‌کند. pH همچنین بر سایر خصوصیات علف‌کش، مانند پایداری شیمیایی، فرآریت، و سازگاری شیمیایی تأثیر گذار است (Green & Hale, 2005).

تمام علف‌کش‌ها تحت تأثیر سختی آب قرار نمی‌گیرند. کاتیون‌های چند ظرفیتی که در آب‌های سخت یافت می‌شوند، قادرند فعالیت علف‌کش‌های پس‌رویشی با خاصیت اسیدی ضعیف، مانند گلایفوسیت<sup>۱</sup>، توفوردی‌آمین<sup>۲</sup>، ام‌سی‌پی‌آ<sup>۳</sup> و دایکامبا<sup>۴</sup> (اکسین‌های مصنوعی)، ستوکسیدیم<sup>۵</sup> و کلتودیم<sup>۶</sup> (بازدارنده‌های ACCase)، نیکوسولفورون<sup>۷</sup>، سینوسولفورون<sup>۸</sup>، ایمازامتابنز<sup>۹</sup> و ایمازتاپیر<sup>۱۰</sup> (بازدارنده‌های ALS)، مزوتریون<sup>۱۱</sup> (بی‌رنگ‌کننده‌ها)، بنتازون<sup>۱۲</sup> (بازدارنده‌های فتوسنتز در فتوسیستم II) و گلو فوسینیت آمونیوم<sup>۱۳</sup> را تحت تأثیر قرار دهند (Zollinger *et al.*, 2010).

چنانچه علف‌کش‌های دارای بنیان اسید ضعیف در آب سخت حل شوند، یونیزه شده و به‌دنبال آن در مولکول‌های علف‌کش یون‌های فلزی جایگزین هیدروژن می‌شوند که در این صورت، نه تنها عبور آنها از کوتیکول گیاه دشوار می‌شود، بلکه جابه‌جایی این مولکول‌ها در بافت گیاه نیز به‌کندی انجام می‌گیرد (Beckett *et al.*, 1992). خاصیت اسید ضعیف، جذب آن در سلول‌ها و حرکت علف‌کش در گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (موسوی، ۱۳۹۰). جدول ۳، علف‌کش‌های ثبت شده در ایران را بر اساس قابلیت یونیزاسیون و حساسیت به سختی آب نشان می‌دهد (علف‌کش‌های با بیش از

<sup>1</sup> Glyphosate

<sup>2</sup> 2, 4-D Amine

<sup>3</sup> MCPA

<sup>4</sup> Dicamba

<sup>5</sup> Sethoxydim

<sup>6</sup> Clethodim

<sup>7</sup> Nicosulfuron

<sup>8</sup> Cinosulfuron

<sup>9</sup> Imazamethabenz

<sup>10</sup> Imazethapyr

<sup>11</sup> Mesotrione

<sup>12</sup> Bentazon

<sup>13</sup> Ammonium Glufosinate

یک مقدار  $pK_a$ ، دارای بیش از یک گروه یونیزه شونده هستند) (Senseman, 2007؛ Anonymous, 2007).

### حلالیت علف کش

یکی دیگر از خصوصیات مهمی که میزان کارآیی علف کش ها و به خصوص نحوه رسیدن آنها از خاک یا سطح گیاه به محل هدف را تحت تأثیر قرار می دهد، حلالیت علف کش است. معیار دقیق میزان حلالیت در آب یا چربی، از طریق ثابتی به نام  $K_{ow}$  بیان می شود که در واقع بیان کننده میزان حلالیت در اکتانول و یا آب است. علف کش های با  $K_{ow}$  کم در آب محلول هستند. علف کش هایی که  $K_{ow}$  بالایی دارند، در حلال های آلی حل می شوند. برای علف کش هایی که دارای بخش های قابل یونیزه شدن هستند (علف کش های دارای خاصیت اسیدی ضعیف) میزان  $K_{ow}$  متغیر بوده و به گروه های یونیزه شونده بستگی دارد. این علف کش ها در شکل غیر یونیزه اغلب دارای خاصیت چربی دوستی و در شکل یونیزه بیشتر دارای خاصیت آب دوستی هستند (Cobb & Reade, 2010).  $K_{ow}$  رابطه معکوس با حلالیت (حلالیت در آب به عنوان حلالی قطبی) داشته و به عوامل زیر بستگی دارد:

- قطبیت مولکول: هرچه ترکیب شیمیایی قطبی تر باشد، میزان حلالیت آن در آب بیشتر و در نتیجه، میزان  $K_{ow}$  کمتر است.
- جرم مولکولی: هرچه جرم مولکولی کمتر باشد، میزان حلالیت در آب افزایش یافته و در نتیجه، میزان  $K_{ow}$  کمتر است.

- حجم و سطح مولکول: هرچه حجم مولکول کمتر و سطح آن بیشتر باشد، میزان حلالیت در آب افزایش یافته و در نتیجه، میزان  $K_{ow}$  کمتر است.
- نقطه جوش: هرچه نقطه جوش بالاتر باشد، میزان حلالیت در آب افزایش یافته و در نتیجه، میزان  $K_{ow}$  کمتر است.
- چگالی: هرچه چگالی بالاتر باشد، میزان حلالیت در آب افزایش یافته و در نتیجه، میزان  $K_{ow}$  کمتر است.

**جدول ۳- نگاهی به علف کش های ثبت شده در ایران بر اساس قابلیت یونیزاسیون و حساسیت به سخت (برگرفته از Senseman, 2007؛ Anonymous, 2007).**

گروه	نحوه عمل	خانواده شیمیایی	نام عمومی	نام تجارתי	pK <sub>a</sub>	K <sub>ow</sub> pH=7, 20°C	قابلیت یونیزاسیون	حساسیت به سختی آب
A (1)	بازدارنده های استیل کوآنزیم- آکریبوکسیلاز (ACCase)	آریل اکسی فنوکسی پروپیونات ها (فوب ها (AOPPs))	دیکلوفوپ-متیل	ابلوکسان	-	۴/۸	غیر قابل یونیزاسیون	غیر حساس
			فلوازیفوب-پی-بوتیل	فوزیلید	-	۴/۵	غیر قابل یونیزاسیون (استر)	غیر حساس
			فنوکساپروپ-پی-اتیل + مفن پایدی اتیل	پوما سوپر	۰/۱۸	۴/۵۸	اسید قوی	غیر حساس
					-	۳/۸۳	غیر قابل یونیزاسیون	
			کلودینافوپ-پروپارژیل	تاپیک	۲/۹۱	۳/۹	اسید ضعیف	حساس
			هالوکسی فوب-آر-متیل استر	گالانت سوپر	-	۴	غیر قابل یونیزاسیون	غیر حساس
			پروپا کوئیز آفوب	آژیل	-	۴/۷۸	غیر قابل یونیزاسیون	غیر حساس
			کوئیز الوفوب-اتیل	تارگا	-	۴/۲۸	غیر قابل یونیزاسیون (استر)	غیر حساس
			کوئیز الوفوب-پی-اتیل	تارگا سوپر	۱/۲۵	۴/۶۱	اسید ضعیف	حساس
			کوئیز الوپ-پی-تفوریل	پنترا	۱/۲۵	۴/۳۲	اسید قوی	غیر حساس
فنوکساپروپ پی اتیل	ویپ سوپر	۰/۱۸	۴/۵۸	اسید قوی	غیر حساس			

حساس	اسید ضعیف	۱/۶۵	۴/۱۶	ناپو-اس	ستو کسیدیم	سیکلو هگزان دیون ها (دیم ها)		
حساس	اسید ضعیف	۱/۳۶	۴/۱۷	فوکوس	سیکلو کسیدیم			
حساس	اسید ضعیف	۴/۱۴	۴/۴۷	سلکت سوپر	کلتودیم			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۲	-	آکسیال	پینوکسادن + ایمن کننده کلوکینوست-مکسیل			
حساس	اسید ضعیف	۰/۷۸	۵	گرانستار	تری بنورون متیل	سولفونیل اوره ها	باز دارنده های استولاکنات سینتاز (ALS) یا استو هیدروکسی اسید سینتاز (AHAS)	B (۲)
حساس	اسید ضعیف	۰/۷۹	۵/۲	لونداکس	بن سولفورون-متیل			
حساس	اسید ضعیف	۰/۲	۴/۷۲	ستاف	سینو سولفورون			
حساس	اسید ضعیف	۰/۹۶	۴/۴	سافاری	تری فلوسولفورون-متیل			
حساس	اسید ضعیف	-۰/۷۷	۳/۵۱	آپروس	سولفوسولفورون			
حساس	اسید ضعیف	-۱/۷	۳/۷۵	توتال	مت سولفورون متیل +			
	اسید ضعیف	-۰/۷۷	۳/۵۱		سولفوسولفورون			
حساس	اسید ضعیف	-۰/۷۸	۴/۶	اکوئپ	فورام سولفورون			
حساس	اسید ضعیف	-۱/۴۶	۴	تی توس	ریم سولفورون			
حساس	اسید ضعیف	۰/۶۱	۴/۷۸	کروز	تیکو سولفورون			

حساس	اسید ضعیف	۰/۶۱	۴/۷۸	اولتیمیا	نیکوسولفورون +			
	اسید ضعیف	-۱/۴۶	۴		ریم سولفورون			
*	اسید ضعیف	-۰/۴۸	۴/۳۵	شوالیه	مزوسولفورون متیل +			
	اسید قوی	۱/۵۹	۳/۲۲		یدوسولفورون متیل سدیم +			
	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۸۳	-		ایمن کننده مغن پایدی اتیل`			
حساس	اسید ضعیف	-۰/۴۲	۴/۷۶	انوک	تری فلوکسی سولفورون سدیم			
*	اسید ضعیف	-۰/۴۸	۴/۳۵	آتانتیس	مزوسولفورون متیل +			
	اسید قوی	۱/۵۹	۳/۲۲		یدوسولفورون متیل سدیم +			
	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۸۳	-		ایمن کننده مغن پایدی اتیل			
حساس	اسید ضعیف	۱/۴۹	pK <sub>a1</sub> : ۲/۱	پرسویت	ایماز تاپیر	ایمیدازولینون ها		

			pK <sub>a2</sub> : ۳/۹							
غیر حساس	اسید قوی	۱/۵۴	۲/۹	آسرت	ایمازامتایزمتیل					
غیر حساس	باز ضعیف	۲/۷	۱/۶	گزاپریم	آترازین	تریازین ها	باز دارنده های فتوسنتز در فتوسیستم II	C1 (۵)		
غیر حساس	باز ضعیف	۲/۶۳	۴/۱	گزاپاکس	آترین					
غیر حساس	باز ضعیف	۳/۳۴	۴/۱	گزاگارد	پرومترین*					
حساس	اسید ضعیف	۲/۱	۱۲/۹	بلادکس	سیانازین*					
غیر حساس	اسید قوی	۱/۶۵	۱/۳، ۱۲/۸	سنگور	متری بیوزین					
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۰/۸۵	-	گلنیکس	متامیترون	تریازینون ها				
حساس	اسید خیلی ضعیف	۱/۸۸	۹/۲۷	هاپوار ایکس	بروماسیل*	اوراسیل ها				
حساس	اسید ضعیف	۱/۸۹	۹/۵	سینبار	تریاسیل*	پیریدازینون ها				
حساس	اسید خیلی ضعیف	۱/۱۹	۳/۳۸	پیرامین	کلریدازون					
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۵۹	-	بتانال	فن مدیفام	فنیل کاربامات ها				
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۳۹	-	بتانال آ آم	دسمدیفام					
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۸۷	-	کارمکس	دیوران*	اوره ها	باز دارنده های فتوسنتز در فتوسیستم II	C2 (۷)		
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۸۷	-	دیوران دی اف	دیوران					
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۱/۷۹	-	تپوسان	تپوتیورن					

غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۲۸	-	کوتوران	فلئومتورون*	آمیدها	(همان محل با اختلاف در نوع پیوند)	
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳	-	آفالن	لینورون			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۶۴	-	تریبوتیل	متابنژتازورون*			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۰۹	-	مالوران	کلروبرومورون*			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۹۹	-	استام-اف-۳۴	پروپانیل	نیتریل‌ها	بازدارنده‌های فتوستتر در فتوسیستم II	C3 (۶)
حساس	اسید ضعیف	۱/۰۴	۳/۸۶	پاردنر	بروموکسینیل	بنژوتیادیاژینون	(همان محل با اختلاف در نوع پیوند)	
حساس	اسید ضعیف	۲/۲	۴/۱	توتریل	ایوکسینیل	فنیل پیریدازین‌ها		
حساس	اسید ضعیف	-۰/۴۶	۳/۵۱، ۲/۵	بازاگران	بنتازون			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۰/۵	-	لنتاگران	پیریدیت			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	-۴/۵	-	گراماکسون	پاراکوات	بای پیریدیلوم‌ها	بازدارنده‌های فتوسیستم I (منحرف کننده الکترون)	D (۲۲)
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۹۵	-	ناپ استار	اگراد یارژیل	فنیل اگراد بازولون	بازدارنده‌های پروتوپرفیرینوزن اکسیداز (PPO)	E (14)
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۵/۳۳	-	رونستار	اگراد بازون			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۸۶	-	گل	اکسی فلورفن	نیتروفنوکسی‌بنزن		
حساس	اسید ضعیف	-۱/۵۲	۴/۰۶	کلیو	تاپ رامزون	پیرازول کاربالدئید	بی‌رنگ کننده	

غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۲	-	-	دیفلوفنیکان	تری فلورومتیل فئوکسی پیریدین کاربوکسامید		F1, F2, F3 (۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۲۸)
حساس	اسید ضعیف	۰/۱۱	۳/۱۲	-	مزوترون	دیاکسوسیکلو هگزان کاربالدئید		
غیر حساس	اسید قوی	-۳/۲	pKa <sub>1</sub> : ۲/۶	راندآپ	گلایفوسیت	گلایسین	بازدارنده سنتز EPSPS	G (۹)
حساس	اسید ضعیف		pKa <sub>2</sub> : ۵/۶					
حساس	اسید ضعیف	-۴/۰۱	۹/۱۵	باستا	گلو فوسینیت آمونیم*	فسفونیک اسید ها	بازدارنده های گلو تامینسینتاز (GS)	H (۱۰)
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۵/۲۷	-	ترفلان	تری فلورالین	دی نیترو آتیلین	بازدارنده های تقسیم سلولی	K1 (۳)
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۵/۱۱	-	سونالان	اتال فلورالین			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۳	-	کوبکس	دی نیترو آمین			
غیر حساس	اسید قوی	۵/۲	۲/۸	استومپ	پندی متالین			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۲۸	-	داکتال	کلر تال دی متیل			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۳	۱۰/۳۸	کرب	پروپیزامید یا پرونامید			
-	-	۴/۵	-	ماچتی	بو تاکلر	کلر و استامید	بازدارنده های تقسیم سلولی	K3(15)
-	-	۴/۰۸	-	ریغیت	پرتیلا کلر			

-	-	۴/۱۴	-	استنیت سورپاس	استوکلر				
حساس	اسید ضعیف	۲/۸	۳/۵		ایندازی فلام	آلکیلایزین	بازدارنده یوستنتر دیواره سلولی (سلولوز)	L (۲۰ و ۲۱)	
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۲	-	ارادیکان	ای بی تی سی	تیو کاربامات‌ها	بازدارنده‌های سنتز چربی و یا غیر ACCase	N (۸)	
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۸۶	-	اوردرام	مولی نیت				
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۰۶	-	آوادکس بی دبلیو	تریالات*				
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۲۳	-	ساترن	تیوینکارب				
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۱۱	-	رونیت	سیکلوات*				
غیر حساس	اسید قوی	۰/۷۸	۱/۷۴	باسفاین	دالاپون*	کلرو کاربامات اسیدها			
حساس	اسید ضعیف	۴/۳	۲/۸	یو ۴۶ دیفلوئید	توفوردی	فنوکسی کربو کسلیک اسیدها	اکسین‌های مصنوعی	O (۴)	
حساس	اسید ضعیف	-۰/۸۱	۳/۷۳	آگرو کسون	ام‌سی بی آ				
حساس	اسید ضعیف	۴/۳	۲/۸	یو ۴۶ کمی فلئوئید	توفوردی + ام‌سی بی آ				
حساس	اسید ضعیف	۱/۳۵	۴/۱	بوترس	توفوردی بی**				
غیر حساس	اسید قوی	-۲/۶۳	۲/۰۱	لوتترل	کلوپیرالید				پیریدین کربو کسلیک
غیر حساس	اسید قوی	-۱/۹۲	۲/۳	توردون ۲۲ کا	پیکلورام				اسید

بنزوئیک اسید	دای کامبا*	بانول کک	۱/۸۷	-۱/۸	اسید قوی	غیر حساس
کلرواستانیلید	بوتا کلر	ماچتی	-	۴/۵	غیر قابل یونیزاسیون	غیر حساس
	پرتیلاکلر	ریفیت	-	۴/۰۸	غیر قابل یونیزاسیون	غیر حساس
	استوکلر	اسنیت سورپاس	-	۴/۱۴	غیر قابل یونیزاسیون	غیر حساس
پیرازولیوم	دیفنزو کوآت متیل سولفات*	آونج	-	-۰/۶۱	غیر قابل یونیزاسیون	غیر حساس
اریل آمینو پروپیونیک اسید	فلم پروپ-ام-ایزوپروپیل	سافیکس بی دبلیو	-	۳/۶۹	غیر قابل یونیزاسیون	غیر حساس
دی کلرو انلیوی پروپیونات	بنزوئیل پروپ اتیل*	سافیکس	-	-	-	-
هالو اورگانیک	تری کلرو استات سدیم	ارینتاکس تی ۹۵ جی	۰/۷	۱/۳۳	اسید قوی	غیر حساس
علف کش های مخلوط	دیورون	کراور	-	۲/۸۷	غیر قابل یونیزاسیون	*
	+پرو ماسیل*		۹/۲۷	۱/۸۸	اسید خیلی ضعیف	
	مکوپروپ پی	دوپلوسان سوپر	۳/۷	۰/۰۲	اسید ضعیف	حساس
	دیکلرو پروپ پی		۳/۵	-۰/۵۶	اسید ضعیف	

Z  
(۱۶، ۱۷)  
(۲۵ و ۲۷)

ناشناخته

	اسید ضعیف	-۰/۸۱	۳/۷۳		ام سی بی آ			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۵۹	-	بتانال پروگرس آ. ما	فن مدیفام			
	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۵۹	-		+ دسمدیفام			
	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۷	-		+ اتوفومبست			
*	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۸۱	-	سان رایس پلاس	آیلوفوس			
	اسید ضعیف	۱/۰۱	۵/۲۸		+ اتوکسی سولفورون			
حساس	اسید ضعیف	۱/۰۴	۳/۸۶	برومایسیدام آ	برومو کسینیل			
	اسید ضعیف	-۰/۸۱	۳/۷۳		+ ام سی بی آ			
*	اسید ضعیف	-۰/۵۹	۴/۶۴	لوگران اکسترا	تری سولفورون			
	باز ضعیف	۳/۶۶	۴/۳		+ تریوترین			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۵	-	پنتر	ایزوپروتورون			
	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۲	-		+ دیفلوفینیکان*			
غیر حساس	باز ضعیف	۳/۳۴	۴/۱	کانوی	پرومترین			
	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۲۸	-		+ فلومتورون			

*	اسید ضعیف	۱/۴۱	۴/۳۲	بوتیزان استار	کوئین مراک			
	غیر قابل یونیزاسیون	۲/۴۹	-		+ متازاکلر			
*	اسید ضعیف	-۰/۴۲	۴/۷۶	کریسمت	تریفلو کسی سولفورون			
	باز ضعیف	۲/۴۹	۴/۱		سدیم + آترین			
*	اسید ضعیف	۰/۱۱	۳/۱۲	لوماکس	مزوتریون			
	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۰۵	-		+ اس متالاکلر			
	باز ضعیف	۳/۴	۲		+ تریوتیلازین			
غیر حساس	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۲	-	تراکسوس	پینوکسادن			
	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۹	-		+ کلودینافوپ پروپارژیل			
*	اسید ضعیف	-۰/۵۹	۴/۶۴	لنتور	تریاسولفورون			
	اسید قوی	-۱/۸۸	۱/۸۷		+ دایکامبا			

غیر حساس	اسید قوی	۴/۳	۳/۴	دیالان سوپر	توفوردی +			
	اسید قوی	۱/۸۸	۱/۸۷		دایکامبا			
*	اسید ضعیف	-۰/۴۸	۴/۳۵	اتللو	مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل سدیم + دیفلو فنیکان +			
	اسید قوی	۱/۵۹	۳/۲۲					
	غیر قابل یونیزاسیون	۴/۲	-		ایمن کننده مغن پایدی اتیل			
*	غیر قابل یونیزاسیون	۳/۸۲	-					
*	اسید ضعیف	۱/۰۴	۳/۸۶	بوکتریل یونیورسال	بروموکسینیل +			
	اسید قوی	۴/۳	۳/۴		توفوردی			
*	اسید ضعیف	-۰/۴۶	pK <sub>a1</sub> : ۳/۵۱ pK <sub>a2</sub> : ۲/۵	بازاگران دی پی	بنتازون +			
	اسید قوی	۲/۲۹	۳		دیکلوپروپ			

\* از آنجا که علف کش ها در مخلوط ممکن است نوعی تاثیر گذاری را بر یکدیگر داشته باشند، خصوصیات فیزیکی شیمیایی علف کش مخلوط تغییر کرده و وضعیت حساسیت آن در آب های سخت باید مورد بررسی قرار گیرد.

### نقش گونهٔ علف هرز در کارایی علف‌کش‌های متأثر از آب‌های سخت

اثر علف‌کش‌های متأثر از آب سخت علاوه بر نوع کاتیون و نوع علف‌کش، در گونه‌های مختلف علف هرز نیز متفاوت است. گزارش‌های بسیار نشان می‌دهند که کاتیون‌های آب سخت و یا کودهای مایع شاخ و برگ مصرف، کارایی گلايفوسیت را بسته به گونهٔ علف هرز تحت تأثیر قرار می‌دهند (Baily *et al.*, 2002؛ Mueller *et al.*, 2006؛ Mirzaei *et al.*, 2019). از طرفی، ممکن است گونه‌های گیاهی دارای مقادیر متفاوتی از یون‌ها بوده و در واکنش با سختی محلول علف‌کش، عملکرد یکسانی نداشته باشند (Hall *et al.*, 1999). به نظر می‌رسد که اثر متقابل کیفیت آب و فیزیولوژی برگ علف هرز، می‌تواند در ارزیابی کارایی اثر علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز نقش داشته باشد.



**شکل ۶-** علف‌های هرز بید گیاه (راست) و گاوینبه (چپ) دارای سطوح بالایی از کلسیم در فضای داخل سلولی هستند (برگرفته از زند و همکاران، ۱۳۹۳).

## روش‌های بهبود اثرات سختی آب بر کارایی علف‌کش‌ها

بر اساس مطالعات انجام شده، در بسیاری از علف‌کش‌های با خاصیت اسیدی ضعیف در آب‌های سخت، ناگزیر به استفاده از مواد افزودنی تعدیل‌کننده آب هستیم. مواد افزودنی ترکیباتی هستند که به منظور تسهیل اختلاط و کاربرد یا تأثیرگذاری علف‌کش، به‌هنگام سم‌پاشی به فرمولاسیون علف‌کش افزوده می‌شوند و سبب به حداقل رسیدن واکنش یون‌های موجود در آب با علف‌کش‌ها یا جلوگیری از انجام آن می‌شوند. در ادامه به رایانه توضیحاتی درباره برخی از این مواد پرداخته می‌شود:

### کودهای نیتروژنی

سولفات آمونیم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ، نترات آمونیم  $(\text{NH}_4\text{NO}_3)$  و یا نترات آمونیم اوره (کود نیتروژنه مایع ۲۸ درصد محتوی نترات آمونیم و اوره)، چند نوع افزودنی از ترکیبات آمونیمی هستند که تأثیر مثبت آنها در افزایش کارایی علف‌کش‌ها، در بسیاری از آزمایش‌ها به اثبات رسیده است. مهم‌ترین و مؤثرترین آنها، سولفات آمونیوم است که به اختصار توضیح داده می‌شود.

### سولفات آمونیوم (AMS)<sup>۱</sup>

توانایی سولفات آمونیوم به‌عنوان یک ماده افزودنی برای برطرف کردن برخی از ناسازگاری‌های علف‌کشی در آب سخت، خاصیتی پذیرفته شده در بین محققین است (جدول ۳). بطوری که سولفات آمونیوم موجب افزایش جذب و بهبود کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت (Pratt et al., 2003)؛

---

<sup>1</sup> Ammonium Sulfate

Matysiak ) ستوکسیدیم (Shaner *et al.*, 2006؛ Faircloth *et al.*, 2004؛ Nalewaja, 1999 &)؛ ایمازتاپیر (Gronwald *et al.*, 1993)؛ تیفن سولفورون متیل<sup>۱</sup> و فورام سولفورون<sup>۲</sup> (Bunting *et al.*, 2004)، پنوکسولام<sup>۳</sup> (Pearson *et al.*, 2008) و نیکو سولفورون (Nalewaja & Matysiak, 2000) شده است.

ثابت شده است که حتی افزودن سولفات آمونیوم به آب غیر سخت در مخزن سم پاش، در تیمار علف های هرزی مانند گاوپنبه و مرغ (*Agropyron repense* L. که دارای مقدار بالای کلسیم در فضای بین سلولی خود هستند کارایی علف کش گلایفوسیت را نیز افزایش می دهد (Hall *et al.*, 1999). در مورد علف کش گلایفوسیت، نمک ایزوپروپیل آمین<sup>۴</sup> گلایفوسیت در آب به دو قسمت آنیون گلایفوسیت و کاتیون ایزوپروپیل آمین یونیزه می شود. در آب سخت، کاتیون های کلسیم، منیزیم، سدیم و آهن به آنیون گلایفوسیت متصل شده و مانع از اثر آن روی آنزیم EPSPS<sup>۵</sup> می شوند. با اضافه کردن AMS، کاتیون آمونیوم به آنیون گلایفوسیت متصل شده و باعث ممانعت از اتصال کاتیون های آب سخت می شود و عمل گلایفوسیت بر روی آنزیم بطور طبیعی انجام می پذیرد (شکل ۶) (Griffin, 2009).

افزودن سولفات آمونیوم در تمام موارد منجر به افزایش اثر علف کش ها نمی شود (Jordan *et al.*, 1989؛ Nalewaja & Matysiak, 1991؛ Nalewaja *et al.*, 1998؛ Bunting *et al.*, 2004). ساز و کار برطرف کردن اثر کاهندگی و فواید مواد افزودنی آمونیومی، با توجه به نوع علف کش و

<sup>1</sup> Thifensulfuron-methyl

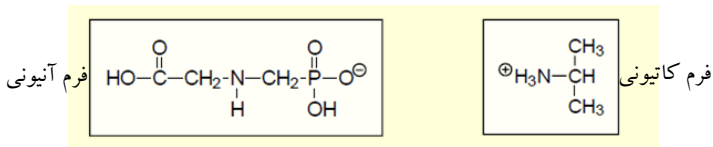
<sup>2</sup> Foramsulfuron

<sup>3</sup> Penoxsulam

<sup>4</sup> Isopropylamine

<sup>5</sup> 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase

گونه گیاهی متفاوت است. گونه‌های علف هرز از نظر ترکیب یونی تفاوت های بسیار زیادی با یکدیگر دارند. بنابراین، اثر زیستی اسیدپته و مواد افزودنی در بین گونه‌ها با هم متفاوت خواهد بود (Hall et al., 2000).



**شکل ۷-** آب سخت و گلايفوسیت در حضور سولفات آمونیوم (برگرفته از Griffin, 2009)

### نیترات آمونیوم (AMN)<sup>۱</sup>

مرور منابع مختلف نشان داد که ترکیبات آمونیوم، معمولاً اثر هم‌افزایی بر کارایی علف‌کش‌های پسررویشی دارند. با این وجود، اثرات هم‌کاهی نیز گزارش شده است (Hatzios & Penner, 1985). در آزمایشی اضافه شدن سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم به مخزن سم‌پاش، به ترتیب اثرات سختی و قلیایی بودن محلول علف‌کش را کاهش داده و سبب بهبود کارایی نیکوسولفورون در کنترل علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* L. و گاوپنبه شدند (حاج محمد نیا قالی‌باف و همکاران، ۱۳۹۴). در همین راستا، بر اساس نتایج آزمایش‌های دیگری که توسط حاج محمدنیا قالی‌باف و همکاران (۱۳۹۳) انجام گرفت، نیترات آمونیوم دارای توانایی غلبه بر اثر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم مخزن سم‌پاش روی کارایی

<sup>1</sup> Ammonium Nitrate

علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون است. نصرتی و همکاران (۲۰۱۲)، طی آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای ثابت کردند که کاتیون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب حامل برای سم‌پاشی، موجب کاهش کارایی علف‌کش توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ در کنترل شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) می‌شود. بر طبق نظر آنها، افزودن مواد افزودنی سولفات آمونیوم و نیتрат آمونیوم به محلول علف‌کش در مقایسه با ماده افزودنی EDTA، باعث کاهش بیشتر عمل کاهندگی کاتیون‌ها می‌شود. به عقیده Villiers et al. (2001)، بی‌کربنات سدیم آب موجب کاهش کارایی ترالکوکسیدیم<sup>۱</sup> روی یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu.) می‌شود و سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم در افزایش فعالیت این علف‌کش مؤثر هستند.

### نیترات آمونیوم اوره (UAN)<sup>۲</sup>

نیترات آمونیوم اوره، کارایی علف‌کش‌ها روی برخی گونه‌های علف‌هرز را افزایش داده است. نیترات آمونیوم اوره، قادر به رفع اثرات کاهندگی مواد معدنی روی بسیاری از علف‌های هرز است. یون نیترات همراه با یون‌های آب سخت، تشکیل نمک را می‌دهد و مولکول‌های علف‌کش حاوی آمونیوم آسان‌تر جذب گیاه می‌شوند (Dodds et al., 2007). Fielding & Stoller (1990) نیز با اضافه کردن نیترات آمونیوم اوره به علف‌کش تیفن‌سولفورون، بهبود جذب علف‌کش در گاوپنبه از ۴ درصد به ۴۵ درصد را گزارش کردند. تقریباً ۴۰ درصد مزارع گندم شرق و غرب کانزاس این افزودنی کودی را به‌صورت کود سرک بین ماه‌های نوامبر و آوریل دریافت می‌کنند.

<sup>1</sup> Tralkoxydim

<sup>2</sup> Urea Ammonium Nitrate

در این دوره زمانی، برخی از علف‌کش‌ها نیز مصرف می‌شوند. در مطالعاتی، سودمندی یون آمونیوم برای رفع اثرات بی‌کربنات سدیم در علف‌کش‌های ستوکسیدیم و کلتودیم گزارش شده است (Holm & Henry, 2005). میرزائی و همکاران (۱۳۹۹)، کارایی مناسب نیترات آمونیوم اوره را مشابه سولفات آمونیوم در غلبه بر اثرات منفی سختی آب روی علف‌کش‌های توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ و کلودینافوپ پروپارژیل<sup>۱</sup> در کنترل علف‌های هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) گزارش کردند. در پژوهش ایشان، نیترات آمونیوم اوره در آب غیر سخت نیز باعث افزایش کارایی این علف‌کش‌ها شد.

### مویان‌های غیر یونی

مطالعات متعدد نشان داده‌اند زمانی که غلظت کاتیون‌ها در آب مورد استفاده برای سم‌پاشی در حد متوسط باشد، مویان‌های غیر یونی در مقایسه با سایر مواد افزودنی از جمله سولفات آمونیوم از کارایی بالاتری در برطرف کردن اثرات سوء ناشی از سختی آب برخوردارند. این مویان‌ها بطور مستقیم بر اثر کاهنده کلسیم غلبه نمی‌کنند، بلکه با افزایش کارایی گلایفوسیت، اثر کاهندگی را از بین می‌برند (Gauvrit, 2003).

### کاهش حجم آب محلول سم‌پاشی

کاهش حجم آب سم‌پاشی دارای اهمیت زیادی است. زیرا این امر نه تنها منجر به کاهش نسبت کاتیون به مولکول علف‌کش می‌شود، بلکه افزایش غلظت علف‌کش در قطره‌های سم را نیز موجب می‌شود. هر دوی این موارد

---

<sup>1</sup> Clodinafop-propargyl

باعث افزایش خاصیت علف کشی گلايفوسیت می شوند. با این وجود، کاهش حجم محلول سم پاشی همیشه نمی تواند مطلوب باشد، زیرا ممکن است تماس مطلوب سم با شاخساره گیاه هدف فراهم نشود (O'Sullivan *et al.*, 1981؛ Kudsk, 1988؛ Kogan & Zuniga, 2001).

## اسیدهای آلی

راه دیگر کاهش اثر کاهندگی ناشی از سختی آب بر کارایی علف کش ها، کاربرد اسیدهای آلی است. اسیدهای آلی به این دلیل مؤثر هستند که کاتیون ها با بخش منفی اسید ترکیب شده و کاتیون های باردار مثبت را در محلول از بین می برند. یک اسید ضعیف مانند اسید سیتریک اتصال قوی تری ایجاد می کند و از این رو، در مقایسه با یک اسید قوی تر مانند اسید نیتریک یا هیدروکلریک، مؤثرتر خواهد بود. همچنین افزودن اسید آلی، اسیدیته محلول سم را کاهش می دهد؛ زیرا با این کار در واقع یون هیدروژن دارای بار مثبت را به محلول اضافه می کنیم. اسیدهای آلی را نیز مانند سولفات آمونیوم، پیش از افزودن علف کش به آب اضافه می کنند (Thelen *et al.*, 1995).

## EDTA<sup>1</sup>

EDTA یک کلات کننده پنج ظرفیتی بوده و برای اغلب کاتیون های فلزی دو و سه ظرفیتی، دارای ثبات تعادل بالایی است و هر مولکول از این ماده با چند کاتیون برابری می کند. تحقیقات انجام شده به وسیله Thelen *et al.*,

---

<sup>1</sup> Ethylene diamine tetra acetate

(1995)، نشان داد که EDTA قادر به رفع اثر کاهندگی ناشی از اثر آب سخت بر کارایی علف کش گلايفوسیت است.

### **اثر اسیدیته آب بر کارایی علف کش ها**

بطور کلی، برای اکثر علف کش ها و حشره کش ها اسیدیته مناسب آب کمی اسیدی (بین ۴ تا ۶) است، اگرچه همیشه استثناهایی وجود دارند. برای مثال، مولکول های بعضی از علف کش ها در pH اسیدی (کمتر از هفت) شکسته می شوند. علف کش های خانواده سولفونیل اوره در pH های اسیدی آب به صورت غیر فعال در می آیند. این در حالی است که اکثر حشره کش ها، قارچ کش ها و علف کش ها، در آب هایی که pH آنها بیشتر از هفت باشد (آب های قلیایی) خیلی سریع به صورت غیر فعال در می آیند. در بین علف کش ها، فقط سولفونیل اوره ها در pH های بالای آب حلالیت بهتری از خود نشان می دهند و از این لحاظ استثنا هستند (Petroff, 2000).

با توجه به pH آب، می توان بر اساس راهنمای ذیل اقدام به مخلوط کردن آب با علف کش نمود:

اگر pH آب در محدوده ۳/۵-۶ باشد، برای مخلوط کردن با اکثر علف کش ها مطلوب است و می توان محلول سم را برای مدت زمان کوتاهی (۱۲ تا ۲۴ ساعت) در مخزن سم پاش نگهداری کرد.

اگر pH آب در محدوده ۶/۱-۷ باشد، برای مخلوط کردن فوری با علف کش ها مناسب است و محلول سم نباید بیشتر از ۱ تا ۲ ساعت در مخزن سم پاش نگهداری شود.

اگر pH آب در محدوده ۷ باشد، باید حتماً از مواد افزودنی و بهبود دهنده‌هایی که از نوع مواد بافری یا عوامل اسیدی کننده هستند، استفاده کرد. حلالیت علف‌کش‌های دارای خاصیت اسیدی ضعیف، با pH تغییر می‌کند. بنابراین، حلالیت در آب علف‌کش‌های اسیدی، با افزایش اسیدیته افزایش پیدا می‌کند. همچنین، یونیزاسیون علف‌کش‌ها می‌تواند باعث کاهش  $K_{ow}$  شده و در نتیجه، در جابه‌جایی ترکیب علف‌کش در گیاه تأثیر بسزایی ایجاد کند. بیشتر علف‌کش‌های سیستمیک متحرک در آوند آبکش، اسیدهای ضعیفی هستند که  $K_{ow}$  آنها در دامنه ۱-۳ است، اما علف‌کش‌های غیر متحرک خاک مصرفی مانند دیفلوفنیکان<sup>۱</sup>  $K_{ow}$  برابر با ۴/۹ دارند (Cobb & Reade, 2010).

آب سخت و pH بالا، هر دو کاهش کارایی علف‌کش‌های اسیدی ضعیف را سبب می‌شوند. pH بالا باعث یونیزه شدن علف‌کش‌های اسیدی ضعیف می‌شود که به دنبال آن، مولکول‌های علف‌کش به کاتیون‌های آب سخت متصل شده و علف‌کش کارایی لازم را نخواهد داشت.

### **اثر قلیابیت (بی‌کربنات‌ها) بر جذب و انتقال علف‌کش‌ها**

قلیابیت آب‌ها به دلیل وجود کربنات‌ها، بی‌کربنات‌ها، هیدروکسیدها و فسفات‌ها است و در این میان، کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها نقش عمده‌ای ایفا می‌کنند (بی‌کربنات‌ها عامل اصلی قلیابیت به‌شمار می‌روند). اگر غلظت یون بی‌کربنات از ۵۰۰ قسمت در میلیون در آب تجاوز کند، موجب کاهش فعالیت برخی علف‌کش‌ها می‌شود (Petroff, 2000؛ Holm & Henry,

---

<sup>1</sup> Diflufenican

2005؛ Brown, 2006). بی‌کربنات‌ها فعالیت فرم آمینی علف‌کش توفوردی و باریک‌برگ‌کش‌های متعلق به گروه «دیم»، مانند ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و کلتودیم را کاهش می‌دهند (Petroff, 2000؛ Holm & Henry, 2005). غلظت زیاد بی‌کربنات سدیم، کارایی علف‌کش‌های توفوردی آمین (نه فرم استری آن)، گلایفوسیت و دایکامبا را کاهش می‌دهد. مقدار بازدارندگی این ترکیب به غلظت آن در محلول سم بستگی دارد (Nalewaja *et al.*, 1990). چنانچه برای سم‌پاشی از این نوع آب‌ها استفاده شود، بایستی به‌جای فرم آمین علف‌کش توفوردی، از فرم استری آن استفاده کرد یا بهتر است به‌جای علف‌کش توفوردی از علف‌کش ام‌سی‌پی استفاده شود؛ زیرا این علف‌کش در مقایسه با توفوردی حساسیت کمتری به یون بی‌کربنات دارد (Petroff, 2000).

در صورت استفاده از علف‌کش‌های گروه «دیم»، بایستی از حداکثر دُز توصیه شده علف‌کش در بهترین دوره رشد علف‌هرز که فعالیت بیشتری دارد، استفاده کرد تا بتوان بر اثرات آنتاگونیستی این یون غلبه کرد (زند و همکاران، ۱۳۹۳). کاربرد مویان غیر یونی نیز می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری برای رفع قلیابیت آب در محلول سم، مؤثر واقع شود (Petroff, 2000). اما بهترین راه حل ممکن، افزودن چهار لیتر در هکتار سولفات آمونیوم مایع یا ۰/۵ لیتر در هکتار نیترات آمونیوم است که باعث رفع اثرات بازدارندگی یون بی‌کربنات بر مولکول‌های علف‌کش می‌شود (Altland, 2001).

## تأثیر کدورت آب بر کارایی علف‌کش‌ها

آب گل‌آلود به دلیل وجود مواد معلق از قبیل رس، سیلت، مواد آلی و غیر آلی نرم، ترکیبات آلی رنگی، جلبک‌ها و سایر مواد آلی است (زند و همکاران، ۱۳۹۳). وجود میکروارگانیزم‌ها، شن، مواد آلی طبیعی و برخی فلزات، باعث کدورت آب می‌شود (Khan & Thiem, 2006). آب‌های حاوی ذرات معلق خاک یا مواد آلی، کارایی علف‌کش‌های پسررویشی را کاهش می‌دهند. حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها با ذرات خاک پیوند برقرار می‌کنند. ضرایب جذب سطحی خاک ( $K_d$ ) و جذب سطحی کربن آلی خاک ( $K_{oc}$ )، برای توصیف شدت پیوند (ترکیب شدن) علف‌کش‌ها با خاک به کار برده می‌شوند. این ضرایب نسبت مولکول‌هایی از علف‌کش که با خاک پیوند برقرار می‌کنند و همچنین میزان استحکام پیوندها را نشان می‌دهند. امروزه ضریب  $K_{oc}$  کاربرد بیشتری دارد. هرچه میزان جذب سطحی کربن آلی خاک بیشتر باشد، مولکول‌های علف‌کش با قدرت بیشتری به وسیله ذرات خاک موجود در آب جذب می‌شوند. علف‌کش‌های گلايفوسیت و پاراکوات<sup>۱</sup>، ضریب جذب سطحی کربن آلی بالایی دارند و این باعث می‌شود تا کارایی جذب و انتقال این علف‌کش‌ها در آب‌های کدر کاهش یابد (Altland, 2001). در جدول ۴، ضریب جذب سطحی کربن آلی خاک برای برخی از علف‌کش‌ها ذکر شده است.

علف‌کش‌های دایکوآت<sup>۲</sup>، پاراکوات و گلايفوسیت، به مخلوط شدن با آب‌های کدر حساسیت دارند و برای پاشش این علف‌کش‌ها حتماً باید از آب‌های تمیز و شفاف استفاده کرد (Petroff, 2000؛ Holm & Henry,

<sup>1</sup> Paraquat

<sup>2</sup> Diquat

2005). استفاده از آب گل آلود در مخزن سم پاش می تواند پس از گذشت یک ساعت، علف کش های پاراکوات، دیکوات و گلايفوسیت را غیر فعال کند (Burgess, 2003). مشکل دیگر مربوط به ذرات موجود در آب های گل آلود، رسوب مواد آلی و ذرات معلق سیلت در نازل های سم پاش است که جلوی پاشش یکنواخت سم در مزرعه را می گیرد (Brown, 2006). تنها راه حل مناسب برای غلبه بر این مشکلات، استفاده نکردن از آب های گل آلود است؛ برای پاشش علف کش، استفاده از منابع شفاف و زلال ضروری است (Peterson, 1999؛ Petroff, 2000).

جدول ۴- تأثیر کدورت آب بر کارایی برخی علف کش ها به همراه ضریب  $K_{oc}$  آنها (بر گرفته از Altland, 2001).

نام علف کش	$K_{oc}$ (mg/l)	تأثیر کدورت
گلايفوسیت	۲۴۰۰	بلی
ستوکسیدیم	۱۰۰	خیر
کلتودیم	-	خیر
بننازون	۳۴	خیر
توفوردی آمین	۱۰۰	خیر
توفوردی استر	۲۴	خیر
دایکامبا	۲	خیر
پارا کوآت	۱۰۰۰۰۰۰	بلی

همچنین، باید به این نکته توجه داشت که وجود ذرات گرد و غبار و خاک روی سطح برگ گیاهان، باعث کاهش جذب و انتقال این علف کش ها می شود. حتی ذرات گرد و غبار بلند شده از پشت دستگاه سم پاش نیز بر

جذب و انتقال علف کش ها تأثیر می گذارد (Holm & Petroff, 2000)؛ Henry, 2005). ذرات گرد و غبار خاک در درجه اول شامل مواد معدنی رس و مواد آلی هستند.

کولتیواسیون<sup>1</sup> مزرعه و تردد در جاده های آن، از منابع اصلی تولید گرد و غبار خاک روی گیاهان هستند؛ بویژه هنگامی که لاستیک های ادوات و ماشین آلات کشاورزی خاک مزرعه را ترک کرده و روی جاده حرکت می کنند (Zhou et al., 2006). بنابراین، آگاهی از اثرات گرد و غبار خاک مزرعه بر کارایی علف کش ها، ممکن است در بهبود مؤثر برنامه های مدیریت شیمیایی علف های هرز مفید واقع شود.

### **اثر کل مواد جامد حل شده در آب بر جذب و انتقال علف کش ها**

در سال های اخیر، تحقیقات نسبتاً زیادی درباره اثرات غلظت های مختلف مواد معدنی موجود در آب بر کارایی علف کش ها صورت گرفته است؛ زیرا فعالیت برخی علف کش ها بطور نامطلوبی تحت تأثیر برخی از مواد معدنی حل شده در آب قرار می گیرد. این تأثیرات منفی، بویژه در مورد علف کش های با فرمولاسیون نمکی از قبیل گلایفوسیت و گلو فوسینیت<sup>2</sup> صدق می کند (Petroff, 2000). در محلول آب، شش عنصر مهم (شش یون اصلی) وجود دارند که به مجموع این عناصر، کل مواد جامد حل شده در آب گفته می شود. این یون ها شامل یون های با بار منفی (مانند  $\text{SO}_4^-$ ،  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{HCO}_3^-$ ) و یون های با بار مثبت (مانند  $\text{Ca}^{++}$ ،  $\text{Mg}^{++}$  و  $\text{Na}^+$ ) هستند. اگر غلظت این عناصر بطور مستقیم اندازه گیری شده و مجموع این شش یون بیشتر از

<sup>1</sup> Cultivation

<sup>2</sup> Glufosinate

۵۰۰ میلی گرم در لیتر باشد، بایستی از مصرف و مخلوط کردن چنین آبی با علف کش اجتناب کرد؛ زیرا کارایی علف کش‌هایی مانند فرم آمینی توفوردی را کاهش می‌دهند. راه دیگر اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول در آب، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی یا EC<sup>۱</sup> است. واحد اندازه‌گیری هدایت الکتریکی میکروزیمنس بر سانتی‌متر<sup>۲</sup> است. اگر هدایت الکتریکی به دست آمده، بیشتر از ۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر باشد، توانایی کاهش جذب و انتقال برخی علف‌کش‌ها را خواهد داشت (Holm & Petroff, 2000; Henry, 2005).

### جمع‌بندی

کاربری که اقدام به سمپاشی می‌کند، به‌طور معمول مسئول سرنوشت علف‌کش است. جهت ایمنی محصول و اثرپذیری علف‌کش، ترکیب باید در دُز صحیح، حجم مایع توصیه شده، کیفیت پاشش توصیه شده و در بهترین زمان استفاده شود. در مبارزه با علف‌های هرز، بایستی کیفیت آب به‌عنوان مهم‌ترین حامل مایع برای کاربرد علف‌کش‌ها مدنظر قرار گیرد. تاثیر کیفیت آب بر کارایی علف‌کش‌ها، به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی علف‌کش‌ها بستگی دارد. عواملی چون سختی آب، اسیدیته آب، میزان یون بی‌کربنات و کدورت آب، می‌توانند کارایی علف‌کش‌های اسیدی ضعیفی مانند گلايفوسیت، توفوردی آمین، ام‌سی‌پی‌آ، ستوکسیدیم، کلتودیم، نیکوسولفورون، سینوسولفورون، ایمازامتازن، ایمازتاپیر، مزوتریون، بنتازون و گلو فوسینیت آمونیوم را تحت تاثیر قرار دهند. علف‌کش‌های دارای بنیان

<sup>1</sup> Electrical conductivity

<sup>2</sup>  $\mu\text{Siemens/cm}$

اسید ضعیف، در آب سخت یونیزه شده و به دنبال آن، یون‌های فلزی جایگزین هیدروژن در مولکول‌های علف کش می‌شوند. در این صورت، نه تنها عبور آنها از کوتیکول گیاه مشکل می‌شود، بلکه جابه‌جایی این مولکول‌ها در بافت گیاه نیز به‌کندی انجام می‌گیرد. آب سخت به آب حاوی سطوح بالای کلسیم، منیزیم، سدیم و آهن گفته می‌شود که همگی دارای بار مثبت بوده و توانایی برقراری پیوند با مولکول‌های علف کش دارای بار منفی را دارند که منجر به کاهش کارایی آنها شوند. از طرفی، اسیدیته مناسب آب برای اکثر علف‌کش‌ها کمی اسیدی است. آب سخت و pH بالا، هر دو کاهش کارایی علف‌کش‌های اسیدی ضعیف را سبب می‌شوند. pH بالا باعث یونیزه شدن علف‌کش‌های اسیدی ضعیف می‌شود که به دنبال آن، مولکول‌های علف‌کش به کاتیون‌های آب سخت متصل شده و علف‌کش کارایی لازم را نخواهد داشت. با در نظر گرفتن این نکات، پیش از افزودن علف‌کش‌ها به آب مخزن سم‌پاش، ابتدا باید به خصوصیات فیزیکوشیمیایی علف‌کش توجه کرد. در این خصوص، برچسب سم حاوی اطلاعات کاربردی مفیدی است. بر این اساس و با توجه به جدول راهنما (جدول ۳)، در صورتی که علف‌کش قابل یونیزاسیون باشد و در گروه علف‌کش‌های اسیدی ضعیف قرار گیرد، بایستی درباره کیفیت آب مورد استفاده احتیاط بیشتری شود. در خصوص علف‌کش‌های حساس به سختی و اسیدیته آب، باید نمونه‌ای از آب مورد استفاده جهت تعیین وضعیت سختی و اسیدیته مورد آنالیز کیفی قرار گیرد. از این رو، تعیین غلظت نمک‌های آب بویژه کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم و آهن ضروری است.

- چنانچه سختی آب در محدوده آب‌های سخت و خیلی سخت قرار بگیرد بیشتر از ۴۰۰ پی‌پی‌ام)، استفاده از مواد افزودنی تعدیل‌کننده آب برای غلبه بر مشکلات مذکور چاره‌ساز است. بهترین ماده افزودنی جهت افزایش کارایی علف‌کش، سولفات آمونیوم و در برخی موارد نترات آمونیوم اوره است.
  - مقدار سولفات آمونیوم مورد نیاز برای برطرف کردن تأثیر کاهنده یون‌های موجود در آب سم‌پاشی را می‌توان بر اساس معادله زیر محاسبه کرد:
- $$\text{سولفات آمونیوم مورد نیاز (کیلوگرم بر لیتر): } 0/00119 \times \{ \text{میلی گرم بر لیتر سدیم} \times 0/005 \} + \{ \text{میلی گرم بر لیتر پتاسیم} \times 0/002 \} + \{ \text{میلی گرم بر لیتر کلسیم} \times 0/009 \} + \{ \text{میلی گرم بر لیتر منیزیم} \times 0/014 \}$$
- (مقادیر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم، مقادیر موجود در آب سخت هستند که از آنالیز کیفی آب به دست آمده‌اند).
- این فرمول در مورد گونه‌های علف‌هرزی که دارای کاتیون در سطح برگ خود هستند، به کار نمی‌رود.
- درحالت کلی، جهت غلبه بر کاتیون‌های آب سخت مقدار دو درصد سولفات آمونیوم و یک درصد نترات آمونیوم استفاده می‌شود.
  - بهتراست در کاربرد علف‌کش در آب سخت و سولفات آمونیوم، ابتدا سولفات آمونیوم و در مرحله بعدی، علف‌کش اضافه شود.
  - باید توجه داشت که محلول سم نباید در مخزن سم‌پاش باقی بماند، لذا باید خیلی سریع اقدام به سم‌پاشی کرد.

- اسیدیته آب و در نهایت محلول سم پاشی جهت اختلاط با علف کش باید اسیدی باشد. در غیر این صورت، استفاده از بافرها و اسیدی کننده‌ها الزامی است.
- اگر غلظت یون بی کربنات) از ۵۰۰ قسمت در میلیون در آب تجاوز کند، با توجه به اثرات قابل توجه آن بر افزایش اسیدیته آب مخزن سم پاش، استفاده از اسیدی کننده‌ها، بافرها و یا کاربرد مویان‌های غیر یونیزه شونده نیز می‌تواند به عنوان راه کاری برای رفع قلیائیت آب در محلول سم مؤثر واقع شود. اما بهترین راه حل، اضافه کردن سولفات آمونیوم دو درصد است که باعث رفع اثرات بازدارندگی یون بی کربنات بر مولکول‌های علف کش می‌شود.
- در خصوص برخی علف کش‌ها نظیر سولفونیل اوره‌ها، اسیدیته پایین سبب کاهش کارایی علف کش می‌شود؛ در این خصوص نیز آگاهی از اسیدیته آب مورد استفاده ضروری است تا در صورت نیاز، برای افزایش اسیدیته از بافرها کمک گرفته شود.
- در مورد بعضی از علف کش‌های حساس به وجود ذرات رس و مواد آلی در داخل آب نظیر پاراکوات، باید در درجه اول از صاف و زلال بودن آب اطمینان حاصل کرد. در این خصوص، می‌توان مقداری از آب مورد نظر را برای مدت حدود ۱۵ دقیقه در داخل یک ظرف شیشه‌ای قرار داد و در صورتی که رسوب مواد جامد در آن مشاهده نشد، مورد استفاده قرار گیرد.

## فهرست منابع

- ۱- محمدنیا قالی‌باف، ک.، راشد محصل، م.ح.، نصیری محلاتی، م. و زند، ا. (۱۳۹۳) تأثیر نیترات آمونیم بر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم آب مخزن سمپاش در کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون روی علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه. نشریه حفاظت گیاهان، ۲۸، ۳۰۱-۲۹۲.
- ۲- محمدنیا قالی‌باف، ک.، راشد محصل، م.ح.، نصیری محلاتی، م. و زند، ا. (۱۳۹۴) بررسی تغییرات pH آب در مخزن سمپاش بر کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون در کنترل علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۹(۴)، ۵۳۹-۵۳۱.
- ۳- دهقانی، ف.، راهنمایی، ر.، ملکوتی، م.ج. و سعادت، س. (۱۳۹۱) بررسی وضعیت نسبت کلسیم به منیزیم در برخی از آب‌های آبیاری کشور. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶(۱)، ۱۲۹-۱۱۷.
- ۴- زند، ا.، موسوی، س.ک. و حیدری، ا. (۱۳۹۳) علف‌کش‌ها و روش‌های کاربرد آنها با رویکرد بهینه‌سازی و کاهش مصرف. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۴۷ ص.
- ۵- موسوی، م.ر. (۱۳۹۰) کنترل علف‌ای هرز، اصول و روشها. چاپ سوم، انتشارات مرز دانش، ۵۹۸ ص.
- ۶- میرزائی، م.، زند، ا. و ساسان‌فر، ح.ر. (۱۳۹۹) بررسی کارایی علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل سدیم + ایمن‌کننده مفن‌پایردی‌اتیل در کنترل

یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Durieu.) تحت تاثیر  
سختی آب و کاربرد موادافزودنی. مجله دانش علف‌های هرز ایران،  
زیر چاپ.

۷- میرزائی، م. (۱۳۹۵) ارزیابی اثر کاتیونهای آب سخت بر کارایی برخی  
علف‌کش‌ها در کنترل گونه‌های مختلف علف هرز و کاهش اثرات  
بازدارندگی آنها در محیط کنترل شده. رساله دکتری، دانشگاه  
فردوسی مشهد. ۱۴۴ ص.

۸- بی‌نام. (۱۴۰۰). سامانه ارائه آمار و گزارش سختی آب‌های زیرزمینی  
کشور. شرکت مدیریت منابع آب ایران. وزارت نیرو. در دسترس:  
<http://wrs.wrm.ir/amar/login.asp> ، ۱۴۰۰/۶/۲.

- 9- Altland, J (2001) Water quality affects herbicide efficacy.  
Available at [http://oregonstate.edu/dept/nursery-weeds/feature\\_articles/spray\\_tank/spray\\_tank.htm](http://oregonstate.edu/dept/nursery-weeds/feature_articles/spray_tank/spray_tank.htm).  
(Accessed: July 10<sup>th</sup>, 2019).
- 10- Anonymous. (2007) PPDB: Pesticide Properties DataBase.  
Available at: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb>.  
(Accessed January 5<sup>th</sup>, 2021).
- 11- Baily, W.A., Poston, D.H., Wilson, H.P. & Hines, T.E. (2002)  
Glyphosate interactions with manganese. Weed  
Technology, 16, 792–799.
- 12- Bernards, M.L., Thelen, K.D. & Penne, D. (2005) Glyphosate  
efficacy is antagonized by manganese. Weed Technology,  
19, 27–34.
- 13- Beckett, T.H., Stoller, E.W. & Bode, L.E. (1992) Quizalofop  
and sethoxydim activity as affected by adjuvants and  
ammonium fertilizers. Weed Science, 40, 12–19.
- 14- Brown, K. (2006) Environmental impact on herbicide  
performance. Manitoba Agriculture and Food, 440–443.

- 15- Bunting, J.A., Sprague, C.L. & Riechers, D.E. (2004) Proper adjuvant selection for foramsulfuron activity. *Crop Protection*, 23, 361–366.
- 16- Burgess P. (2003) Quality of pesticide spray water. Available at: <https://www.perennia.ca/wp-content/uploads/2018/04/quality-of-pesticide-spray-water.pdf>. (Accessed August 5<sup>th</sup>, 2011)
- 17- Cobb, A.H. & Reade, J.P.H. (2010) *Herbicide and Plant physiology*. John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 157–175.
- 18- Dodds, D.M., Reynolds, D.B., Massay, J.H. & Koger, C.H. (2007) Effect of adjuvant and urea ammonium nitrate on bispyribac-sodium efficacy, absorption and translocation in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science*, 56, 406–411.
- 19- [EPA] Environmental Protection Agency. Quality criteria for water. (1976) Available at: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-10/documents/quality-criteria-water-1976.pdf>. (Accessed August 24<sup>th</sup>, 2021).
- 20- Faircloth, W.H., Patterson, M.G., Belcher, S.B., Sanders, J.C. & Stephenson, D.O. (2004) Field performance of glyphosate as influenced by selected adjuvants and a low-volume, air-assisted sprayer. *Weed Technology*, 18, 458–463.
- 21- Fielding, R.J. & Stoller, E.W. (1990) Effects of additives on the efficacy, uptake and translocation of the methyl ester of thifensulfuron. *Weed Science*, 8, 172–178.
- 22- Gauvrit, C. (2003) Glyphosate response to calcium, ethoxylated amine surfactant, and ammonium sulfate. *Weed Technology*, 17, 799–804.
- 23- Green, J.M. & Cahil, W.R. (2003) Enhancing the biological activity of nicosulfuron with PH adjusters. *Weed Technology*, 17, 338–345.
- 24- Green, J.M. & Hale, T. (2005) Increasing and decreasing pH to enhance the biological activity of nicosulfuron. *Weed Technology*, 19, 468–475.
- 25- Griffin, J.L. (2009) Water quality effects on pesticides. Available at:

- [http://www.laagcon.org/presentations/2009/Water\\_Quality\\_effects2009.pdf](http://www.laagcon.org/presentations/2009/Water_Quality_effects2009.pdf). (Accessed April 22<sup>th</sup>, 2012).
- 26- Gronwald, J.W., Jourdan, S.W., Wyse, D.L., Somers, D.A. & Magnusson, M.U. (1993) Effect of ammonium sulfate on absorption of imazethapyr by quackgrass (*Elytrigia repens*) and maize (*Zea mays*) cell suspension cultures. *Weed Science*, 41, 325–334.
  - 27- Hall, G.J., Hart, C.A. & Jones, C.A. (1999) Twenty-five years of increasing glyphosate use: the opportunities ahead. *Pest Management Science*, 56, 351–358.
  - 28- Hall, G.J., Hart, C.A. & Jones, C.A. (2000) Plants as sources of cations antagonistic to glyphosate activity. *Pest Management Science*, 56, 351–358.
  - 29- Hatzios, K.K. & Penner D. (1985) Interaction of herbicides with other agrichemicals in higher plants. *Weed Science*, 1, 1–63.
  - 30- Heidekamp, A.J. & Lemley, A.T. (2005) Hard water. Water quality program, College of human ecology, Cornell University.
  - 31- Holm, F.A. & Henry J.L. (2005) Water quality and herbicides. *Crop Science and Plant Ecology*. Available at: <http://www.gov.sk.ca>. (Accessed October 11<sup>th</sup>, 2006).
  - 32- Istvan, D. & Endre, M. (2009) Efficacy of herbicides influenced by spray carrier water pH and hardness. 5<sup>th</sup> International Plant Protection Symposium, Debrecen, 141–146.
  - 33- Jordan, D.L., York, A.C. & Corbin, F.T. (1989) Effect of ammonium sulfate and bentazon on sethoxydim absorption. *Weed Technology*, 3, 674–677.
  - 34- Khan, Z. & Thiem, L.T. (2006) Optimizing coagulation and direct filtration processes for low turbidity, low temperature waters. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 5, 1395–1406.
  - 35- Kogan, M. & Zuniga, M. (2001) Dew and spray volume effect on glyphosate efficacy. *Weed Technology*, 15, 590–593.
  - 36- Kudsk, P. (1988) The Influence of volume rates on the activity of glyphosate and difenzoquat assessed by a parallel-line assay technique. *Pesticide Science*, 24, 21–29.

- 37- Matysiak, R. & Nalewaja, J.D. (1999) Temperature, adjuvants, and UV light affect sethoxydim phytotoxicity. *Weed Technology*, 13, 94–99.
- 38- Mirzaei, M., Rastgoo, M., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. & Zand, E. (2019) The response of different weed species to glyphosate using Ammonium sulfate and hard water. *Planta Daninha*, 37, 1–9.
- 39- Mueller, T.C., Main, C.L., Thompson, M.A. & Steckel, L.E. (2006) Comparison of Glyphosate Salts (Isopropylamine, Diammonium, and Potassium) and Calcium and Magnesium Concentrations on the Control of Various Weeds. *Weed Technology*, 20, 164–171.
- 40- Nalewaja, J.D. & Matysiak, R. (1991) Salt antagonism of glyphosate. *Weed Science*, 39, 622–628.
- 41- Nalewaja, J.D. & Matysiak, R. (2000) Spray deposits from nicosulfuron with salts that affect efficacy. *Weed Technology*, 14, 740–749.
- 42- Nalewaja, J.D., Praczyk, T. & Matysiak, R. (1995) Salts and surfactants influence nicosulfuron activity. *Weed Technology*, 9, 587–593.
- 43- Nalewaja, J.D., Praczyk, T. & Matysiak, R. (1998) Nitrogen fertilizer, oil, and surfactant adjuvants with nicosulfuron. *Weed Technology*, 12, 585–589.
- 44- Nalewaja, J.D., Woznica, Z. & Manthey, F.A. (1990) Sodium bicarbonate antagonism of 2, 4-D amine. *Weed Technology*, 4, 588–591.
- 45- O'Sullivan, P.A., Donovan, J.T.O. & Hamman, W.M. (1981) Influence of non-ionic surfactants, ammonium sulfate, and water quality and spray volume on the phytotoxicity of glyphosate. *Canadian Journal of Plant Science*, 61, 391–400.
- 46- Pearson, B.A., Scott, R.C. & Carey, V.F. (2008) Urea ammonium nitrate effects on bispyribac and penoxsulam efficacy. *Weed Technology*, 22, 597–601.
- 47- Peterson, H.G. (1999) Farm chemical spraying and mixing water quality. Available at: <http://www.agr.gc.ca>. (Accessed October 11<sup>th</sup>, 2006).

- 48- Petroff, R. (2000) Water quality and pesticide performance. Available at: <http://scarab.msu.montana.edu>. (Accessed October 11<sup>th</sup>, 2006).
- 49- Pratt, D., Kells, J.J. & Penner, D. (2003) Substitutes for ammonium sulfate as additives with glyphosate and glufosinate. *Weed Technology*, 17, 576–581.
- 50- Senseman, S.A. (2007) *Herbicide Handbook*. Weed Science Society of America, Ninth edition. 458 pp.
- 51- Shaner, D.L., Westra, P. & Nissen, S. (2006) AMADS increases the efficacy of glyphosate formulations on corn. *Weed Technology*, 20, 179–183.
- 52- Thelen, K. D., Jackson, E. P. & Penner, D. (1995) The basis for the hard-water antagonism of glyphosate activity. *Weed Science*, 43, 541–548.
- 53- Villiers, B.L.D., Kudsk, P., Smit, J.J. & Mathiassen, S.K. (2001) Tralkoxydim adjuvant, MCPA and other effects. *Weed Research*, 41, 547–556.
- 54- Zhou, J., Tao, B. & Messersmith, C.G. (2006) Soil dust reduces glyphosate efficacy. *Weed Science*, 54, 1132–1136.
- 55- Zollinger, R.K., Nalewaja, J.D., Peterson, D.E. & Young, B.G. (2010) Effect of hard water and ammonium sulfate on weak acid herbicide activity. *Journal of ASTM International*, 7, 1–10.



**Ministry of Jihad-e-Agriculture  
Agricultural Research, Education & Extension Organization Iranian  
Iranian Research Institute of Plant Protection**

## **The effect of water quality on herbicide performance**

**Mahnaz Mirzaei, Eskandar Zand  
and Gholam-ali Shahhosseini  
Iranian Research Institute of Plant Protection**

**Register No.**

**59754**

**2021**