



## Effects of Surface Active Agents on Herbicidal Properties of Acetic Acid and Citric Acid Mixture

Saeed Reza Yaghoobi<sup>1\*</sup>, Abolfazl Lotfi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Assistant Professor, Faculty of Agricultural Science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

### ARTICLE INFO

**Received:** 09.06.2021

**Revised:** 11.05.2021

**Accepted:** 11.07.2021

**Keyword:**

Weed  
Management  
Organic agriculture  
Surfactant

**\*Corresponding Author:**

Saeed Reza Yaghoobi

**Email:** [Sr-yaghoobi@tvu.ac.ir](mailto:Sr-yaghoobi@tvu.ac.ir)

### ABSTRACT

In order to evaluate the effects of surfactants on the herbicidal properties of different acetic acid to citric acid ratios, a two-factor factorial greenhouse experiment was conducted with a completely randomized design with three replications. The first factor had twelve levels including acetic acid to citric acid ratios of 100:0, 80:20, 60:40 and 50:50 at concentrations of 2, 5, 10% of the said ratios as foliar application. The second factor involved the use of surfactants CDEA, LAE, SLS, KECO and control (no-surfactant) together with acetic acid-citric acid mixture. The results showed that at higher acetic acid to citric acid ratios, dry weight and leaf area of wild oat and wild mustard significantly decreased while their mortality rates increased considerably. When used in combination with acetic acid-citric acid mixture, surfactant tend to enhance herbicidal properties more than two times, particularly at concentrations of 5 and 10%. According to the results, acetic acid to citric acid ratios of 100:0 and 80:20 at concentrations of 5 and 10% when used with CDEA or LAE provided the highest efficacy for non-selective weed control.





دانشگاه فنی و حرفه‌ای  
تخصصی

کارافن

فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

زمستان ۱۴۰۰، دوره ۱۸، شماره ۴، ۱۷۳-۱۵۹

آدرس نشریه: <https://karafan.tvu.ac.ir/>

doi:10.48301/KSSA.2021.303400.1713

20.1001.1.23829796.1400.18.4.10.5



شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰

شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

مقاله پژوهشی

## بررسی تأثیر کاهش دهنده‌های کشش سطحی بر خصوصیات علف‌کشی مخلوط اسید استیک و اسید سیتریک

سعید رضا یعقوبی<sup>\*۱</sup>، ابوالفضل لطفی<sup>۲</sup>

۱ و ۲- استادیار، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.

### چکیده

به منظور ارزیابی مویان‌های کاهش‌دهنده کشش سطحی در خصوصیات علف‌کشی نسبت‌های مختلف اسید استیک و اسید سیتریک، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول دارای دوازده سطح شامل نسبت‌های اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-۱- صفر، ۲۰-۲۰، ۴۰-۴۰ و ۵۰-۵۰ درصد در غلظت‌های ۲، ۵، ۱۰ درصد از نسبت‌های بیان شده که به عنوان محلول نهایی برای محلول پاشی در نظر گرفته شد. فاکتور دوم شامل کاربرد مویان‌های KECO و SLS، LAE، CDEA همراه با مخلوط اسید استیک و اسید سیتریک و به کار نبردن مویان به عنوان شاهد بود. نتایج این آزمایش نشان داد در نسبت‌های بالاتر اسید استیک به اسید سیتریک وزن خشک، سطح برگ یولاف و خردل وحشی، کاهش معنی‌دار و درصد مرگ‌ومیر افزایش معنی‌داری یافت. کاربرد مویان‌ها همراه با مخلوط‌های اسید استیک و اسید سیتریک خاصیت علف‌کشی را به ویژه در دوزهای ۵ و ۱۰ درصد بیش از دو برابر افزایش دادند. براساس نتایج این آزمایش، کاربرد نسبت‌های اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-۰ و ۸۰-۲۰ درصد در غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد به همراه مویان‌های CDEA یا LAE بالاترین کارایی را برای از بین بردن علف‌های هرز به صورت غیرانتخابی داشت.

### اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۱۵

بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۱۴

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۱۶

### کلید واژگان:

علف هرز

مدیریت

کشاورزی ارگانیک

مویان

\*نویسنده مسئول: سعید رضا یعقوبی

پست الکترونیکی:

[Sr-yaghoobi@tvu.ac.ir](mailto:Sr-yaghoobi@tvu.ac.ir)



© 2022 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## مقدمه

از بین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان زراعی علف‌های هرز جایگاه ویژه‌ای در افت عملکرد کیفی و کمی محصولات کشاورزی دارند [۱]. هر چند کاربرد علف‌کش‌های شیمیایی یکی از مؤثرترین روش‌ها در چند دهه اخیر در کنترل علف‌های هرز و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی بوده است ولی تأثیرات مخرب زیست‌محیطی آن از سویی و مسئله پسماند سموم در محصولات کشاورزی از سویی دیگر باعث شده محققان تحقیقات گسترده‌ای را برای معرفی مواد کم‌خطرتر انجام دهند [۲؛ ۳]. همچنین تولیدکنندگان محصولات ارگانیک نیز عمدتاً با مشکل علف‌های هرز روبه‌رو می‌باشند و به دنبال روشی مناسب برای کنترل علف‌های هرز در زراعت‌های ارگانیک بوده‌اند [۴].

تا کنون برخی از ترکیبات سازگارتر با محیط‌زیست شامل پلارگونیک اسید<sup>۱</sup> [۵؛ ۶]، آمونیوم نونانوآت<sup>۲</sup> [۷]، کاپریلیک اسید<sup>۳</sup> [۵] و اسید استیک [۸؛ ۹] برای مبارزه با علف‌های هرز معرفی شده است. از بین ترکیبات ذکر شده اسید استیک خاصیت علف‌کشی قابل توجهی دارد و می‌تواند به‌عنوان یک علف‌کش مناسب در زراعت‌های ارگانیک استفاده شود [۸-۱۱]. متخصصان علت خاصیت علف‌کشی اسید استیک را صدمه مستقیم به غشای پلاسمایی سلول‌های گیاهی و در پی آن مرگ سلولی، بافت مردگی<sup>۴</sup> و از بین رفتن سریع گیاه بیان کرده‌اند [۱۲]. نتایج آزمایشی نشان داد کارایی مخلوط اسید استیک و اسید سیتریک با غلظت ۱۵ و ۲۰ درصد در کنترل علف‌های هرز پهن برگ مشابه کارایی علف‌کش 2, 4-D amine با دز ۱/۵ لیتر در هکتار بود [۱۳]. در آزمایشی، کاربرد اسید استیک در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد به‌صورت پیش‌کشت، تأثیری بر بوته‌های بادام زمینی نداشت و می‌توان از آن به‌صورت علف‌کش استفاده کرد [۱۴]. در آزمایشی دیگر، کاربرد اسید استیک در غلظت ۲۰ درصد باعث کاهش توده زیستی علف‌های هرز بیش از ۹۰ درصد گردید، همچنین کاربرد اسید سیتریک و استیک با غلظت ۱۰ درصد باعث کاهش توده زیستی علف‌های هرز بیش از ۶۸ درصد شد در صورتی که کاربرد متریبوزین حدود ۱۳ درصد کاهش توده زیستی علف‌های هرز را در پی داشت [۱۵].

یکی از روش‌های افزایش تأثیر علف‌کش‌ها استفاده از سورفکتانت‌ها می‌باشد که به‌واسطه کاهش کشش سطحی [۱۶] و افزایش خیس‌کنندگی سطح سمپاشی شده باعث افزایش سطح جذب و بهبود کارایی علف‌کش می‌شود [۱۷]. نتیجه آزمایش توئینکل [۱۸] نشان داد با کاربرد سورفکتانت همراه با علف‌کش متسولفورون متیل<sup>۵</sup> و کارفنترازون اتیل<sup>۶</sup> با دوز ۲۵ گرم در هکتار به‌صورت پس‌رویشی، میزان کنترل علف‌های هرز ۶۳ درصد بیشتر از شرایط بدون سورفکتانت به‌دست آمد. نتایج آزمایشی دیگر نشان داد کاربرد اسید استیک با غلظت ۵ درصد باعث کنترل علف هرز انگشتی<sup>۷</sup> شد ولی کاربرد اسید استیک ۵ درصد به همراه ۵ درصد نمک و ۰/۲ درصد صابون به‌عنوان کاهش‌دهنده کشش سطحی، باعث از بین رفتن علف هرز انگشتی شد [۱۹]. نتایج آزمایشی نشان داد اسید استیک در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ نسبت به علف‌های هرز نازک برگ مؤثرتر بود؛ به شکلی که کاربرد اسید استیک ۲۰ درصد علف‌های هرز نازک‌برگ را ۶۳ درصد و علف‌های هرز پهن‌برگ را تا ۸۴ درصد کنترل کرد. همچنین کاربرد آدجوانت نیز باعث افزایش کارایی اسید استیک در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و نازک‌برگ گردید [۹].

هرچند اسید استیک به‌عنوان یک علف‌کش ارگانیک در سطح دنیا مورد توجه قرار گرفته است [۷؛ ۸] هنوز اطلاعات کمی درباره نحوه استفاده این علف‌کش وجود دارد [۱۰]. در تحقیق حاضر سعی در ارائه یک ترکیب مناسب

<sup>1</sup> Pelargonic acid

<sup>2</sup> Ammonium nonanoate

<sup>3</sup> Caprylic acid

<sup>4</sup> Necrosis

<sup>5</sup> Metsulfuron-Methyl

<sup>6</sup> Carfentrazone-Ethyl

<sup>7</sup> Digitaria ciliaris

از اسید استیک و اسید سیتریک دارای کارایی بالای علف‌کشی به همراه مویان مناسب به‌عنوان یک علف‌کش عمومی گردیده است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی کارایی علف‌کشی اسید استیک و اسید سیتریک، آزمایشی گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۸ به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول دارای دوازده سطح شامل نسبت‌های اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-، صفر، ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۵۰-۵۰ درصد در غلظت‌های ۲، ۵، ۱۰ درصد از نسبت‌های بیان شده که به‌عنوان محلول نهایی برای محلول‌پاشی در نظر گرفته شد. عامل دوم شامل کاربرد مویان‌های CDEA (کوکونات فتی اسید دی اتانول آمید<sup>۱</sup>)، LAE (لاریل الکل اتوکسیلات<sup>۲</sup>)، KECO (کوکونات فتی اسید اتوکسیلات<sup>۳</sup>) و SLS (سدیم لوریل سولفات<sup>۴</sup>) در محلول نهایی با غلظت ۰/۲ درصد و شاهد بدون کاربرد مویان بودند. گیاهان محک مورد ارزیابی در این آزمایش یولاف وحشی<sup>۵</sup> و خردل وحشی<sup>۶</sup> بود که بذرها در آنها در گلدان‌های پلاستیکی کاشته شد و پس از سبز شدن برای حصول تراکم ۱۰ بوته در هر گلدان، تنک گردید. پیش از کشت، بذور خردل و یولاف به مدت دو هفته در شرایط دمای ۵ درجه سانتی‌گراد برای رفع خواب بذر نگهداری شدند. زمان اعمال تیمارهای محلول‌پاشی، مرحله چهار برگی بود. برای اجرای سمپاشی، از سمپاش ۱۰ لیتری مدل ماتابی<sup>۷</sup> با نازل تی جت با فشار ۲ بار استفاده شد. نمونه‌برداری یک هفته پس از اعمال تیمارها انجام گردید. برای ارزیابی کارایی علف‌کشی محلول‌های ساخته شده، روشی با نام «ارزیابی چشمی به روش استاندارد شورای تحقیقات علف‌هرز اروپا»<sup>۸</sup> (EWRC) مورد استفاده قرار گرفت. در این روش، بوته‌های موجود در گلدان‌ها به‌صورت بصری بازدید شد و به میزان خسارت وارد شده به بوته‌ها با توجه به جدول ۱ امتیازدهی انجام گردید [۲۰].

جدول ۱. مقیاس ارزیابی چشمی خسارت علف‌کش به علف‌های هرز برای اساس روش شورای تحقیقات علف‌های هرز

### اروپا (EWRC)

درصد کنترل	علائم قابل مشاهده
100	نابودی کامل
99-96.5	کنترل بسیار خوب
93-96.5	کنترل خوب
87.5-93	کنترل مطلوب
80-87.5	کنترل کمی مطلوب
80-70	کنترل نامطلوب
70-50	کنترل ضعیف
50-1	کنترل بسیار ضعیف
0	کاملاً بی‌تأثیر

<sup>1</sup> Coconut fatty acid diethanolamide

<sup>2</sup> Lauryl alcohol ethoxylate

<sup>3</sup> Coconut fatty acid ethoxylate

<sup>4</sup> Sodium lauryl sulfate

<sup>5</sup> Avena spp.

<sup>6</sup> Sinapis arvensis

<sup>7</sup> Mathabi

<sup>8</sup> European Weed Research Council

یک هفته پس از سمپاشی، از هر گلدان به تعداد سه بوته به صورت تصادفی کف بر شده و به آزمایشگاه منتقل شده و سطح برگ بوته‌ها توسط دستگاه سطح برگ‌سنج<sup>۱</sup> اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، بوته‌ها به آزمایشگاه منتقل و در آون در دمای ۷۲ (درجه سانتی‌گراد) به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس توزین گردیدند. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تمامی تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1.3، SAS institute In انجام شد. پیش از انجام عمل تجزیه واریانس، از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها با استفاده از رویه (Univariate) و همگن بودن واریانس‌ها اطمینان حاصل شد. تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با استفاده از رویه (GLM) انجام گردید. مقایسه میانگین اثرهای اصلی تیمارهای آزمایشی و در صورت معنی‌دار شدن تأثیرات متقابل از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) صورت گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد برهم‌کنش دوگانه نوع مویان و نسبت‌های اسید استیک و اسید سیتریک و دوز مصرف بر وزن خشک بوته، سطح برگ و درصد مرگ‌ومیر بوته‌های یولاف تأثیر معنی‌دار در سطح یک درصد داشت ( $P < 0.01$ ). همچنین وزن خشک بوته، سطح برگ و درصد مرگ‌ومیر بوته‌های خردل وحشی نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش نوع مویان و نسبت‌های اسید استیک و اسید سیتریک در دوزهای مختلف مصرف قرار گرفت ( $P < 0.01$ ) (جدول ۲).

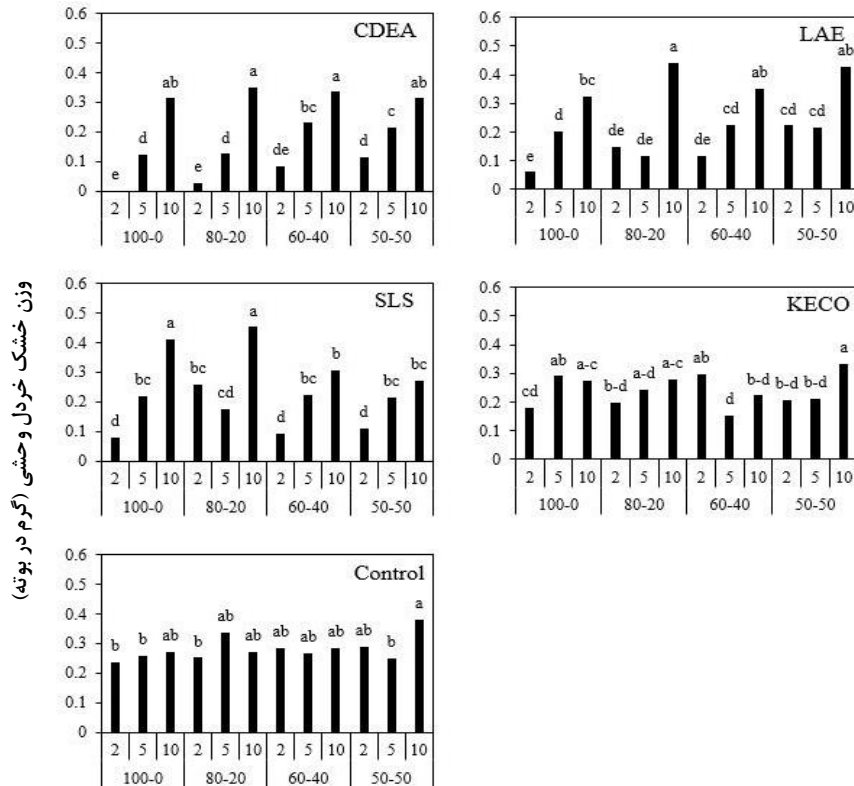
جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر نوع مویان و نسبت‌های اسید استیک و اسید سیتریک و دوز مصرف

بر وزن خشک، سطح برگ و درصد مرگ‌ومیر بوته‌های خردل و یولاف

منابع تغییر SOV	درجه آزادی DF	یولاف وحشی <i>Avena spp.</i>			خردل وحشی <i>Sinapis arvensis</i>		
		درصد مرگ‌ومیر Mortality %	سطح برگ Leaf area	وزن خشک Dry weight	درصد مرگ‌ومیر Mortality %	سطح برگ Leaf area	وزن خشک Dry weight
مویان Surfactant	4	10732.1**	6.42914**	0.052196**	4223.5**	298.282**	0.074333**
دوز Dose	11	8257.4**	2.11882**	0.031198**	5285.3**	237.078**	0.031068**
مویان × دوز Dose × Surfactant	44	789.86**	0.19637**	0.002557**	809.73**	84.8459**	0.012309**
اشتباه آزمایشی Error	120	45.1444	0.024832	0.0006955	76.255	22.596	0.004564
ضریب تغییرات CV	-	23	16	23	25	32	29

<sup>1</sup> Leaf area meter

نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش دوز مصرف از ۲ به ۱۰ درصد میزان ماده خشک خردل وحشی، کاهش معنی‌داری یافت ( $P < 0.05$ ). همچنین با افزایش درصد اسید استیک نسبت به اسید سیتریک میزان ماده خشک خردل وحشی، کاهش پیدا کرد ( $P < 0.05$ ). با کاربرد مویان اختلاف بین نسبت‌های اسید استیک و سیتریک و دوزهای مختلف در میزان کاهش ماده خشک خردل وحشی افزایش یافت. با کاربرد نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-صفر با دوز ۱۰ درصد همراه مویان CDEA، LAE و SLS بیشترین کاهش در وزن خشک خردل وحشی به ترتیب صفر، ۰/۰۶۱ و ۰/۰۷۷ گرم به دست آمد (شکل ۱). با کاهش دوز مصرف از ۱۰ به ۲ درصد، وزن خشک خردل وحشی سه برابر افزایش یافت. هر چند کاربرد مویان KECCO باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در کاهش وزن خشک خردل وحشی تحت تأثیر نسبت‌های مختلف اسید استیک و سیتریک و دوزهای مختلف داشت ولی وزن خشک خردل وحشی تحت تأثیر مویان KECCO در نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-صفر در دوز ۱۰ درصد به میزان ۰/۱۷۹ گرم به دست آمد و در مقایسه با سایر مویان بسیار ضعیف بود (شکل ۱). با افزایش نسبت اسید استیک به اسید سیتریک از کارایی علف‌کشی این ترکیب در شرایط کاربرد مویان کاسته شد؛ به طوری که در شرایط کاربرد مویان CDEA در نسبت ۱۰۰ به صفر و نسبت ۵۰-۵۰ در دوز ۱۰ درصد میزان ماده خشک خردل وحشی به ترتیب صفر و ۰/۱۱۵ گرم به دست آمد. با کاهش دوز مصرف از ۱۰ به ۲ درصد بین ماده خشک دیگر، اختلاف معنی‌داری بین وزن خشک خردل وحشی به دست آمده در نسبت‌های مختلف اسید استیک و اسید سیتریک و مویان‌های مختلف وجود نداشت (شکل ۱).

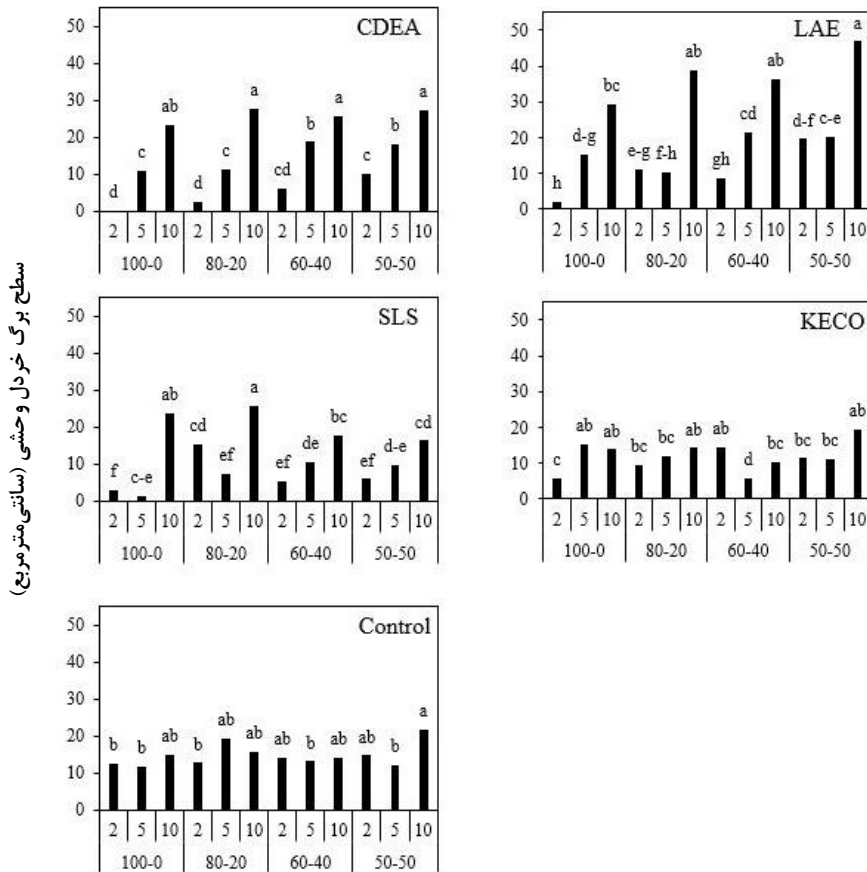


نسبت اسید استیک به اسید سیتریک و دوز مصرف

شکل ۱. تأثیر برهم کنش دوگانه نسبت استیک اسید به اسید سیتریک (۱۰۰-۰، ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۵۰-۵۰) در سه دوز کاربرد (۲، ۵ و ۱۰ درصد) همراه مواد افزودنی (Control: بدون ماده افزودنی، CDEA: کوکونات دی اتانول آمید، LAE: لاریل الکل اتوکسیلات، KECO: کوکونات فتی اسید اتوکسیلات و SLS: سدیم لوریل سولفات بر وزن خشک کل خردل وحشی در بوته. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) هستند.

تغییرات سطح برگ خردل وحشی تحت تأثیر تیمارهای نسبت اسید استیک و اسید سیتریک و دوز مصرف در مویان‌های مختلف روندی مشابه با تغییرات ماده خشک خردل وحشی داشت. هرچند سطح برگ خردل وحشی به صورت معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های مختلف اسید استیک و اسید سیتریک و دوزها مختلف در شاهد بدون کاربرد مویان قرار گرفت ولی با کاربرد مویان اختلاف بین نسبت‌های اسید استیک و سیتریک و دوزهای مختلف در میزان سطح برگ خشک خردل وحشی افزایش یافت. با کاربرد اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-صفر با دوز ۱۰ درصد همراه مویان CDEA، LAE و SLS بیشترین کاهش در سطح برگ خردل وحشی به ترتیب صفر، ۲ و ۲/۸۸ به‌دست آمد (شکل ۲). با افزایش دوز مصرف ۲ به ۱۰ درصد در تمامی نسبت‌های اسید استیک به اسید سیتریک در مویان‌های CDEA، LAE و SLS سطح برگ خردل وحشی کاهش شدید نشان داد؛ به طوری که در نسبت اسید استیک به سیتریک ۱۰۰-صفر در شرایط مذکور به ترتیب از صفر به ۲، ۲۲/۲، ۲۹/۳ و ۲/۸۸ به ۲۳/۵ رسید ولی در کاربرد مویان KECO و شاهد

بدون مویان میزان تغییرات کمتر بود و به ترتیب ۵/۷ به ۱۳ و ۱۲/۳ به ۱۵ رسید. با کاهش دوز مصرف به ۲ درصد تفاوت معنی داری در سطح برگ خردل وحشی در بین نسبت‌های مختلف اسید استیک به سیتریک مشاهده نشد ولی افزایش دوز مصرف به ۱۰ درصد تفاوت معنی داری در سطح برگ خردل وحشی مشاهده شد (شکل ۲).



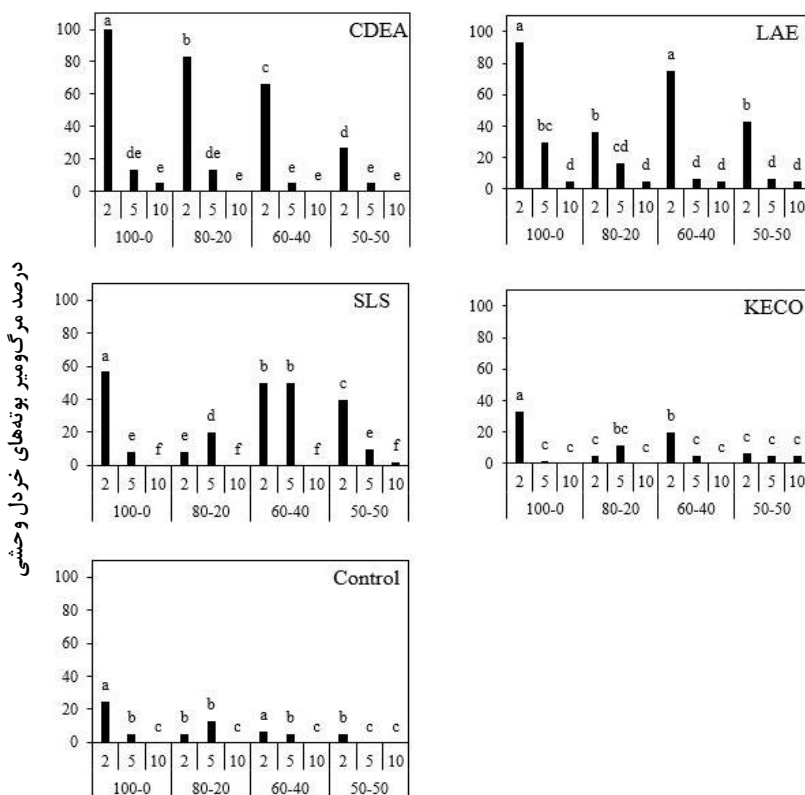
نسبت اسید استیک به اسید سیتریک و دوز مصرف

شکل ۲. تأثیر برهم کنش دوگانه نسبت استیک اسید به اسید سیتریک (۱۰۰-۰، ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۵۰-۵۰) در سه دوز کاربرد (۲، ۵ و ۱۰ درصد) همراه مواد افزودنی (Control: بدون ماده افزودنی، CDEA: کوکونات دی اتانول آمید، LAE: لاریل الکل اتوکسیلات، KECO: کوکونات‌فتی‌اسید اتوکسیلات و SLS: سدیم لوریل سولفات بر سطح برگ خردل وحشی در بوته. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) هستند.

نتایج این آزمایش نشان داد درصد مرگ‌ومیر خردل وحشی نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰- صفر با دوز ۱۰ درصد همراه با کاربرد مویان‌های CDEA، LAE و SLS بالاترین مقدار را به ترتیب ۱۰۰، ۹۳ و ۵۶/۶ درصد در کنترل علف هرز خردل وحشی داشت (شکل ۳). درصد مرگ‌ومیر خردل وحشی در نسبت اسید استیک به اسید سیتریک



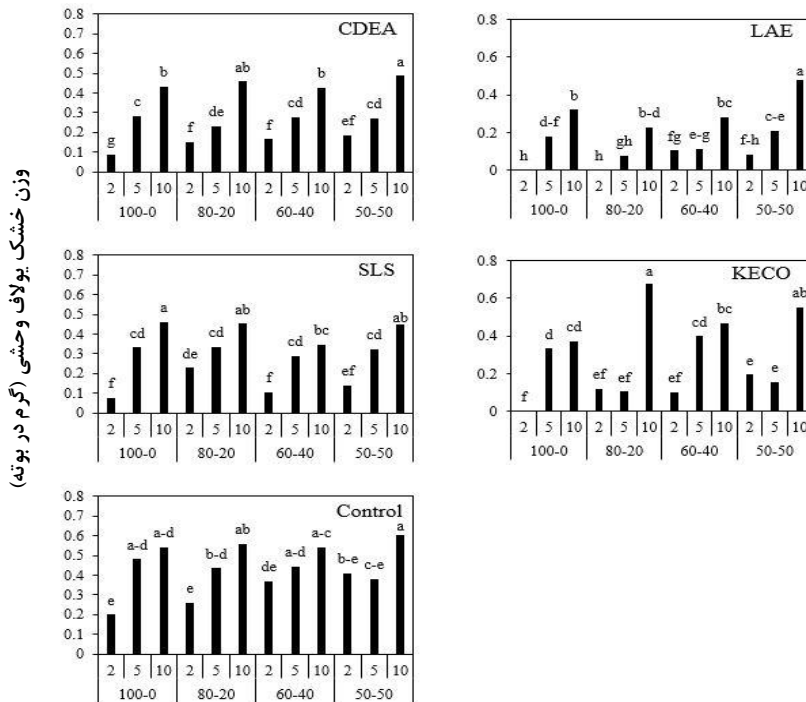
۱۰۰- صفر با دوز ۱۰ درصد همراه با کاربرد مویان KECO به میزان ۳۳ درصد و در شاهد بدون مویان ۲۵ درصد بود. با کاهش مقدار اسید استیک در نسبت اسید استیک و اسید سیتریک و کاربرد در دوز ۱۰ درصد مرگومیر خردل وحشی، کاهش معنی‌داری پیدا کرد؛ به طوری که با تغییر نسبت اسید استیک به اسید سیتریک از ۱۰۰- صفر به ۵۰-۵۰ در دوز ۱۰ درصد همراه با کاربرد در مویان‌های KECO، SLS، LAE، CDEA و شاهد درصد مرگومیر به ترتیب از ۱۰۰ به ۲۶/۶، ۹۳ به ۴۳، ۵۶/۶ به ۴۰، ۳۳ به ۶/۶ و ۲۵ به ۵ درصد کاهش یافت (شکل ۳). با کاهش دوز مصرف نیز از درصد مرگومیر به شدت کاسته شد. در شرایط کاربرد نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰- صفر، با کاهش دوز از ۱۰ به ۲ در مویان‌های KECO، SLS، LAE، CDEA درصد مرگومیر به ترتیب از ۱۰۰ به ۹۳، ۵، ۵۶/۶ به ۰/۵ و ۳۳ به ۰/۲ درصد کاهش یافت (شکل ۳).



نسبت اسید استیک به اسید سیتریک و دوز مصرف

شکل ۳. تأثیر برهم کنش دوگانه نسبت اسید استیک به اسید سیتریک (۱۰۰-۰، ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۵۰-۵۰) در سه دوز کاربرد (۲، ۵، ۱۰ درصد) همراه مواد افزودنی (Control: بدون ماده افزودنی، CDEA: کوکونات دی اتانول آمید، LAE: لاریل الکل اتوکسیلات، KECO: کوکونات فتی اسید اتوکسیلات و SLS: سدیم لوریل سولفات) بر درصد مرگومیر بوته‌های خردل وحشی. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) هستند.

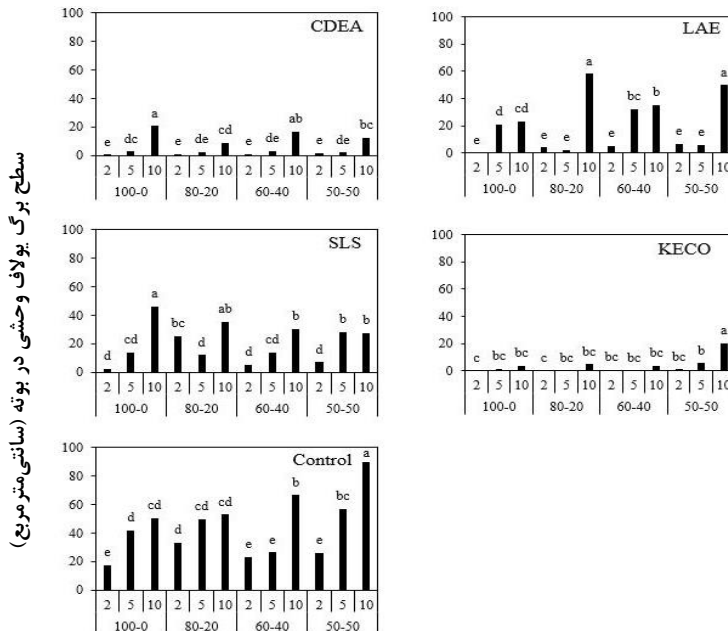
وزن خشک یولاف وحشی تحت تأثیر کاربرد نسبت‌های اسید استیک و اسید سیتریک در دوزهای مختلف همراه با کاربرد مویان و به کار نبردن آن قرار گرفت. در شاهد بدون کاربرد مویان نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-۰ صفر و ۸۰-۲۰ در دوز ۱۰ درصد و کمترین مقدار وزن خشک یولاف وحشی را به خود اختصاص داد که به ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۲۶ گرم بود. در سایر نسبت‌های دیگر اسید استیک به اسید سیتریک و دوزهای مختلف مقدار ماده خشک یولاف وحشی به شکل معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۴). کاربرد مویان باعث افزایش تأثیر علف‌کشی این ترکیب در دوزهای بالا گردید. کاربرد مویان‌های KECO، SLS، LAE، CDEA همراه با نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-۰ صفر و دوز ۱۰ درصد باعث کاهش وزن خشک یولاف وحشی به میزان ۰/۰۸۷، ۰/۰۷۸ و صفر گرم گردید ولی کاهش دوز مصرف از ۱۰ به ۲ درصد میزان وزن خشک یولاف وحشی را به ترتیب به ۰/۴۳، ۰/۳۲، ۰/۴۶ و ۰/۳۷ گرم رساند که به نظر می‌رسد کاهش دوز مصرف، کارایی علف‌کشی این ترکیب را به شدت کم می‌کند (شکل ۴). هرچند سایر نسبت‌های اسید استیک به اسید سیتریک در دوزهای مختلف باعث کاهش وزن خشک یولاف وحشی گردید ولی نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-۰ صفر و ۸۰-۲۰ در دوز ۱۰ درصد همراه با مویان، بالاترین کارایی را در کاهش وزن خشک یولاف وحشی داشت (شکل ۴).



نسبت اسید استیک به اسید سیتریک و دوز مصرف

شکل ۴. تأثیر برهم کنش دوگانه نسبت اسید استیک به اسید سیتریک (۱۰۰-۰، ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۵۰-۵۰) در سه دوز کاربرد (۲، ۵ و ۱۰ درصد) همراه مواد افزودنی (Control: بدون ماده افزودنی، CDEA: کوکونات دی اتانول آمید، LAE: لاریل الکل اتوکسیلات، KECO: کوکونات‌فتی‌اسید اتوکسیلات و SLS: سدیم لوریل سولفات) بر وزن خشک کل یولاف وحشی در پوت. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) هستند.

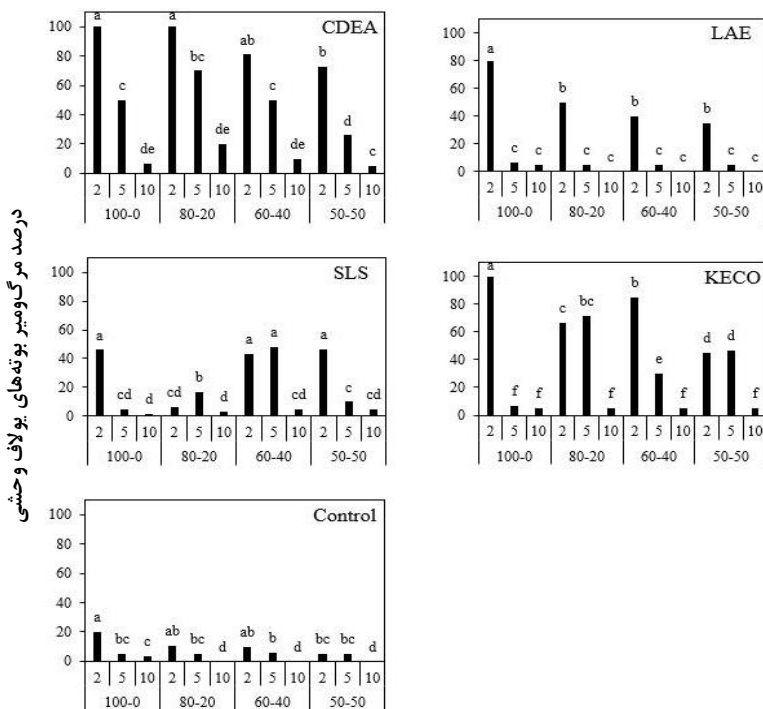
کاربرد نسبت‌های مختلف اسید استیک و اسید سیتریک در شرایط بدون کاربرد مویان در دوزهای مختلف باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری در سطح برگ یولاف وحشی شد. در دوز ۱۰ درصد در نسبت‌های مختلف اسید استیک به اسید سیتریک بیشترین کاهش سطح برگ یولاف وحشی مشاهده شد ولی در نسبت ۱۰۰-صفر بیشترین کاهش سطح برگ به میزان ۱۷/۸ مشاهده شد (شکل ۵). با کاربرد مویان همراه با نسبت‌های مختلف اسید استیک و اسید سیتریک در دوزهای مختلف، کاهش بیشتری در سطح برگ یولاف وحشی ایجاد شد. در نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-صفر با دوز ۱۰ درصد همراه با کاربرد مویان KECO و SLS، LAE، CDEA میزان سطح برگ به ترتیب ۰/۶۲، صفر، ۰/۳۳ و صفر به دست آمد. بهترین کارایی در کاهش سطح برگ یولاف وحشی مربوط به کاربرد مویان‌های KECO و CDEA بود که در نسبت‌های مختلف اسید استیک به اسید سیتریک در دوزهای مختلف کارایی بالاتری در کاهش سطح برگ یولاف ۸۲ وحشی داشتند و به جز نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۵۰-۵۰ در دوز ۲ درصد در مویان KECO و CDEA در نسبت‌های اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-صفر، ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۵۰-۵۰ در دوز ۲ درصد در سایر نسبت‌ها و دوزها میزان سطح برگ یولاف وحشی کمتر از پنج به دست آمد (شکل ۵). این‌طور به نظر می‌رسد که کاربرد مویان‌های KECO و CDEA همراه با اسید استیک و اسید سیتریک، کارایی بالاتری نسبت به سایر مویان‌ها یا شرایط بدون مویان در کاهش سطح برگ یولاف وحشی داشت.



نسبت اسید استیک به اسید سیتریک و دوز مصرف

شکل ۵. تأثیر برهم‌کنش دوگانه نسبت اسید استیک به اسید سیتریک (۱۰۰-۰، ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۵۰-۵۰) در سه دوز کاربرد (۲، ۵، ۱۰ درصد) همراه مواد افزودنی (Control: بدون ماده افزودنی، CDEA: کوکونات دی اتانول آمید، LAE: لاریل الکل اتوکسیلات، KECO: کوکونات‌فتی‌اسید اتوکسیلات و SLS: سدیم لوریل سولفات) بر سطح برگ یولاف وحشی در بوته. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) هستند.

روند تغییرات درصد مرگ‌ومیر گیاهچه‌های یولاف وحشی، مشابه تغییرات سطح برگ (شکل ۵) و ماده خشک (شکل ۴) یولاف وحشی بود و کاربرد مویان باعث افزایش کارایی علف‌کشی در نسبت‌های مختلف اسید استیک و اسید سیتریک به‌ویژه در دوزهای بالا گردید. در شرایط بدون مصرف مویان درصد مرگ‌ومیر بوته‌های یولاف وحشی در تمامی نسبت‌های اسید استیک و اسید سیتریک و دوزهای مختلف کمتر از ۲۰ درصد بود (شکل ۶). از بین مویان‌های مورد استفاده CDEA و KECO نسبت به سایر مویان‌های مورد استفاده، کارایی بالاتری در مرگ‌ومیر بوته‌های یولاف وحشی به‌ویژه در دوز ۱۰ و ۵ درصد داشتند. بیشترین درصد مرگ‌ومیر بوته‌های یولاف وحشی در بین نسبت‌های اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-۱۰۰ و دوز ۱۰ درصد همراه با مویان‌های CDEA، LAE و KECO اتفاق افتاد که به ترتیب ۱۰۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد بود ولی کارایی مویان SLS و شاهد به میزان ۴۶ و ۲۰ درصد بود (شکل ۶). هرچند با کاهش درصد اسید استیک در نسبت‌های مختلف اسید استیک به اسید سیتریک از درصد مرگ‌ومیر یولاف وحشی کاسته شد ولی با کاهش دوز مصرف از ۱۰ به ۲ درصد همراه با مویان‌های CDEA، LAE و KECO درصد مرگ‌ومیر بوته‌های یولاف وحشی با شدت بسیار بیشتری کاهش یافت (شکل ۶).



نسبت اسید استیک به اسید سیتریک و دوز مصرف

شکل ۶. تأثیر برهم‌کنش دوگانه نسبت اسید استیک به اسید سیتریک (۱۰۰-۰، ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۵۰-۵۰) در سه دوز کاربرد (۲، ۵ و ۱۰ درصد) همراه مواد افزودنی (Control: بدون ماده افزودنی، CDEA: کوکونات دی اتانول آمید، LAE: لاریل الکل اتوکسیلات، KECO: کوکونات‌فتی‌اسید اتوکسیلات و SLS: سدیم لوریل سولفات) بر درصد مرگ‌ومیر بوته‌های یولاف وحشی. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) هستند.

تا کنون مطالعات متعددی، پتانسیل علف‌کشی اسید استیک را به‌عنوان یک علف‌کش عمومی به‌ویژه در زراعت‌های ارگانیک تأیید کرده‌اند [۶]. نتایج تحقیق حاضر نشان داد نسبت‌های اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-صفر و ۸۰-۲۰ توانست گونه‌های علف هرز یولاف و خردل وحشی را به‌صورت رضایت‌بخشی کنترل کند که البته در دوز ۱۰ درصد توانستند گیاهچه‌های یولاف و خردل وحشی را کامل از بین ببرند. نتایج یک تحقیق نشان داد کاربرد اسید استیک با غلظت ۲۰ درصد با حجم به میزان ۲۰۰ و ۴۰۰ لیتر در هکتار باعث کنترل ۹۵ درصد علف‌های هرز گردید. با گذشت زمان، علف‌های هرز خود را ترمیم کردند که این مورد در حجم ۲۰۰ لیتر در هکتار بسیار مشهود بود [۹]. نتایج تحقیق دوم‌گینی [۸] نشان داد اسید استیک در غلظت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد بهترین کارایی را در کنترل علف‌های هرز داشت. ولی نتایج آزمایشی دیگر نشان داد هرچند غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد اسید استیک در مراحل اولیه رشد علف‌های هرز کنترل بهتری داشتند ولی افزایش غلظت به بیش از ۱۵ و ۲۰ درصد در مراحل اولیه رشد علف‌های هرز اساساً در کنترل آنها مؤثر نبود [۶]. طبق نتایج برخی آزمایش‌ها غلظت توصیه شده اسید استیک برای اهداف علف‌کشی بین ۵ تا ۲۰ درصد بوده است [۱۵] و تا ۳۰ درصد [۲۱] بیان شده است.

طبق نتایج این تحقیق هرچند کاربرد نسبت‌های مختلف اسید استیک و اسید سیتریک در دوزهای مختلف توانست باعث کنترل و در برخی موارد نابودی علف‌های هرز تحت آزمایش گردد ولی افزودن مویان‌ها با هدف کاهش کشش سطحی باعث افزایش چشمگیر کارایی آنها در از بین بردن علف‌های هرز، آزمایش گردید؛ به‌طوری که کاربرد نسبت اسید استیک و اسید سیتریک ۱۰۰-صفر در دوز ۱۰ درصد همراه با مویان‌های CDEA و KECCO باعث از بین رفتن کامل گیاهچه‌های یولاف و خردل وحشی شد. در تحقیقی کاربرد اسید استیک و مویان، پتانسیل علف‌کشی اسید استیک را در کنترل علف‌های هرز ذرت شیرین، پیاز و سیب‌زمینی افزایش داد [۲۲].

طبق نتایج تحقیق حاضر هرچند افزودن مویان‌ها کارایی این مخلوط را در از بین بردن یولاف و خردل وحشی به میزان دو تا سه برابر افزایش داد ولی افزایش کارایی علف‌کشی مخلوط اسید استیک و اسید سیتریک همراه با هر مویان از مویان‌های دیگر متفاوت بود و براساس نتایج این آزمایش، کارایی مویان‌های CDEA، LAE و KECCO در نسبت‌های مختلف اسید استیک به اسید سیتریک در دوزهای مختلف در کنترل یولاف وحشی مؤثر بود؛ در صورتی که برای کنترل خردل وحشی مویان‌های CDEA، LAE و SLS در نسبت‌های مختلف اسید استیک به اسید سیتریک در دوزهای مختلف، کارایی بهتری داشتند که علت این تفاوت را می‌توان به ساختار مولکولی مویان و نوع گونه گیاهی مرتبط دانست. تحقیقات ایوانز و بلیندر [۲۲] نشان داد کارایی اسید استیک در کنترل علف‌های هرز بسته به گونه و سن علف هرز متفاوت می‌باشد. البته نتایج تحقیقی نیز نشان داد اسید استیک، علف‌های هرز پهن‌برگ را بهتر از علف‌های هرز نازک‌برگ و علف‌های هرز یک‌ساله را بهتر از علف‌های هرز چندساله کنترل می‌کند [۹]. نتایج تحقیقات نشان داده است علت خاصیت علف‌کشی اسید استیک به دلیل صدمه مستقیم اسید استیک به غشای پلاسمایی سلول‌های گیاهی می‌باشد که باعث از بین رفتن خاصیت نفوذپذیری انتخابی آن می‌شود و باعث مرگ سلول، بافت مردگی<sup>۱</sup> و از بین رفتن سریع گیاه می‌گردد [۱۲]. طبق نتایج تحقیق حاضر هرچند اسید استیک به‌تنهایی قادر به از بین بردن گیاهان بود ولی کاربرد نسبتی از اسید سیتریک با اسید استیک توانست تأثیر بهتری در از بین بردن علف‌های هرز خردل وحشی و یولاف وحشی داشته باشد. ابوزینا و همکاران [۲۱] نتایج مشابهی را در مورد تأثیر کاربرد توأم اسید سیتریک و اسید استیک گزارش کردند. کاربرد یک مویان کاهش‌دهنده کشش سطحی باعث خیس شدن کامل برگ‌ها طی محلول‌پاشی در گیاه می‌شود و به‌واسطه افزایش سطح جذب، میزان جذب علف‌کش بالاتر رفت و میزان کنترل افزایش یافت. افزایش کارایی علف‌کش‌ها به‌واسطه کاربرد مویان‌های کاهش‌دهنده کشش سطحی در تحقیقات متعددی تأیید شده است [۱۷؛ ۱۸].

<sup>1</sup> Necrosis

## نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد کاربرد نسبت اسید استیک به اسید سیتریک ۱۰۰-صفر و ۸۰-۲۰ درصد در دوز ۵ و ۱۰ درصد همراه با مویان‌های CDEA و LAE توانسته است گیاهچه‌های یولاف و خردل را به شکل مطلوبی کنترل کند. یافته‌های این تحقیق می‌تواند شروعی برای ساخت و فرمولاسیون علف‌کش‌های عمومی مناسب برای تولید محصولات گیاهی ارگانیک در کشور باشد و با توجه به فرایند حذف علف‌کش‌های پرخطر برای محیط‌زیست مانند پاراکوات دیکلراید، این ترکیب می‌تواند جایگزین مناسبی برای آن باشد.

## References

- [1] Zimdahl, R. L. (2018, February 7). *Fundamentals of weed science* (5th ed.). Academic Press, Cambridge, Massachusetts. <https://www.elsevier.com/books/fundamentals-of-weed-science/zimdahl/978-0-12-811143-7>
- [2] Shojaaddini, M., Amiri, R & , Babaei, S. (2020). An investigation of the Susceptibility of 10 Iranian Grape Cultivars to *Lobesia botrana* (Lep.: Tortricidae). *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 17(2), 33-50. <https://doi.org/10.48301/kssa.2020.119210>
- [3] Yaghoobi, S. R. (2014, July 25). *Weed management with emphasis on ecological management and chemical management*. Sepehr Publishing. <https://www.adinehbook.com/gp/product/6006200200>
- [4] Fracchiolla, M., Renna, M., D'Imperio, M., Lasorella, C., Santamaria, P., & Cazzato, E. (2020). Living Mulch and Organic Fertilization to Improve Weed Management, Yield and Quality of Broccoli Raab in Organic Farming. *Plants*, 9(2), 177. <https://doi.org/10.3390/plants9020177>
- [5] Patton, A., Braun, R., & Weisenberger, D. (2019). Single Applications of Natural Postemergence Weed Control Options Do Not Provide Effective Ground Ivy Control. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 5(1), 1-7. <https://doi.org/10.2134/cftm2018.12.0101>
- [6] Shehata, S., Abouziena, H., Abdelgawad, K., & Elkhawaga, F. (2018). Weed Control Efficacy, Growth and Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.) as Affected by Alternative Weed Control Methods. *Potato Research*, 62(1), 139-155. <https://doi.org/10.1007/s11540-018-9404-1>
- [7] Webber, C. L., Shrefler, J. W., Brandenberger, L. P., Taylor, M. J., Carrier, L. K., & Shannon, D. K. (2010). Weed Control Efficacy With Ammonium Nonanoate for Organic Vegetable Production. *International Journal of Vegetable Science*, 17(1), 37-44. <https://doi.org/10.1080/19315260.2010.501850>
- [8] Domenghini, J. C. (2020). Comparison of acetic acid to glyphosate for weed suppression in the garden. *HortTechnology*, 30(1), 82-87. <https://doi.org/10.21273/HORTTECHH04453-19>
- [9] Webber, C., Jr, P., Shrefler, J., & Spaunhorst, D. (2018). Impact of Acetic Acid Concentration, Application Volume, and Adjuvants on Weed Control Efficacy. *Journal of Agricultural Science*, 10(8), 1-6. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n8p1>
- [10] Brainard, D. C., Curran, W. S., Bellinder, R. R., Ngouajio, M., VanGessel, M. J., Haar, M. J., Lanini, W. T., & Masiunas, J. B. (2013). Temperature and relative humidity affect weed response to vinegar and clove oil. *Weed Technology*, 27(1), 156-164. <https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00073.1>

- [11] Yaghoobi, S. R. (2020). Seaweed Extract: Innovation for Organic Agriculture. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 17(2), 23-31. <https://doi.org/10.48301/kssa.2020.119206>
- [12] Smith-Fiola, D., & Gill, S. (2021, October 5). *Vinegar: An Alternative to Glyphosate?*. College of Agriculture and Natural Resources, University of Maryland Extension. <https://extension.umd.edu/resource/vinegar-alternative-glyphosate>
- [13] Rahayuningsih, S., & Supriadi, S. (2016). Herbicidal efficacy of acetic acid and citric acid base on broad leaf weeds of medicinal crops fields. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 25(2), 137-143. <https://doi.org/10.21082/bullitro.v25n2.2014.137-143>
- [14] Maheswari, N., & Thangaratham, T. (2015). Effect of acetic acid as pre-plant herbicide on *Arachis hypogaea* L. Germination. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 31(1), 20-24. <https://www.globalresearchonline.net/pharmajournal/vol31iss1.aspx>
- [15] Shehata, S. (2017). Safe Weed Management Methods as Alternative to Synthetic Herbicides in Potato. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 8(2), 1148-1156. <https://scholar.cu.edu.eg/?q=saidshahata/publications/safe-weed-management-methods-alternative-synthetic-herbicides-potato>
- [16] Appah, S., Jia, W., Ou, M., Wang, P., & Asante, E. A. (2020). Analysis of potential impact and phytotoxicity of surfactant-plant surface interaction in pesticide application. *Crop Protection*, 127, 104961. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104961>
- [17] Anderson, E. (2021). *The Effect of Anionic Surfactants on Herbicide Mixtures and Solutions*. [MSc Thesis, University of Nebraska]. Lincoln, Netherland. <https://digitalcommons.unl.edu/agronhordiss/219/>
- [18] Jena, T., Singh, R. K., & Bisen, N. (2018). Surfactant influence on efficacy of herbicides in barley. *Indian Journal of Weed Science*, 50(1), 56-58. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2018.00012.6>
- [19] Mahachai, P., & Subsoontorn, P. (2021). Assessment of Effectiveness of Vinegar and Hydrogen Peroxide Based Herbicide Formulation Against Common Weeds in Thailand. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*, 29(3), 20-29. <https://doi.org/10.14456/nujst.2021.23>
- [20] Zand, E., Baghestani, M. A., Porazar, R., Sabeti, P., Ghezeli, F., Khayami, M. M., & Razazi, A. (2010). Efficacy evaluation of Ultima (Nicosulfuron+Nimsulfuron), Lumax (Mesotrion+ S-metolachlor+ Terbutylazine) and Amicarbazone (Daynamic) in comparison with current herbicide to control of weeds in corn. *Journal of Plant Protection*, 23(2), 42-55. <https://doi.org/10.22067/jpp.v23i2.2549>
- [21] Abouziena, H., Omar, A., Sharma, S., & Singh, M. (2009). Efficacy Comparison of Some New Natural-Product Herbicides for Weed Control at Two Growth Stages. *Weed Technology*, 23(3), 431-437. <https://doi.org/10.1614/WT-08-185.1>
- [22] Evans, G. J., & Bellinder, R. R. (2009). The Potential Use of Vinegar and a Clove Oil Herbicide for Weed Control in Sweet Corn, Potato, and Onion. *Weed Technology*, 23(1), 120-128. <https://doi.org/10.1614/WT-08-002.1>