Iranian Journal of Weed Science
Vol 18, No 1, 2022 (11-22)
DOI: 10.22092/IJWS..2021.355871.1398

مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۸، شمارهٔ ۱، ۱۴۰۱ (ص ۲۲-۱۱)

Efficacy of chemical and non-chemical weed control approaches in strawberry (*Fragaria ananassa*) fields in Kurdistan

Sirwan Babaei[1]*, Soraya Ahmadi[2], Seyed Hemn Amanollahi[2], Iraj Tahmasebu[3], Mohammad Sarsaifi[4]
1,2,3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran
4. Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran
(Received: September 7, 2021 - Accepted: October 30, 2021)

ABSTRACT
In order to investigate the effect of different chemical and non-chemical weed control approaches in strawberry fields, this study was conducted as a randomized complete block design with three replications in a perennial strawberry field in Sanandaj in 2019. Treatments included some pre (indaziflam and trifluralin) and post-emergence (tribenuron methyl and clodinafop propargyl) emergence herbicides and non-chemical methods including hand weeding, vinegar, mulches (transparent and black poly ethylene, straw and sawdust), flaming and check. The results showed that different treatments had significant effects on most of the studied traits of strawberry and weeds. Weed biomass had a significant decrease (97%) after indaziflam application compared to weed infested treatment. Tribenuron methyl and sawdust mulch had no differences from hand weeding and reduced weed biomass by 86% compared to weed infested. Also, sawdust and indaziflam resulted in the highest strawberry yield (703.02 and 686.51 g.m^{-2}) compared to the other methods. In general, indaziflam and sawdust not only had not negative effect on strawberry fruit, but also due to the proper weed control effects, they increase the strawberry yield (126 and 131%, respectively, compared to the weed-infested check) and can be used as recommended weed control method in these fields.
Keywords: Black mulch, flaming, indaziflam, organic farming, sawdust.

بررسی کارایی روش‌های کنترل شیمیایی و غیرشیمیایی در مهار علف‌های‌هرز توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) درکردستان

سیروان بابائی*[۱]، ثریا احمدی[۲]، سیدهیمن امان اللهی[۲]، ایرج طهماسبی[۳]، محمد سرسیفی[٤]
۱و۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، ۲- دانشجو، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه کردستان، ٤- محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان.
(تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/٦/۱٦- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۸/۸)

چکیده
به‌منظور بررسی تاثیر روش‌های مختلف شیمیایی و غیرشیمیایی در کنترل علف‌های‌هرز مزارع توت‌فرنگی، این مطالعه در تابستان ۱۳۹۸ در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه چندساله توت‌فرنگی سنندج اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تعدادی از علف‌کش‌های پیش‌رویشی (ایندازیفلم و تری‌فلورالین) و پس‌رویشی (تری‌بنورون‌متیل و کلودینافوپ پروپارژیل) و روش‌های غیرشیمیایی شامل وجین، سرکه، مالچ‌ها (پلاستیک شفاف و تیره، کاه و کلش و خاک اره)، شعله‌افکن و شاهد بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تیمارهای مختلف، دارای تاثیر معنی‌دار بر اغلب صفات مورد مطالعه توت‌فرنگی و علف‌های‌هرز بودند. زیست‌توده علف‌های‌هرز پس از کاربرد ایندازیفلم نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز، کاهش معنی‌داری (۹۷ درصد) داشت. علف‌کش تری‌بنورون متیل و مالچ خاک اره با تیمار وجین علف‌هرز تفاوتی نداشتند و موجب کاهش ۸۶ درصدی زیست توده علف‌های‌هرز نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز شدند. همچنین بیشترین عملکرد توت‌فرنگی، تحت تاثیر تیمارهای خاک اره و ایندازیفلم (۷۰۳/۰۲ و ۶۸۶/۵۱ گرم در متر مربع) به‌دست آمد. به‌طوربه‌طورکلی، علف‌کش ایندازیفلم و مالچ خاک‌اره، علاوه بر عدم تاثیر منفی بر روی میوه توت‌فرنگی، به‌دلیل کنترل مناسب علف‌های‌هرز، موجب افزایش عملکرد توت‌فرنگی (به‌ترتیب ۱۲۶ و ۱۳۱ درصد نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز) شد و می‌توان آن را جهت کنترل علف‌های‌هرز این مزارع توصیه نمود.

کلمات کلیدی: ایندازیفلم، خاک اره، شعله افکن، کشت ارگانیک، مالچ.

* Corresponding author E-mail: s.babaei@uok.ac.ir

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.) گیاهی دائمی از تیره گل سرخیان (Rosaceae) و یکی از محصولات مهم مناطق معتدل کشور مانند کردستان است که به دلیل عطر، طعم و محتویات سرشار از ویتامین آن به‌خوبی شناخته شده است و نقش مهمی در سبد غذایی انسان‌ها دارد (Seiedi *et al*., 2010; Mashayekhi & Atashi, 2013).

علف‌های‌هرز، یکی از مشکلات عمده تولید توت‌فرنگی هستند که در اثر رقابت بر سرمنابع و با تاثیر منفی بر رشد گیاه، موجب خسارت کمی و کیفی و کاهش عملکرد محصول می‌شوند (Portz, 2008). برای کنترل علف‌های‌هرز، از روش‌های مختلفی از قبیل کنترل مکانیکی، زراعی، زیستی، شیمیایی و تلفیقی استفاده می‌شود. در زراعت توت‌فرنگی، به‌دلیل عدم وجود علف‌کش مناسب، بیشتر از وجین دستی که از روش‌های فیزیکی است، برای کنترل علف‌های‌هرز استفاده می‌شود. علف‌کش‌ها با وجود مشکلات زیست محیطی، هنوز هم به عنوان یکی از اجزای مهم مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zand *et al*., 2017). با توجه به تکامل سریع و گسترش علف‌های‌هرز مقاوم به علف‌کش‌ها و پیامدهای منفی آن‌ها و همچنین اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها، توجه به روش‌های تلفیقی در مدیریت علف‌های‌هرز بیشتر شده است (Harker & O'Donovan, 2013).

استفاده از مالچ نیز از روش‌های موثر در کنترل علف‌های‌هرز می‌باشد که ضمن جلوگیری از جوانه‌زدن بذر علف‌های‌هرز، مواد آلی مفید خاک را نیز می‌تواند تامین نماید؛ بنابراین نیاز به وجین دستی و کنترل شیمیایی علف‌های‌هرز را کاهش می‌دهد (Finneran *et al*., 2018). انواع مختلفی مالچ‌های آلی و مصنوعی وجود دارند؛ مالچ‌های آلی شامل برگ درختان، خاک اره، کاه و کلش، چمن و علف‌های بریده شده، پوست سخت میوه‌ها، کاغذ، پلاستیک‌های تجزیه‌پذیر و مالچ‌های مصنوعی مانند پلاستیک، شن و سنگریزه می‌باشند (Tyagi *et al*., 2018). کاربرد بقایای گیاهی (مالچ گیاهی)، ابزاری مفید و کارا در کنترل موثر علف‌های‌هرز در کشاورزی ارگانیک می‌باشد؛ البته استفاده از این روش، تنها برای گیاهان زراعی با ارزش بالا و چندساله مانند توت‌فرنگی و یا در مزارع کوچک پیشنهاد می‌شود (Asgarpoor *et al*., 2010).

علف‌کش‌های پیش‌رویشی در ترکیب با مالچ‌های مختلف، به‌منظور طولانی‌تر کردن دوره مهار و گسترش طیف کنترل علف‌های‌هرز استفاده شده‌اند (Marble, 2015)؛ این کار، اغلب به‌منظور کاهش هزینه‌های کارگری مرتبط با وجین دستی، کاهش کاربرد علف‌کش‌های پس رویشی یا هر دو توصیه شده است (Marble, 2015). یکی از علف‌کش‌های پیش‌رویشی که اخیرا در گیاهان چندساله استفاده می‌شود، ایندازیفلم (آلیون ۵۰ درصد اس‌سی) می‌باشد. این علف‌کش مهارکننده بیوسنتز سلولز (CBI[1]) و روش منحصر به فردی برای مدیریت علف‌های‌هرزی مثل چاودار است که موجب تخلیه بانک بذر علف‌های‌هرز در سطح وسیعی از مراتع ایالات متحده، برای مدت زمان دو سال پس از استفاده از آن شده است (Tassé *et al*., 2019). تاکنون بیشتر مطالعات کنترل علف‌های‌هرز توت فرنگی بر روی رویش بهاره و چین اول محصول توت‌فرنگی انجام شده است. با توجه به اهمیت رویش یا چین دوم که در اواخر تابستان و پاییز مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و متفاوت بودن فلور علف‌هرز آن با رویش بهاره و خسارت بسیار زیاد علف‌های‌هرز به

[1]- Cellulose biosynthesis inhibitor

این مرحله از محصول، یافتن روشی مناسب جهت کنترل علف‌های‌هرز این مزارع ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین هدف از انجام این مطالعه، بررسی کارایی روش‌های مختلف و تعیین مناسب‌ترین و سالم‌ترین روش برای کنترل علف‌های‌هرز این مزارع بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در تابستان ۱۳۹۸ در یک مزرعه چندساله توت‌فرنگی، واقع در روستای علی‌آباد سنندج با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و هشت دقیقه عرض شمالی و ٦٧ درجه و هفت دقیقه طول شرقی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. این آزمایش شامل ١٤ تیمار بود که در جدول یک آمده است.

آماده‌سازی مزرعه: این آزمایش در مزرعه‌ای که به صورت جوی و پشته با فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر کشت شده بود، اجرا شد. قبل از اعمال تیمارها، مزرعه کرت‌بندی شد که هر کرت آزمایشی، شامل پنج خط کاشت به طول ۲/۵ متر بود و با احتساب حاشیه‌ها، اندازه هر کرت ٦/٢٥ متر مربع بود و یک خط فاصله بین کرت‌ها در نظر گرفته شد.

اعمال تیمارها: به‌منظور اعمال تیمارهای علف‌کشی و سرکه، از سمپاش پشتی کتابی شارژی مدل شارک با نازل شره‌ای و فشار ۲/۵ بار استفاده شد. اعمال علف‌کش‌های پیش‌رویشی ایندازیفلم و تری‌فلورالین پس از برگ‌زنی و قبل از رویش دوباره توت‌فرنگی انجام گرفت. چند ساعت قبل از کاربرد علف‌کش ایندازیفلم و جهت کارائی بهتر آن، مزرعه آبیاری شد. همچنین پس از کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین و جهت اختلاط این علف‌کش با لایه سه سانتیمتری سطح خاک، از شن‌کش استفاده شد. همچنین جهت کنترل پس‌رویشی علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ، تیمارهای تری‌بنورون‌متیل، کلودینوفاپ پروپارژیل و سرکه، در زمان دو تا چهار برگی علف‌های‌هرز اعمال شد.

جدول ۱- تیمارهای کنترل علف‌هرز مورد استفاده در تحقیق، مقدار و زمان کاربرد آن‌ها

Table 1. Weed control treatments applied in the research, amount and the time of their application

	Treatments	Time of application	dose
1	Indaziflam∗	Soil applied and pre-emergence	70 g.a.e.ha^{-1}
2	Trifluralin⁑	Soil applied and pre-emergence	1.5 li.a.e.ha^{-1}
3	Tribenuron methyl†	Post-emergence	17 g.a.e.ha^{-1}
4	Clodinafop propargyl‡	Post-emergence	1.5 li.a.e.ha^{-1}
5	Black plastic mulch	Pre-emergence	1.5 mm thickness
6	Transparent plastic mulch	Pre-emergence	1.5 mm thickness
7	Sawdust mulch	Pre-emergence	10 ton.ha^{-1}
8	Straw mulch	Pre-emergence	10 ton.ha^{-1}
9	Vinegar	Post-emergence	20 li.ha^{-1}
10	Flaming (propane gas)	Post-emergence	30 kg.ha^{-1}
11	Hand weeding	Once every two weeks	-
12	Non- weeding control		

∗علف کش غیرانتخابی برای کنترل علف های هرز یک‌ساله باریک و پهن برگ و چندساله که از طریق بذر جوانه می زنند.

⁑ علف کش غیر انتخابی برای کنترل طیف وسیعی از علف های هرز پهن و باریک برگ

† علف کش انتخابی برای کنترل علف های هرز یک‌ساله پهن برگ

‡ علف کش انتخابی برای کنترل علف های هرز باریک برگ یکساله

∗ Non-selective herbicide to control annual narrow and broad-leaved and perennial weeds that germinate by seeds

⁑ Non-selective herbicide to control a wide range of broad and narrow–leaf weeds

† Selective herbicide to control annual broad-leaf weeds

‡ Selective herbicide to control annual narrow-leaf weeds

قبل از رویش توت‌فرنگی و علف‌های‌هرز در اوایل مرداد، مالچ‌های مختلف بر روی کرت‌های آزمایشی اجرا شدند. مالچ‌های پلاستیکی با ضخامت ۱/۵ میلی-متر در تماس کامل با سطح خاک قرار گرفتند و سپس پلاستیک‌ها با توجه به فواصل کاشت توت‌فرنگی سوراخ شدند تا بوته‌های توت‌فرنگی به‌راحتی بتوانند از مالچ خارج شوند. مالچ کاه و کلش (۱۰ تن در هکتار) و خاک اره نیز با ضخامت حدود هشت سانتی‌متر (Strik *et al*., 2020) از سطح خاک، به‌طور یکنواخت اطراف بوته‌ها و داخل جوی‌ها پخش شد، به‌طوری‌که مانع از نفوذ نور به سطح خاک شود. جهت اعمال تیمار شعله افکن، از دستگاه شعله افکن (تورچ تک نازل) با سوخت گاز، همزمان با اعمال تیمارهای علف‌کش‌های پس‌رویشی استفاده شد. بدین منظور، بین ردیف‌های توت‌فرنگی به‌صورت محافظت شده، از دستگاه تورچ و گاز پروپان به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار و سرعت چهار کیلومتر در ساعت استفاده شد. جهت مقایسه کارایی تیمارها با روش مرسوم و رایج کشاورزان، تیمار وجین دستی (یک مرحله قبل از گلدهی توت‌فرنگی) نیز در نظر گرفته شد. همچنین جهت بررسی میزان کارایی تیمارهای مختلف در کنترل علف‌های‌هرز تیمار شاهد بدون وجین علف‌هرز (آلوده به علف‌هرز) نیز درنظر گرفته شد. پس از اعمال تیمارها، آبیاری مزرعه به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ با توجه به نیاز آبی توت‌فرنگی و عرف منطقه صورت گرفت.

صفات مورد ارزیابی: صفات مورد بررسی علف‌های‌هرز شامل تراکم (تعداد علف‌هرز در متر مربع) و وزن خشک و برای گیاه توت‌فرنگی شامل اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد و شاخص سطح برگ توت‌فرنگی بود. جهت سنجش محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید)، از روش Arnon (1967) استفاده شد. در این روش، عصاره گیاه تهیه شد و به‌وسیله سانتریفیوژ با ٦۰۰۰ دور در دقیقه پس از ۱۰ دقیقه جداسازی شد. سپس با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج های ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a و در ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل b و ٤۷۰ نانومتر برای کاروتنوئید، مقدار جذب تعیین و با استفاده از معادلات زیر، میزان هرکدام بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه تعیین شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A663 - 0.86 * A645)\ V/100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A645 - 3.6 * A663)\ V/100W$$

$$\text{Carotenoids} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227$$

که در آن‌ها، V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A : جذب نور در طول موج‌های ٦٦۳، ٦٤٥ و ٤۷۰ نانومتر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم بود.

۲۰ روز پس از اعمال علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف، صفات تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز با استفاده از یک کادر یک در یک متر و به‌صورت تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، علف‌های‌هرز با حذف اثر حاشیه و پس از شمارش در کادر یک متر مربعی، از سطح خاک قطع و شمارش شدند و وزن خشک آن‌ها پس از قرار گرفتن در آون ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت، با ترازوی دیجیتال و با دقت دو صفر اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، از هر کرت، برگ سه بوته توت‌فرنگی در مرحله سه تا چهار برگی انتخاب و جدا شد و سطح آن‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، اندازه‌گیری شد. جهت برآورد عملکرد، میوه توت‌فرنگی از ابتدا تا انتهای باردهی (دو روز در میان) برداشت شد و وزن آن به‌صورت تازه تعیین شد.

داده‌ها مورد آزمون نرمالیتی Shapiro-Wilk قرار

گرفتند و پس از اطمینان از نرمال بودن، تجزیه واریانس با استفاده از رویه ANOVA و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2016 استفاده شد.

نتایج و بحث

تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز

بی‌ن تیمارها از نظر تراکم علف‌های‌هرز اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). در میان تیمارها، بیشترین تراکم علف‌هرز (۱۷۲/۶۷ بوته در متر مربع) در تیمار شاهد (آلوده به علف‌هرز) مشاهده شد و پس از آن، تیمارهای علف‌کش تری‌بنورون‌متیل، مالچ‌های پلاستیکی تیره و شفاف و شعله‌افکن که بین آن‌ها تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، قرار داشتند. علف‌کش ایندازیفلم موجب کاهش معنی‌دار تراکم علف‌هرز (۵۳ بوته در متر مربع) شد و کم‌ترین تراکم مربوط به این تیمار بود که با تیمار وجین دستی (۶۶/۶۷ بوته علف‌هرز در متر مربع) تفاوت آماری معنی‌دار نداشت (شکل ۱). همچنین کاهش تراکم علف‌های‌هرز در دو تیمار مذکور نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز، به‌ترتیب برابر ۶۹ و ۶۱ درصد بود.

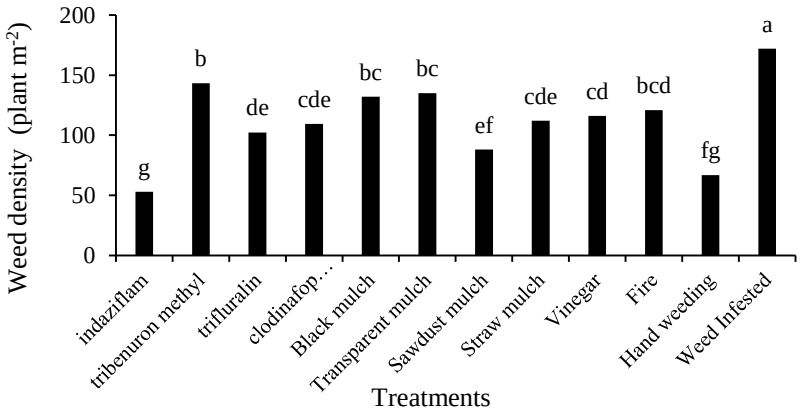
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر علف‌های‌هرز و توت فرنگی.

Table 2. Variance analysis of the effect of different treatments on weeds and strawberry traits.

Source of Variation	Degree of freedom	Weed density	Weed dry weight	Strawberry LAI	Strawberry yield
Block	2	3532.33**	410.33^{ns}	415.62 ^{ns}	357.90 ^{ns}
Treatment	11	3249.09**	245730.11**	28482.83**	65319.47**
Error	22	242.18	381.66	858.80	849.20
C.V.	-	13.80	5.01	7.17	6.56

**، * و ns: به‌ترتیب تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار.

**, * and ns: Significant differences at 1% and %% of probability levels and non-significant, respectively.

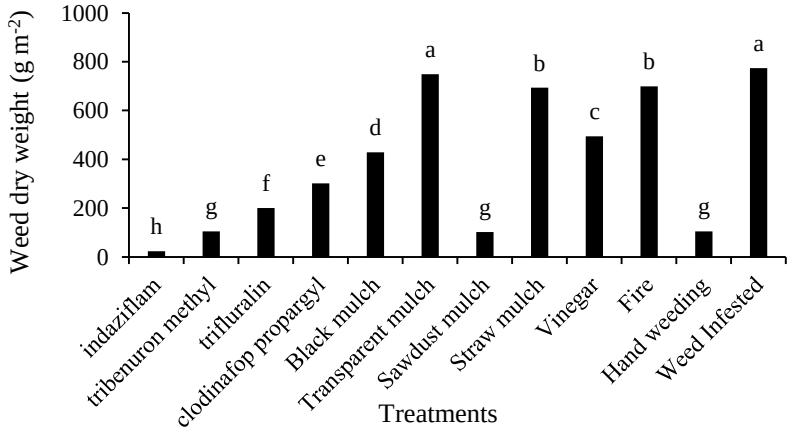


شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف بر تراکم علف‌های‌هرز. حروف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد.

Figure 1. Effect of different treatments on weed density (plant m^{-2}). Columns with the same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test P≤0.05.

وزن خشک علف‌های‌هرز به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای مورد آزمایش قرار گرفت. کمترین وزن خشک تولیدی مربوط به علف‌کش ایندازیفلم (۲۲/۷۰ گرم در مترمربع) و بیشترین وزن خشک در

علف‌های‌هرز مربوط به تیمار شاهد (عدم وجین) (۷۷٤/٤۱ گرم در مترمربع) بود. لازم به ذکر است که وزن خشک علف‌های‌هرز در تیمار مالچ پلاستیک شفاف (۷٤۸/٤ گرم در مترمربع) با شاهد بدون وجین اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲).



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر وزن خشک علف‌های‌هرز (گرم در مترمربع). حروف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Figure 2. Mean comparison of the different treatments effect on above ground weed dry weight (g m^{-2}). Columns with similar are not significantly different according to Duncan's multiple range test P≤0.05.

وزن خشک علف‌های‌هرز در کرت‌های تحت تیمار ایندازیفلم نسبت به شاهد، ۹۷/۰۷ درصد کاهش یافت و مناسب‌ترین تیمار برای کنترل علف‌های‌هرز در این آزمایش بود. با استناد به نتایج حاصل از مطالعه پراکنش علف‌های‌هرز منطقه مورد آزمایش (داده‌های منتشر نشده است)، ۵۰ درصد از علف‌های‌هرز، یک‌ساله و ۵۰ درصد، دائمی بودند و از آن‌جا که علف‌کش ایندازیفلم دومنظوره است و علف‌های‌هرز باریک برگ و پهن برگ را کنترل می‌کند (Tassé *et al.*, 2019)، درمقایسه با کلودینافوپ پروپارژیل، طیف وسیع‌تری از علف‌های‌هرز را کنترل کرده است. از طرفی، این علف‌کش در دنیا برای گیاهان چندساله مانند چمن و گیاهان زینتی به ثبت رسیده است و در برخی گیاهان زراعی چند ساله مانند نیشکر کاربرد دارد. در یک مطالعه گزارش شده است که گیاهان زراعی یک‌ساله، عموما به علف‌کش ایندازیفلم حساس هستند (Clark *et al.*, 2019). نتایج مطالعه دیگری نشان داده است که تحمل گیاهان چندساله به علف‌کش ایندازیفلم، به دلیل حلالیت بسیار کم این علف‌کش در آب است و در صورت اختلاط با خاک، در قسمت‌های سطحی خاک (پنج سانتی‌متری سطح خاک) باقی می‌ماند و به عمق خاک نفوذ نمی‌کند؛ به همین دلیل، علف‌های‌هرز یک‌ساله و چندساله حاصل از بذر به این علف‌کش حساس هستند و گیاهان زراعی چندساله به علت داشتن ریشه عمیق، تحت تاثیر علف‌کش قرار نگیرند (Schneider *et al.*, 2015; Sebastian *et al.*, 2017). بنابراین ممکن است توت‌فرنگی به‌دلیل چندساله بودن و داشتن ریشه‌های تقریبا عمیق (عمق ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متری)، تحت تاثیر علف‌کش قرار نگرفته باشد. با توجه به این‌که درصد بالایی از علف‌های‌هرز مزرعه پهن برگ بودند (داده‌ها منتشر نشده است)، علف‌کش تری‌بنورون‌متیل، علف‌های‌هرز را بهتر (۸٦/۵ درصد) و با تفاوت معنی‌دار آماری نسبت به علف‌کش کلودینافوپ

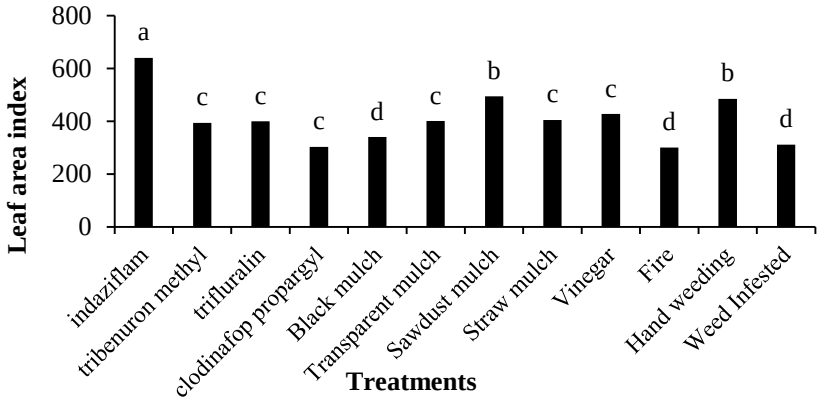
پروپارژیل (۳۵/۲ درصد) کنترل نمود. علف‌کش ایندازیفلم در مقایسه با تری‌فلورالین نیز موفق‌تر عمل نمود در نتیجه وزن خشک علف‌هرز پس از اعمال این علف‌کش، کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. به‌طورکلی نتایج این بررسی نشان داد که تراکم و وزن خشک علف‌هرز در تیمار ایندازیفلم نسبت به سایر تیمارها کمتر بود که نشان دهنده کارایی مطلوب آن برای کنترل علف‌های‌هرز مزارع توت فرنگی و کاهش هزینه‌های تولید محصول است. برخی محققین در مطالعات خود در رابطه با کنترل شیمیایی علف‌های هرز در مزارع مختلف با استفاده از ایندازیفلم و تیمارهای مالچ، نتایج مشابهی گزارش نمودند (Ahmadi & Gharineh, 2019; Tassé *et al*., 2019; Sharafati *et al*., 2021).

صفات مربوط به توت‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر شاخص سطح برگ و عملکرد توت‌فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی برتعداد بوته و قطر میوه تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

شاخص سطح برگ توت‌فرنگی LAI

بیشترین شاخص سطح برگ (۶۳۹/۸۳ میلی‌متر مربع بر متر مربع) در تیمار ایندازیفلم و کمترین آن (۳۰۰/۷ میلی‌متر مربع بر متر مربع) در تیمار شعله‌افکن مشاهده شد. همچنین بین تیمارهای شعله‌افکن، کلودینافوپ پروپارژیل، شاهد (عدم وجین) و مالچ پلاستیک تیره اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳). کارایی مطلوب علف‌کش ایندازیفلم درجلوگیری از رشد (شکل ۱، ۲) و سایه‌اندازی علف های‌هرز (شکل ۳) موجب رشد سریع توت‌فرنگی نسبت به علف‌هرز شد و سطح برگ بیشتر آن نسبت به سایر تیمارها شد. در واقع، می‌توان دلیل برتری تیمار ایندازیفلم را به کنترل تمام گونه‌های علف‌هرز و همچنین پیش‌رویشی بودن آن نسبت داد. بعد از تیمار ایندازیفلم، بهترین تیمارها از نظر سطح برگ توت-فرنگی، مالچ خاک اره و وجین دستی بود. افزایش شاخص سطح برگ تحت تاثیر مالچ خاک اره ممکن است به دلیل جذب آب بیشتر و در اختیار گذاشتن تدریجی آن برای گیاه باشد. در این رابطه محققین بیان نموده‌اند که برتری تیمار مالچ خاک اره در مقایسه با مالچ کاه و کلش، احتمالا به خاطر قدرت نگهداری بالاتر رطوبت توسط خاک اره یا عوامل بیماری‌زای قارچی و میکروبی موجود در کاه و کلش و همچنین اثرات دگرآسیب آن باشد (Jourgholami & Etehadi Abari, 2017).

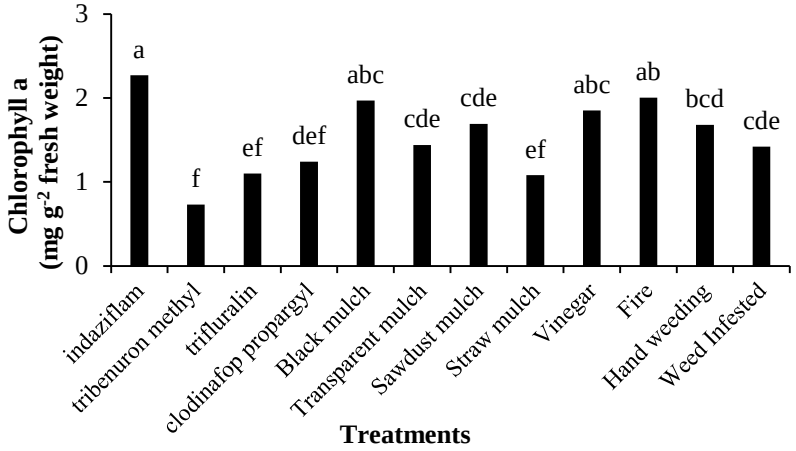


شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف بر شاخص سطح برگ توت‌فرنگی (میلی‌متر بر متر مربع). حروف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد.

Figure 3. Effect of different treatments on strawberry leaf area index. Columns with similar letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test P≤0.05.

رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ توت فرنگی

بیشترین محتوی کلروفیل a در توت‌فرنگی (۲/۲٦۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، مربوط در تیمار ایندازیفلم مشاهده شد، هرچند که از نظر محتوی کلروفیل a، اختلاف معنی‌داری بین علف‌کش مذکور و تیمارهای شعله‌افکن، مالچ پلاستیکی تیره و سرکه (به‌ترتیب با مقادیر۲/۰۰۳، ۱/۹۷ و ۱/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) وجود نداشت. همچنین کمترین مقدار کلروفیل a (۰/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، به تیمار تری‌بنورون متیل تعلق داشت (شکل ٤).



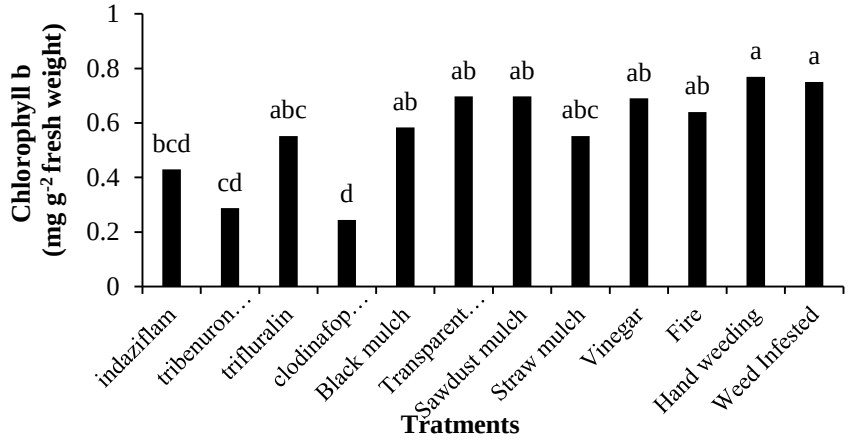
شکل ٤- اثر تیمارهای مختلف بر محتوی کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر). حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد

Figure 4 . Effect of different treatments on chlorophyll a content (mg g^{-2} fresh weight). Bars with t similar letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test P≤0.05.

میزان کلروفیل a در تیمار ایندازیفلم در مقایسه با تیمار شاهد بدون وجین، ۳۷/٤۱ درصد بیشتر بود. با توجه به کارایی مناسب علف‌کش ایندازیفلم در کنترل علف‌های هرز، برگ‌های توت‌فرنگی نور کافی دریافت کردند، سطح خود را توسعه دادند، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی آن‌ها افزایش یافت که در نهایت منجر به افزایش میزان فتوسنتز و عملکرد محصول شد. پس از ایندازیفلم، تیمار شعله افکن، سرکه، مالچ پلاستیکی تیره، بیشترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی را به خود اختصاص دادند. از آن‌جا که تیمار شعله-افکن، یکی از تیمارهای پیش‌رویشی بود، بنابراین می-توان گفت که رقابت علف‌هرز با توت‌فرنگی را برای دریافت منابع نوری کاهش داده است که همین امر، منجر به افزایش کارایی توت‌فرنگی در استفاده از نور و تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی شده است. تیمار سرکه علاوه بر کنترل پیش‌رویشی علف‌هرز، به عنوان کنترل کننده آفات و بیماری‌ها به اثبات رسیده است. احتمالا یکی از دلایل افزایش سبزینگی برگ‌ها و افزایش میزان کلروفیل در این مطالعه می‌تواند به دلیل جلوگیری از رشد عوامل بیماری‌زا و حشرات در این زراعت باشد (Kadota *et al*., 2002) و در تحقیقات بر روی گیاه گوجه فرنگی نیز نتایج مشابهی به‌دست آمده است (Hajjaj & El Oualkadi, 2019). در ارتباط با مالچ‌های پلاستیکی می‌توان میزان افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی را به طول موج‌های نور ساطع شده در اثر کاربرد این مالچ‌ها نسبت داد. محققان نشان دادند که مالچ پلاستیکی تیره، طول موج محدوده ٦۰۰ نانومتر را منعکس می‌کند که در محدوده طول موج مورد استفاده برای کلروفیل a و b می‌باشد (Rabiei *et al*., 2011)؛ ممکن است یکی از دلایل بالا

رفتن این رنگیزه‌ها در مالچ پلاستیکی تیره به همین دلیل باشد.

نتایج نشان داد که بیشترین محتوی کلروفیل b در برگ توت‌فرنگی به میزان ۰/۷۶۹ و ۰/۷۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، به‌ترتیب به تیمار وجین دستی و شاهد بدون وجین تعلق داشت که از نظر محتوی کلروفیل b، اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار وجود نداشت. همچنین کمترین مقدار این صفت (۰/۲٤٤ و ۰/۲۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، به‌ترتیب در تیمارهای کلودینافوپ پروپارژیل و تری‌بنورون متیل مشاهده شد (شکل ۵). میزان کلروفیل b در تیمار وجین دستی نسبت به شاهد، ۲/٤۹ درصد بیشتر بود که از این نظر، هر دو تیمار دارای بیشترین مقدار کلروفیل b بودند. همچنین علف‌کش‌های ایندازیفلم، تری بنورون متیل و کلودینافوپ پروپارژیل از این نظر اختلاف معنی‌داری با همدیگر نداشتند.

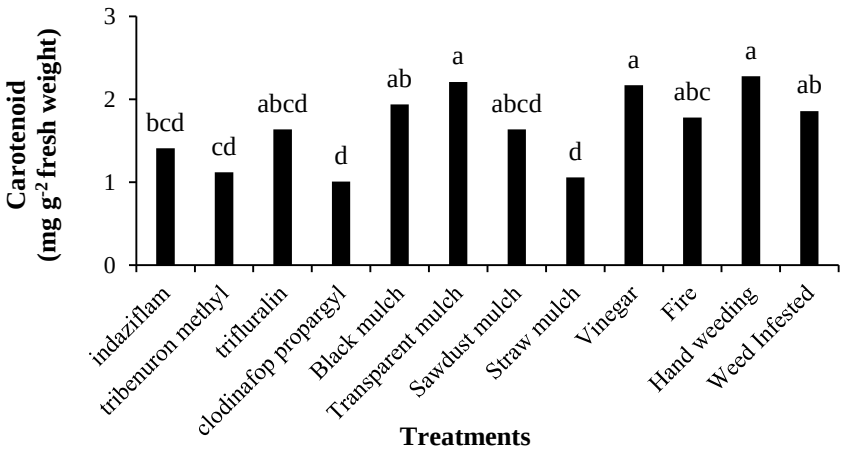


شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف بر محتوی کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر). حروف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد.

Figure 5. Effect of different treatments on chlorophyll b content (mg g^{-2} fresh weight). Column with the similar letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test P≤0.05.

اثر تیمارهای مختلف بر محتوی کارتنوئید نشان داد که بیشترین محتوی کارتنوئید در توت‌فرنگی (۲/۲۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، در تیمار وجین دستی مشاهده شد که با تیمارهای سرکه و مالچ شفاف در یک گروه آماری قرار گرفتند و همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمار مذکور و تیمارهای تری‌فلورالین، شعله‌افکن، مالچ خاک اره، مالچ پلاستیکی تیره و شاهد وجود نداشت. کمترین محتوای کارتنوئید (۱/۰۱۳ و ۱/۰٦۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز تحت تاثیر تیمارهای کلودینافوپ پروپارژیل و مالچ کاه و کلش مشاهده شد (شکل ٦). محتوای کارتنوئید وجین دستی، ۱۸/٤۲ درصد بیشتر از تیمار شاهد بدون وجین بود و بهترین تیمار از نظر محتوی رنگیزه فتوسنتزی کارتنوئید بود. در واقع در برگ‌هایی که در معرض نور شدید قرار می‌گیرند، سنتز و تجزیه کلروفیل، احتمالا به‌صورت همزمان انجام می‌گیرد (Paradiso & De Pascale, 2014). نتایج برخی تحقیقات نشان داده‌اند که تغییر میزان نور از طریق تغییر در آرایش کلروپلاست درون سلول‌های گیاهی، مقادیر کلروفیل برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که علاوه بر این‌که در شرایط شدت نور کم، میزان کلروفیل کاهش می یابد، سبزینگی برگ‌ها نیز کم‌تر می‌شود. همچنین کلروپلاست‌ها هم عمود بر زاویه تابش و موازی دیواره سلولی قرار می‌گیرند که این نیز باعث تغییر در مقادیر کلروفیل می‌شود (Martínez & Guiamet, 2004). کاهش مقدار کلروفیل برگ در شدت نورهای

کم، شاهد دیگری بر ناکافی بودن شدت نورهای کم برای گیاهان می‌باشد (Anderson & Beck, 2007). بنابراین در مطالعه حاضر، احتمالا یکی از دلایلی که باعث شده تا میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در وجین دستی بالاتر باشد، تابش مستقیم نور آفتاب بر گیاه توت‌فرنگی است، بدون وجود علف‌های‌هرزی که مانع اصلی دریافت نور کافی است.

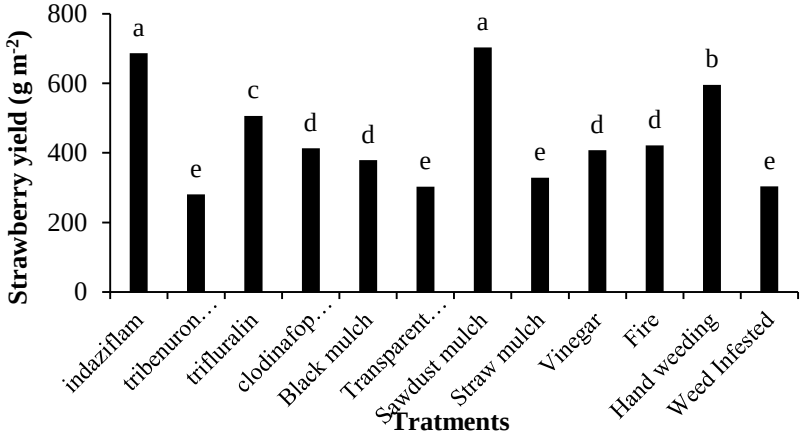


شکل ٦- اثر تیمارهای مختلف بر محتوی کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر). حروف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد.

Figure 6. Effect of different treatments on carotenoid content (mg g^{-2} fresh weight. Columns with similar letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test P≤0.05).

عملکرد توت‌فرنگی

بیشترین عملکرد توت‌فرنگی تحت تاثیر تیمارهای خاک اره و ایندازیفلم (بدون اختلاف معنی دار) (۷۰۳/۰۲ و ٦٨٦/٥١ گرم در مترمربع) حاصل به‌دست آمد که نسبت به سایر تیمارها، دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند. میزان افزایش عملکرد توت فرنگی تحت تاثیر دو تیمار گفته شده، به‌ترتیب ۱۳۱ و ۱۲٦ درصد نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز بود. همچنین کمترین عملکرد (۹۷/۹۸، ۳۰۲/۲۸۰، ۳۰۳/۵۲ و ۳۲۸/۳٤ گرم در مترمربع) به‌ترتیب به تیمار تری بنورون‌متیل، مالچ پلاستیک شفاف، شاهد و مالچ کاه و کلش تعلق داشت؛ بین این تیمارها نیز از نظر این صفت، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۷). عملکرد توت فرنگی تحت تاثیر تیمارهای خاک اره و ایندازیفلم نسبت به شاهد بدون وجین، به‌ترتیب ٥٦/٨٣ و ٥٥/٧٩ درصد افزایش یافت که علت آن، کنترل بهتر علف‌های‌هرز توسط این تیمارها بوده است که سبب برتری آن از نظر عملکرد شده است. به‌طوربه‌طورکلی، عملکرد توت‌فرنگی در تیمارهایی که از علف‌کش استفاده شده بود، بهتر از شاهد آلوده به علف‌هرز بود. خاک اره با کنترل مناسب تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز (شکل ۱، ۲)، افزایش سطح برگ (شکل۳) و احتمالا خنک نگه‌داشتن بستر کشت (Jourgholami & Etehadi Abari, 2017) و ایجاد محدوده دمایی مطلوب برای افزایش وزن میوه توت-فرنگی، شرایط بهتری را برای برتری این تیمار از نظر عملکرد در مقایسه با سایر تیمارها ایجاد کرد بود. در بین علف‌کش‌ها پس از ایندازیفلم، علف‌کش تری‌فلورالین، کارایی بهتری نسبت به سایر علف‌کش-ها نشان داد که دلیل آن‌را می‌توان به پیش‌رویشی بودن این علف‌کش و دو منظوره بودن آن نسبت داد که منجر به کنترل بهتر علف‌های‌هرز شد (Ahmadi & Gharineh, 2019; Sharafati *et al*., 2021)



شکل ۷- اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد میوه توت‌فرنگی (گرم در متر مربع). حروف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد.

Figure 7. Effect of different treatments on strawberry fruit yield (g m^{-2}). Column with similar letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test P≤0.05.

نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی، از نظر کنترل علف‌های‌هرز و عملکرد توت‌فرنگی، در بین تیمارهای شیمیایی، علف‌کش پیش‌رویشی ایندازیفلم با اثر دو منظوره (هم پهن‌برگ-کش و هم باریک‌برگ‌کش) و از تیمارهای غیرشیمیایی، تیمار خاک اره و وجین دستی، مطلوب-ترین تیمارها بودند. باتوجه به این‌که علف‌کش ایندازیفلم، خاک مصرف می‌باشد و مستقیم بر روی محصول به‌کار نمی‌رود و به دلیل میزان مصرف بسیار پایین در واحد سطح و کاهش آلودگی محیطی و همچنین دوام و ماندگاری بالا در مزرعه تورت‌فرنگی و عدم نیاز به کنترل علف‌هرز تا دو سال، می‌تواند یک گزینه بسیار مناسب جهت کنترل علف‌های‌هرز این مزارع باشد. البته مطالعات بیشتری در خصوص تاثیر بر روی کیفیت و کمیت میوه توت فرنگی و بقایای سموم در بافت میوه در بلند مدت، ضروری به‌نظر می‌رسد. با علم به ضرر و زیان ماندگاری سموم شیمیایی در خاک و بقایای گیاهی و نتایج مطلوب تیمارهای غیرشیمیایی مانند خاک اره و وجین دستی، توصیه می‌شود که از تیمارهای غیرشیمیایی به‌صورت تلفیقی یا مجزا برای کنترل علف‌های‌هرز استفاده شود، اما با توجه به بالا بودن دستمزد نیروی انسانی، وجین دستی برای کشاورزان مقرون به صرفه نیست و معمولاً از آن صرفنظر می شود، اما تیمار غیرشیمیایی خاک اره از این جنبه منفی مصون می‌باشد و می‌تواند یکی از گزینه‌های مناسب برای کنترل علف‌های هرز توت‌فرنگی خصوصا در مزارع ارگانیک باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله، از جناب آقای مهندس فرید لطفی ماوی بخاطر راهنمایی‌های علمی و تخصصی ارزنده و همچنین فراهم نمودن علف‌کش ایندازیفلم (آلیون) مورد نیاز این مطالعه، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

Ahmadi, I. and Gharineh, M.H. 2019. Chemical control of *cynanchum acutum* in Sugarcane plant fields. J. Plant Prod. (Agronomy, Breed. Hortic.) 42: 103–114.

Anderson, R.L. and Beck, D.L. 2007. Characterizing weed communities among various rotations in central south dakota. Weed Technol. 21: 76–79.

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112–121.

Asgarpoor, R., Ghorbani, R., Koocheki, A. and Mohammad-Abadi, A. 2010. Effects of integrated weed management using solarization, straw mulch and Hand-weeding on weed seed-bank. Iran. J. F. Crop. Res. 8: 424–430.

Clark, S.L., Sebastian, D.J., Nissen, S.J. and Sebastian, J.R. 2019. Effect of indaziflam on native species in natural areas and rangeland. Invasive Plant Sci. Manag. 12: 60–67.

Finneran, R., Krans, R. and Walton, N. 2018. Smart gardeners improve their soil and weed control with organic mulch. Michigan State University Extension. https://www.canr.msu.edu/news/smart_gardeners_improve_their_soil_and_weed_control_with_organic_mulch. Accessed: January 24, 2018.

Hajjaj, B. and El Oualkadi, A. 2019. Effect of Clodinafop-propargyl on *Phalaris paradoxa* L. (awned canary-grass) in wheat crop. Int. J. Environ. Agric. Biotechnol. 4: 1820–1822.

Harker, K.N. and O'Donovan, J.T. 2013. Recent weed control, weed management, and integrated weed management. Weed Technol. 27: 1–11.

Jourgholami, M. and Etehadi Abari, M. 2017. Effectiveness of sawdust and straw mulching on postharvest runoff and soil erosion of a skid trail in a mixed forest. Ecol. Eng. 109: 15–24.

Kadota, M., Hirano, T., Imizu, K. and Niimi, Y. 2002. Pyroligneous acid improves in vitro rooting of Japanese pear cultivars. HortScience. 37: 194–195.

Marble, S.C. 2015. Herbicide and mulch interactions: A review of the literature and implications for the landscape maintenance industry. Weed Technol. 29: 341–349.

Martínez, D.E. and Guiamet, J.J. 2004. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. Agronomie. 24: 41–46.

Mashayekhi, K. and Atashi, S. 2013. Effect of foliar application of boron and sucrose on biochemical parameters of "Camarosa" strawberry. J. Plant Prod. Res. 19: 157–172.

Paradiso, R. and De Pascale, S. 2014. Effects of plant size, temperature, and light intensity on flowering of Phalaenopsis hybrids in mediterranean greenhouses. Sci. World J.. 2014.

Portz, D.N. 2008. Long-term rotation with monoculture cover crops increases yield of strawberry, reduces weed populations , and maintains soil chemical , physical and biological characteristics during strawberry production. 1-9.

Msc theses at Iowa State University. 103 p. https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/25343. Accssesed: January 01, 2008.

Rabiei, V., Shirzadeh, E., Rabbiangourani, H. and Sharafi, Y. 2011. Effect of thyme and lavender essential oils on the qualitative and quantitative traits and storage life of apple "Jonagold" cultivar. J. Med. Plant Res. 5: 5522–5527.

Schneider, J.G., Haguewood, J.B., Song, E., Pan, X., Rutledge, J.M., Monke, B.J., Myers, D.F., Anderson, S.H., Ellersieck, M.R. and Xiong, X. 2015. Indaziflam Effect on Bermudagrass (*Cynodon dactylon* L. Pers.) Shoot growth and root initiation as influenced by soil texture and organic matter. Crop Sci. 55: 429–436.

Sebastian, D.J., Nissen, S.J., Westra, P., Shaner, D.L. and Butters, G. 2017. Influence of soil properties and soil moisture on the efficacy of indaziflam and flumioxazin on *Kochia scoparia* L. Pest Manag. Sci. 73: 444–451.

Seiedi, A., Ebadi, A., Babalar, M. and Saeedi, B. 2010. Effect of plant density on yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria ananassa*) in soilless vertical system. J. Hortic. Sci. 24, 1-6.

Sharafati, M., Elahifard, E., Siahpoosh, A., Heidari, M. and Zare, A. 2021. Effect of mulch and herbicide on weed control and strawberry (*Fragaria* ^{x} *ananassa*) yield in Khuzestan conditions. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 31: 313–329.

Strik, B.C., Davis, A.J., Bryla, D.R. and Orr, S.T. 2020. Individual and combined use of sawdust and weed mat mulch in a new planting of Northern Highbush Blueberry I. Impacts on plant growth and soil and canopy temperature. HortScience. 55: 1280–1287.

Tassé, D., René García, N., Perú, A., Gómez, E. and Piñeda, E. 2019. Alion Pro 51.75 SC (Metribuzin + Indaziflam), effective and viable alternative in reducing weeds in sugar cane. Cent. Agric. 46: 84–92.

Tyagi, S., Singh, A., Sahay, S. and Kumar, N. 2018. Mulching for commercial fruit production. In: Dimens. Agric. Sci. Kalyani Publisher,: 292–307.

Zand, E., Baghestani, M.A., NezamAbadi, N. and Mousavi, S.K. 2017. A guide to chemical control of weeds in Iran. Jahad-e Daneshgahi Mashhad Press.