

۱ ارزیابی کارایی فرمولاسیون میکروکپسول سنتز شده علف‌کش‌های ای‌پی‌تی‌سی و تریفلورالین در
۲ کنترل علف‌های هرز دمروباهی و تاج‌خروس در شرایط گلخانه

۳
۴ احمد رهبری؛ ابراهیم ایزدی دربندی؛ محمد حسن راشد محصل؛ غلامحسین ظهوری؛ اسکندر زند

۵ DOI: [10.22067/jpp.2021.32596.0](https://doi.org/10.22067/jpp.2021.32596.0)

۶ چکیده

۷ به منظور بررسی کارایی فرمولاسیون میکروکپسول در مقایسه با فرمولاسیون امولسیون علف‌کش‌های ارادیکان
۸ و ترفلان (ای‌پی‌تی‌سی ۸۲ درصد و تریفلورالین ۴۸ درصد) در کنترل علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز
۹ دو آزمایش مجزا به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی
۱۰ مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش استان مازندران اجرا گردید. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از مقادیر صفر (شاهد)، ۲۵،
۱۱ ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ماده موثره توصیه شده در هکتار از فرمولاسیون‌های میکروکپسول و امولسیون علف‌کش‌های
۱۲ ارادیکان و ترفلان (مقادیر توصیه شده ای‌پی‌تی‌سی و تریفلورالین به ترتیب ۴/۹۲ و ۱/۲ کیلوگرم در هکتار). پاسخ
۱۳ دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز با استفاده از آزمون‌های تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون غیرخطی مورد بررسی
۱۴ قرار گرفت. مقادیر ED₁₀، ED₅₀ و ED₉₀ با استفاده از روابط ویبول و لگاریتم لجستیک برآورد گردید. ED₅₀ در
۱۵ فرمولاسیون امولسیون ای‌پی‌تی‌سی در کنترل دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز به ترتیب ۲/۹۴ و ۳/۲۹ و در
۱۶ فرمولاسیون میکروکپسول به ترتیب ۱/۸۷ و ۲/۳۷ کیلوگرم ماده موثره در هکتار تعیین گردید. همچنین این پارامتر در
۱۷ فرمولاسیون امولسیون تریفلورالین در کنترل دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۶۴ کیلوگرم ماده
۱۸ موثره در هکتار و در فرمولاسیون میکروکپسول به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۵۶ کیلوگرم ماده موثره در هکتار برآورد شد. شاخص
۱۹ پتانسیل نسبی ای‌پی‌تی‌سی در کنترل دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز به ترتیب ۱/۵۷ و ۱/۳۹ و در علف‌کش
۲۰ تریفلورالین به ترتیب ۱/۰۵ و ۱/۱۴ تعیین گردید. بدین لحاظ می‌توان با استفاده از پوشش پلیمری ضمن افزایش کارایی
۲۱ علف‌کش‌ها تا حدود زیادی از مقادیر مصرفی کاست.

۲۲ واژه‌های کلیدی: پتانسیل نسبی، دُز پاسخ، رهاسازی کنترل شده، علف‌هرز

۲۳ مقدمه

۲۴ نقش فناوری‌های رهاسازی کنترل شده در راستای بهینه‌سازی رسانش آفت‌کش‌ها برجسته بوده و ابزار منحصر
۲۵ به فردی را برای دستکاری فرمولاسیون آفت‌کش‌ها توسط شرکت‌های تولیدکننده سموم شیمیایی فراهم نموده است.
۲۶ میکروکپسول یکی از این نوع فرمولاسیون‌ها است که ماده موثره در یک لایه ماکرو مولکول محبوس شده است. این

۱ فرمولاسیون برای رهاسازی یکنواخت علف‌کش در دوره زمانی طولانی‌تر با آستانه حداقل غلظت مؤثر بر علف‌هرز طراحی
 ۲ شده است. مزایای فرمولاسیون میکروکپسول عبارتند از: رهاسازی کنترل شده ماده مؤثره، کاهش مقدار علف‌کش مصرفی،
 ۳ کارایی بهتر علف‌کش، کاهش روند کند شدن فعالیت ماده مؤثره، کاهش بروز مقاومت، کاهش تلفات علف‌کش، امکان
 ۴ اختلاط آفت‌کش‌ها بخصوص ترکیبات ناسازگار، کاهش گیاهسوزی، کاهش خطرات علف‌کش برای سلامت انسان،
 ۵ شستشوی راحت‌تر سمپاش، کاهش بوی نامطبوع، حذف برخی از حلال‌ها و بهبود حمل و نقل علف‌کش‌ها (۱، ۴، ۳۱،
 ۶ ۳۳، ۳۵ و ۳۶). در حالی که این مزیت‌ها از سال ۱۹۴۸ شناخته شده، ولیکن توسعه و گسترش آن در حوزه کشاورزی کندتر
 ۷ بوده است به طوری که اولین فرمولاسیون میکروکپسول در سال ۱۹۷۴ به بازار عرضه شد (۳۳) و از آن تاریخ به بعد در
 ۸ صنعت، بهداشت، کشاورزی و دامپزشکی استفاده گردید (۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۳۳). تنها ۳۷ مورد از ۹۰۸ مورد آفت‌کش با
 ۹ بهره‌گیری از این تکنولوژی تولید شده است (۱۱). کشتش کم بازار برای آفت‌کش‌هایی با این نوع فرمولاسیون می‌تواند
 ۱۰ بدلیل هزینه‌های بالای تکنولوژی‌های جدید تولید چنین محصولاتی باشد. وضع قوانین توسط سازمان‌هایی همچون
 ۱۱ سازمان حفاظت محیط زیست و افزایش محدودیت در تعداد و مصرف آفت‌کش‌ها و عرضه کمتر ترکیبات مؤثره جدید به
 ۱۲ بازار و از سوی دیگر کند و هزینه‌بر بودن ثبت آفت‌کش‌ها موجب شده است تا انتقال مطلوب آفت‌کش‌ها مورد توجه مجدد
 ۱۳ قرار گیرد و سود فرمولاسیون‌هایی با رهاسازی کنترل شده به هزینه‌های آن رجحان یابد (۳۳).

۱۴ برخی از مصرف‌کنندگان به فقدان دوام و پایداری برخی از علف‌کش‌های خانواده دی‌نیتروآنیلین با فرمولاسیون
 ۱۵ رایج امولسیون اشاره داشته‌اند (۱۴، ۲۱ و ۲۶) در حالی که مطالعات نشان داده است که فرمولاسیون رهاسازی کنترل شده
 ۱۶ علف‌کش تریفلورالین دارای فعالیت علف‌کشی هم تراز و یا بیشتر از مصرف دو برابر فرمولاسیون امولسیون بوده است.
 ۱۷ بطور مثال کاربرد فرمولاسیون‌های میکروکپسول تریفلورالین در مقادیر ۱/۱ و ۲/۲ کیلوگرم در هکتار در هفته دوم پس از
 ۱۸ کاربرد دارای فعالیت مساوی یا بیشتر از فرمولاسیون امولسیون به ترتیب در مقادیر ۲/۲ و ۴/۴ کیلوگرم در هکتار بوده
 ۱۹ است (۵). فرمولاسیون میکروکپسول تریفلورالین موجب کنترل طولانی‌تر علف‌های هرز گرامینه یکساله شده و تبخیر
 ۲۰ کمتری نسبت به فرمولاسیون امولسیون داشته است.

۲۱ فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش آلاکلر نسبت به فرمولاسیون امولسیون کنترل بهتری بر روی علف‌های هرز
 ۲۲ سوروف^۱، علف‌انگشتی^۲ و ارزن در گیاهان زراعی ذرت^۳ و سویا^۴ نشان داده است (۸). فرمولاسیون میکروکپسول استوکلر
 ۲۳ می‌تواند به طور ایمن و موثری علف‌های هرز پنبه^۵ را تحت کنترل قرار دهد به طوری که موجب کنترل علف‌های هرز مرغ
 ۲۴ خوشه سرخ^۶ و علف‌انگشتی به ترتیب ۹۱ و ۱۰۰ درصد گردید (۲). در بررسی انجام شده توسط وسیلاکوگلو و همکاران
 ۲۵ (۳۲) از نظر بیولوژیکی کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش‌های آلاکلر و استوکلر در مقایسه با فرمولاسیون

¹ *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.

² *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.

³ *Zea mays* L.

⁴ *Glycine max* L.

⁵ *Gossypium herbaceum* L.

⁶ *Eleusine indica* (L.) Gaertn.

۱ امولسیون باقیمانده کمتری در محلول خاک و نیز آبشویی کمتری داشت. همچنین فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش
 ۲ کلومازون با هدف کاهش تبخیر و جابجایی به محل غیر هدف در بازار مصرف توسعه یافته است (۱۹).
 ۳ در تحقیق انجام شده توسط داب و همکاران (۸) به نقش رطوبت بر نفوذپذیری یا تخریب دیواره میکروکپسول
 ۴ علف‌کش آلاکلر اشاره شده است. به طوری که کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول آلاکلر در خاک خشک کارایی بیشتری
 ۵ در کنترل علف‌هرز ارزن پاییزه^۱ نسبت به کاربرد در خاک مرطوب داشت. همچنین در بررسی انجام شده توسط پترسن و
 ۶ شای (۲۳) بر روی میکروکپسول پلی‌آمیدی آلاکلر نشان داده شد که اولین شکل آزادسازی این علف‌کش از طریق انتشار
 ۷ است، نرخ انتشار به شیب غلظت علف‌کش، میزان املاح موجود در میکروکپسول و محلول آبی اطراف بستگی داشت.
 ۸ علف‌کش‌های ای‌پی‌تی‌سی و تریفلورالین برای اولین بار در ایران طی فرآیندهای تخصصی با قرار دادن پوشش
 ۹ یا ماتریکس حفاظتی پلیمری، به ذرات کروی و یا در مواردی نامنظم با قطر حدوداً ۱۵ تا ۵۰ میکرومتر تبدیل گردیدند.
 ۱۰ فرمولاسیون میکروکپسول ساخته شده دارای پوشش یا ماتریکس حفاظتی از جنس متیل متاکریلات^۲ بوده و با توجه به
 ۱۱ تصاویر میکروسکوپ الکترونی ذرات میکروکپسول به صورت تک و یا چند هسته‌ای دیده شدند (نتایج منتشر نشده است).
 ۱۲ با توجه به موارد اشاره شده این پژوهش با هدف بررسی نقش فرمولاسیون‌هایی با رهاسازی کنترل شده بر
 ۱۳ کارایی علف‌کش‌های ای‌پی‌تی‌سی و تریفلورالین در کنترل علف‌های هرز دمرابه‌ی سبز و تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز در شرایط
 ۱۴ گلخانه به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

۱۵
 ۱۶ به منظور بررسی کارایی فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش‌های ای‌پی‌تی‌سی و تریفلورالین (سنتز شده برای
 ۱۷ اولین بار در ایران)، دو آزمایش مجزا فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. این
 ۱۸ آزمایش در شرایط گلخانه در گلدان‌هایی به ابعاد ۱۹×۱۵ سانتیمتر در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش
 ۱۹ (مازندران- بهشهر) واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی
 ۲۰ و با ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا در فروردین ماه سال ۱۳۹۳ انجام گرفت. در این بررسی اثرات نوع فرمولاسیون در دو
 ۲۱ سطح میکروکپسول و امولسیون^۳ و مقدار کاربرد علف‌کش در پنج سطح صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ماده
 ۲۲ موثره (۰، ۱/۲۳، ۲/۴۶، ۳/۶۹ و ۴/۹۲ کیلوگرم ماده موثره علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی در هکتار و ۰، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲
 ۲۳ کیلوگرم ماده موثره علف‌کش تریفلورالین در هکتار به ترتیب معادل ۰، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ لیتر در هکتار علف‌کش ارادیکان
 ۲۴ و ۰، ۰/۶۲۵، ۱/۲۵، ۱/۸۷۵ و ۲/۵ لیتر در هکتار علف‌کش ترفلان) بر روی تغییرات تعداد دانه‌ها (درصد بقاء) علف‌های هرز

¹ *Panicum dichotomiflorum* Michx.

² Methyl methacrylate

³ Eradicane (EPTC EC 82%) and Treflan (Trifluralin EC 48%)

۱ غالب مزرعه دمروباهی سبز^۱ و تاج خروس ریشه قرمز^۲ مورد بررسی قرار گرفت. خاک از مزرعه تحقیقاتی مرکز (جدول ۱) به
 ۲ گلخانه منتقل و پس از پر نمودن گلدان‌ها، بذور علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج خروس ریشه قرمز از هر یک به مقدار
 ۳ ۰/۱۲ گرم اضافه گردید. پیش از انجام آزمایش ابتدا قوه نامیه بذور علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج خروس ریشه قرمز
 ۴ بررسی گردید و با شیوه سرمادهی اقدام به شکستن خواب بذور تاج خروس ریشه قرمز گردید.

۵
۶
۷

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی
 Table 1- The physical and chemical characteristics of the experimental field soil

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds.m ⁻¹)	اسیدتیه pH	نیتروژن (درصد) Nitrogen (percent)	فسفر (قسمت در میلیون) Phosphor (PPM) us	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg.kg ⁻¹)	رس (درصد) Clay (percent)	سیلت (درصد) Silt (percent)	شن (درصد) Sand (percent)
0-30	0.36	7.66	0.09	12.1	242	14	18	68

۸ مقادیر کاربرد علف‌کش‌ها بر اساس سطح گلدان محاسبه شد. محلول علف‌کش بر روی سطح خاک پخش شده
 ۹ و کاملاً با عمق هفت تا ده سانتی‌متری خاک مخلوط گردید. شرایط دمایی گلخانه ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد با طول روز
 ۱۰ ۱۴ ساعت تنظیم گردید. آبیاری گلدان‌ها به طور یکنواخت از سطح گلدان انجام شد. میزان آبیاری به حدی نبود که آب
 ۱۱ از انتهای گلدان خارج شود. ۱۸ روز پس از کاربرد علف‌کش، تعداد دانه‌ها و وزن تر علف‌های هرز ثبت گردید. در این
 ۱۲ آزمایش به دلیل وزن ناچیز علف‌های هرز، تأثیر تیمارها تنها بر تغییرات درصد بقاء آنها مورد بررسی قرار گرفت.
 ۱۳ پاسخ علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج خروس ریشه قرمز به تیمارها پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها،
 ۱۴ تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار SAS 9.1 (۱۲) و تجزیه رگرسیون غیرخطی در محیط نرم‌افزار R_{3.4.1} (۳۰) و با استفاده
 ۱۵ از بسته نرم‌افزاری DRC (۲۵) مورد سنجش قرار گرفت. داده‌ها بر اساس شاخص‌های آماری آکیاک^۳، خطای استاندارد
 ۱۶ باقیمانده^۴ و آزمون فقدان برازش^۵، با استفاده از روابط سه پارامتری ویبول^۶ (معادله ۱) و لگاریتم لجستیک^۷ (معادله ۲)
 ۱۷ برازش داده شد.

۱۸
$$y = d \left(\frac{1}{b(\log(x) - \log(e))} \right)$$
 معادله [۱]

1 *Setaria viridis* L.
 2 *Amaranthus retroflexus* L.
 3 Akaike's information criterion
 4 Residual standard error
 5 Lack-of-fit test
 6 Weibull
 7 Log logistic

معادله [۲]

$$y = \frac{d}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(ED_{50})))}$$

- ۱ در معادلات فوق y ، بیانگر درصد بقاء علف‌های هرز، d حد مجانب بالا و یا به عبارتی حداکثر درصد بقاء در مقدار
۲ صفر علف‌کش، b شیب منحنی در نقطه عطف، e نقطه عطف و ED_{50} مقدار علف‌کش لازم (x) برای کاهش ۵۰ درصدی
۳ مقدار بقاء است. همچنین با استفاده از رابطه‌های مذکور مقادیر ED_{10} ، ED_{50} و ED_{90} علف‌کش‌ها برآورد گردید.
۴ پتانسیل نسبی علف‌کش (R) با استفاده از معادله (۳) و تقسیم مقادیر علف‌کش لازم از فرمولاسیون امولسیون
۵ (EC) و میکروکپسول (MC) برای کاهش ۵۰ درصدی بقاء علف‌هرز تعیین شد. در صورتی که پتانسیل نسبی برابر یک
۶ باشد، دو فرمولاسیون دارای کارایی یکسان است و در صورتی که پتانسیل نسبی بزرگتر و یا کوچکتر از یک باشد،
۷ فرمولاسیون دوم (مخرج کسر) نسبت به فرمولاسیون اول به ترتیب دارای کارایی بیشتر و یا کمتر است (۲۰).

$$R = \frac{ED_{50}(EC)}{ED_{50}(MC)}$$

معادله [۳]

نتایج و بحث

علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی

- ۱۰ نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی بر درصد بقاء
۱۱ علف‌های هرز دمروباهی‌سبز و تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نوع فرمولاسیون و مقدار کاربرد
۱۲ علف‌کش تریفلورالین اثر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر درصد بقاء علف‌هرز دمروباهی‌سبز داشت. همچنین اثر متقابل نوع
۱۳ فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف‌کش تریفلورالین بر درصد بقاء علف‌هرز تاج‌خروس در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار
۱۴ گردید (جدول ۲).

- ۱۵ با توجه به منحنی‌های پاسخ علف‌های هرز دمروباهی‌سبز و تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز به مقدار علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی،
۱۶ صرف نظر از نوع فرمولاسیون با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش درصد بقاء به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین با
۱۷ کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی منحنی پاسخ به سمت چپ جابجا شد (شکل ۱). این نتیجه
۱۸ بیانگر آن است که کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول موجب افزایش کارایی علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی در کنترل علف‌های هرز
۱۹ دمروباهی‌سبز و تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز گردید به نحوی که برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصدی تعداد علف‌هرز دمروباهی
۲۰ سبز به ترتیب به ۰/۷۲، ۲/۹۴ و ۷/۱۸ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار از فرمولاسیون امولسیون علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی نیاز
۲۱ است در حالی که در فرمولاسیون میکروکپسول این مقادیر به ترتیب به ۰/۴۱، ۱/۸۷ و ۴/۸۹ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار
۲۲ کاهش یافت. همچنین برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصدی تعداد علف‌هرز تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز به ترتیب به ۱/۰۸، ۳/۲۹
۲۳ و ۱۰/۰۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار از فرمولاسیون امولسیون علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی نیاز است در حالی که در
۲۴ فرمولاسیون میکروکپسول این مقادیر به ترتیب به ۰/۵۷، ۲/۳۶ و ۹/۶۷ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار کاهش یافت (جدول
۲۵ ۳). بر اساس نتایج شاخص پتانسیل نسبی، کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول ای‌پی‌تی‌سی کارایی این علف‌کش را در
۲۶

۱ کنترل علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز در مقایسه با فرمولاسیون امولسیون به ترتیب ۱/۵۷ و ۱/۳۹
 ۲ برابر بهبود داد. به بیان ساده‌تر کاربرد یک گرم ماده مؤثره فرمولاسیون میکروکپسول معادل ۱/۵۷ و ۱/۳۹ گرم ماده مؤثره
 ۳ این علف‌کش در فرم امولسیون به ترتیب برای کاهش درصد بقاء علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز
 ۴ می‌باشد (جدول ۳).

۵ بدین لحاظ به نظر می‌رسد فرمولاسیون میکروکپسول موجب رهاسازی تدریجی علف‌کش و افزایش کارایی
 ۶ گردیده است. افزایش و بهبود کارایی فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش‌ها در مطالعات قبل نیز به اثبات رسیده است.
 ۷ محققانی همچون لی و نیکلسون (۱۵) با میکروکپسول نمودن علف‌کش‌های ای‌پی‌تی‌سی و ورنولیت به طور معنی‌داری
 ۸ تبخیر ماده مؤثره این سموم را کاهش دادند و توانستند علف‌کش را بدون اختلاط با خاک بکار برده و یا اختلاط را به
 ۹ تأخیر اندازند. همچنین کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول استوکلر موجب افزایش دوره زمانی کنترل علف‌های هرز گردید
 ۱۰ (۲۷). شریبر و همکاران (۲۸) بیان داشتند که فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش‌های ای‌پی‌تی‌سی و بوتیلات در مقایسه
 ۱۱ با فرمولاسیون امولسیون آهسته‌تر در محیط رها شده و فعالیت علف‌کشی طولانی‌تری را نشان دادند. طی سه سال آزمایش
 ۱۲ مشخص شد که فرمولاسیون میکروکپسول آلاکلر کارایی بالاتری در کنترل علف‌هرز دم‌روباهی کبیر^۱ نسبت به
 ۱۳ فرمولاسیون امولسیون داشت (۹). در گزارش دیگر نیز کاربرد پیش‌رویشی فرمولاسیون میکروکپسول آلاکلر و
 ۱۴ ای‌پی‌تی‌سی موجب کنترل مناسب علف‌های هرز گرامینه یکساله شده است (۲۴).

۱۵ جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف‌کش‌های ای‌پی‌تی‌سی و تریفلورالین بر درصد بقاء دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز
 ۱۶ Table 2- Analysis of variance the effects of formulation and dose of EPTC and trifluralin herbicides on Green foxtail and
 ۱۷ Redroot pigweed survival

منابع تغییرات Source of variances	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square			
		علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی EPTC herbicide		علف‌کش تریفلورالین Trifluralin herbicide	
		دم‌روباهی سبز Green foxtail	تاج‌خروس ریشه‌قرمز Redroot pigweed	دم‌روباهی سبز Green foxtail	تاج‌خروس ریشه‌قرمز Redroot pigweed
بلوک Block	2	23.98*	34.97 n.s	0.33 n.s	26.33*
فرمولاسیون (A) Formulation (A)	1	252.95**	302.55**	173.27**	7.56 n.s
مقدار علف‌کش (B) dose (B)	4	592.23**	928.48**	900.30**	830.47**
A × B	4	5.10 n.s	8.45 n.s	2.61 n.s	19.22*
خطا Error	18	4.41	15.91	9.11	5.16
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		13	15	19	12

۱۸ n.s, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.
 ۱۹ n.s, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

¹ *Setaria faberi* Herrm.

۱ نتایج پاسخ درصد بقاء علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز به کاربرد فرمولاسیون‌های مختلف
 ۲ علف‌کش تریفلورالین در منحنی‌های شکل ۲، بیانگر آن است که با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش در هر دو فرمولاسیون
 ۳ درصد بقاء این علف‌های هرز به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. هر چند که فرمولاسیون میکروکپسول بسته به مقدار کاربرد
 ۴ اثرات متفاوتی بر علف‌های هرز داشت به طوری که در مقادیر کمتر کاربرد این علف‌کش اثر آن کاسته شده و در مقادیر
 ۵ بالاتر به کارایی این علف‌کش افزوده شد. به نحوی که برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصدی تعداد علف‌هرز دمروباهی سبز
 ۶ به ترتیب به ۰/۱۴، ۰/۵۵ و ۱/۲۷ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار از فرمولاسیون امولسیون و ۰/۱۹، ۰/۵۲ و ۰/۹۸ کیلوگرم
 ۷ ماده مؤثره در هکتار از فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش تریفلورالین نیاز است و برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصدی
 ۸ تعداد علف‌هرز تاج‌خروس ریشه‌قرمز به ترتیب به ۰/۲۰، ۰/۶۴ و ۲/۰۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار از فرمولاسیون
 ۹ امولسیون و ۰/۲۶، ۰/۵۶ و ۱/۱۹ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار از فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش تریفلورالین نیاز
 ۱۰ است (جدول ۴).

۱۱ جدول ۳- پارامترهای برآورد شده حاصل از تجزیه رگرسیونی غیرخطی داده‌های درصد بقاء علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز در پاسخ به نوع
 ۱۲ فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف‌کش ای‌بی‌تی‌سی به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ویبول و لجستیک.

۱۳ Table 3- Estimated parameters from nonlinear regression of Green foxtail and Redroot pigweed survivals with formulation
 ۱۴ and dose of EPTC herbicide by weibull and logistic equations, respectively.

علف‌های هرز Weed	فرمولاسیون Formulation	پارامتر Parameter			کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار Kg a.i./ha			R $\frac{(EC)}{(MC)}$
		b	d	e	ED			
					ED10	ED50	ED90	
دم‌روپاهی سبز Green foxtail	EC	1.34 (0.17)	100.96 (3.75)	3.86 (0.22)	0.72 (0.16)	2.94 (0.19)	7.18 (0.72)	1.57
	MC	1.25 (0.15)	99.90 (3.89)	2.51 (0.16)	0.41 (0.10)	1.87 (0.15)	4.89 (0.42)	
تاج‌خروس ریشه‌قرمز Redroot pigweed	EC	1.97 (0.37)	100.08 (4.85)	-	1.08 (0.27)	3.29 (0.28)	10.02 (2.01)	1.39
	MC	1.56 (0.26)	100.09 (5.03)	-	0.57 (0.17)	2.37 (0.26)	9.67 (2.12)	

۱۵ d حداکثر درصد بقاء در مقدار صفر علف‌کش، e نقطه عف، b شیب منحنی در نقطه عف، EC و MC به ترتیب فرمولاسیون‌های امولسیون و میکروکپسول
 ۱۶ اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می‌باشد.

۱۷ d= the maximum of survival at zero herbicide, e= infection point and b= curved slope at infection point, EC = Emulsifiable
 ۱۸ Concentrate, MC= Microcapsule formulations. Standard errors are in parenthesis.

۱۹ جدول ۴- پارامترهای برآورد شده حاصل از تجزیه رگرسیونی غیرخطی داده‌های درصد بقاء علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز در پاسخ به نوع
 ۲۰ فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف‌کش تریفلورالین به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ویبول و لگاریتم لجستیک

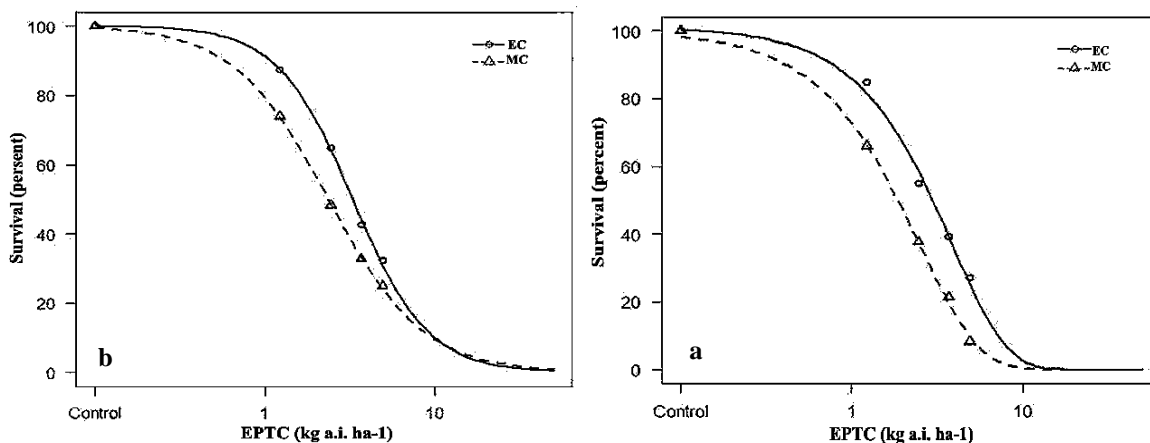
۲۱ Table 4- Estimated parameters from nonlinear regression of Green foxtail and Redroot pigweed survivals with formulation
 ۲۲ and dose of trifluralin herbicide by weibull and logistic equations, respectively.

علف‌های هرز Weed	فرمولاسیون Formulation	پارامتر Parameter			کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار Kg a.i./ha			R $\frac{(EC)}{(MC)}$
		b	d	e	ED			
					ED10	ED50	ED90	
دم‌روپاهی سبز Green foxtail	EC	1.44 (0.23)	100.48 (5.30)	0.71 (0.05)	0.14 (0.04)	0.55 (0.05)	1.27 (0.13)	1.05
	MC	1.91 (0.32)	100.35 (5.25)	0.64 (0.04)	0.19 (0.04)	0.52 (0.04)	0.98 (0.08)	
تاج‌خروس ریشه‌قرمز Redroot pigweed	EC	1.92 (0.31)	98.89 (4.73)	-	0.20 (0.05)	0.64 (0.06)	2.02 (0.32)	1.14
	MC	2.89 (0.41)	100.43 (4.43)	-	0.26 (0.04)	0.56 (0.04)	1.19 (0.11)	

۲۳ d حداکثر درصد بقاء در مقدار صفر علف‌کش، e نقطه عف، b شیب منحنی در نقطه عف، EC و MC به ترتیب فرمولاسیون‌های امولسیون و میکروکپسول
 ۲۴ اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می‌باشد.

۲۵ d= the maximum of survival at zero herbicide, e= infection point and b= curved slope at infection point, EC = Emulsifiable
 ۲۶ Concentrate, MC= Microcapsule formulations. Standard errors are in parenthesis.

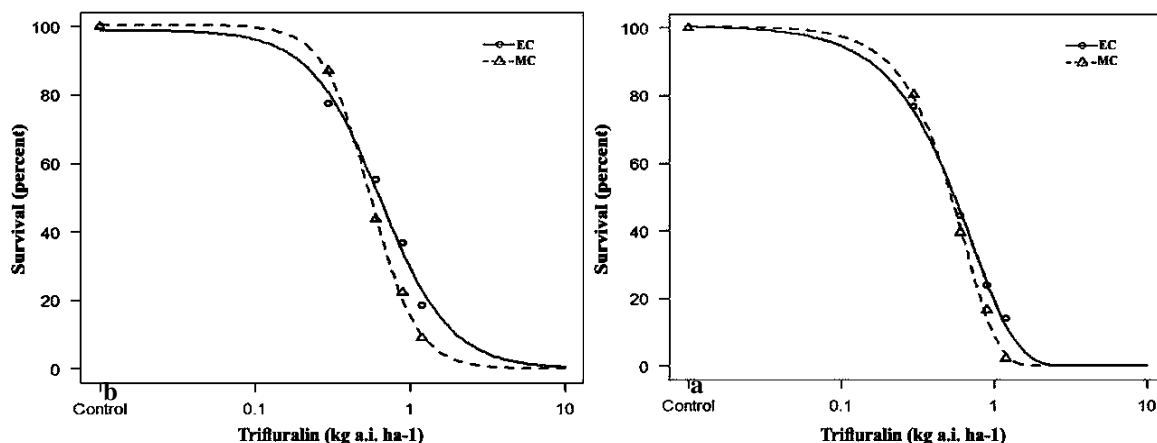
- ۱ بر اساس نتایج شاخص پتانسیل نسبی، کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول تریفلورالین کارایی این علف‌کش را در
- ۲ کنترل علف‌های هرز دم‌روبه‌سبز و تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز در مقایسه با فرمولاسیون امولسیون به ترتیب ۱/۰۵ و ۱/۱۴
- ۳ برابر بهبود داد. به بیان ساده‌تر کاربرد یک گرم ماده مؤثره فرمولاسیون میکروکپسول معادل ۱/۰۵ و ۱/۱۴ گرم ماده مؤثره
- ۴ این علف‌کش در فرم امولسیون به ترتیب برای کاهش درصد بقاء علف‌های هرز دم‌روبه‌سبز و تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز



- ۵ می‌باشد (جدول ۴). کاهش کارایی در مقادیر پایین به نظر می‌رسد به دلیل حبس علف‌کش در ذرات میکروکپسول و عدم
- ۶ تأمین آستانه حداقل غلظت برای کنترل علف‌های هرز باشد. از سوی دیگر با توجه به کاهش برخی از عوامل مؤثر بر هدر
- ۷ رفت علف‌کش تریفلورالین در شرایط گلخانه همچون تجزیه نوری بدلیل تأمین نور مصنوعی، ممکن است نقش
- ۸ فرمولاسیون میکروکپسول در کاهش تلفات علف‌کش کم رنگ شده باشد. در صورتی که در مقادیر بالاتر، بدلیل آزاد
- ۹ سازی تدریجی و تأمین آستانه حداقل غلظت علف‌کش در خاک کارایی این فرمولاسیون بیش از امولسیون بود. با توجه
- ۱۰ به مطالب ارائه شده، همانطور که محققانی همچون پترسن و شی (۲۳)، کارتر (۳)، داریسانک و همکاران (۷)، ژرسیک و
- ۱۱ همکاران (۱۳) و فوگلمن و همکاران (۱۰) در مطالعات خود اشاره نمودند به نظر می‌رسد بتوان این روند را به تعامل
- ۱۲ فرمولاسیون میکروکپسول، نوع علف‌کش و شرایط محیطی تأثیرگذار بر رفتار علف‌کش مرتبط دانست.

شکل ۱- منحنی‌های پاسخ به نوع فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی مربوط به درصد بقاء علف‌هرز دم‌روبه‌سبز (a) و علف‌هرز تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز (b)

Figure 1- Dose response curves of Green foxtail (a) and Redroot pigweed (b) to emulsifiable concentrate (EC) and microcapsule (MC) formulations of EPTC herbicide



شکل ۲- منحنی‌های پاسخ به نوع فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف‌کش تریفلورالین مربوط به درصد بقاء علف‌هرز دم‌روباهی سبز (a) و علف‌هرز تاج‌خروس ریشه‌قرمز (b)

Figure 2- Dose response curves of Green foxtail (a) and Redroot pigweed (b) to emulsifiable concentrate (EC) and microcapsule (MC) formulations of trifluralin herbicide

۵ مطالعات قبلی نشان داده است که در فرمولاسیون‌های متداول برخلاف فرمولاسیون میکروکپسول، ماده مؤثره
۶ در یک زمان و به طور کامل در محیط قرار گرفته می‌شود (۲۹ و ۳۳). ویلسون (۳۴) در بررسی‌های خود نشان داد که
۷ فرمولاسیون میکروکپسول موجب افزایش کارایی علف‌کش دایکامبا گردید اما در مقایسه با فرمولاسیون انحلال در آب
۸ اثرات علف‌کشی دیرتر ظاهر شد. در فرمولاسیون میکروکپسول افزایش انتشار علف‌کش از غشای پلیمری موجب جبران
۹ تلفات ناشی از تجزیه علف‌کش در اثر افزایش دما خواهد شد. در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد و رطوبت ۱۵ درصد، نیمه عمر
۱۰ فرمولاسیون امولسیون علف‌کش‌های آلاکلر و استوکلر در حدود ۳۵ روز بود در حالی که نیمه عمر فرمولاسیون
۱۱ میکروکپسول علف‌کش‌های آلاکلر و استوکلر به ۵۶ روز افزایش یافت. عبارتی دما و رطوبت اثرات کمتری بر تجزیه
۱۲ علف‌کش‌هایی با فرمولاسیون میکروکپسول نسبت به فرمولاسیون امولسیون داشتند (۲۲). در سری‌های زمانی ابتدایی
۱۳ آزمایش زیست‌سنجی، فرمولاسیون امولسیون نسبت به فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش تریفلورالین گیاهسوزی
۱۴ بیشتری بر روی گیاه چچم^۱ مشاهده شد (۶).

۱۵ همان طور که در بالا به طور مبسوط ذکر گردید به نظر می‌رسد این روند را بتوان به تعامل فرمولاسیون
۱۶ میکروکپسول، نوع علف‌کش و شرایط محیطی تأثیرگذار بر رفتار علف‌کش مرتبط دانست. در مجموع نتایج نشان داد که
۱۷ کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول موجب افزایش کارایی این علف‌کش گردیده است. افزایش و بهبود کارایی فرمولاسیون
۱۸ میکروکپسول در مطالعات قبل نیز در این راستا است. به طور مثال بررسی‌ها نشان داده است که فرمولاسیون رهاسازی
۱۹ کنترل شده علف‌کش تریفلورالین دارای فعالیت علف‌کشی هم تراز و یا بیشتر از مصرف دو برابر فرمولاسیون امولسیون
۲۰ بوده است (۵). فرمولاسیون میکروکپسول تریفلورالین موجب کنترل طولانی‌تر علف‌های هرز گرامینه یکساله شده و تبخیر
۲۱ کمتری نسبت به فرمولاسیون امولسیون داشته است (۸). در ادامه این آزمایش، نتایج بررسی‌های مزرعه‌ای نشان داد که
۲۲ از نظر آماری کاربرد ۵۰ درصد دُز توصیه شده فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش تریفلورالین از اثر کنترل‌کننده مشابه
۲۳ کاربرد ۷۵ درصد و افزایش عملکرد هم سطح کاربرد ۱۰۰ درصد فرمولاسیون امولسیون برخوردار بوده است (نتایج منتشر
۲۴ نشده است).

۲۵ نتیجه‌گیری کلی

۲۶ هدف از کاربرد فرمولاسیون‌هایی با رهاسازی کنترل‌شده، آزادسازی تدریجی علف‌کش‌ها در مقدار مناسب و با
۲۷ حفظ کارایی در شرایط زراعی است. این نوع فرمولاسیون‌ها ترکیبی از ماده مؤثره علف‌کش و مواد همراه است که با توجه
۲۸ به مقدار لازم برای کنترل علف‌های هرز، ماده مؤثره را در یک دوره زمانی مشخص رهاسازی می‌کنند. نتایج این بررسی

¹ *Lolium multiflorum* Lam.

۱ گویای آن است که فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش‌های ای‌پی‌تی‌سی و تریفلورالین موجب افزایش کارایی و کاهش
۲ مقدار مصرف گردید هر چند که در شرایط اجرای آزمایش، تأثیر فرمولاسیون میکروکپسول بر افزایش کارایی علف‌کش
۳ ای‌پی‌تی‌سی مشهودتر بود. به طوری که کارایی نسبی فرمولاسیون‌ها در کنترل علف‌های هرز دمرابه‌سی و
۴ تاج‌خروس ریشه‌قرمز در علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی به ترتیب ۱/۵۷ و ۱/۳۹ و در علف‌کش تریفلورالین به ترتیب ۱/۰۵ و ۱/۱۴
۵ برآورد گردید.

منابع

- ۶ 1. Bernards, M.L., Simmons, J.T., Guza, C.J., Schulz, C.R., Penner, D. and Kells, J.J. 2006.
۷ Inbred corn response to acetamide herbicides as affected by safeners and
۸ microencapsulation. *Weed Technology*, 20: 458-465.
- ۹ 2. Cahoon, C.W., York, A.C., Jordan, D.L., Everman, W.J., Seagroves, R.W., Braswell, L.R.
۱۰ and Jennings, K.M. 2015. Weed control in cotton by combinations of microencapsulated
۱۱ acetochlor and various residual herbicides applied preemergence. *Weed Technology*,
۱۲ 29(4): 740-750.
- ۱۳ 3. Carter, A. D. 2000. Herbicide movement in soils: Principles, pathways and processes. *Weed*
۱۴ *Research*, 40: 113-122.
- ۱۵ 4. Cobb, A.H. and Reade, P.H. 2010. *Herbicide and plant physiology*. 2th edn. Wiley-
۱۶ Blackwell, 296Pp.
- ۱۷ 5. Coffman, C.B. and Gentner, W.A. 1980. Persistence of several controlled release
۱۸ formulations of trifluralin in greenhouse and field. *Weed Science*, 28(1): 21-23.
- ۱۹ 6. Coffman, C.B. and Gentner, W.A. 1984. Herbicidal activity of controlled release
۲۰ formulations of trifluralin. *Indian Journal Agricultural Science*, 54(2): 117-122.
- ۲۱ 7. Dhareesank, A. M., Kobayashi, K. and Usui, K. 2006. Residual phytotoxic activity of
۲۲ pethoxamid in soil and its concentration in soil water under different soil moisture
۲۳ conditions. *Weed Biology and Management*, 6: 50-54.
- ۲۴ 8. Doub, J.P., Wilson, H.P. and Hatzios, K.K. 1988. Comparative efficacy of two
۲۵ formulations of alachlor and metolachlor. *Weed Science*, 36: 221-226.
- ۲۶ 9. Doub, J.P., Wilson, H.P., Hines, T.E. and Hatzios, K.K. 1988. Consecutive annual
۲۷ applications of alachlor and metolachlor to continuous no-till Corn (*Zea mays*). *Weed*
۲۸ *Science*, 36(3): 340-344.
- ۲۹ 10. Fogleman, M., Norsworthy, J. K., Barber, T. and Gbur, E. 2018. Influence of formulation
۳۰ and rate on rice tolerance to early-season applications of acetochlor. *Weed Technology*,
۳۱ 33(2): 239-245.
- ۳۲ 11. Hack, B., Egger, H., Uhlemann J., Henriet, M., Wirth W., Vermeer, A. W. P. and Duff D.
۳۳ G. 2012. Advanced Agrochemical Formulations through Encapsulation Strategies?
۳۴ *Chemie Ingenieur Technik*, 84 (3): 223-234.
- ۳۵ 12. Institute, SAS. 2002. The SAS system for windows. Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary,
۳۶ NC 27513, USA.
- ۳۷

13. Jursik, M., Soukup, J., Holec, J., Andr, J. and Hamouzova, K. 2015. Efficacy and selectivity of pre-emergent sunflower herbicides under different soil moisture conditions. *Plant Protection Science*, 51: 214-222.
14. Kennedy, J.M. and Talbert, R.E. 1977. Comparative persistence of dinitroaniline type herbicides on the soil surface. *Weed Science*, 25: 373-381.
15. Lee, F.T.H. and Nicholson, P. 1991. International patent WO 96/14743.
16. Li, D., Liu, B., Yang, F., Wang, X., Shen, H., Wu, D. 2016. Preparation of uniform starch microcapsules by premix membrane emulsion for controlled release of avermectin. *Carbohydrate Polymers*, 136: 341-349.
17. Matthews, G.A. 2000. Pesticide application methods. 3th edn. Blackwell Sci. Ltd. 432 Pp.
18. Meredith, A.N., Harper, B., Harper, S.L. 2016. The influence of size on the toxicity of an encapsulated pesticide: a comparison of micron- and nano-sized capsules. *Environment International*, 86: 68-74.
19. Monaco, T.J., Weller, S.C. and Ashton, F.M. 2002. *Weed science: principles and practices*. 4th edn. Wiley-Blackwell, 688 Pp.
20. Nielsen, O.K., Ritz, C.H. and Streibig, J.C. 2004. Nonlinear mixed model regression to analyze herbicide dose-response relationships. *Weed Technology*, 18: 30-37.
21. Parochetti, J.V. and Dec, G.W. 1978. Photodecomposition of eleven dinitroaniline herbicides. *Weed Science*, 26 (2): 153-156.
22. Petersen, B.B., Shea, P.J. and Wicks, G.A. 1988. Acetanilide activity and dissipation as influenced by formulation and Wheat stubble. *Weed Science*, 36(2): 243-249.
23. Petersen, B.B. and Shea, P.J. 1989. Microencapsulated alachlor and its behavior on Wheat (*Triticum aestivum*) straw. *Weed Science*, 37(5): 719-723.
24. Ritter, R.L., Kaufman, L.M., Monaco, T.J., Novitzky, W.P. and Moreland, D.E. 1989. Characterization of triazine-resistant Giant foxtail (*Setaria faberi*) and its control in no-tillage Corn (*Zea mays*). *Weed Science*, 37(4): 591-595.
25. Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C. and Gerhard, D. 2015. Dose-response analysis using R PLOS ONE, 10 (12), e0146021.
26. Savage, K.E. 1978. Persistence of several dinitroaniline herbicides as affected by soil moisture. *Weed Science*, 26: 465-471.
27. Scher, H.B., Rodson, M. and Lee, K. 1998. Microencapsulation of pesticides by interfacial polymerisation utilizing isocyanate or aminoplast chemistry. *Pesticide Science*, 54: 394-400.
28. Schreiber, M.M., Shasha, B.S., Ross, M.A., Orwick, P.L. and Edgecomb, D.W. 1978. Efficacy and rate of release of EPTC and butylate from starch encapsulated formulations under greenhouse conditions. *Weed Science*, 26: 679-686.
29. Sopena, F., Maqueda, C. and Morillo, E. 2009. Controlled release formulations of herbicides based on micro-encapsulation. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 35(1): 27-42.

- ۱ 30. Team, R.C. Homepage of R: A language and environment for statistical computing.
۲ <https://www.R-project.org>, Accessed October 1, 2017.
- ۳ 31. Ueji, M. and Inao, K. 2001. Rice paddy field herbicides and their effects on the environment
۴ and ecosystems. *Weed Biology Management*, 1: 71-79.
- ۵ 32. Vasilakoglou, I.B., Eleftherohorinos, I.G. and Dhima, K.B. 2001. Activity, adsorption and
۶ mobility of three acetanilide and two new amide herbicides. *Weed Research*, 41: 535-546.
- ۷ 33. Wilkins, R. 2003. Controlled release formulations of pesticides. P. 386-398 In
۸ *Encyclopedia of agrochemicals*. John Wiley & Sons Ltd.
- ۹ 34. Wilson, M. 2003. *Optimising pesticide use*. first edn. John Wiley & Sons Ltd, 214 Pp.
- ۱۰ 35. Zand, E., Baghestani, M.A., Mousavi, S.K., Oveisi, M., Ebrahimi, M., Rastgoo, M. and
۱۱ Labafi Hossienzadeh, M.R. 2008. *Weed management handbook*. Mashhad Jihad-e
۱۲ Daneshgahi Publication, (In Persian), 480. Pp.
- ۱۳ 36. Zhang, D.X., Li, B.X., Zhang, X.P., Zhang, Z.Q., Wang, W.C. and Liu, F. 2016. Phoxim
۱۴ microcapsules prepared with polyurea and urea-formaldehyde resins differ in
۱۵ photostability and insecticidal activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p.
۱۶ 2841-2846.
- ۱۷

Evaluating Weed Control Efficacy of Microencapsulated EPTC and Trifluralin Herbicides in Greenhouse Condition

Introduction

In conventional formulations such as emulsifiable concentrates (EC), wettable powders, soluble liquids, etc., complete availability of the active agent is usually considered immediate or rapid following usage. Application rates of these formulations of pesticides are greater than the minimum threshold concentration to counter losses from sorption, volatilization, photodecomposition, microbial and chemical degradation, and leaching. Controlled-release technology for pesticides could reduce environmental damage and increase efficiency by enhancement of delivery to the site of action. This survey was conducted to determine the possibility of EPTC and trifluralin efficiency improvement by using microencapsulated formulation (MC) that were first synthesized in Iran.

Materials and Methods

Two separated greenhouse experiments were conducted in Tirtash Research and Education Center (Mazandaran–Iran) in 2014. The experiments were carried out in a factorial arrangement based on a randomized complete block design with three replications. The Microencapsulated formulation of EPTC and trifluralin herbicides were compared with emulsifiable concentrate formulation (Eradicane 82% and Treflan 48%) in 0 (control), 25, 50, 75 and 100 percent of active ingredient (a.i.) (4.92 and 1.2 kg a.i./ha, recommended doses for EPTC and trifluralin, respectively). For this purpose, the soil of pots were infested with the seed of Green foxtail (*Setaria viridis*) and Redroot pigweed (*Amaranthus retroflaxus*). Weed responses to treatments (seedling number) were analyzed by anova test, nonlinear regression and fitted to three parameters of weibull and log logistic equations base on akaike's information criterion, residual standard error and lack-of-fit test indices in R_{3.4.1} programme. The effective dose were determined for 10, 50 and 90 percent of weed control (ED₁₀, ED₅₀ and ED₉₀, respectively). Relative potency index (R) of formulation types were determined by divided ED₅₀ of EC into MC formulations.

Results and Discussion

According to the results of the experiments, the formulation type had a significant effect on the weed numbers. The MC formulations of EPTC increased Green foxtail and Redroot pigweed control efficiencies. The ED₁₀, ED₅₀ and ED₉₀ decreased from 0.72, 2.94 and 7.18 kg a.i.ha⁻¹ in the EC to 0.41, 1.87 and 4.89 kg a.i.ha⁻¹ in the MC formulation for Green foxtail and 1.08, 3.29 and 10.02 kg a.i.ha⁻¹ in the EC to 0.57, 2.36 and 9.67 kg a.i.ha⁻¹ in the MC formulation for Redroot pigweed. The R index of EPTC in Green foxtail and Redroot pigweed control were 1.57 and 1.39, respectively. Weed control increased as trifluralin dosage increased in both of the formulation types, although in higher doses of the MC, weed control efficiency increased more than the EC formulation. So the efficiency of the MC formulations depended on application dosages. The ED₁₀, ED₅₀ and ED₉₀ of Green foxtail were 0.14, 0.55 and 1.27 kg a.i.ha⁻¹ in the EC and 0.19, 0.52 and 0.98 kg a.i.ha⁻¹ in the MC formulation. The ED₁₀, ED₅₀ and

١ ED₉₀ of Redroot pigweed were 0.20, 0.64 and 2.02 kg a.i.ha⁻¹ in the EC and 0.26, 0.56 and 1.19
٢ kg a.i.ha⁻¹ in the MC formulation. So that the R index of trifluralin in Green foxtail and Redroot
٣ pigweed control were 1.05 and 1.14, respectively. The dependency of trifluralin behavior to
٤ applied microcapsule dose may be connected to capture of herbicide in microcapsule particles
٥ which it causes reduction of bioavailability of herbicide in soil lower than the threshold doses
٦ of injury level. Whiles under this experimental conditions, the herbicides are less affected by
٧ degrading agents and therefore have less opportunity to express the advantages of MC
٨ formulation. Whereas the field studies results showed that the 50% of the recommended dosage
٩ of MC formulation had same efficiency as 75% of the recommended dosage of EC formulations
١٠ (results were not published).

١١ **Conclusions**

١٢ Microencapsulation is a versatile tool for product design and is successfully used in various
١٣ sectors and for a variety of different product features. However, although lot of research has
١٤ been performed, only relatively few developments have made it into products in the
١٥ agrochemical area. For example 37 actives out of 908 listed in total in the pesticide manual,
١٦ mainly insecticides, are described as being formulated as control solutions. While the
١٧ development of this technology in agriculture can play an important role in preserving the
١٨ environment and reducing the pollution caused by pesticides. The purpose of the application of
١٩ controlled release formulations is the gradual release of herbicides in a suitable amount with
٢٠ maintaining efficiency in agronomic conditions. This type of formulation is a combination of
٢١ the herbicide and associated material that releases effective material over a given period due to
٢٢ weed control. The results of this study showed that the R index of EPTC and trifluralin were
٢٣ 1.57 and 1.05 in Green foxtail, and 1.39 and 1.14 in Redroot pigweed control, respectively. So
٢٤ that the microcapsule formulation of EPTC and trifluralin herbicides increased the efficacy and
٢٥ reduced the application dose.

٢٦ **Keywords:** Controlled release; Dose-response; Relative potential.