

## بهینه‌سازی کارایی علف‌کش تریفلورالین با بهره‌گیری از فرمولاسیون میکروکپسول در کنترل علف‌های هرز توتون (*Nicotiana tobacum*)

### Improving the efficiency of trifluralin herbicide by microcapsule formulation in weed control of tobacco (*Nicotiana tobacum*)

احمد رهبری<sup>۱</sup>، ابراهیم ایزدی دربنندی<sup>۲\*</sup>، محمد حسن راشد محصل<sup>۳</sup>، غلامحسین ظهوری<sup>۴</sup> و اسکندر زنده<sup>۵</sup>

#### چکیده

به منظور بررسی کارایی فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش تریفلورالین در کنار فرمولاسیون امولسیون (ترفان ۴۸ درصد) با مقادیر ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ماده مؤثره توصیه شده (۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) و روش‌های کاربرد، اختلاط و عدم اختلاط با خاک، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۳ در مرکز تحقیقات تیرتاش انجام شد. طی مراحل اجرا تراکم و وزن خشک علف‌های هرز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری و عملکرد گیاه توتون در چهار مرحله برداشت مورد سنجش قرار گرفت. علف‌های هرز غالب مزرعه شامل دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس ریشه قرمز بودند. بر طبق نتایج فرمولاسیون میکروکپسول موجب افزایش معنی‌دار کارایی هر یک از مقادیر مصرفی نسبت به فرمولاسیون امولسیون گردید. کاربرد ۵۰ درصد دُز توصیه شده فرمولاسیون میکروکپسول اثر کنترل‌کنندگی مشابه کاربرد ۷۵ درصد فرمولاسیون امولسیون داشت؛ به طوری که کنترل علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس در ۵۰ درصد دُز توصیه شده میکروکپسول به ترتیب حدود ۷۲ و ۶۹ درصد و در ۷۵ درصد امولسیون حدود ۷۹ و ۶۵ درصد گردید. همچنین کاربرد ۵۰ درصد دُز توصیه شده فرمولاسیون میکروکپسول موجب افزایش عملکردی هم‌سطح کاربرد ۱۰۰ درصد فرمولاسیون امولسیون به ترتیب با عملکرد ۴/۲۶ و ۴/۳۰ تن در هکتار شد. اختلاط علف‌کش با خاک جهت افزایش کارایی ضروری است.

کلمات کلیدی: توتون، دُز کاهش یافته، رهاسازی کنترل شده، علف هرز.

دلیل تلفات ناشی از جذب، تبخیر، تجزیه نوری، تجزیه میکروبی، تجزیه شیمیایی و آبشویی سموم مصرفی در محیط است (Rashed Mohassel and Mousavi, 2007; Schreiber *et al.*, 1978). در این نوع فرمولاسیون ماده مؤثره علف کش با روکشی از موادی همچون رزین محلول در آب، موم، لپید، ژلاتین، آلومین، نشاسته و ماتریکس پلی‌اوره - پلی‌آمید پوشیده شده (Williams, 1984) و هنگام اختلاط با حامل‌ها در مخزن سم‌پاش ایجاد سوسپانسیون می‌کند (Zand, 2008). آزادسازی آفت‌کش‌ها از فرمولاسیون میکروکپسول به روش‌های مختلفی از قبیل متلاشی شدن مواد ساختمانی، آماس و ترکیدن، خشک شدن و ترک خوردن یا انتشار در محیط انجام می‌شود. تغییر در مورفولوژی میکروکپسول همچون جمع شدن یا ترک خوردگی ممکن است در اثر شرایط محیطی رخ دهد. در مجموع رهاسازی علف کش به مواد ساختمانی میکروکپسول، محیط اطراف آن و خصوصیات علف کش وابسته است (Petersen and Shea, 1989).

درحالی‌که تعدادی از مصرف‌کنندگان به فقدان دوام و پایداری برخی از علف‌کش‌های خانواده دی‌نیتروآیلین با فرمولاسیون رایج امولسیون اشاره داشته‌اند (Kennedy and Talbert, 1977; Parochetti and Dec. 1978; Savage, 1978)؛ نتایج مطالعات نشان داده است که میکروکپسول تریفلورالین موجب کنترل طولانی‌تر علف‌های هرز گرامینه یک‌ساله شده و تبخیر کمتری نسبت به فرمولاسیون امولسیون داشته است (Doub *et al.*, 1988). کاربرد ۲/۲ کیلوگرم در هکتار از فرمولاسیون میکروکپسول تریفلورالین در مقایسه با فرمولاسیون امولسیون با مقدار ۴/۴ کیلوگرم در هکتار دارای کارایی علف‌کشی مشابهی در کنترل علف هرز چچم (*Lolium spp.*) از هفته چهارم تا سیزدهم پس از کاربرد بوده است. این محققین در بررسی‌های خود بر روی علف‌کش‌های پروفام (Propham) و کلروپروفام (Chlorpropham) به نتایج مشابهی دست یافتند (Coffman and Gentner. 1980; Coffman and Gentner. 1984). فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش پیش‌رویشی فلوروکلریدون (Flurochloridone) در آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) درصد گیاه‌سوزی را نسبت به

وضع قوانین جدید توسط سازمان‌های حفظ محیط‌زیست، مراحل ثبت آفت‌کش‌ها را کند و هزینه‌بر و تعداد و مصرف آن‌ها را محدود نموده است (Ruegg *et al.*, 2007). بدین سبب توجه به فرمولاسیون آفت‌کش‌ها به‌عنوان راهکاری برای برون‌رفت در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر موفقیت استفاده از علف‌کش‌ها در مبارزه با علف‌های هرز تنها به ماده مؤثره و سمیت آن‌ها بستگی ندارد، بلکه عوامل دیگری نیز وجود دارند که به‌طور مستقیم بر کارکرد علف‌کش‌ها تأثیرگذارند. در این ارتباط یکی از مهم‌ترین عوامل، طراحی مناسب سیستم رسانش آفت‌کش (Pesticide Delivery System) جهت دریافت کارایی بیولوژیکی لازم و کاهش مضرات ناخواسته است. برای نیل به این هدف همواره لازم است ارتقاء تکنولوژی‌های کاربرد جزء اولویت‌های تحقیقاتی لحاظ گردد. فرمولاسیون میکروکپسول یکی از بهترین ابزار رسانش آفت‌کش است (Tsujii, 2001; Zand, 2008). امروزه محققان با استفاده از فرمولاسیون و ایزومرهایی از علف‌کش‌ها که کارایی بیشتری دارند، مقدار مصرف سموم را کاهش داده‌اند (Mousavi, 2001). بدین لحاظ پژوهش‌ها بر روی فرمولاسیون‌هایی با رهاسازی کنترل‌شده افزایش یافته است (Li *et al.*, 2016; Ueji and Inao, 2001; Meredith *et al.*, 2016; Zand, 2008; Wilson, 2003; Wilkins, 2003).

فرمولاسیون‌های با رهاسازی کنترل‌شده ترکیبی از ماده مؤثره و مواد همراه هستند که با توجه به مقدار لازم برای کنترل آفات، ماده مؤثره را در یک دوره زمانی مشخص در محیط آزاد می‌کند. به‌عبارت‌دیگر متمایزکننده اصلی آن از دیگر فرمولاسیون‌ها همچون امولسیون، پودر و تابل، مایع قابل حل در آب، گرانول قابل پخش در آب و غیره فرآیند آزادسازی تدریجی است و به عبارتی می‌توان گفت فرمولاسیون‌های با رهاسازی کنترل‌شده دارای راندمان انتقال و رسانش بیشتری به محل عمل هستند. درحالی‌که در فرمولاسیون‌های متداول، ماده مؤثره در یک‌زمان و به‌طور کامل در محیط قرار می‌گیرد (Wilkins, 2003; Sopena, 2009) و مقدار کاربرد آن‌ها بیش از آستانه حداقل غلظت برای کنترل آفات است. این امر به

سه سطح، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ماده مؤثره توصیه شده (۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) و روش کاربرد علف‌کش در دو سطح، اختلاط و عدم اختلاط با خاک به همراه دو تیار شاهد عدم کاربرد علف‌کش (و چین و عدم کنترل علف‌های هرز). پس از محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش پستی کتابی شارژی با نازل تی‌جت با حجم آب مصرفی ۴۰۰ لیتر در هکتار و فشار ۲ بار، بسته به تیمارها اختلاط سم با خاک با ریتواتور متصل به تراکتور کوچک باغی صورت گرفت.

کرت‌های آز مایش ۲۰ متر مربعی (۴ × ۵ متر) و با فاصله دو متر از هم در نظر گرفته شد. جهت افزایش دقت آز مایش از شاهد متناظر (کرت شاهد عدم کنترل علف‌های هرز طی فصل رشد در مجاورت کرت تیار سمپاشی) استفاده شد. رواناب سطحی ناشی از بارندگی با حفر جوی سر تا سری کنترل گردید. نشاء توتون رقم کا ۳۲۶ تهیه شده یک روز پس از اعمال تیار به صورت دستی با فواصل بین ردیف ۱۰۰ سانتی‌متر و ردیف ۵۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ هزار بوته در هکتار) در زمین اصلی نشاکاری گردید. تراکم علف‌های هرز در هر کرت به تفکیک یک گونه در سطح ۰/۵ متر مربع در ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری و همچنین وزن تر و خشک علف‌های هرز ۶۰ روز پس از نشاکاری تعیین شد.

جهت محاسبه کارایی تیمارهای علف‌کشی از نسبت علف‌های هرز کنترل شده نسبت به شاهد متناظر عدم کنترل علف‌های هرز (رابطه ۱) استفاده شد (۱).

رابطه [۱]

در این رابطه مقدار  $Y$  % درصد کنترل،  $Y_{\text{control}}$  و  $Y_{\text{treated}}$  به ترتیب تراکم یا وزن خشک علف هرز در شاهد و تیمار است. از سوی دیگر عملکرد توتون در هکتار تعیین گردید. در صد تغییرات عملکرد توتون نیز با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید.

رابطه [۲]

فرمولاسیون امولسیون به مقدار زیادی (۳۷ درصد) کاهش داد (Wilson, 2003). همچنین بررسی‌ها نشان داد که برنج (*Oryza sativa* L.) تحمل نسبتاً خوبی به فرمولاسیون میکروکپسول کلومازون در دُز کنترل‌کننده علف هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) داشت (Bollich et al., 2000). فرمولاسیون میکروکپسول کلومازون موجب خسارت کمتر در دو نوع فلفل (Banana pepper and Bell pepper) در مقایسه با فرمولاسیون امولسیون شد (Galloway, et al., 2000). کاهون و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقات خود اعلام داشتند که فرمولاسیون میکروکپسول استوکلر می‌تواند در برنامه مدیریت علف‌های هرز پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) به‌طور ایمن و مؤثر بکار برده شود (Cahoon, et al., 2015).

علف‌کش تریفلورالین برای اولین بار در ایران طی فرآیندهای تخصصی با قرار دادن پوشش یا ماتریکس حفاظتی پلیمری، به ذرات کروی و یا در مواردی نامنظم با قطر حدوداً ۱۵ تا ۵۰ میکرومتر تبدیل گردید. فرمولاسیون میکروکپسول ساخته شده دارای پوشش یا ماتریکس حفاظتی از جنس متیل متاکریلات بوده و با توجه به تصاویر میکروسکوپ الکترونی، ذرات میکروکپسول به صورت تک و یا چند هسته‌ای دیده شدند. نتایج بررسی‌های گلدانی گویای آن است که فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش تریفلورالین موجب افزایش کارایی و کاهش دُز مصرفی گردید (نتایج منتشر نشده است).

این پژوهش با هدف بررسی اثرات فرمولاسیون میکروکپسول ساخته شده در مقادیر و روش‌های مختلف کاربرد بر کارایی علف‌کش تریفلورالین در کنترل علف‌های هرز و همچنین صفات زراعی گیاه توتون در شرایط مزرعه اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا گردید. عوامل مورد بررسی عبارت بودند از: نوع فرمولاسیون در دو سطح، فرمولاسیون امولسیون (علف‌کش تجاری ترفلان با خلوص ۴۸ درصد) و فرمولاسیون میکروکپسول، مقدار کاربرد علف‌کش در

با توجه به داده‌های مربوط به تراکم و وزن خشک علف هرز دم‌روبهایی سبز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری و همچنین تراکم علف هرز تاج‌خروس ریشه قرمز ۴۰ روز پس از نشاکاری، مقدار کارایی فرمولاسیون میکروکپسول علف کش تریفلورالین در ابتدا متأثر از روش کاربرد نبوده و تیمارهای اختلاط و یا عدم اختلاط از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند و لیکن با سپری شدن زمان، عدم اختلاط فرمولاسیون میکروکپسول موجب تقلیل کارایی این علف کش در کنترل علف هرز تاج‌خروس ریشه قرمز گردیده است (جدول ۳). در توجیه این مطلب می‌توان به رفتار متفاوت علف‌های هرز در مقابل مقادیر علف کش اشاره نمود به طوری که احتمالاً تغییرات دمایی و رطوبتی سطح خاک به مرور با تأثیر بر دوام علف کش (Buelk et al., 2005)، مقدار علف کش را به پایین‌تر از سطح آستانه حداقل دُز کنترل‌کنندگی (Cobb and Reade, 2010) کاهش داده است. همچنین به‌تر است تفاوت‌های رفتاری دو علف هرز، هم‌چون پراکنش بذور علف‌های هرز در لایه‌های خاک و خصوصیات روی‌شی دانه‌های علف هرز (Ghorbani et al., 1999; Mandumbu et al., 2012; Nichols, et al., 2015) مورد توجه قرار گیرد. مطالعات نشان داده است که ریزش نزولات جوی طی فصل زراعی و پس از اعمال علف کش تریفلورالین احتمالاً عامل افزایش تلفات در مقایسه با شرایط خشک بوده است، این مسئله به‌ویژه در شرایط کاهش اختلاط علف کش با خاک مشهودتر است؛ بنابراین اختلاط با خاک موجب کاهش تبخیر و تجزیه نوری علف کش‌های دی‌نی‌تروآنیلین می‌شود (Chauhan et al., 2006). افزایش محتوای رطوبت خاک موجب تلفات سریع‌تر علف کش‌های خانواده دی‌نی‌تروآنیلین‌ها شده است (Jacques and Harvey, 1979). افزایش دما و محتوای رطوبت خاک موجب کاهش نیمه‌عمر علف کش‌های تریفلورالین، پندیمتالین، آلاکلمر و متالاکلر گردیده است (Langhans et al., 2009; Yang and Holmen, 2007). در مجموع به نظر می‌رسد جهت افزایش کنترل علف‌های هرز مزرعه، اختلاط علف کش بلافاصله پس از مصرف ضروری است هر چند که در برخی از منابع به نتایج مثبت عدم اختلاط و یا اختلاط با تأخیر فرمولاسیون میکروکپسول علف کش‌هایی

در این رابطه  $Y'$  در صد افزایش عمل کرد و  $Y'$  و  $Y'$  control به ترتیب عملکرد در کرت تیمار شده و شاهد متناظر عدم کنترل علف‌های هرز است. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، اقدام به آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار Minitab 18 گردید.

## نتایج و بحث

### تأثیر تیمارها بر کنترل علف‌های هرز

علف‌های هرز شناسایی شده در کرت‌های آزمایش عبارت بودند از آفتاب‌پرست (*Heliotropium europaeum* L.)، آکالیفا (*Acalypha* sp.)، اویار سلام ارغوانی (*Cyperus rotundus* L.)، علف‌خردنگ (*Digitaria sanguinalis* Scop. (L.))، پیچک صحرايي (*Convolvulus arvensis* L.)، تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)، تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.)، دم‌روبهایی سبز (*Setaria viridis* L.)، خارخسک (*Tribulus terrestris* L.)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، قیاق (*Sorghum halepense* Pers. (L.)) و گوش‌بره (*Chrozophora tinctoria* (L.) A. Juss.). علف‌های هرز دم‌روبهایی سبز و تاج‌خروس به دلیل فراوانی بالا در زمین آزمایشی به‌عنوان گونه‌های غالب در نظر گرفته شدند (جدول ۱).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، نوع فرمولاسیون، مقدار کاربرد علف کش و همچنین روش کاربرد آن بر درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز غالب طی ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری تأثیر معنی‌داری ( $p < 0.01$ ) داشت. اثر متقابل نوع فرمولاسیون و دُز مصرفی بر تراکم و وزن خشک دم‌روبهایی سبز ۶۰ روز پس از نشاکاری و اثر متقابل نوع فرمولاسیون و روش کاربرد بر تراکم و وزن خشک دم‌روبهایی سبز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری از نظر آماری معنی‌دار شد. با توجه به جدول ۲، فرمولاسیون میکروکپسول بیشترین مقدار کنترل علف‌های هرز غالب دم‌روبهایی سبز و تاج‌خروس ریشه قرمز را موجب گردید.

گردید. از نظر آماری کاربرد ۵۰ در صد دز توصیه شده از فرمولا سیون میکروکپ سول به تنهایی موجب کاهش تراکم دم‌روباهی سبز در سطحی معادل ۷۵ در صد دز توصیه شده از فرمولا سیون امولسیون گردیده است. این مسئله در مورد تراکم تاج‌خروس ریشه قرمز و همچنین وزن خشک دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس ریشه قرمز بارزتر بوده و حتی معادل ۱۰۰ در صد دز توصیه شده برآورد شد.

همچون ای‌پی‌تی‌سی و ورنولیت اشاره شده است (Wilson, 2003).

با توجه به نمودارهای مقایسه میانگین اثر کاربرد مقادیر هر یک از فرمولا سیون‌ها بر در صد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس ریشه قرمز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری (شکل‌های ۱ و ۲)، استفاده از فرمولا سیون میکروکپ سول تریفلورالین موجب افزایش کارایی هر یک از مقادیر مصرفی علف کش نسبت به فرمولا سیون رایج امولسیون

جدول ۱- تراکم و وفور نسبی علف‌های هرز غالب موجود در مزرعه آزمایشی  
The density and abundance of the dominate weeds in the experimental field

نام Name	نام علمی Scientific name	تیره Family	تراکم (بوته در مترمربع) Density (plant per m-2)		وفور نسبی (درصد) Abundance (percent)	
			40†	60†	40	60
دم‌روباهی سبز Green Foxtail	Setaria viridis L.	Poaceae	36	17	28	31
تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot Pigweed	Amaranthus retroflexus L.	Amaranthaceae	26	14	20	25

† روز پس از نشاکاری

† Day after transplanting

جدول ۲- میانگین اثر اصلی نوع فرمولا سیون علف کش تریفلورالین بر درصد کنترل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس ریشه قرمز طی ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری

Table 2- Mean of the main effect of the formulation of trifluralin on the density and dry weight losses of Green foxtail and Redroot pigweed compare to weed infest control at 40 and 60 days after tobacco transplanting

فرمولا سیون Formulation	درصد کنترل Control percent					
	دم‌روباهی سبز Green foxtail			تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot pigweed		
	40†	60†	40	60	40	60
	تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight	تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight
امولسیون EC	71.81	68.06	67.89	65.51	64.04	63.29
میکروکپسول MC	87.73	90.11	90.83	83.58	82.00	81.46

† روز پس از نشاکاری

† Day after transplanting

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع فرمولا سیون و روش کاربرد علف کش تریفلورالین بر درصد کنترل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز غالب دم‌روباهی سبز و تاج‌خروس ریشه قرمز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری

Table 3- Mean comparison of the interaction effect of formulation and application methods of trifluralin on the density and dry weight losses of Green foxtail and Redroot pigweed compare to weed infest control at 40 and 60 days after tobacco transplanting

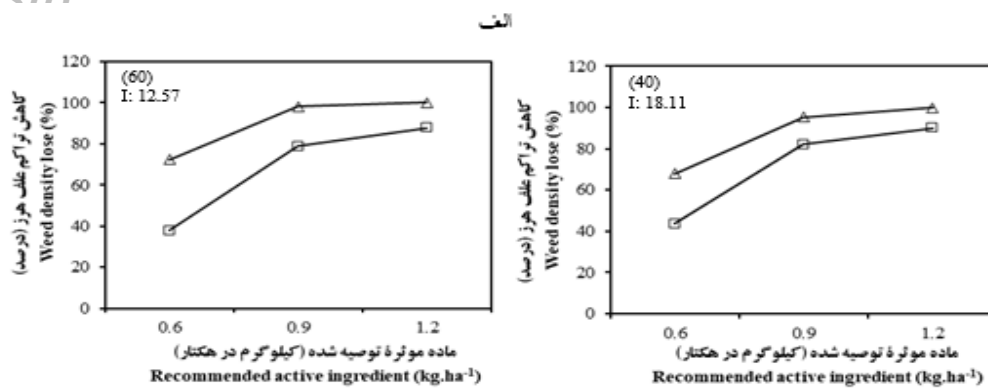
فرمولا سیون Formulation	روش کاربرد Application method	درصد کنترل Control percent					
		دم‌روباهی سبز Green foxtail			تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot pigweed		
		40†	60†	40	60	40	60
		تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight	تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight
امولسیون EC	+	83.85a	82.33b	85.22a	75.78b	77.07b	72.70b
	-	59.78b	53.78c	50.55b	55.25c	51.00c	53.89c
میکروکپسول MC	+	92.81a	94.67a	95.11a	88.76a	91.44a	89.89a
	-	82.64a	85.56ab	86.56a	78.41ab	72.56b	73.04b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد با آزمون توکی است.

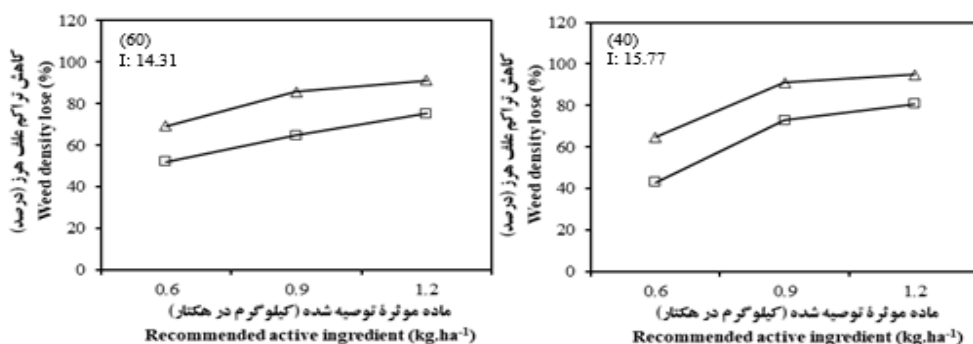
† روز پس از نشاکاری، + و - به ترتیب اختلاط و عدم اختلاط علف کش با خاک.

Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Tukey test  
† Day after transplanting, + and - soil incorporation and non-incorporation of herbicide, respectively.

بهبودسازی کارایی علف کش تریفلورالین با بهره گیری از فرمولاسیون میکروکپسول در ...

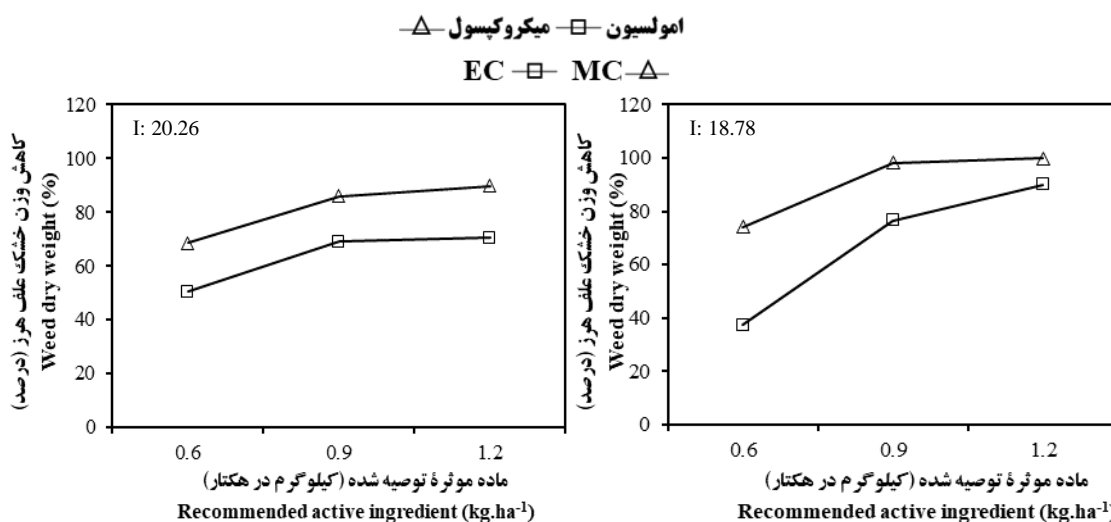


الف  
ب  
امولسیون - میکروکپسول -  
EC - MC -



شکل ۱- اثرات متقابل تیمارهای فرمولاسیون و مقادیر علف کش تریفلورالین بر درصد کاهش تراکم علف های هرز دم روباهی سبز (الف) و تاج خروس ریشه قرمز (ب) نسبت به شاهد عدم کنترل در ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری  
I: حداقل اختلاف معنی دار

Figure 1- The interaction effect of formulation and trifluralin doses on the density losses of Green foxtail (a) and Redroot pigweed (b) compare to weed infest control at 40 and 60 days after tobacco transplanting  
I: Honestly significant difference (HSD)



شکل ۲- اثرات متقابل تیمارهای فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف کش تریفلورالین بر درصد کاهش وزن خشک علف های هرز دم روباهی سبز (سمت راست) و تاج خروس ریشه قرمز (سمت چپ) نسبت به شاهد عدم کنترل در ۶۰ روز پس از نشاکاری

I: حداقل اختلاف معنی دار

Figure 2- The interaction effect of formulation and trifluralin doses on the dry weight of Green foxtail (right) and Redroot pigweed (left) compare to weed infest control at 40 and 60 days after tobacco transplanting  
I: Honestly significant difference (HSD)

### تأثیر تیمارها بر عملکرد توتون

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، نوع فرمولا سیون، مقدار و روش کاربرد علف کش تریفلورالین تأثیرات معنی‌داری بر درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد عدم کنترل داشتند. تمامی تیمارها سبب بهبود عملکرد نسبت به شاهد آلوده به علف‌های هرز (۲/۹۳ تن در هکتار) شدند. بیشترین عملکرد در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد دُز توصیه‌شده به صورت اختلاط با خاک از فرمولا سیون میکروکپسول با مقدار ۴/۵۸ تن در هکتار حاصل گردید. اثر اصلی نوع فرمولا سیون تریفلورالین بر درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد عدم کنترل علف‌های هرز نشان داد که کاربرد فرمولا سیون میکروکپسول با کاهش تداخل علف‌های هرز نسبت به فرمولا سیون امولسیون افزایش عملکرد بیشتری را موجب گردید (به ترتیب حدوداً ۱۵۳ و ۱۳۳ درصد). با توجه به نتایج اثر متقابل نوع فرمولا سیون در مقادیر مصرفی، کاربرد ۵۰ درصد ماده مؤثره توصیه‌شده از فرمولا سیون میکروکپسول افزایش عملکردی همچون کاربرد ۱۰۰ درصد فرمولا سیون امولسیون داشت و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). این افزایش عملکرد در روش اختلاط علف کش با خاک نمود بیشتری داشت به طوری که درصد افزایش عملکرد در روش اختلاط و عدم اختلاط به ترتیب حدوداً ۱۶۰ و ۱۴۶ درصد گردید (جدول ۴).

نتایج مطالعات محققان نشان داده است که فرمولا سیون رها سازی کنترل شده علف کش تریفلورالین دارای فعالیت علف کشی هم تراز و یا بیشتر از مصرف دو برابر فرمولا سیون امولسیون بوده است. به طور مثال کاربرد فرمولا سیون‌های میکروکپسول تریفلورالین در مقادیر ۱/۱ و ۲/۲ کیلوگرم در هکتار در هفته دوم پس از کاربرد دارای فعالیت مساوی یا بیشتر از فرمولا سیون امولسیون به ترتیب در مقادیر ۲/۲ و ۴/۴ کیلوگرم در هکتار بوده است (Coffman and Gentner, 1980).

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج آزمایش، فرمولا سیون میکروکپسول تریفلورالین قادر است با آزاد سازی تدریجی علف کش در محیط، هدر رفت سم را کاهش داده و موجب افزایش کنترل علف‌های هرز و عملکرد محصول توتون گردد. با کاربرد فرمولا سیون میکروکپسول می‌توان دُز مصرفی را به نصف کاهش داد. هر چند که در مواردی فرمولا سیون میکروکپسول متأثر از روش کاربرد نبود، ولیکن بسته به شرایط آب و هوایی و فلور علف‌های هرز منطقه می‌تواند اختلاط علف کش با خاک جهت افزایش کارایی ضرورت پیدا نماید.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع فرمولا سیون و روش کاربرد علف کش تریفلورالین بر درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد عدم کنترل

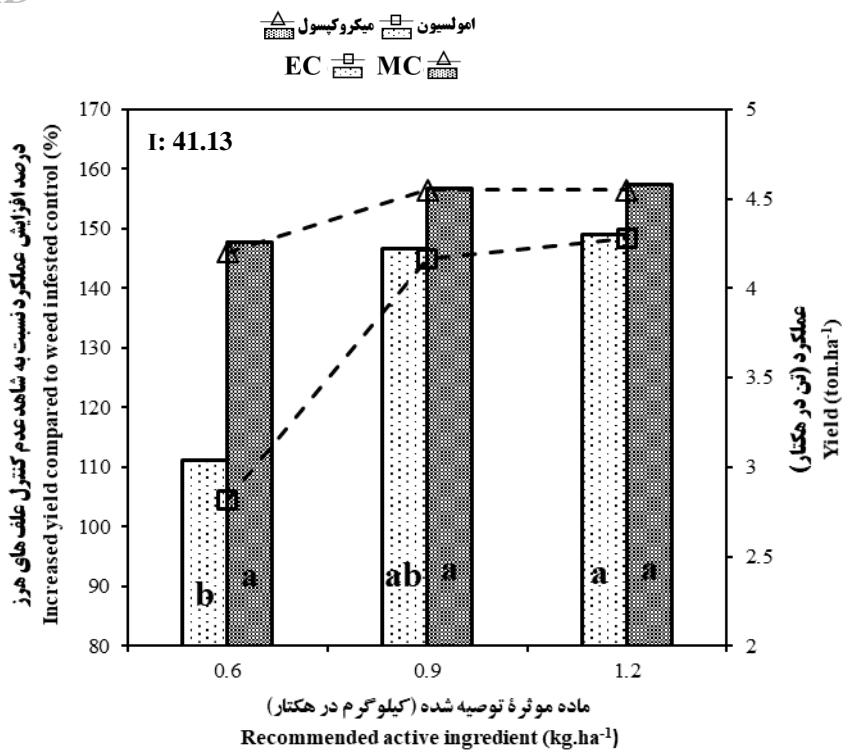
Table 6- Mean comparison of the interaction effect of formulation and application methods of trifluralin on the increasing percent of tobacco yield compare to weed infested control

فرمولا سیون Formulation	روش کاربرد Application method	افزایش عملکرد (%) Increased yield (%)
امولسیون EC	+	141.48 <sup>ab</sup>
میکروکپسول MC	-	123.76 <sup>b</sup>
	+	160.24 <sup>a</sup>
	-	145.81 <sup>ab</sup>

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد با آزمون توکی است.

+ و - به ترتیب اختلاط و عدم اختلاط علف کش با خاک

Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Tukey test  
+ and - soil incorporation and non-incorporation of herbicide, respectively.



شکل ۳- اثرات متقابل فرمولاسیون و مقدار کاربرد تریفلورالین بر عملکرد (نمودار ستونی) و درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد عدم کنترل (نمودار خطی) حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد با آزمون توکی است.

I: حداقل اختلاف معنی‌دار

Figure 3- The interaction effect of formulation and trifluralin doses on the tobacco yield (bar chart) and the percentage of increased tobacco yield compare to infested control (line chart)

I: Honestly significant difference (HSD)



- Bollich, P. K., D. L. Jordan, D. M. Walker, and A. B. Burns. 2000.** Rice (*Oryza sativa*) response to the microencapsulated formulation of clomazone. *Weed Technology*, 14: 89-93.
- Buelk, S., W. B. Vendy, D. B. Colin, M. Mattew and W. Allan. 2005.** Evaluation of simplifying assumption on pesticide degradation in soil. *Journal of Environmental Quality*, 34: 1933-1943.
- Cahoon, C. W., A. C. York, D. L. Jordan, W. J. Everman, R. W. Seagroves, L. R. Braswell and K. M. Jennings. 2015.** Weed control in Cotton by combinations of microencapsulated acetochlor and various residual herbicides applied preemergence. *Weed Technology*, 29 (4): 740-750.
- Chauhan, B. S., G. Gill and C. Preston. 2006.** Tillage systems affect trifluralin bioavailability in soil. *Weed Science*, 54 (5): 941-947.
- Cobb, A. and J. P. H. Reade. 2010.** Herbicides and plant physiology. Blackwell Pub. Ames, Iowa. Pp. 253.
- Coffman, C. B. and W. A. Gentner. 1980.** Persistence of several controlled release formulations of trifluralin in greenhouse and field. *Weed Science*, 28 (1): 21-23.
- Coffman, C. B. and W. A. Gentner. 1984.** Herbicidal activity of controlled release formulations of trifluralin. *Indian Journal of Agricultural Science*, 54 (2): 117-122.
- Doub, J. P., H. P. Wilson and K. K. Hatzios. 1988.** Comparative efficacy of two formulations of alachlor and metolachlor. *Weed Science*, 36: 221-226.
- Galloway, B. A., D. W. Monks and J. R. Schultheis. 2000.** Effect of herbicides on pepper (*Capsicum annuum*) stand establishment and yield from transplants produced using various irrigation systems. *Weed Technology*, 14: 241-245.
- Ghorbani, R., W. Seel and C. Leifert. 1999.** Effects of environmental factors on germination and emergence of *Amaranthus retroflexus*. *Weed Science*, 47: 505-510.
- Jacques, G. L. and R. G. Harvey. 1979.** Persistence of dinitroaniline herbicides in soil. *Weed Science*, 27: 660-665.
- Kennedy, J. M. and R. E. Talbert. 1977.** Comparative persistence of dinitroaniline type herbicides on the soil surface. *Weed Science*, 25: 373-381.
- Langhans, M., S. Niemes, P. Pimpl and D. G. Robinson. 2009.** Oryzalin bodies: In addition to its anti-microtubule properties, the dinitroaniline herbicide oryzalin causes nodulation of the endoplasmic reticulum. *Protoplasma*, 236 (1-4): 73-84.
- Li, D., B. Liu, F. Yang, X. Wang, H. Shen and D. Wu. 2016.** Preparation of uniform starch microcapsules by premix membrane emulsion for controlled release of avermectin. *Carbohydrate Polymers*, 136: 341-349.
- Mandumbu, R., S. J. Twomlow, P. Jowah, N. Mashingaidze, L. Hove and C. Karavina. 2012.** Weed seed bank response to tillage and residue management in semi-arid Zimbabwe. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 1: 1-12.
- Meredith, A.N., B. Harper and S. L. Harper. 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.
- Mousavi, M. R. 2001.** Integrated weed management (principles and methods). Tehran Miasad Press. (In Farsi). Pp. 470.
- Nichols, V., N. Verhulst, R. Cox and B. Govaerts. 2015.** Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research*, 183: 56-68.
- Parochetti, J. V. and G. W. Dec. 1978.** Photodecomposition of eleven dinitroaniline herbicides. *Weed Science*, 26: 153-156.

- Petersen, B. B. and P. J. Shea. 1989.** Microencapsulated alachlor and its behavior on Wheat (*Triticum aestivum*) straw. *Weed Science*, 37 (5): 719-723.
- Rashed Mohassel M. H. and S. K. Mousavi. 2007.** Weed management principles. Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Farsi). Pp. 545.
- Ruegg, W. T., M. Quadranti and A. Zoschke. 2007.** Herbicide research and development: Challenges and opportunities. *Weed Research*, 47: 271-275.
- Savage, K. E. 1978.** Persistence of several dinitroaniline herbicides as affected by soil moisture. *Weed Science*, 26: 465-471.
- Schreiber, M. M., B. S. Shasha, M. A. Ross, P. L. Orwick and D. W. Edgecomb. 1978.** Efficacy and rate of release of EPTC and butylate from starch encapsulated formulations under greenhouse conditions. *Weed Science*, 26: 679-686.
- Sopeña, F., C. Maqueda, and E. Morillo. 2009.** Controlled release formulations of herbicides based on micro-encapsulation. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 35 (1): 27-42.
- Tsuji, K. 2001.** Microencapsulation of pesticides and their improved handling safety. *Journal of Microencapsulation*, 18 (2): 137-147.
- Ueji, M. and K. Inao. 2001.** Rice paddy field herbicides and their effects on the environment and ecosystems. *Weed Biology and Management*, 1: 71-79.
- Wilkins, R. 2003.** Controlled release formulations of pesticides. PP. 386-398, In: J. R. Plimmer, D. W. Gammon and N. N. Ragsdale (eds.), *Encyclopedia of agrochemicals*. Wiley-Interscience Publication, Hoboken.
- Williams, A. 1984.** The controlled release of bioactive agents. *Chemical in Britain*, 221-224.
- Wilson, M. 2003.** Optimising pesticide use. John Wiley & Sons Ltd, Hoboken. Pp. 229.
- Yang, W. and B. A. Holmen. 2007.** Effects of relative humidity on chloroacetanilide and dinitroaniline herbicide desorption from agricultural PM<sub>2.5</sub> on quartz fiber filters. *Environmental Science and Technology*, 41 (11): 3843-3849.
- Zand E., M. A. Baghestani, S. K. Mousavi, M. Oveisi, M. Ebrahimi, M. Rastgoo and M. R. Labafi Hosseinabadi. 2008.** Weed management guide. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. (In Farsi). Pp. 480.

## Improving the Efficiency of Trifluralin Herbicide by Microcapsule Formulation in Weed Control of Tobacco (*Nicotiana tabacum*)

A. Rahbari<sup>1</sup>, E. Izadi Darbandi<sup>2\*</sup>, M. H. Rashed Mohassel<sup>3</sup>, Gh. H. Zohuri<sup>4</sup> and E. Zand<sup>5</sup>

### Abstract

Reduce pesticides usage and improve efficiency of them can be achieved by the technology of controlled release formulations. This experiment conducted to investigate the efficiency of synthesized microcapsule formulation of trifluralin in Tirtash Research and Education Center (located in Mazandaran province, the north of Iran) during the 2014 growing season. The experiment design was three-way factorial arrangement on a CRD with three replications. The treatments consisted of the microcapsule and emulsifiable concentrate (Treflan® 48%) formulation in different doses, 50, 75 and 100 percent of recommended dose (0.6, 0.9 and 1.2 kg a.i./ha) and application methods, soil-incorporated pre-planting and pre-planting. Weeding and weed infest were prepared as control plots. Density and dry weight of weed at 40 and 60 days after tobacco transplanting and tobacco yield were measured during the growth season. Based on the relative abundance of weeds, *Setaria viridis* L. and *Amaranthus retroflexus* L. were dominant species. The experimental results show there were significant difference between formulation type, dose and method of application on density and dry weight of weed and tobacco yield. The effectiveness of MC formulation in each applied dose were higher than EC formulation. The 50% recommended dose of MC formulation had the same weed control effectiveness as 75% recommended dose of the EC formulation. The green foxtail and redroot pigweed control were about 72 and 69% in 50% recommended dose of MC formulation and about 79 and 65% in 75% recommended dose of EC formulation, respectively. Also 50% of MC formulation could increase yield as same as the 100% of EC formulation, 4.26 and 4.30 ton.ha<sup>-1</sup>, respectively. Soil incorporation of trifluralin was very necessary to achieve best efficiency.

**Keywords:** Controlled release, Reduced dose, Tobacco, Weed.

Received date: 24 August 2017

Accepted date: 25 November 2017

1-M. Sc. Weed Science Student, Department of Agrotechnology-Faculty of Agriculture-Ferdowsi University of Mashhad

2- Associate Professor, Department of Agrotechnology-Faculty of Agriculture-Ferdowsi University of Mashhad

3- Professor, Department of Agrotechnology-Faculty of Agriculture-Ferdowsi University of Mashhad

4- Professor, Department of Chemistry-Faculty of Sciences-Ferdowsi University of Mashhad

5- Professor, Department of Weed Research - Iranian Research Institute of Plant Protection

\*- Corresponding author. E-mail: [e-izadi@um.ac.ir](mailto:e-izadi@um.ac.ir)