

ساخت و ارزیابی شعله‌افکن گازی با امکان اعمال شعله به صورت گسسته هدفمند در مکان‌یابی و نابودی علف‌های هرز

ریحانه لونی^۱ - محمد لغوی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۲۵

چکیده

امروزه کشاورزان نسبت به کاربرد روش‌ها و ابزارهای کنترل علف‌های هرز که خسارتی به محیط زیست نرسانند، علاقمندی بیشتری پیدا کرده‌اند. شعله افکنی با سوخت پروپان راهکاری است که پسماندی شیمیایی در داخل خاک، گیاه و آب‌های سطحی و زیر زمینی بر جای نمی‌گذارد. در این تحقیق یک دستگاه شعله افکن با امکان اعمال شعله به صورت یکنواخت و گسسته ساخته و مورد آزمایش و ارزیابی آزمایشگاهی و مزرعه‌ای قرار گرفت. در این دستگاه فناوری بینایی ماشین به صورت موفقیت آمیزی بین گیاه (گیاهانی که بین دو ردیف در مزرعه‌ی ذرت می‌رویند و به عنوان علف هرز تلقی می‌شوند) و خاک به صورت بی‌درنگ، تمایز قائل می‌شد. در آزمون آزمایشگاهی تأثیر سه سطح سرعت پیشروی (۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ متر بر ثانیه) بر تأخیر و تقدم عملکرد دستگاه شعله افکنی بررسی گردید. در آزمون‌های مزرعه‌ای کاربرد این فناوری در مقایسه با شعله افکنی پیوسته در کشت ذرت مورد ارزیابی قرار گرفت. کارایی مزرعه‌ای سامانه با اندازه‌گیری سوخت استفاده شده و با شمارش و وزن علف‌های هرز باقیمانده و از بین رفته، یک و سه روز بعد از هر تیمار شعله افکنی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی نشان داد که اثر سرعت بر دقت سامانه معنی دار بوده و در سرعت های ۰/۵ و ۰/۷ متر بر ثانیه سامانه دقت بیشتری نسبت به سرعت پیشروی ۰/۹ متر بر ثانیه دارد. براساس آزمون‌های مزرعه‌ای شعله افکنی گسسته و پیوسته نتایج مشابهی را در از بین بردن علف‌های هرز (هم شمارشی و هم وزنی) نشان دادند، درحالی‌که سوخت مصرفی شعله افکنی گسسته کمتر از حالت پیوسته بود. نتایج نشان می‌دهد که شعله افکنی گسسته با کاربرد فناوری ماشین بینایی توانایی جایگزینی با شعله افکنی پیوسته را با توجه به کاهش سوخت مصرفی و کاهش بالقوه آلودگی هوا افزون بر دیگر مزایای شعله افکنی دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شعله افکنی، علف هرز، کشاورزی دقیق، ماشین بینایی

مقدمه

مشکلات در تولید محصولات زراعی محسوب می‌شود. امروزه علف کش‌ها اصلی‌ترین وسیله مبارزه با علف‌های هرز می‌باشند (Wszelaki *et al.*, 2007)، ولی کاربرد علف کش‌ها موجب آلودگی‌های زیست محیطی، آلودگی آب‌های سطحی و زیر زمینی می‌شود. این آلودگی‌ها از طریق مصرف سبزیجات و میوه‌ها باعث ایجاد امراض گوناگون در بشر می‌شوند (Wszelaki *et al.*, 2006; Rifai *et al.*, 2003). همچنین علاوه بر مشکلات اکولوژیکی، به مرور زمان علف‌های هرز نسبت به علف کش‌های شیمیایی مقاوم گشته و با گذشت زمان به علف کش‌های جدیدتری نیاز است که این باعث صرف هزینه‌های گزافی برای کشاورزان می‌گردد (Šniauka and Pocius, 2008). در این شرایط کاربرد روش‌های فیزیکی ضرورت و اولویت پیدا می‌کند. کنترل حرارتی بخشی از روش‌های کنترل فیزیکی است که برای کنترل علف‌های هرز و بیماری‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rifai *et al.*, 2003).

ذرت^۳ از تیره‌ی غلات^۴ و سومین غله‌ی جهان می‌باشد. ذرت گیاهی مقاوم به حرارت بوده و در رابطه با اعمال شعله افکنی برای از بین بردن علف‌های هرز پاسخ مطلوبی نشان داده است (Lanini and Grant, 2003; King *et al.* 2001; Heverton *et al.*, 2008). علف هرز می‌تواند همانند گیاهی که در مکان نادرست و زمان نادرست رشد می‌کند و به محصول زراعی صدمه وارد می‌کند تصور گردد (Parish, 1990). مدیریت علف‌های هرز یکی از مهمترین

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شیراز
* - نویسنده مسئول:

(Email: loghavi@shirazu.ac.ir)

3- Zea mays

4- Poaceae

است که عبارتند از:

۱- سامانه مکانیکی، ۲- سامانه جمع‌آوری و پردازش تصویر و کنترل الکترونیکی

سامانه مکانیکی:

مشعل^۱: دو عدد مشعل در ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر از سطح زمین و در زاویه‌ی ۳۰ درجه نسبت به افق قرار داده شد به‌طوری که عرض کاری ۶۵ سانتی‌متری بین دو ردیف کشت را پوشش دهند.

محافظ^۲: به‌منظور جلوگیری از اعمال حرارت به گیاه اصلی، از دو محافظ در دو طرف مشعل‌ها استفاده شد. جنس این صفحات از لاستیک مقاوم در برابر اشتعال بود که ضمن جلوگیری از اعمال حرارت به گیاه اصلی در برابر گرما مقاوم باشد.

شاسی: این شاسی در حکم ستون فقرات دستگاه بود. مشعل‌ها، دوربین، مدار الکترونیکی، کامپیوتر لپ‌تاپ و کپسول گاز پروپان روی شاسی قرار داشتند. در قسمت جلو شاسی اتصالات استاندارد جهت نصب دستگاه به اتصال سه نقطه تعبیه شده بود. طراحی مشعل‌ها و پایه دوربین به‌گونه‌ای بود که امکان جابه‌جایی به‌صورت افقی و عمودی را برای مشعل‌ها و دوربین فراهم سازد تا بدین ترتیب بتوان مشعل‌ها (به‌منظور پوشش ۶۵ سانتی‌متری فاصله بین دو ردیف کشت ذرت) و دوربین (به‌منظور پوشش ۵۴×۶۵ سانتی متر مربعی سطح زمین) را در موقعیت و زاویه مناسبی تنظیم کرد. در قسمت جانبی این شاسی جایگاهی برای مخزن سوخت تعبیه شده بود (شکل ۱).

مخزن سوخت^۳: به‌منظور تأمین سوخت مورد نیاز برای راه‌اندازی مشعل‌ها، از یک کپسول ۱۱ کیلوگرمی گاز پروپان استفاده شد. **سایبان پارچه‌ای^۴:** به‌منظور عملکرد بهتر سامانه ماشین بینایی (حذف مشکل نقاط تاریک و روشن) یک سایبان پارچه‌ای روی دستگاه قرار گرفت.

سامانه جمع‌آوری و پردازش تصویر و کنترل الکترونیکی

پردازش تصویر

جهت پردازش بی‌درنگ تصویر از نرم افزار Labview v7.1 که یکی از کاربردی‌ترین نرم‌افزارهای پردازش تصویر است، استفاده شد. علت انتخاب این نرم‌افزار حساس بودن این نرم‌افزار به تغییر دینامیکی اشیاء است که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از دیگر ویژگی‌های این برنامه سرعت بالای آنالیزها و ارسال اطلاعات است که آن را برای کاربرد در ماشین بینایی بی‌نظیر ساخته است.

شعله افکنی قابلیت از بین بردن طیف وسیعی از علف‌های هرز را دارا می‌باشد، در حالی که مواد شیمیایی ممکن است قابلیت کنترل برخی از علف‌های هرز مقاوم را نداشته باشند (Rifai et al., 2003). همچنین شعله افکنی در مبارزه با برخی از آفات و بیماری‌ها نیز به خوبی کنترل علف‌های هرز مؤثر است (Lague et al., 1997; Seifert and Snipes, 1996).

شعله افکنی محصولات کشاورزی یک فناوری جدید نیست، در آمریکا حدوداً از اوایل ۱۹۴۰، برای کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه به کار برده می‌شد. از ۱۹۶۰ کاربرد شعله افکنی در محصولات چمن، ذرت، لوبیا، سیب زمینی، پیاز، انگور و توت فرنگی افزایش یافت. هر چند در اواخر ۱۹۶۰ با ظهور علف‌کش‌ها و افزایش نرخ سوخت، کاربرد شعله افکن‌ها رو به کاهش رفت، ولی امروزه به علت آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از کاربرد علف‌کش‌های شیمیایی، کاربرد شعله افکن‌ها رو به افزایش است (King, 2001).

یک شعله افکن جهت‌دار به‌وسیله گاز طبیعی یا پروپان مایع می‌سوزد و دمای علف هرز را بالا می‌برد (Ronnie et al., 1998). با افزایش دما، شیره سلول گیاهی و آب‌های موجود در بافت‌های گیاه منبسط می‌گردد و در نتیجه فشار تولید شده دیواره سلولی علف هرز گسیخته می‌گردد و گیاه مورد نظر خشک می‌شود (Lanini and Grant, 2003; Rifai et al., 2003). همچنین این حرارت انتقالی ماهیت پروتئین‌های موجود در گیاه را عوض می‌کند و نیز به‌صورت شیمیایی تجزیه می‌نماید (Lanini and Grant, 2003; Ronnie et al., 1998).

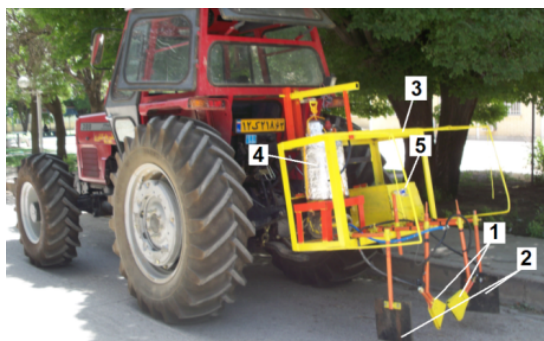
از طرفی کاربرد کشاورزی دقیق با مدیریت تغییرات مکانی خصوصیات مختلف خاک و محیط مزرعه موجب افزایش کمی و کیفی عملکرد محصولات زراعی، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و افزایش بهره‌وری می‌گردد (Pierce and Nowak, 1999). در کشاورزی دقیق نهاده‌ها بر اساس نیاز واقعیشان در هر قسمت از مزرعه که اطلاعات آن موجود باشد توزیع می‌شود (Plant, 2001). در این مقاله ساخت و ارزیابی آزمایشگاهی و مزرعه‌ای یک دستگاه شعله افکن گازی با قابلیت اعمال شعله به‌صورت گسسته هدفمند برای کاربرد فناوری کشاورزی دقیق در تشخیص علف‌های هرز مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. در این راستا تاکنون هیچ گزارشی در سطح جهانی از کاربرد شعله افکنی، همراه با فناوری نرخ متغیر و کاربرد پردازش تصاویر به‌صورت بی‌درنگ برای مبارزه با علف‌های هرز، مشاهده نشده است.

مواد و روش‌ها

ساخت سامانه اعمال شعله افکنی

ساخت شعله افکن نرخ متغیر در دو بخش عمده انجام گرفته

- 1- Burners
- 2- Protection shields
- 3- Main gas tank
- 4- Shroud

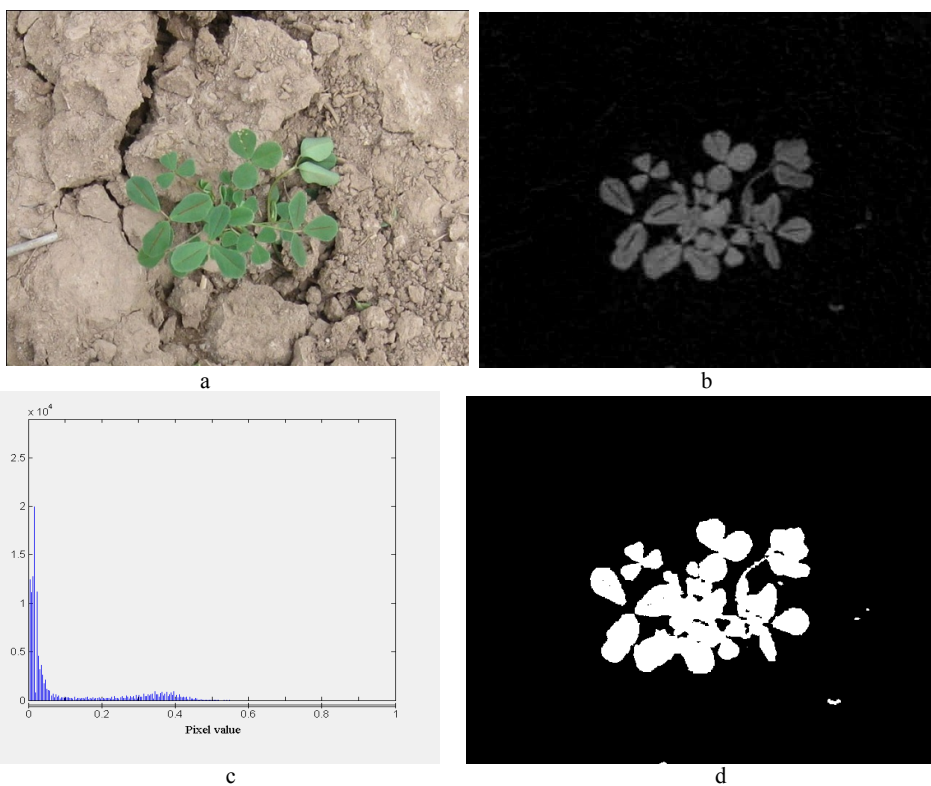


شکل ۱- نمایی از دستگاه شعله افکن نرخ متغیر سوار بر تراکتور:

(۱) مشعل‌ها (۲) محافظ‌ها (۳) شاسی (۴) مخزن سوخت (۵) دوربین

Fig.1. The variable rate flame weeder mounted on tractor:

1) Burners 2) Protective shields 3) Frame 4) Fuel tank 5) Camera



شکل ۲- نمونه ای از تصویر علف هرز پردازش شده که ۹/۳۲٪ سطح کل را پوشش داده است: (a) تصویر اصلی (b) تصویر شدت سبزی (c) هیستوگرام تصویر (d) تصویر باینری که علف هرز را نشان می‌دهد.

Fig.2. An example of a weed with a coverage percentage of 9.32% of the image area:

a) Original image b) Excessive green image c) Image histogram d) Binary image showing the segmented weed

۲/۵۴ و ۱/۹۵ به ترتیب برای رنگ‌های قرمز، سبز و آبی و مقدار حد آستانه در خروجی این برنامه ۰/۰۱ تعیین گردید. سپس با استفاده از رابطه (۱) تفکیک گیاهان سبز از خاک صورت

در تحقیق حاضر هر تصویر برداشت شده ۶۴۰×۴۸۰ پیکسل بود. هر پیکسل به مؤلفه RGB تفکیک شد و در اجرای آزمون‌های آزمایشگاهی این سامانه، با استفاده از روش سعی و خطا ضرایب ۱،

گرفت (Liu and Paulsen, 2000).

$$G > \frac{A+B}{2} \Rightarrow 2G - R - B > 0 \quad (۱)$$

نتایج حاصل از جداسازی و تفکیک سبزی تصویر، به کدهای دودویی (۰ و ۱) تبدیل گردیدند و سپس با استفاده از فرمان‌های مربوط به ارسال داده به پورت سریال، مقدار نهایی نتیجه بدست آمده (۱ معادل روشن بودن و ۰ معادل خاموش بودن) به پورت سریال تعریف شده ارسال می‌شدند که نهایتاً این فرمان‌ها به مدار الکترونیکی ارسال شده و موجب باز و بسته شدن شیر الکترونیکی می‌گردید. در شکل ۲ نمونه ای از مراحل پردازش تصویر آورده شده است.

ارتفاع محل نصب دوربین بر روی تراکتور

با روش سعی و خطا ارتفاع مناسب جهت نصب دوربین تعیین شد. وقتی که ارتفاع دوربین از سطح زمین ۸۵ سانتی‌متر بود تصویری به عرض ۶۵ سانتی‌متر که فاصله مورد نظر بین ردیف‌های کشت است، توسط دوربین رنگی (شرکت SHARK، وضوح تصویر ۱/۳ مگاپیکسل، قطر لنز ۶ میلی‌متر، زاویه دید ۵۴/۳ درجه) با سرعت ۳۰ fps گرفته شد.

مدار کنترل الکترونیکی

مدار کنترل کار تبدیل سیگنال‌های خروجی از مرحله پردازش تصویر به سیگنال‌های الکتریکی لازم برای راه‌اندازی شیرهای الکتریکی (Air Tac, 2KWL030-08, DC12V) را به‌عهده دارد. شیرهای الکتریکی با ولتاژ ۱۲ ولت باتری تراکتور راه‌اندازی می‌گردند. مدار کنترل با دریافت دستور از برنامه Lab view عمل قطع و وصل جریان ۱۲ ولت را به شیرهای الکتریکی صادر نموده و از این طریق کنترل مشعل‌ها با توجه به وجود علف هرز قابل کنترل بود. مدار کنترل الکترونیکی از اجزا اصلی شامل: میکروکنترلر، آی سی Max232، TLP521 و آی سی ULN2803 تشکیل شده است (شکل ۳).

آزمون‌های آزمایشگاهی سامانه اعمال شعله افکن

آزمون ارزیابی الگوریتم پردازش تصویر

به منظور ارزیابی دقت پردازش تصویر توسط برنامه لب و یو، تشخیص صحیح و یا نادرست در جداسازی گیاه از زمینه خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. معیار ارزیابی الگوریتم پردازش تصویر در جداسازی گیاه از زمینه خاک بر اساس روش $2G-R-B \geq 0$ با استفاده از نرخ طبقه‌بندی نادرست گیاه (MCR_p) و نرخ طبقه‌بندی نادرست خاک (MCR_s) بیان می‌شود (Woebbeck, 1995).

$$MCR_p = \frac{\text{تعداد پیکسل های غیر گیاه که به عنوان گیاه تشخیص داده شده است}}{\text{تعداد کل پیکسل های گیاه سبز در تصویر}} \quad (۲)$$

$$MCR_s = \frac{\text{تعداد پیکسل های خاک که به عنوان گیاه تشخیص داده شده است}}{\text{تعداد کل پیکسل های خاک در تصویر}} \quad (۳)$$

به این منظور از ۳۱ نمونه تصویر برداشت شده توسط دوربین در طی آزمون مزرعه‌ای، تعداد پیکسل‌های خاک و گیاه در هر تصویر به‌طور جداگانه توسط نرم‌افزار فتوشاپ مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ای از تصویر کار شده در برنامه فتوشاپ در شکل ۴ آورده شده است که نهایتاً تعداد پیکسل‌هایی که اشتباهاً گیاه و یا اشتباهاً خاک تشخیص داده شده بود توسط برنامه Visual Basic 6.0 شمارش شد. نتایج به‌دست آمده سپس در الگوریتم پردازش تصویر مقایسه و دو معیار MCR_p و MCR_s محاسبه گردید.

ارزیابی و بررسی آزمایشگاهی تأخیر و تقدم اشتعال گاز

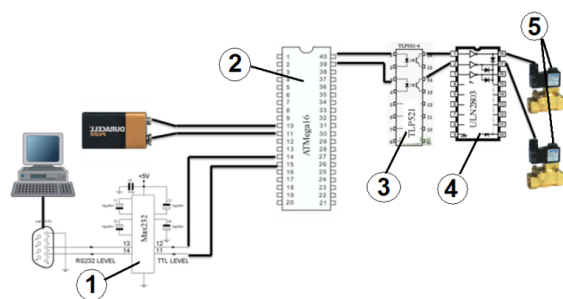
جهت ارزیابی و بررسی آزمایشگاهی تأخیر و تقدم اشتعال گاز در دستگاه شعله افکن، تعداد ۲۰ نوار از علف هرز به عرض ۶۵ و به طول ۵ سانتی‌متر در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از هم در مسیر حرکت شعله افکن سوار بر پشت تراکتور، قرار داده شد. برای اندازه‌گیری مقادیر تأخیر و تقدم در اشتعال مشعل‌ها از تصویر برداری همزمان برنامه در حال اجرای Lab view و شعله افکن‌ها استفاده شد. قالب تصاویر شامل مشعل‌های در حال شعله افکنی گسسته و نوارهای علف‌های هرز بود. سپس با بررسی فیلم‌های گرفته شده در برنامه Windows Movie Maker و به‌دست آوردن اختلاف زمانی (تا میلی ثانیه) بین زمانی که مشعل‌ها به نوارهای علف‌های هرز می‌رسند (حالت ایده آلی که اشتعال بایستی صورت می‌گرفت) و زمانی که اشتعال مشعل‌ها صورت می‌گرفت، میزان تأخیر و تقدم اشتعال گاز در دستگاه شعله افکن نرخ متغیر ارزیابی گردید. این آزمون در سه سرعت پیشروی (۰/۵، ۰/۷، ۰/۹ متر بر ثانیه) در سه تکرار اجرا گردید.

ارزیابی عملکرد سامانه شعله افکن

به‌منظور ارزیابی عملکرد سامانه ساخته شده برای بررسی دقت شناسایی سبزینه، ۳۰ عدد نشانه سبز رنگ کاغذی به‌صورت تصادفی در پهنای ۶۵ سانتی‌متری (معادل عرض کاری دستگاه) در طول مسیری ۱۰ متری در امتداد حرکت تراکتور قرار داده شد (Tian, 2002). کلیه آزمایش‌ها در سه سرعت ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ متر بر ثانیه و در سه تکرار انجام گرفت. به‌منظور ارزیابی، نسبت کاغذهای سوخته شده به کل نشانه‌های قرار داده شده به‌عنوان معیاری از شناسایی سبزینه در نظر گرفته شد.

1- Miss classification rate of plant (MCR_p)

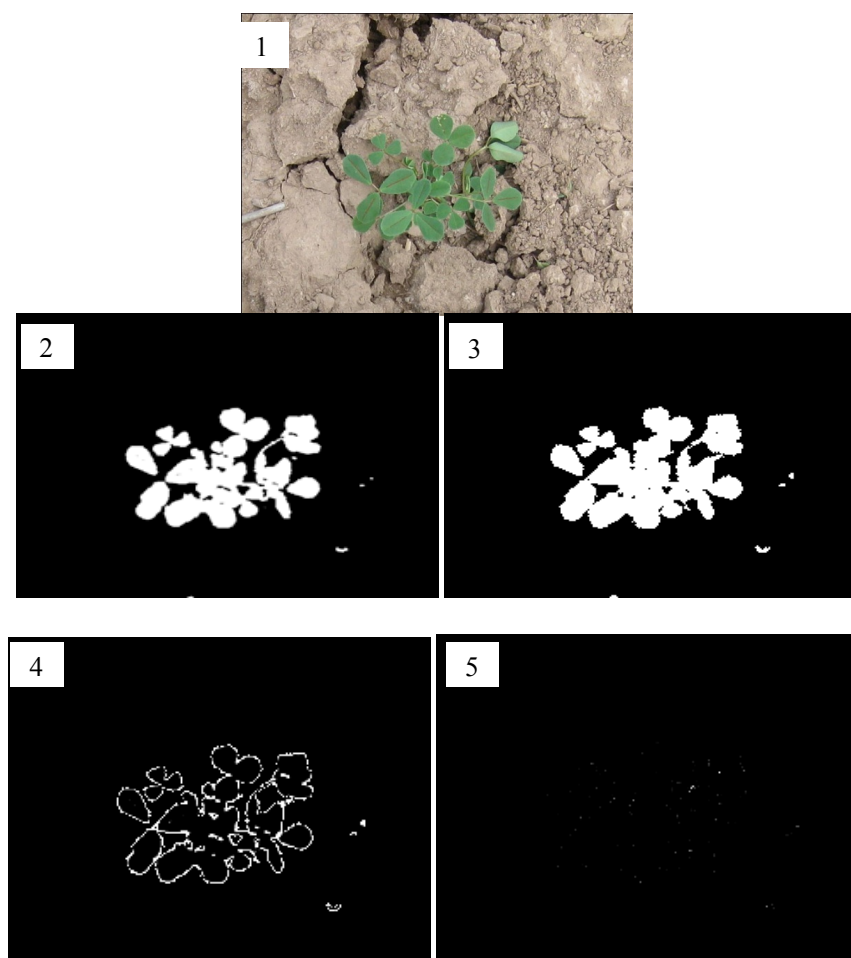
2- Miss classification rate of soil (MCR_s)



شکل ۳- مدار الکترونیکی کنترل شیرهای الکتریکی مشعل‌ها:

(۱) آی سی Max232 (۲) میکرو کنترلر (۳) تراشه TLP521 (۴) آی سی ULN2803 (۵) شیرهای الکتریکی

Fig.3. Electronic circuit for controlling burners' electric valves: 1) IC Max232, 2) Microcontroller, 3) Chip TLP521, 4) IC ULN2803 and 5) Solenoid valves



شکل ۴- تصاویر پردازش شده در برنامه فتوشاپ: (۱) تصویر مزرعه‌ای (۲) تصویر دریافت شده از برنامه پردازش تصویر (۳) پیکسل‌های صحیح گیاه در تصویر (۴) پیکسل‌های غیر گیاه که به‌عنوان گیاه تشخیص داده شده است (۵) پیکسل‌های گیاه که به‌عنوان غیر گیاه تشخیص داده شده است

Fig.4. The processed pictures in Photoshop software: 1) Original field picture 2) The gained picture from image processing software 3) The correct plant pixels in picture 4) Non plant pixels detected as plant 5) Plant pixels detected as non plant.

B: میانگین تعداد علف هرز موجود در قاب‌های ۰/۵ متر مربعی درون کرت‌های اعمال تیمار یک و سه روز بعد از اعمال شعله افکنی. از روابط (۵)، (۶) و (۷) نیز شاخصی به نام کنترل علف هرز (Weed Control) بعد از شعله افکنی به‌دست می‌آید. این شاخص بیان‌کننده درصد نابود سازی علف‌های هرز در مقایسه با کرت‌های شاهد می‌باشد (Pierce, 2001).

$$\text{Weed Control One day after flame} = \frac{A^1 \text{ One day after flame}}{B^1} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Weed Control Three days after flame} = \frac{A^1 \text{ Cumulative average three days after flame}}{B^1} \times 100 \quad (6)$$

Weed Control One day after flame: درصد کنترل علف هرز یک روز بعد از شعله افکنی در مقایسه با شاهد

Weed Control Three days after flame: درصد کنترل علف هرز سه روز بعد از شعله افکنی در مقایسه با شاهد

A^1 : میانگین وزنی علف‌های هرز از بین رفته در هر ۰/۵ متر مربع کرت‌های اعمال تیمار یک و سه روز بعد از هر مرحله شعله افکنی
 $A^1 \text{ One day after flame}$: وزن علف‌های هرز از بین رفته یک روز بعد از شعله افکنی

$A^1 \text{ Three days after flame}$: وزن علف‌های هرز از بین رفته سه روز بعد از شعله افکنی

$A^1 \text{ Cumulative average three days after flame}$: میانگین تجمعی وزن علف‌های هرز از بین رفته یک و سه روز بعد از شعله افکنی

$$A^1 \text{ Cumulative average three days after flame} = A^1 \text{ one day after flame} + A^1 \text{ Three days after flame} \quad (7)$$

D^1 : میانگین وزنی علف‌های هرز موجود در هر ۰/۵ متر مربع از کرت شاهد قبل از هر مرحله شعله افکنی

شمارش و توزین علف‌های هرز یک روز و سه روز بعد از اعمال هر شعله افکنی، به‌عبارتی در روزهای ۲۶ و ۲۸ خرداد ماه، ۲ و ۴ تیر ماه، ۹ و ۱۱ تیر ماه به‌ترتیب معادل با یک روز و سه روز بعد از شعله افکنی اول، دوم و سوم انجام شد.

آزمون‌های مزرعه ای سامانه اعمال شعله افکن

موقعیت محل و زمان انجام آزمایش

برای ارزیابی مزرعه‌ای، کشتزاری واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهر شیراز با طول جغرافیایی ۴۶° و ۵۲° شرقی، عرض جغرافیایی ۵۰° و ۲۹° شمالی و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۰ انتخاب گردید. بافت خاک مزرعه رسی شنی و دارای ۱۷/۸٪ شن، ۴۸٪ سیلت و ۳۴٪ رس بود.

عملیات زراعی

زمین مورد آزمایش جهت آماده سازی یک بار با گاوآهن برگردان دار دو طرفه تا عمق ۲۵ سانتی‌متر شخم زده شد و دو مرتبه با دیسک و لولر، آماده‌سازی گردید. کاشت ذرت توسط ردیف کار پنوماتیکی با تراکم ۶۰۰۰ بوته در هکتار انجام گردید. بذر مورد استفاده از رقم هیبرید SC-704 انتخاب و کاشته شد.

نحوه اجرای شعله افکنی

در اجرای آزمایش‌های مزرعه‌ای از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار استفاده شد. کلیه آزمایش‌ها در دو حالت شعله افکنی گسسته و پیوسته، در سه سرعت پیشروی (۰/۵، ۰/۷، ۰/۹ متر بر ثانیه) و در سه مرحله رشدی ۴ برگی (۷۴)، ۶ برگی (۷۶) و ۸ برگی (۷۸) ذرت اجرا گردید. کرت‌های دست نخورده به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. عملیات شعله افکنی (سه مرتبه شعله افکنی) در روزهای ۲۵ خرداد، ۱ و ۸ تیرماه که هم‌زمان با مراحل رشدی ۴، ۶ و ۸ برگی بود اجرا گردید.

کنترل علف‌های هرز

جهت بررسی نحوه‌ی عملکرد شعله افکنی در از بین بردن علف‌های هرز از دو روش وزنی و شمارشی استفاده شد. داده برداری از درون قاب‌های ۰/۵ مترمربعی که به‌صورت تصادفی در سه نقطه در طول کرت‌های تیمارهای آزمایشی و کنترل قرار می‌گرفت انجام گردید. پس از اعمال شعله افکنی با استفاده از رابطه (۴)، که توسط (Pierce (2001 ارائه شده است، درصد کنترل (Percent Control, P.C.) علف هرز به‌دست می‌آید:

$$P. C. = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad (4)$$

A: میانگین تعداد علف هرز موجود در قاب‌های ۰/۵ متر مربعی درون کرت‌های اعمال تیمار قبل از اعمال هر مرتبه شعله افکنی.

بررسی سوخت مصرفی در شعله افکنی مزرعه ای

سوخت مصرفی تیمارهای اعمالی با استفاده از یک دستگاه بارسنج^۱ (ساخت نگار کنترل سیستم، از نوع خمشی، بار متعارف = 30 kg m^{-1} ، $Cn=2\text{ mv}^{-1}$) نصب شده در بالای کپسول گاز اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که قبل و بعد از اعمال شعله افکنی در هر یک از تیمارها، وزن کپسول اندازه‌گیری می‌شد. تفاضل این دو مقدار برابر با وزن سوخت مصرفی در هر تیمار محسوب گردید.

چگونگی تجزیه تحلیل آزمون مزرعه‌ای

کلیه داده‌های به دست آمده از انجام این پژوهش، شامل "درصد کنترل p.c"، "کنترل علف هرز Weed Control" علف‌های هرز و مقدار سوخت مصرفی توسط نرم افزار اکسل دسته بندی شدند. برای محاسبه آنالیز واریانس و تعیین وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از نرم افزار SPSS 15 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی برنامه پردازش تصویر

تشخیص درست گیاهان از خاک با استفاده از روش $2G-R-B \geq 0$ یکی از اهداف مورد بررسی این تحقیق بود. برای ارزیابی برنامه پردازش تصویر، مقادیر MCR_p و MCR_s ۳۱ نمونه تصاویر منتخب برداشته شده از مزرعه محاسبه گردید و به ترتیب مقادیر میانگین ۰/۹۱٪ و ۱/۰۰٪ به دست آمد که نشان دهنده تشخیص قابل قبول علف هرز است.

نتایج آزمون های آزمایشگاهی

دقت شعله افکنی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های تأخیر زمانی شعله افکنی به هنگام از بین بردن نوارهای علف هرز توسط سامانه بینایی ماشین که از طریق تجزیه واریانس و آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت، به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۵ آورده شده است.

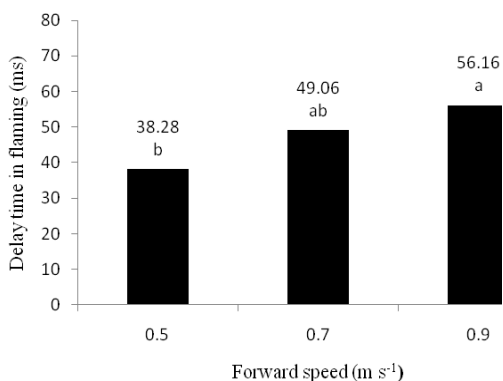
نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که تأخیر زمانی در راه اندازی شعله افکن در سرعت‌های مختلف شعله افکنی اختلاف معنی‌داری نشان داده است. از طرفی با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که با کاهش سرعت پیشروی تأخیر زمانی کاهش یافته و کمترین مقدار آن در کمترین سرعت پیشروی ($0/5\text{ m s}^{-1}$) اتفاق افتاده است که بیانگر بالاترین دقت شعله افکنی در سرعت‌های پایین پیشروی می‌باشد.

جدول ۱ - تجزیه واریانس داده های تأخیر زمانی در اعمال شعله افکنی

Table1- Analysis of the variance of data on delay time in flaming

| منبع تغییر Source of variation | درجات آزادی Degree of freedom | میانگین مربعات Mean Squares |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| تکرار Replication | 654.217 ^{ns} | 2 |
| سرعت Speed (m s^{-1}) | 2 | 4.260* |

(ns) عدم وجود اختلاف معنی دار (* اختلاف معنی دار در سطح ۵٪
(ns) Not significant, *) Significant difference at 5%



شکل ۵ - مقایسه میانگین تأخیر زمانی در اعمال شعله افکنی
Fig.5. Comparison of mean values of delay time in flaming

از بین رفته (Weed Control)، بر مبنای تعداد علف‌های هرز نازک برگ از بین رفته بر مبنای فرمول درصد کنترل (P.C.) و بر مبنای تعداد علف‌های هرز پهن برگ از بین رفته بر مبنای فرمول درصد کنترل (P.C.) بین حالت شعله افکنی گسسته و پیوسته اختلاف معنی داری وجود ندارد. بدین ترتیب کارایی شعله افکنی گسسته در کنترل علف‌های هرز مشابه با شعله افکنی پیوسته است.

مقایسه مصرف سوخت در شعله افکنی گسسته و پیوسته

همان گونه که نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌های سوخت مصرفی (جدول ۴) نشان می‌دهد، مصرف سوخت در دو حالت شعله افکنی پیوسته و گسسته دارای اختلاف معنی دار است. نمودارهای شکل ۶ نشان می‌دهند که میانگین مصرف سوخت در حالت پیوسته به‌طور معنی داری بالاتر از حالت گسسته است.

داده‌های حاصله از بررسی دقت عملکرد دستگاه در تشخیص و شعله افکنی نشانه‌های سبز رنگ با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج حاصله در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین درصد شناسایی و سوزاندن سبزینه به‌صورت بی‌درنگ در سرعت‌های پیشروی کمتر (۰/۵ و ۰/۷ متر بر ثانیه) به‌دست آمده و با توجه به ظرفیت مزرعه‌ای بالاتر، سرعت پیشروی ۰/۷ متر بر ثانیه بهینه‌ترین سرعت پیشروی شناخته می‌شود.

نتایج آزمون‌های مزرعه‌ای

مقایسه کنترل علف‌های هرز در شعله افکنی گسسته و پیوسته

آنالیز واریانس داده‌های توزین و شمارش علف‌های هرز (جدول ۳) نشان می‌دهد که در کنترل علف هرز بر مبنای وزن علف‌های هرز

جدول ۲- مقایسه میانگین دقت عملکرد دستگاه

| سرعت پیشروی تراکتور ($m s^{-1}$) Travel speed ($m s^{-1}$) | میانگین نشانه‌های سوخته شده (%) Burned target means (%) |
|---|--|
| 0.5 | 97.78 ^{ab} |
| 0.7 | 92.22 ^a |
| 0.9 | 84.44 ^b |

(* میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪))

(* Means with similar letters are not significantly different (Duncan 5%))

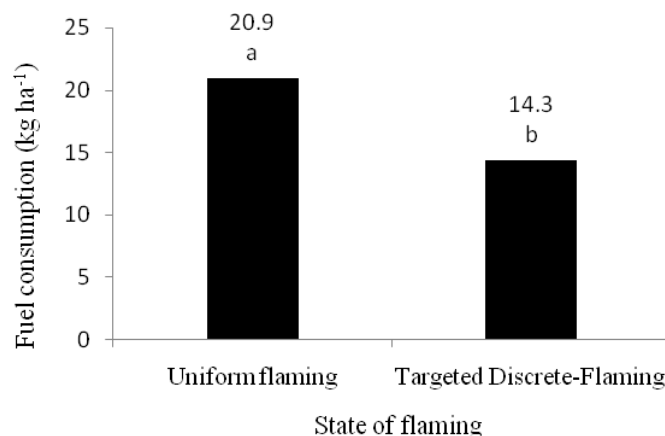
جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های کنترل علف‌های هرز در شعله افکنی گسسته و پیوسته

| منبع تغییر Source of variation | درجه آزادی Degree of freedom | فرمول کاربردی Application formula | میانگین مربعات Mean Squares |
|-----------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|
| حالت شعله افکنی Flaming type | 1 | Weed Control بر مبنای وزن علف‌های هرز Weed Control based on weight of weeds | 0.183 ^{ns} |
| | | P.C. بر مبنای تعداد علف‌های هرز نازک برگ Percent Control based on number of grass | 14.418 ^{ns} |
| | | P.C. بر مبنای تعداد علف‌های هرز پهن برگ Percent Control based on number of broadleaf | 7.274 ^{ns} |
| (ns) عدم وجود اختلاف معنی دار | | | |

جدول ۴- آنالیز واریانس داده‌های سوخت مصرفی شعله افکن در دو حالت پیوسته و گسسته هدفمند

Table 4- Analysis of the variance of fuel consumption data in uniform and targeted-discrete flaming

| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی Degree of freedom | میانگین مربعات Mean Square |
|---|---------------------------------|-------------------------------|
| تکرار Block | 3 | 8.162 ^{ns} |
| حالت شعله افکنی Type of flaming | 1 | 1431.125* |
| (ns) عدم وجود اختلاف معنادار (* وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪) | | |



شکل ۶- مقایسه میانگین سوخت مصرفی در شعله افکنی پیوسته و گسسته

Fig.6. Comparison of means values of fuel consumption at continuous and discrete flaming

و ۰/۷ متر بر ثانیه سامانه دقت بیشتری نسبت به سرعت پیشروی ۰/۹ متر بر ثانیه دارد. بر اساس یافته‌های آزمون‌های مزرعه‌ای اختلاف معنی داری در از بین بردن علف‌های هرز بین شعله افکنی گسسته و پیوسته مشاهده نشد که این نشان دهنده اثر یکسان شعله افکنی گسسته و پیوسته در از بین بردن علف‌های هرز است. مقایسه میانگین سوخت مصرفی نشان می‌دهد که در حالت شعله افکنی گسسته ما شاهد صرفه جویی در مصرف سوخت هستیم در حالی که اثر هر دو حالت شعله افکنی در از بین بردن علف‌های هرز یکسان است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک دستگاه شعله افکن با امکان اعمال شعله به صورت یکنواخت و گسسته طراحی، ساخته و مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت. فناوری ماشین بینایی با به‌کارگیری نرم افزار LabVIEW و استفاده از روش RGB بین خاک و گیاهانی که بین دو ردیف در مزرعه‌ی ذرت می‌رویند و به‌عنوان علف هرز تلقی می‌شوند، تمایز قائل می‌شد. در آزمون‌های آزمایشگاهی، اثر سه سرعت پیش‌روی (۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ متر بر ثانیه) بر تأخر و تقدم شعله افکنی و دقت عملکرد سامانه شعله افکنی بررسی گردید. نتایج نشان داد که اثر سرعت بر دقت سامانه معنی دار بوده و در سرعت‌های ۰/۵

منابع

1. Heverson, T. Z., S. Ulloa, A. Datta, and S. Z. Knezevic. 2008. Corn (*Zea mize*) and soybean (*Glycine max*) tolerance to broadcast flaming. *RURALS*, Vol. 3, Iss. 1, Art.
2. King, W. S. 2001. Development of a flame weeder. *Transactions of the ASAE* 44 (5): 1065-1070.
3. Lague, C., J. Gill, N. Lehoux, and G. Peloquin. 1997. Engineering performances of propane flammers used for weed, insect pest, and plant disease control. *Appl. Eng. Agric.* 13 (1): 7-16.
4. Lanini, W. T., and J. A. Grant. 2003. Organic weed management in walnut orchards. Handout from Innovations in Walnut Orchard Floor Management Field.
5. Liu, J., and M. R. Paulsen. 2000. Corn whiteness measurement and classification using machine vision. *Transactions of the ASAE* 43 (6): 1669-1675.
6. Parish, S. 1990. A review of non-chemical weed control techniques. *Biological Agriculture and Horticulture* 7 (2): 117-137.
7. Pierce, R. A. 2001. Evaluation of deposition and application accuracy of a pulse width modulation flow control field sprayer. Master's thesis, Department of Chemical and Bioresearch Engineering. Colorado State University, Fort Collins, Co.
8. Pierce, F. J., and P. Nowak. 1999. Aspects of precision agriculture. *Advances in Agronomy* 67©:1-85.
9. Plant, R. E. 2001. Site-specific management: the application of information technology to crop production. *Computers and Electronics in Agriculture* 30 (1): 9-29.
10. Rifai, M. N., J. Miller, J. Gadus, P. Otepka, and L. Kosik. 2003. Comparison of infrared, flame and

- steam units for their use in plant protection. Agr. Eng. Res. 49 (2): 65-73.
11. Ronnie, W. H., and G. J. Vernon. 1998. Controlling weeds in organic crops through the use of flame weeders. Organic Farming Research Foundation Project Report. Available from: http://ofrf.org/funded/reports/heiniger_94-43.
 12. Seifert, S., and C. E. Snipes. 1996. Influence of flame cultivation on mortality of cotton (*Gossypium hirsutum*) pests and beneficial insects. Weed Technol. 10 (3): 544-549.
 13. Šniauka, P., and A. Pocius. 2008. Thermal weed control in strawberry. Agronomy Research 6 (Special issue): 359-366.
 14. Tian, L. 2002. Development of a sensor-based precision herbicide application system. Computers and Electronics in Agriculture 36 (2-3): 133-149.
 15. Wszelaki, A. L., D. J. Doohan, and A. Athanasios. 2007. Weed control and crop quality in cabbage (*Brassica oleracea*) and tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) using a propane flamer. Crop Protection 26 (2): 134-144.
 16. Woebeck, D. M., G. E. Meyer, K. Von Bargaen, and D. A. Mortensen. 1995. Color indices for weed identification under various soil, residue and lighting conditions. Trans. of the ASAE 38: 259-269.