مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۲، شماره ۴، ۱۳۹۰ (۸۱۹-۸۰۹)

تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در مشهد

سید محمد سیدی[۱]، رضا قربانی[۲]، پرویز رضوانی مقدم[۳]* و مهدی نصیری محلاتی[۴]
۱، ۲، ۳، ۴، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادان
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۰ - تاریخ تصویب: ۹۰/۷/۲۷)

چکیده

به منظور تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز سیاهدانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش در دو سری شامل دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز تنظیم شدند. سری اول شامل شش تیمار بود که از زمان سبز شدن تا صفر، ۱۴، ۲۸، ۴۲، ۵۶ و۷۰ روز پس از سبز شدن در کرت‌ها، علف‌های هرز کنترل شدند و سپس به آنها تا زمان برداشت سیاهدانه اجازه رشد داده شد. سری دوم نیز شامل شش تیمار بود که از زمان سبز شدن تا دوره‌های ذکر شده به علف‌های هرز در کرت‌ها اجازه رشد داده شد و سپس تا زمان برداشت، این علف‌های هرز کنترل شدند. در این مطالعه، شروع و پایان دوره بحرانی به ترتیب بر اساس معادلات لجستیک و گامپرتز در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد افت عملکرد قابل قبول تعیین شد. براساس نتایج این آزمایش، گندمک (*Stellaria graminea*) در شروع دوره رشد سیاهدانه و تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*)، سلمه (*Chenopodium album*) و سوروف (*Echinochloa cruss-galli*) در اواسط و نیز در پایان فصل رشد این گیاه، به عنوان علف‌های هرز غالب شناخته شدند. براساس نتایج این آزمایش، حداکثر دوره تداخل علف‌های هرز (شروع دوره بحرانی) در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد افت عملکرد به ترتیب ۱۰/۵، ۱۳، ۱۷/۳ روز از سبز شدن سیاهدانه (۸۶، ۱۰۸ و ۱۴۹ درجه روز-رشد پس از سبز شدن) تعیین شد. حداقل دوره کنترل علف‌های هرز (پایان دوره بحرانی) نیز در سه سطح افت عملکرد ذکر شده به ترتیب ۷۶/۸، ۷۴/۸ و ۷۱/۱ روز پس از سبز شدن (۱۰۰۵، ۹۶۰ و ۸۸۳ درجه روز-رشد) از کل دوره رشد سیاهدانه (معادل ۸۴ روز یا ۱۱۸۸ درجه روز- رشد) بود.

واژه‌های کلیدی: **دوره‌های کنترل علف‌های هرز، دوره‌های تداخل علف‌های هرز، لجستیک، گامپرتز، افت عملکرد**

مقدمه

علیرغم گذشت چند دهه از انجام عملیات‌های مدرن کشاورزی که با هدف حذف علف‌های هرز صورت گرفته، این گیاهان همچنان به عنوان یک مشکل و تهدید جدی در کشاورزی مطرح هستند. توسعه علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش و نیز تغییر جمعیت علف‌های هرز، کارایی این عملیات مدرن را تحت تأثیر قرار داده است (Buhler, 2002). از طرفی به علت هزینه‌های بالای دیگر

* نویسنده مسئول: پرویز رضوانی مقدم تلفن: ۰۹۱۵-۳۱۷۹۰۸۵ E-mail: rezvani@um.ac.ir

روش‌های مفید جهت مدیریت علف‌های هرز، وابستگی شدیدی به استفاده از علف‌کش‌ها در کشاورزی امروزی ایجاد شده است (Blackshaw et al., 2008). از این رو به دلیل پیچیدگی جوامع علف‌های هرز، رهیافت های تلفیقی جهت مدیریت این گیاهان ممکن است به کاهش هزینه‌های اقتصادی و نیز به بهبود عملیات‌های کنترل علف‌های هرز کمک کند (Buhler, 2002).

رهیافت‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز[1] ترکیبی از مجموعه عملیات کشاورزی شامل استفاده از علف‌کش‌ها می‌باشد که با هدف جلوگیری، اجتناب و نظارت بر علف‌های هرز طراحی شده و بجای مقابله با وجود جمعیت‌های علف‌های هرز، علت ایجاد مشکل علف هرز را در نظر می‌گیرد (Buhler, 2002; O'Donovan et al., 2007; Wilson et al., 2009). با توجه به نگرانی‌های محیطی روبه افزایش در نتیجه استفاده از علف‌کش‌ها (Chikowo et al., 2009)، این سیستم‌های مدیریتی می‌توانند بین سودمندی‌ها و مضرات ناشی از استفاده از علف‌کش‌ها حالت متعادلی را برقرار کند (Wilson et al., 2009). همچنین این سیستم‌ها با تأمین و ارائه اطلاعات مورد نیاز به کشاورزان، نقش مهمی را در تصمیم‌گیری‌های علمی این کشاورزان جهت مدیریت علف‌های هرز ایفا می‌کنند (Swanton et al., 2008).

از اولین قدم‌ها در طراحی یک برنامه جامع مدیریت تلفیقی، تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز[2] در گیاهان زراعی است (Swanton & Weise, 1991). به طوری که تعیین این دوره از اجزای کلیدی این برنامه‌ها به شمار می‌رود (Knezevic et al., 2002). این دوره در واقع دوره‌ای در طول فصل رشد گیاه زراعی است که علف‌های هرز باید جهت جلوگیری از کاهش غیرقابل قبول عملکرد کنترل شوند (Evans et al., 2003). با تعیین این دوره می‌توان زمان مناسب کنترل علف‌های هرز را در طول فصل رشد گیاه زراعی تشخیص داد و در نتیجه افزایش کارایی استفاده از علف‌کش‌ها را امکان پذیر نمود (Knezevic et al., 2002; Ngouajio et al., 2007). تعیین دوره بحرانی می‌تواند به درک اثرات جمعیت‌های علف هرز به گیاه زراعی کمک کند (Bukun, 2004). بر این اساس تخمین این دوره می‌تواند در تنظیم استراتژی‌های مناسب جهت کنترل شیمیایی و یا غیرشیمیایی علف‌های هرز نیز مفید باشد (Singh et al., 1996).

مطالعات وسیعی در تعیین این دوره در گیاهان زراعی انجام گرفته است. Keramati et al. (2008) شروع و پایان دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) را به ترتیب ۲۶ و ۶۳ روز پس از کاشت این گیاه تشخیص دادند. Everman et al. (2008) این دوره را در بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) بین ۳ تا ۸ هفته پس از کاشت این گیاه گزارش کردند. Ngouajio et al. (2007) گزارش کردند که جهت جلوگیری از کاهش عملکرد تره فرنگی (*Allium porrum* L.) بیش از ۵ درصد، این گیاه باید بین ۷ تا ۸۵ روز پس از نشاءکاری عاری از علف‌های هرز باشد. Burnside et al. (1998) شروع این دوره را در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) ۳ هفته و پایان این دوره را بین ۵ تا ۶ هفته پس از کاشت این گیاه تشخیص دادند.

سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی است که به خانواده آلاله (*Ranunculaceae*) تعلق دارد. مبداء و خاستگاه گونه‌های این جنس، مدیترانه و غرب آسیا می‌باشد. گونه‌های این جنس گیاهانی یکساله، علفی و دولپه و دارای دوره رویش کوتاه هستند که در خاک‌های تخریب شده و یا جوامع طبیعی مناطق نیمه خشک با غالبیت تروفیت‌ها یافت می‌شوند. ارتفاع بوته سیاهدانه از ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر متغیر بوده و بر این اساس به عنوان گیاهی کوچک جثه شناخته می‌شود (D'Antuono et al., 2002; Mehta et al., 2009; Tuncturk et al., 2011).

با توجه به اهمیت سیاهدانه به عنوان یک گیاه دارویی در پزشکی و نیز کاربرد آن در تغذیه انسان و صنعت به عنوان یک گیاه روغنی و ادویه‌ای (Ramadan & Morsel, 2003; Mehta et al., 2009)، این تحقیق با هدف تعیین دوره برای کنترل علف‌های هرز سیاهدانه و نیز با هدف بررسی پویایی جمعیت علف‌های هرز در این گیاه انجام شد.

1. Integrated weed management (IWM) approaches
2. Critical period of weed control

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ´۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۱ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش در ۲ سری تنظیم شدند. سری اول شامل ۶ تیمار مربوط به دوره‌های مختلف کنترل علف‌های هرز[1] بود که از زمان سبز شدن (۲۰ روز پس از کاشت) تا صفر، ۱۴، ۲۸، ۴۲، ۵۶ و ۷۰ روز بعد ازسبز شدن در کرت‌ها، علف‌های هرز کنترل شدند و سپس به آنها تا زمان برداشت سیاهدانه اجازه رشد شد. سری دوم نیز شامل ۶ تیمار مربوط به دوره‌های مختلف تداخل علف‌های هرز[2] بود که از زمان سبزشدن گیاه تا دوره‌های ذکر شده به علف‌های هرز در کرت‌ها اجازه رشد داده شد و سپس تا زمان برداشت، این علف‌های هرزکنترل شدند. زمین مورد نظر جهت این آزمایش در سال قبل از اجرای آزمایش زیر کشت جو علوفه‌ای بود که در اردیبهشت ماه برداشت شده بود. قبل از انجام آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک زمین مورد آزمایش، از خاک این زمین توسط اوگر نمونه‌برداری تصادفی انجام گرفت که نتایج آنالیز این خاک در جدول ۱ آمده است.

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه در آذر ماه و عملیات خاک‌ورزی ثانویه شامل دو دیسک عمود بر هم، تسطیح زمین توسط لولر و همچنین ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر قبل از کاشت در اسفند ماه بود. بعد از اعمال شخم اولیه، جهت بهبود خصوصیات خاک، مقدار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی کاملاً پوسیده به طور یکنواخت توسط کودپاش دامی در سطح زمین مورد آزمایش پخش شد. نتایج حاصل از آنالیز این کود نیز در جدول ۱ آمده است. هر یک از کرت‌های آزمایش با ابعاد ۵×۲ (۱۰ مترمربع) ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر، فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۱ متر بود.

1. Weed-free periods
2. Weed-infested (interference) periods

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مزرعه و کود گاوی مورد استفاده در آزمایش

نوع نمونه	بافت	نیتروژن کل (٪)	کربن آلی (٪)	پتاسیم کل (٪)	فسفر کل (٪)	EC (dsm)	pH
خاک	لومی- سیلتی	۰/۰۹	۰/۱۹۵	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۲/۶۷	۸/۰۳
کود گاوی	-	۰/۸۹	۲۰	۱/۲	۱	۶	۶/۰۷

عملیات کاشت در سوم اسفند ماه انجام شد. بذرهای سیاهدانه روی ۸ ردیف (بر روی هر پشته دو ردیف در طرفین پشته‌ها) به طول ۵ متر در هر کرت کشت شد. گیاهچه‌های سیاهدانه در مرحله ۴ برگی برای رسیدن به تراکم مورد نظر (۲۰۰ بوته در مترمربع) با فاصله روی ردیف ۲ سانتی‌متر تنک شدند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری‌ها هر ۷ روز یکبار انجام شد. آخرین آبیاری نیز ۲ هفته قبل از عملیات برداشت انجام شد. نیمی از ابعاد هر کرت به نمونه‌برداری تخریبی در طی دوره رشد و نیمه دوم به اندازه‌گیری‌های آخر فصل اختصاص داده شد. نمونه‌برداری از علف‌های هرز در دوره‌های مربوط به تداخل علف‌های هرز، در انتهای دوره‌های حضور آنها در مزرعه سیاهدانه (به ترتیب صفر، ۱۴، ۲۸، ۴۲، ۵۶ و ۷۰ روز بعد از سبز شدن) و در دوره‌های مربوط به کنترل علف‌های هرز، در پایان فصل رشد سیاهدانه (۸۴ روز از سبز شدن معادل ۱۱۸۸ درجه روز-رشد) انجام شد. وجین علف‌های هرز در تمامی دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. نمونه‌برداری از علف‌های هرز به صورت تخریبی و از مساحتی معادل ۰/۲۵ مترمربع (۰/۵ متر × ۰/۵ متر) بطور تصادفی و با رعایت اثر حاشیه جهت تعیین تعداد، ارتفاع، سطح برگ و وزن خشک علف‌های هرز به تفکیک هر گونه انجام شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع علف‌های هرز در دوره‌های کنترل (در پایان فصل رشد) و نیز تداخل علف‌های هرز (بر حسب تیمارهای ذکر شده در پایان دوره حضور این گیاهان در مزرعه) از

خط‌کش و به منظور تعیین سطح برگ، از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل LI-Cor ساخت انگلستان) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک نیز پس از ثابت شدن وزن نمونه‌ها (قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد) از ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد.

جهت تعیین حداکثر دوره تداخل علف‌های هرز[1] (شروع دوره بحرانی) در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد افت عملکرد دانه از معادله ۱ (معادله لجستیک[2]) و به منظور تعیین حداقل دوره کنترل علف‌های هرز[3] (پایان دوره بحرانی) در سه سطح ذکر شده از معادله ۲ (معادله گامپرتز[4]) استفاده شد (Ahmadvand et al., 2009):

$$Y= ((C+D)/(1+\exp (-A+B\ GDD))) \quad (۱$$

Y: عملکرد بر اساس درصدی از کنترل علف‌های هرز، C: خط مجانب پایینی، D: تفاوت بین خط مجانب بالایی و پایینی، A و B: پارامتر های تعیین کننده شکل منحنی، GDD: دوره تداخل علف‌های هرز از سبز شدن.

$$Y= A\exp (-B \exp (-K\ GDD)) \quad (۲$$

Y: عملکرد بر اساس درصدی از کنترل علف‌های هرز، A: خط مجانب پایینی، B و K: پارامترهای تعیین‌کننده شکل منحنی، GDD: طول دوره کنترل علف‌های هرز از سبز شدن.

جهت محاسبه درجه روزهای رشد[5] پس از سبز شدن سیاهدانه از معادله ۳ استفاده شد (Bukun, 2004):

$$GDD = \sum_{di}^{dn}\left(\frac{T\max + T\min}{2} - Tb\right) \quad (۳$$

GDD: درجه روز رشد، Tmax: درجه حرارت‌های حداکثر روزانه، Tmin: درجه حرارت‌های حداقل روزانه، di: روز اول پس از کاشت، dn: روز n ام بعد از کاشت، Tb: درجه حرارت پایه (صفر بیولوژیک): ۸ درجه سانتی‌گراد (Nourouzpour & Rezvani Moghadam, 2007).

عملیات برداشت با زرد شدن بوته‌ها و کپسول‌ها از ۵۰٪ مساحت هر کرت و با رعایت اثر حاشیه انجام شد. در طول اجرای این آزمایش از هیچ گونه کود شیمیایی، علف کش و یا آفت کش شیمیایی استفاده نشد.

از نرم‌افزار Slidewirte نیز جهت برازش معادلات مربوط به تعیین حداکثر دوره تداخل و حداقل دوره کنترل علف‌های هرز استفاده شد.

نتایج و بحث

مطالعه جمعیت علف‌های هرز

علف‌های هرز مشاهده شده در مزرعه سیاهدانه در طول فصل رشد از سبز شدن تا برداشت، در جدول ۲ آورده شده است.

حضور علف‌های هرز پاییزه و زمستانه‌ای مانند گندمک، خاکشیراصل و شاهتره در اوایل فصل رشد و نیز حضور علف‌های هرز گرمادوستی مانند سوورف و تاج‌خروس وحشی و در نهایت خرفه به عنوان یک علف هرز تابستانه به ترتیب دراواسط و اواخر فصل رشد سیاهدانه، نشان از پویایی حضور جمعیت‌های مختلفی از علف‌های هرز در سیاهدانه می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده، علف هرز گندمک از اوایل تا اواسط فصل رشد (۴۲ روز پس از سبز شدن) و سلمه، سوروف و نیز تاج‌خروس از اواسط تا پایان فصل رشد، علف‌های هرز غالب مزرعه سیاهدانه بودند.

تعداد علف‌های هرز

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش یافتن طول دوره تداخل علف‌های هرز تعداد علف‌های هرز در مزرعه سیاهدانه تا اواسط فصل رشد سیاهدانه دارای روند صعودی بود و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود (۳۸۶ بوته در مترمربع) در ۴۲ روز پس از کاشت (۴۳۸ درجه روز ـ رشد) رو به کاهش گذاشت. به طوری که در انتهای فصل رشد به کمترین مقدار خود (۱۰۳ بوته در مترمربع) رسید. همچنین با افزایش یافتن طول دوره کنترل علف‌های هرز، تعداد علف‌های هرز رو به کاهش گذاشت و از ۱۰۳ بوته در مترمربع در تیمارصفر روز کنترل به ۴ بوته در مترمربع در تیمار ۷۰ روزکنترل علف‌های هرز رسید. نکته قابل توجه در این مورد آن بود که در تیمار ۷۰ روز کنترل

1. Maximum duration of weed-infestation
2. Logistic equation
3. Minimum duration of weed-free
4. Gompertz equation
5. Growing degree days

علف‌های هرز، بجز علف هرز خرفه (۴ بوته در مترمربع) هیچ علف هرز دیگری در مزرعه سیاهدانه مشاهده نشد. Lak et al. (2003) نیز با افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز، ابتدا یک روند افزایشی و سپس یک روند کاهشی را در تعداد علف‌های هرز مزرعه لوبیا چیتی مشاهده کردند. دلیل این نوع روند حضور علف‌های هرز را می‌توان احتمالاً به وجود بانک بذر پویای علف‌های هرز در خاک و توانایی سبز شدن بالای این گیاهان در ابتدای فصل نسبت داد که در نهایت منجر به سبز شدن تعداد زیادی علف هرز می‌شود. اما با گذشت زمان، افزایش تقاضا برای منابع و نیز کاهش منابع موجود، منجر به شکل‌گیری رقابت درون و بین گونه‌ای شده که در نهایت سبب بروز پدیده خود تنکی[1] و کاهش تعداد علف‌های هرز می‌شود (Norsworthy & Oliveira, 2004; Radosevich et al., 2005).

1. Self-thining

جدول ۲- علف‌های هرز مشاهده شده در مزرعه سیاهدانه از سبز شدن تا برداشت این گیاه (Anonymous, 1980; Rashed Mohasel et al., 2002)

گونه علف هرز		طول دوره	مسیر	پهن برگ یا	سیکل
نام علمی	نام فارسی	زندگی	فتوسنتزی	باریک برگ	رویش
Amaranthus retroflexus	تاج‌خروس وحشی	یکساله	چهار کربنه	پهن برگ	بهاره
Capsella bursa-pastoris	کیسه کشیش	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	پاییزه
Chenopodium album	سلمه	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	بهاره
Descurainia sophia	خاکشیر اصل	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	زمستانه
Echinochloa cruss-galli	سوروف	یکساله	چهار کربنه	باریک برگ	بهاره
Fumaria officinalis	شاهتره	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	زمستانه
Polygonum aviculare	علف هفت بند	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	بهاره
Portulaca oleracea	خرفه	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	تابستانه
Solanum nigrum	تاج ریزی سیاه	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	بهاره
Sonchus arvensis	شیر تیغی	چند ساله	سه کربنه	پهن برگ	چند ساله
Stellaria graminea	گندمک	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	پاییزه
Veronica persica	سیزاب ایرانی	یکساله	سه کربنه	پهن برگ	زمستانه

جدول ۳- تعداد علف‌های هرز مزرعه سیاهدانه به تفکیک هرگونه در دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز (مترمربع)

	دوره‌های کنترل علف‌های هرز (روز)						دوره‌های تداخل علف‌های هرز (روز)					
گونه علف هرز	صفر	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶	۷۰	صفر	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶	۷۰
Amaranthus retroflexus	۳۶	۳۲	۳۳/۴	۴۱/۴	۴۲/۷	–	–	–	۲۸	۱۴۱/۴	۵۶	۴۵/۴
Capsella bursa-pastoris	–	–	–	–	–	–	–	۱/۴	۱/۴	۲/۷	–	–
Chenopodium album	۱۲	۱۳/۴	۱۳/۴	۱۴/۷	–	–	–	۳۴/۷	۱۱۸/۷	۶۹/۴	۴۱/۴	۱۲
Descurainia sophia	–	–	–	–	–	–	–	۱/۴	۱/۴	۴	۲/۷	–
Echinochloa cruss-galli	۳۳/۴	۳۰/۷	۳۲	۲۹/۴	۲۲/۷	–	–	۱۴۱/۴	۱۲۶/۷	۱۴۲/۷	۶۰	۳۶
Fumaria officinalis	–	–	–	–	–	–	–	۱۰/۷	۸	۲/۷	–	–
Polygonum aviculare	–	–	–	–	–	–	–	۱/۴	۲/۷	۱/۴	۴	۴
Portulaca oleracea	۴	۴	۴	۴	۴	۴	–	–	–	–	۴	۴
Solanum nigrum	۱۴/۷	۱۴/۷	۱۳/۴	۱۳/۴	۱۳/۴	–	–	–	–	–	۱۷	۱۷/۴
Sonchus arvensis	۲/۷	۱/۴	۱/۴	–	–	–	–	–	–	۱/۴	۲/۷	۱/۴
Stellaria graminea	–	–	–	–	–	–	–	۲۵/۴	۲۰	۱۶	۱۰/۷	–
Veronica persica	–	–	–	–	–	–	–	۸	۱۴/۷	۴	۴	–
تعداد کل	۱۰۲/۸	۹۶/۲	۹۷/۶	۱۰۲/۹	۸۲/۸	۴	–	۲۲۴/۴	۳۲۱/۶	۳۸۵/۷	۲۰۲/۵	۱۲۰/۲

ارتفاع

ارتفاع علف‌های هرز در طول فصل رشد سیاهدانه تحت تأثیر دوره‌های مختلف رقابت علف‌های هرز قرار گرفت. به طوری که با کاهش طول دوره کنترل و نیز افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز، ارتفاع علف‌های هرز رو به افزایش گذاشت (جدول۴). در اوایل فصل رشد، خاکشیر اصل و گندمک و در اواخر فصل رشد، سلمه و سوروف دارای بیشترین ارتفاع در بین علف‌های هرز بودند.

شاخص سطح برگ

با افزایش طول دوره رقابت علف‌های هرز در هر دو سری تیمار کنترل و تداخل علف‌های هرز، سطح برگ کل علف‌های هرز افزایش یافت (جدول۵). در اوایل فصل رشد سیاهدانه، علف هرز گندمک دارای بیشترین سطح برگ در بین علف‌های هرز بود. به طوری که این علف هرز در ۱۴ و ۲۸ روز پس از سبز شدن (به ترتیب ۱۳۲ و ۲۷۵ درجه روز-رشد) به ترتیب ۳۹ و ۴۵ درصد از کل سطح برگ علف‌های هرز را به خود اختصاص داد.

همچنین سه علف هرز سلمه، سوروف و تاج‌خروس وحشی در اواخر فصل رشد (۷۰ روز پس از سبز شدن)، بیشترین سطح برگ را در بین علف‌های هرز دارا بودند. به طوری که به ترتیب سطح برگی معادل ۳۲، ۲۷ و ۱۹

جدول ۴- ارتفاع علف‌های هرز مزرعه سیاهدانه به تفکیک هرگونه در دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز (سانتی‌متر)

گونه علف هرز	دوره‌های کنترل علف‌های هرز (روز)						دوره‌های تداخل علف‌های هرز (روز)					
	صفر	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶	۷۰	صفر	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶	۷۰
Amaranthus retroflexus	۴۳	۴۱/۹	۳۹/۷	۱۷/۴	۱۲/۲	–	–	–	۴	۲۰	۲۹/۴	۴۴/۷
Capsella bursa-pastoris	–	–	–	–	–	–	–	۱۴	۴۲	۳۶/۵	–	–
Chenopodium album	۹۵/۹	۹۸	۶۰/۹	۲۱/۸	–	–	–	۴/۷	۷/۶	۴۷	۴۹/۴	۹۴/۲
Descurainia sophia	–	–	–	–	–	–	–	۲۵	۵۴	۷۲/۴	۸۰	–
Echinochloa cruss-galli	۷۰/۸	۷۳/۹	۷۱/۴	۶۱/۵	۱۸	–	–	۳/۳	۱۱/۳	۲۷/۴	۴۵	۷۱/۷
Fumaria officinalis	–	–	–	–	–	–	–	۹/۷	۲۴	۳۹	–	–
Polygonum aviculare	–	–	–	–	–	–	–	۱۲	۱۶	۲۹	۴۷	۴۵/۴
Portulaca oleracea	۱۹/۳	۱۸/۵	۱۶/۶	۱۳/۵	۱۳/۸	۹/۹	–	–	–	–	۸	۱۶/۴
Solanum nigrum	۲۴/۸	۲۲	۲۳/۹۰	۱۸	۱۳/۹۰	–	–	–	–	–	۶/۴	۲۱/۴
Sonchus arvensis	۴۱/۲	۴۲/۷	۳۰	–	–	–	–	–	–	۲۹	۳۴/۵	۳۶
Stellaria graminea	–	–	–	–	–	–	–	۱۳/۴	۴۴/۶	۷۰/۳	۶۸/۶	–
Veronica persica	–	–	–	–	–	–	–	۳/۴	۱۰/۳	۳۲	۲۶/۵	–

جدول ۵- شاخص سطح برگ علف‌های هرز مزرعه سیاهدانه به تفکیک هرگونه دردوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز

گونه علف هرز	دوره‌های کنترل علف‌های هرز (روز)						دوره‌های تداخل علف‌های هرز (روز)					
	صفر	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶	۷۰	صفر	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶	۷۰
Amaranthus retroflexus	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۰۹	–	–	–	۰/۰۷	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۲
Capsella bursa-pastoris	–	–	–	–	–	–	–	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	–	–
Chenopodium album	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۴۸	۰/۳	–	–	–	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۴۸	۰/۶	۰/۷۳
Descurainia sophia	–	–	–	–	–	–	–	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۴	–
Echinochloa cruss-galli	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۳۷	۰/۲۳	–	–	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۶۲
Fumaria officinalis	–	–	–	–	–	–	–	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۱۳	–	–
Polygonum aviculare	–	–	–	–	–	–	–	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۷
Portulaca oleracea	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱	۰/۰۶۸	۰/۰۵۴	۰/۰۵۶	–	–	–	–	۰/۰۸	۰/۱
Solanum nigrum	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۰۵	–	–	–	–	–	۰/۱۶	۰/۲
Sonchus arvensis	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۳	–	–	–	–	–	–	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۱۷
Stellaria graminea	–	–	–	–	–	–	–	۰/۲۳	۰/۷۰	۰/۶۷	۰/۱۰	–
Veronica persica	–	–	–	–	–	–	–	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۵	–
شاخص سطح برگ کل	۲/۲۲	۲/۱۴	۱/۹۴	۱/۰۱	۰/۴۲	۰/۰۶	–	۰/۵۹	۱/۵۹	۲/۲۵	۲/۰۲	۲/۳۱

درصد از کل سطح برگ علف‌های هرز را داشتند. Abbaspour & Rezvani Moghadam (2005) نیز افزایش سطح برگ علف‌های هرز ذرت در نتیجه افزایش طول دوره رقابت این گیاهان را گزارش کردند. در کنار افزایش ارتفاع، افزایش روند سطح برگ علف‌های هرز در طول فصل رشد سیاهدانه منجر به افزایش سایه‌اندازی این گیاهان بر سیاهدانه می‌شود. از آنجایی که ارتفاع و سطح برگ دارای همبستگی مثبتی با توان رقابتی گیاه هستند (Radosevich et al., 2005)، افزایش سایه‌اندازی علف‌های هرز به ویژه اگر در مراحل بحرانی رشد گیاه زراعی صورت بگیرد، سهم قابل ملاحظه‌ای در برتری رقابتی آن‌گونه از نقطه نظر دریافت نور خواهد داشت (Radosevich et al., 2005).

وزن خشک

همانند شاخص سطح برگ کل علف‌های هرز، وزن خشک کل علف‌های هرز نیز با کاهش طول دوره کنترل و نیز افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز، افزایش یافت (جدول۶). در ۱۴ و ۲۸ روز پس از سبز شدن (به ترتیب ۱۳۲ و ۲۷۵ درجه روز- رشد)، گندمک با دارا بودن۴۲ درصد از کل وزن خشک و در ۵۶ و ۷۰ روز پس از سبز شدن (به ترتیب ۶۴۳ و ۸۷۶ درجه روز- رشد)، سلمه با دارا بودن ۳۱ و ۴۹ درصد از کل وزن خشک، دارای بیشترین سهم در این شاخص نسبت به سایر علف‌های هرز بودند. Mubeen et al. (2009) افزایش وزن خشک علف‌های هرز در رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) را در نتیجه افزایش طول دوره رقابت و تداخل علف‌های هرز در این گیاه مشاهده کردند. Qasem (2009) نشان داد که با افزایش طول‌دوره کنترل علف‌های هرز درگل‌کلم (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) وزن خشک علف‌های هرز کاهش و با افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز، وزن خشک این گیاهان افزایش یافت. همچنین این محقق در آزمایشی دیگر افزایش وزن خشک علف‌های هرز پیاز (*Allium cepa* L.) را در نتیجه افزایش طول دوره رقابت علف‌های هرز در هر دو سری تیمار کنترل و تداخل علف‌های هرز گزارش کرد (Qasem, 2005). Mohammadi et al. (2005) نیز بیان کردند که کاهش طول دوره کنترل علف‌های هرز در نخود (*Cicer arietinum* L.) منجر به افزایش وزن خشک علف‌های هرز شد. همانند ارتفاع و سطح برگ، وزن کل گیاه نیز از همبستگی مثبتی با توان رقابتی گیاه برخوردار است. افزایش روند این شاخص‌ها در طول فصل رشد سیاهدانه منجر به افزایش تحمیل اثرات منفی علف‌های هرز بر سیاهدانه می‌شود (Radosevich et al., 2005).

تعیین دوره بحرانی

حداکثر دوره تداخل علف‌های هرز که در واقع بیان‌کننده زمان شروع کنترل علف‌های هرز (شروع دوره بحرانی) می‌باشد، در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد افت

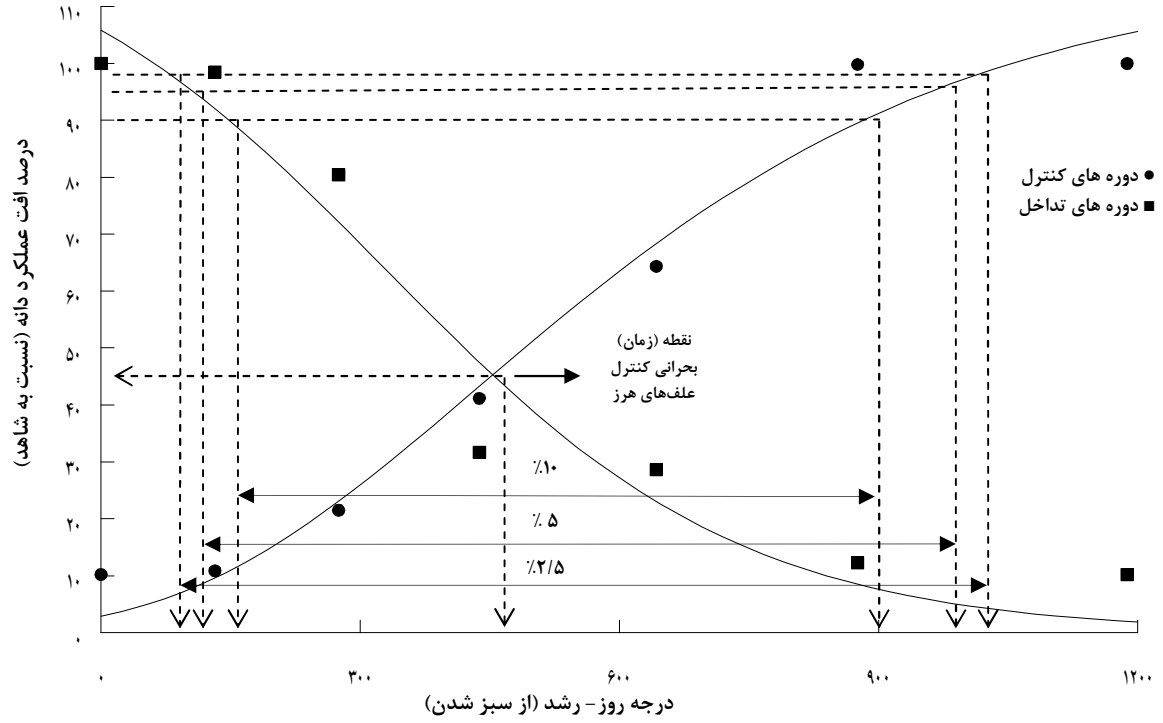
جدول ۶- وزن خشک علف‌های هرز مزرعه سیاهدانه به تفکیک هرگونه در دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز (گرم بر مترمربع)

گونه علف هرز	دوره‌های کنترل علف‌های هرز (روز)						دوره‌های تداخل علف‌های هرز (روز)					
	صفر	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶	۷۰	صفر	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶	۷۰
Amaranthus retroflexus	۷۲/۸	۷۰/۴	۶۰/۴	۲۸/۹	۱۶/۸	-	-	-	۱۰/۵	۲۶/۲	۶۹/۶	۸۰
Capsella bursa-pastoris	-	-	-	-	-	-	-	۱/۴	۱/۵	۱/۶	-	-
Chenopodium album	۲۰۰	۱۷۵/۶	۱۲۰	۳۶/۷	-	-	-	۷/۵	۲۶/۴	۴۷	۱۱۲/۵	۲۰۶/۷
Descurainia sophia	-	-	-	-	-	-	-	۱۶	۲۰/۴	۲۸/۷	۷/۵	-
Echinochloa cruss-galli	۷۰	۷۳/۶	۶۰/۵	۳۱/۶	۷/۶	-	-	۲/۸۶	۳/۸۲	۱۳/۶	۵۲/۸	۶۸/۶
Fumaria officinalis	-	-	-	-	-	-	-	۷/۳	۲۲/۴	۶/۰۸	-	-
Polygonum aviculare	-	-	-	-	-	-	-	۱/۴۶	۳/۳۳	۱۲/۹	۲۷/۷	۲۳/۳
Portulaca oleracea	۱۲	۱۲/۴	۱۱/۷	۱۲/۵	۱۱/۶	۳/۶	-	-	-	-	۱۰	۱۰/۵
Solanum nigrum	۳۹/۹	۴۰/۸	۳۲/۵	۳۱/۶	۱۴	-	-	-	-	-	۱۹/۲	۳۰/۲۴
Sonchus arvensis	۴/۱۳	۳/۶	۴/۲	-	-	-	-	-	-	۱/۹۲	۴/۷	۲/۸
Stellaria graminea	-	-	-	-	-	-	-	۲۶/۷	۶۷/۴	۶۲/۷	۶۰/۵	-
Veronica persica	-	-	-	-	-	-	-	۱/۹	۴/۸	۶/۶	۴/۰۶	-
وزن خشک کل	۳۹۸/۸	۳۷۶/۴	۲۸۹/۳	۱۴۱/۳	۵۰	۳/۶	-	۶۵/۱۲	۱۶۰/۵۵	۲۰۷/۳	۳۶۸/۵۶	۴۲۲/۱۴

عملکرد قابل قبول دانه به ترتیب، ۱۰/۵، ۱۳ و ۱۷/۳ روزپس از سبز شدن سیاهدانه (۸۶، ۱۰۸ و ۱۴۹ درجه روز-رشد از زمان سبز شدن سیاهدانه) تعیین شد (شکل ۱ و جدول ۹). به عبارت دیگر به ترتیب در این سه سطح افت عملکرد، حضور علف‌های هرز تا این سه دوره منجر به کاهش عملکرد دانه نشد. حداقل دوره کنترل علف‌های هرز سیاهدانه که در واقع معیاری جهت در نظر گرفتن پایان کنترل علف‌های هرز (پایان دوره بحرانی) می‌باشد نیز در سه سطح افت عملکرد ذکر شده به ترتیب ۷۶/۸، ۷۴/۸ و ۷۱/۱ روز پس از سبز شدن سیاهدانه (۱۰۰۵، ۹۶۰ و ۸۸۳ درجه روز-رشد از سبز شدن سیاهدانه) تعیین شد. به بیان دیگرکنترل علف‌های هرز در سیاهدانه پس از پایان این سه دوره بحرانی بر اساس سه سطح افت عملکرد ذکر شده، منجر به افزایش عملکرد دانه نشد.

بر اساس جدول ۹ و شکل ۱، با توجه به آنکه افزایش دوره رقابت علف‌های هرز در هر دو سری تیمارهای کنترل و تداخل علف‌های هرز منجر به افت عملکرد سیاهدانه شد، بر اساس سطوح افت عملکرد ذکر شده، ضرورت تعیین زمان شروع و پایان دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز می‌تواند ضمن بهبود عملکرد کمی و به ویژه کیفی سیاهدانه، افزایش کارایی عملیات شیمیایی و غیرشیمیایی کنترل علف‌های هرز در این گیاه را امکان پذیر کند. در این راستا Mubeen et al. (2009) نیز ضمن مشاهده کاهش معنی‌دار عملکرد دانه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در نتیجه افزایش دوره‌های رقابت علف‌های هرز، کنترل علف‌های هرز تا ۵۰ روز پس از سبز شدن این گیاه را به منظور جلوگیری از افت عملکرد ضروری دانستند. Kumar (2000) نیز در آزمایشی مشابه ضمن آنکه بیان کرد که با افزایش دوره‌های رقابت علف‌های هرز با زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، عملکرد این گیاه کاهش و با افزایش دوره‌های عاری از علف‌های هرز، عملکرد این گیاه افزایش یافت، اظهار داشت که این گیاه باید بین ۲۲ تا ۳۹ روز پس از کاشت عاری از علف‌های هرز باشد.

همچنین با کاهش درصد افت قابل قبول عملکرد، شروع دوره بحرانی زودتر و پایان این دوره دیرتر اتفاق افتاد (جدول ۹). به عبارت دیگر، جهت جلوگیری از کاهش افت عملکرد بیش از ۲/۵ درصد، سیاهدانه باید در دورهٔ زمانی طولانی‌تری از فصل رشد (۶۶/۳ روز



شکل ۱- درصد کاهش عملکرد سیاهدانه نسبت به شاهد (تیمار کنترل کامل علف‌های هرز)
ناشی از دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز

معادل ۹۱۹ درجه روز-رشد) در مقایسه با ۱۰ درصد افت عملکرد (۵۳/۸ روز معادل ۷۳۴ درجه روز- رشد) عاری از علف هرز باشد. Ahmadvand et al. (2009) نیز افزایش طول دوره کنترل علف‌های هرز گوجه‌فرنگی (*Solanum tuberosum* L.) را در نتیجه کاهش افت عملکرد قابل قبول گزارش کردند. این محققین بر اساس ۵ درصد افت عملکرد دانه، شروع و پایان دوره بحرانی را در این گیاه به ترتیب۴۸۶ و ۱۳۷۲ درجه روز- رشد و بر اساس ۱۰ درصد، شروع و پایان این دوره را ۵۷۱ و ۱۱۶۳ درجه روز- رشد تعیین کردند.

جدول ۷- ضریب معادله لجستیک
($Y= ((C+D)/(1+\exp (-A+B\ GDD)))$)
به منظور تعیین حداقل دوره تداخل علف‌های هرز
(شروع دوره بحرانی)

ضرایب معادله				ضریب همبستگی
a	b	c	d	(R^2)
۱/۶۰	۰/۰۰۵	۶۳/۵۶	۶۳/۵۶	۰/۹۵

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در سیاهدانه بخش زیادی از فصل رشد این گیاه را شامل شد. به طوری که در سطوح ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد افت عملکرد قابل قبول، دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز به ترتیب ۷۹، ۷۴ و ۶۴ درصد از کل فصل رشد سیاهدانه (۸۴ روز معادل ۱۱۸۸ درجه روز-رشد) را در برگرفت. طولانی بودن دوره بحرانی و نیز پایین بودن نسبی زمان یا نقطه بحرانی کنترل علف‌های هرز[1] (بر حسب ۵۵ درصد افت عملکرد دانه نسبت به شاهد) (شکل ۱) می‌تواند نشان‌دهنده قدرت ضعیف سیاهدانه در رقابت با علف‌های هرز باشد. در این راستا Hussain et al. (2009) نیز گزارش کردند که تداخل و رقابت علف‌های هرز بر سر منابع مشترکی مانند نور و یا عناصر پر مصرف می‌تواند بیش از سایر عوامل مؤثر بر رشد، عملکرد نهایی سیاهدانه را تحت تأثیر قرار داده و منجر به افت عملکرد این گیاه دارویی تا ۷۰ درصد شود. پایین بودن قدرت سیاهدانه در رقابت با علف‌های هرز ممکن است در ارتباط با تراکم نسبی علف‌های هرز در مزرعه سیاهدانه (جدول‌های ۲ و ۳) و نیز عادت رشدی و ویژگی‌های موفولوژی سیاهدانه باشد. در این ارتباط Hosseini et al. (2006) نیز قدرت رقابت ضعیف زیره سبز (*C. cyminum*) بر سر کسب منابع مشترک با علف‌های هرز را در ارتباط با ویژگی‌های رشدی آن مانند وزن پایین اندام‌های هوایی و نیز کوتاهی دوره رشد این گیاه دارویی دانستند.

با وجود تعیین حداکثر دوره تداخل و نیز حداقل دوره کنترل علف‌های هرز سیاهدانه، تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز به معنای عدم کنترل علف‌های هرز در خارج از این دوره نیست. به معنای دیگر از آنجاییکه تولید بذر توسط علف‌های هرز پس از پایان این دوره می‌تواند جمعیت علف‌های هرز را در فصول بعدی تحت تأثیر قرار دهد، جهت مدیریت پایدار و درازمدت علف‌های هرز در کنار کاهش وابستگی به علف‌کش‌ها، علف‌های هرز باید جهت جلوگیری از تولید بذر در خارج از این دوره نیز کنترل شوند (Ngouajio et al., 2007).

جدول ۸- ضرایب معادله گامپرتز
($Y= A\exp (-B\exp (-K\ GDD))$)
به منظور تعیین حداقل دوره کنترل علف‌های هرز
(پایان دوره بحرانی)

ضرایب معادله			ضریب همبستگی
a	b	k	(R^2)
۱۱۶/۷۳	۳/۷۱	۰/۰۰۳	۰/۹۸

1. Critical time of weed control

جدول ۹- حداکثر دوره تداخل (شروع دوره بحرانی) و حداقل دوره کنترل (پایان دوره بحرانی) علف‌های هرز سیاهدانه در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد افت عملکرد (بر حسب روز و درجه روز-رشد از سبز شدن سیاهدانه)

سطوح افت	حداکثر دوره تداخل علف‌های هرز		حداقل دوره کنترل علف‌های هرز		طول دوره کنترل علف‌های هرز	
عملکرد (درصد)	(روز)	(درجه روز- رشد)	(روز)	(درجه روز- رشد)	(روز)	(درجه روز- رشد)
۲/۵	۱۰/۵	۸۶	۷۶/۸	۱۰۰۵	۶۶/۳	۹۱۹
۵	۱۳	۱۰۸	۷۴/۸	۹۶۰	۶۱/۸	۸۵۲
۱۰	۱۷/۳	۱۴۹	۷۱/۱	۸۸۳	۵۳/۸	۷۳۴

نتیجه‌گیری

حداکثر دوره تداخل و حداقل دوره کنترل علف‌های هرز که به ترتیب نشان‌دهنده شروع و پایان دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در این گیاه می‌باشد، بیانگر دوره بحرانی نسبتاً طولانی کنترل علف‌های هرز در سیاهدانه و در نتیجه قدرت ضعیف سیاهدانه در رقابت با علف‌های هرز می‌باشد. این نکته می‌تواند اهمیت کنترل پیش و پس رویشی علف‌های هرز سیاهدانه به منظور بدست آوردن عملکردی قابل قبول از این گیاه را خاطرنشان سازد. از سویی مدیریت دراز مدت علف‌های هرز با هدف کاهش بانک بذر این گیاهان در خاک نیز می‌تواند در برنامه‌های کنترل علف‌های هرز در سیاهدانه مورد توجه قرار گیرد. با توجه به اهمیت سیاهدانه به عنوان گیاهی دارویی و اهمیت مواد مؤثره آن در صنایع پزشکی و دارویی، کنترل مؤثر علف‌های هرز در برنامه دوره بحرانی این گیاه به ویژه با روش‌های غیرشیمیایی، علاوه بر افزایش عملکرد کمی، می‌تواند در حفظ عملکرد کیفی این گیاه نیز حائز اهمیت باشد.

REFERENCES

1. Abbaspour, M. & Rezvani Moghadam, P. (2005). The critical period of weed control in corn (*Zea mays*) at Mashhad. Iran. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 2(2), 182-195. (In Farsi)
2. Ahmadvand, G., Mondani, F. & Golzardi, F. (2009). Effect of crop density on critical period of weed competition in potato. *Scientia Horticulture*, 121, 249-254.
3. Anonymous. (1980). *Weed identification guide*. Southern Weed Science Society, USA.
4. Blackshaw, R. E., Harker, K. N., O'Donovan, J. T., Beckie, H. J. & Smith, E. G. (2008). Ongoing development of integrated weed management systems on the Canadian prairies. *Weed Science*, 56(1), 146-150.
5. Buhler, D. D. (2002). Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science*, 50, 273-280.
6. Bukun, B. (2004). Critical periods for weed control in cotton in Turkey. *Weed Research*, 44, 404-412.
7. Burnside, O. C., Wiens, M. J., Holder, B. J., Weisberg, S., Ristau, E. A., Johnson, M. M. & Cameron, J. H. (1998). Critical periods for weed control in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science*, 46, 301-306.
8. Chikowo, R., Faloya, V., Petit, S. & Munier-Jolain, N. M. (2009). Integrated weed management systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 132(3-4), 237-242.
9. D'Antuono, L. F., Moretti, A. & Lovato A. F. S. (2002). Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigalla sativa* L. and *Nigella damascena* L. *Industrial Crops and Product*, 15, 59-69.
10. Evans, S. P., Knezevic, S. Z., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A. & Blankenship, E. E. (2003). Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. *Weed Science*, 51(3), 408-417.
11. Everman, W. J., Clewis, S. B., Thomas, W. E. & Burke, I. C. (2008). Critical period of weed interference in peanut. *Weed Technology*, 22(1), 63-67.
12. Hosseini, A., Koocheki, A. & Nasiri Mahalati, M. (2006). Critical period of weed control in cumin (*Cuminum cyminum*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4(1), 23-34. (In Farsi)
13. Hussain, A., Nadeem, A., Ashraf, I. & Awan, M. (2009). Effect of weed competition periods on the growth and yield of black seed (*Nigella sativa* L.). *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 15, 71-81.
14. Keramati, S., Pirdashti, H., Esmaili, M. A., Abbasian, A. & Habibi, M. (2008). The critical period of weed control in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in north of Iran conditions. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11(3), 463-467.
15. Knezevic, S. Z., Evans, S. P., Blankenship, E. E., Van Acker, R. C. & Lindquist, J. l. (2002). Critical period for weed control: the concept data analysis. *Weed Science*, 50, 773-786.
16. Kumar, S. (2001). Critical period of weed competition in cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Indian Journal of Weed Science*, 33, 30-33.
17. Lak, M. R., Dori, H. R., Ramezani, M. K. & Hadizadeh, M. H. (2003). Determine of critical period of weed control in pinto bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 9(3), 161-168. (In Farsi)
18. Mehta, B. K., Pandit, V. & Gupta, M. (2009). New principle from seeds of *Nigella sativa*. *Natural Product Research*, 23(2), 138-148.
19. Mubeen, K., Tanveer, A., Nadeem, M. A., Sarwar, N. & Shahzad, M. (2009). Critical period of weed-crop competition in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 15

(2-3), 171-181.
20. Mohammadi, G., Javanshir, A., Khooie, F. R., Mohammadi, S. A. & Zehtab Salmasi, S. (2005). Critical period of weed interference in chickpea. *Weed Research*, 45, 57-63.
21. Ngouajio, M., Tursun, N., Bükün, B., Karacan, S. C. & Mennan, H. (2007). Critical period for weed control in leek (*Allium porrum* L.). *HortScience*, 42 (1), 106-109.
22. Norsworthy, J. K. & Oliveira, M. J. (2004). Comparison of the critical period for weed control in wide- and narrow-row corn. *Weed Science*, 52, 802- 807.
23. Nourouzpour, Gh. & Rezvani Moghadam, P. (2007). Effect of different irrigation intervals and plant diversity on yield and essences percentage of black cumin (*Nigella sativa*). *Pajouhesh-va-Sazandegi (in Agronomy and Horticulture)*, 19(73), 133-138. (In Farsi)
24. O'Donovan, J. T., Blackshaw, R. E., Harker, K. N., Clayton, G. W., Moyer, J. R., Dosdall, L. M., Maurice, D. C. & Turkington, T. K. (2007). Integrated approaches to managing weeds in spring-sown crops in western Canada. *Crop Protection*, 26(3), 390-398.
25. Qasem, J. R. (2005). Critical period of weed competition in onion (*Allium cepa* L.) in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 1(1), 32-42.
26. Qasem, J. R. (2009). Weed competition in cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*) in the Jordan valley. *Scientia Horticulture*, 121, 255-259.
27. Radosevich, S. R., Holt, J. S. & Ghersa, C. (2005). *Weed ecology: Implications for management*. John Wiley & Sons, Inc.
28. Ramadan, M. F. & Morsel, J. T. (2003). Analysis of glycolipids from black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) oilseeds. *Food Chemistry*, 80, 197-204.
29. Rashed Mohasel, M. H., Najafi, A. & Akbarzadeh, M. D. (2002). *Weed biology & control.* (1st ed.). Ferdowsi University press.
30. Singh, M., Saxen M. C., Abu-Irmaileh, B. E., Al-Thahabi, S. A. & Haddad, N. I. (1996). Estimation of critical period of weed control. *Weed Science*, 44, 273-283.
31. Swanton, C. J. & Weise, S. F. (1991). Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology*, 5, 657-663.
32. Swanton, C. J., Mahoney, K. J., Chandler, K. & Gulden, R. H. (2008). Integrated weed management: Knowledge-based weed management systems. *Weed Science*, 56(1), 168-172.
33. Tuncturk, M., Tuncturk, R. & Yildirim, B. (2011). The effects of varying phosphorus doses on yield and some yield components of black cumin (*Nigella Sativa* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(2), 371-374.
34. Wilson, R. S., Hooker**,** N., Tucker, M., LeJeune, J. & Doohan, D. (2009). Targeting the farmer decision making process: A pathway to increased adoption of integrated weed management. *Crop Protection*, 28(9), 756-764.