تعیین دوره بحرانی خسارت علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

علیرضا همدمی[۱]، هاشم هادی[۲*]، امیر رحیمی[۲]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران

۲. عضو هیات علمی گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲

چکیده

علف‌های هرز باعث کاهش عملکرد و کیفیت شنبلیله می‌شوند. در تحقیق حاضر، به‌منظور بررسی تأثیر دوره‌های مختلف کنترل و تداخل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد شنبلیله آزمایشی در ۱۲ سطح با ۳ تکرار تنظیم شدند که ٦ سطح آن برای کنترل علف‌های هرز و ٦ سطح دیگر برای تداخل علف‌های هرز بود (شامل تیمارهای کنترل علف‌های هرز از سبز شدن تا سومین برگ‌حقیقی، تا ششمین برگ‌حقیقی، تا اولین شاخه‌گل‌زا، تا سومین شاخه گل‌زا، تا گلدهی، تا دانه‌بندی و تیمارهای حضور علف هرز (تداخل) تا سومین برگ حقیقی، تا ششمین برگ حقیقی، تا اولین شاخه‌گل‌زا، تا سومین شاخه گل‌زا، تا گلدهی و تا دانه بستن) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. نتایج نشان داد که تیمار تداخل تا سومین برگ حقیقی کمترین وزن خشک علف‌های هرز را داشت. در هر دو سری تیمار با افزایش دوره حضور علف‌های هرز، کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه در بوته و هکتار شنبلیله مشاهده شد به‌طوری‌که شروع دوره بحرانی در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد کاهش عملکرد قابل قبول دانه در هکتار به‌ترتیب ۱٤۰ و ۱۵۸ درجه-روزهای رشد از زمان سبز شدن و پایان دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز نیز در دو سطح کاهش عملکرد مذکور به‌ترتیب ۳٤۹ و ۲۸۲ درجه-روز رشد از سبز شدن گیاه تعیین شدند. بنابراین بهترین زمان مبارزه در سطح ۵ درصد کاهش عملکرد، کنترل از سومین برگ حقیقی تا گلدهی و در سطح ۱۰ درصد کاهش عملکرد، کنترل از چهار برگی تا قبل از ظهور گل‌ها بود.

کلید واژه‌ها: تداخل، درجه-روزهای رشد، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، کنترل.

Determining the critical period of weed damage on yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.)

Alireza Hamdami[1], Hashem Hadi[2*], Amir Rahimi[2]

1. MSc Graduated, Plant Production and Genetics Department, Urmia university, Urmia, Iran
2. Faculty member of the Department of Plant Production and Genetics, Urmia university, Urmia, Iran

Received: January 1, 2022 Accepted: February 1, 2022

Abstract

Weeds reduce the yield and quality of fenugreek. In the present study, in order to investigate the effect of different periods of weed control and interference on yield and yield components of fenugreek, an experiment was done with 12 treatments and three replicates which 6 treatments were for control and 6 for interference (including weed control from emergence to the third true leaf, to the sixth true leaf , to the first flowering branch, to the third flowering branch, to flowering, to seed filling and the second series including weed interference up to the third true leaf, up to the sixth true leaf, up to the first flowering

* نویسنده مسئول

Email: h.hadi@urmia.ac.ir

branch, up to the third flowering branch, up to the flowering and up to the seed filling) at research farm of Urmia university during 2018. The results showed that the interference treatment up to the third true leaf had the lowest weed dry weight. In both series of treatments with increasing the presence period of weeds, a significant decrease was observed in grain yield per plant and per hectare of fenugreek, so that the beginning of the critical period was determined 140 and 158 GDD from plants emergence at two acceptable levels of 5 and 10% reduction of grain yield per hectare, respectively, and the end of the critical period of weed control was established 349 and 282 GDD from the emergence at the two levels of yield reductions, respectively. Therefore, the best time to control weeds was from the third true leaf to flowering and from the four-leaf stage until the appearances of flowers at the levels of 5% and 10% yield reductions, respectively.

Keywords: Biological yield, control, growing-degree days, harvest index, interference.

مقاله قبل از انتشار

۱. مقدمه

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) از تیره باقلائیان است و مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی شناخته شده در جهان می‌باشد که بومی شرق مدیترانه، غرب آسیا و ایران است (Dangi *et al*., 2004; Hasanzadeh *et al*., 2010). به دلیل سازگاری بالای خود در طیف وسیعی از مناطق ایران رشد می‌کند و دارای عادت رشدی نامحدود می‌باشد و تا زمان سرمازدگی به رشد خود ادامه می‌دهد (Aasim *et al*., 2018). شنبلیله به دلیل داشتن مقادیر بالای عناصر میکرو و ماکرو و فیبر به‌عنوان یک گیاه منحصر به فرد با ارزش غذایی بالا مطرح می‌باشد (Thomas *et al*., 2011). از شنبلیله به‌عنوان سبزی استفاده می‌شود و مصرف دانه‌های آن به هضم غذا کمک می‌نماید (Srinivasan, 2019). علاوه بر اهمیت تغذیه‌ای، شنبلیله به دلیل داشتن تریگونلین و دیاسیژنین نقش ویژه‌ای در درمان دیابت و کاهش چربی و کلسترول خون دارد (Mohammadi *et al*., 2020; Rajabi Hashjin *et al*., 2019).

علف‌های هرز باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌گردند (Asaduzzaman *et al*., 2020). علف‌های هرز از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی تعیین‌کننده عملکرد محصولات زراعی هستند و مدیریت آن‌ها به‌منظور افزایش تولید امری ضروری می‌باشد. مبارزه سنتی با علف‌های هرز مستلزم نیروی کار زیاد می‌باشد و اغلب روشی خسته‌کننده، ناکارآمد و پرهزینه است (Imoloame, 2014). از سویی دیگر کاربرد علف‌کش‌ها، مشکلات جدی آلودگی‌های زیست‌محیطی را ایجاد کرده‌اند و به مرور زمان علف‌های هرز نسبت به این مواد شیمیایی مقاومت پیدا کرده‌اند و کارآیی آن‌ها نیز در مدیریت علف‌های هرز کاهش یافته است (Charles *et al*., 2019). بنابراین تعیین زمان مناسب جهت مبارزه با علف‌های هرز به‌منظور کاهش هزینه‌ها لازم می‌باشد.

دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز مدت زمانی است که طی آن باید علف‌های هرز کنترل شوند تا از کاهش غیرقابل قبول عملکرد جلوگیری گردید (Korres & Norsworthy, 2015). در طی دوره بحرانی بایستی محصول بدون علف‌های هرز نگهداری شود تا از افت عملکرد بیشتر از حد آستانه جلوگیری به عمل آید (Gharles *et al*., 2019). به بیانی دیگر، دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز به‌عنوان بخشی از زمان تعریف می‌شود که بین مراحل کاشت یا رویش گیاه زراعی یعنی هنگامی که رقابت علف‌های هرز عملکرد را کاهش می‌دهد و زمانی که پس از آن رقابت علف‌های هرز، عملکرد گیاه زراعی را کاهش نمی‌دهد، قرار دارد. این دوره بر اساس ترکیب‌های مختلفی از گیاه و علف هرز تعیین می‌شود و مربوط به سطح مشخصی از رقابت علف‌های هرز است (Tursun *et al*., 2016). اطلاع از این زمان در انجام برنامه‌های مدیریتی علف‌های هرز خصوصاً علف‌های هرز پس‌رویشی ضروری می‌باشد. Daramola *et al*. (2020) در بررسی دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز بر عملکرد سویا اظهار داشتند که صرف‌نظر از فاصله کشت، هنگامی‌که علف‌های هرز تا سه هفته پس از کاشت، اجازه رشد داشته باشند منجر به کاهش عملکرد نمی‌شوند اما اگر این مدت به بیش از شش هفته برسد باعث کاهش معنی‌دار عملکرد می‌گردد.

گیاهان دارویی حساسیت بالای به حضور علف‌های هرز دارند (Carrubba & Militello, 2012). در این ارتباط گزارش شده است که علف‌های هرز پهن برگ عملکرد شنبلیله را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Solorio-Sanchez *et al*., 2014). Baradaran & Gahari (2016) به منظور بررسی تداخل علف‌های هرز بر عملکرد و خصوصیات زراعی شنبلیله در تراکم‌های مختلف گیاهی گزارش کردند که افزایش دوره‌های طولانی مدت تداخل علف‌های هرز مانع از رشد اندام‌های رویشی و تسریع در ورود به دوره زایشی گردیده و در نهایت سبب افزایش شاخص برداشت و کاهش عملکرد شد. در گیاهان متعدد از جمله پیاز (Dabaghmohamdadinasab *et al*., 2013)، ذرت دانه‌ای (Chitband *et al*., 1394) و پنبه (Charles *et al*., 2019) برای تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز از شاخص حرارتی درجه–روز رشد (GDD[1]) استفاده شده است. Karnas *et al*. (2019) با هدف تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز کنجد آزمایشی طی دو سال اجرا کردند و بیان داشتند که این دوره در سال اول برابر با ۱۷۷ تا ۸۲۰ درجه–روزهای رشد و در سال دوم برابر با ۱۷۰ تا ۸۳۷ درجه–روزهای رشد بود. Ameri (2015) گزارش کرد که وجین علف‌های هرز در سه سطح بدون وجین (شاهد)، یک بار و دو بار وجین دستی در طی دوره رشد

[1]. Growing degree-day

گیاه همیشه بهار بر روی عملکرد و اجزای عملکرد اثر معنی‌داری دارند. همچنین Hoseini *et al.* (2005) نیز گزارش کردند که وجین علف‌های هرز در اوایل فصل، اثر بیشتری بر عملکرد و اجزاء عملکرد زیره سبز داشتند. Mohamadalinejhad & Mosavi (2017) ضمن تأکید بر اثر معنی‌دار تیمارهای تداخل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ، توصیه نمودند که علف‌های هرز این گیاه با شروع مرحله تولید شاخه فرعی کنترل گردد. Gholipour & Soltani (2005) در پژوهش خود کشت خفته (کشت انتظاری) را به عنوان یک روش جدید کشت مورد بررسی قرار دادند. در این روش، گیاه در اواخر فصل پاییز و یا اوایل فصل زمستان کشت می‌شود که در آن دما به حدی پایین است که جوانه زنی بذر تا بهار به تأخیر می‌افتد. در این روش به هنگام افزایش دما به مقداری که جوانه زنی بذر میسر باشد، گیاه‌چه سبز شده و به خاطر عملیات مربوط به آماده سازی زمین و کشت بذر، تأخیری در شروع رشد و نمو در بهار ایجاد نمی‌گردد. با توجه به مورد فوق و اهمیت کنترل علف‌های هرز، تحقیق حاضر با هدف تعیین تاثیر دوره‌های بحرانی کنترل و تداخل علف‌های هرز بر خصوصیات کمی شنبلیله در شرایط کشت انتظاری انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹٦ در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، واقع در منطقه نازلو با عرض جغرافیایی "۳۲°۳۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی "۵ °٤٥ دقیقه شرقی و با ۱۳۱۳ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد اجرا شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول یک قید شده است. بذر شنبلیله مورد استفاده از توده‌های بومی کشور ترکیه به نام پولاتلی (Polatli) بود. بذور در نیمه دوم آذر به روش کشت انتظاری در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲/۵ متر، با فاصله بین ردیف های کشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در مجموع دارای ۳٦ کرت بود. تیمارهای آزمایشی در ۱۲ سطح با ۳ تکرار تنظیم شدند که ٦ سطح آن شامل کنترل علف‌های هرز و ٦ سطح دیگر شامل تداخل علف‌های هرز بود؛ تیمارهای کنترل علف‌های هرز از سبز شدن تا سومین برگ حقیقی (مرحله ۱۰۳ از BBCH)، تا ششمین برگ حقیقی (مرحله ۱۰٦ از BBCH)، تا اولین شاخه گل‌زا (مرحله ۲۰۱ از BBCH)، تا سومین شاخه گل‌زا (مرحله ۲۰۳ از BBCH)، تا گل‌دهی (مرحله ٦۰۵ از BBCH) و تا دانه‌بندی (مرحله ۸۰۵ از BBCH) بود و تیمارهای تداخل علف‌های هرز تا سومین برگ حقیقی، تا ششمین برگ حقیقی، تا اولین شاخه گل‌زا، تا سومین شاخه گل‌زا، تا گل‌دهی و تا دانه‌بندی بود.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک زراعی مزرعه تحقیقاتی

بافت خاک	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	EC (dS/m)	pH	پتاسیم فراهم	فسفر فراهم (ppm)	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)
رسی	۵۰	۳۵	۱۵	۱/۲۸	۷/۸	۹۸۰	۲٤	۱/۳٤	۰/۲۱

صفات مختلف نظیر ارتفاع بوته، قطر طوقه، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن کل علف‌های هرز، وزن هزار دانه، تعداد غلاف، وزن خالی غلاف، وزن غلاف کامل، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه در هکتار، عملکرد بیولوژیک در هکتار و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. پس از آزمون نرمال بودن توزیع اشتباهات آزمایشی، تجزیه واریانس برای تمام صفات و مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در نرم افزار SAS (نسخه ۹/٤) انجام گرفت. همچنین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز بر اساس درجه-روزهای رشد (GDD) با احتساب ۵ و ۱۰ درصد کاهش مجاز عملکرد پس از شروع رشد در بهار محاسبه و نمودار مربوطه در نرم‌افزار GraphPad Prism 6 ترسیم شد. درجه-روزهای رشد بر اساس اطلاعات هواشناسی و با احتساب حداقل و حداکثر درجه سانتی‌گراد بر طبق رابطه زیر محاسبه شد:

$$GDD = \sum_{1}^{n} \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}$$

که در این معادله T_{max}: حداکثر دمای روزانه، T_{min}: حداقل دمای روزانه، T_{base}: دمای پایه (پایین ترین دمای قابل تحمل) و n: تعداد روزها در یک دوره رویشی می‌باشد. همچنین مدل لجستیک از معادله

$$Y = [(1/D \times \exp((K(T - X)) + F))((F - 1)/F)] \times 100$$

و مدل گامپرتز از معادله

$$Y = A \times exp(-B \times \exp(-KT))$$

محاسبه شدند که در آن Y: عملکرد دانه (درصد از شاهد عاری از علف هرز)، exp: تابع نمایی، X: نقطه‌ی عطف بر حسب GDD، F، K و D: مقادیر ثابت در معادله لجستیک و در معادله گامپرتز نیز A: مجانب عملکرد (درصد از شاهد بدون رقابت)، K و B : مقادیر ثابت معادله گامپرتز و T: مقادیر GDD می‌باشند (Knezevic *et al*., 2002).

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که مراحل مختلف کنترل و تداخل علف‌های هرز بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد غلاف، وزن غلاف کامل، تعداد دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و بر صفات وزن کل علف‌های هرز، قطر طوقه، وزن خالی غلاف و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشت. در حالی‌که این اثر برای صفات تعداد گره برگی، وزن هزار دانه و شاخص برداشت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲ و ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن کل علف‌های هرز	ارتفاع بوته	تعداد شاخه	قطر طوقه	تعداد گره برگی	تعداد غلاف	وزن غلاف کامل
بلوک	۲	۳۳٤/٤ns	۱۰۷/۵*	۰/۵٦٤*	۰/۰۰۳ns	۵۸/۰٤ns	۰/٤۱ns	۰/۳۳ns
تیمار	۱۱	۱۰۲۲/۳*	۱۵۳/۲**	۰/۵٤۰**	۰/۰۰٦*	٤۷/۷۳ns	۱۷/۳**	۰/۷۹**
اشتباه	۲۲	۳۳٦/۷	۳۱/۲۰	۰/۱۲٦	۰/۰۰۳	۲۷/۲۵	۱/۷۹	۰/۲۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۹	٦/۸۰	۱۰/۵	۱۱/۵	۱۳/۸	۸/۰۹	۱۵/۰

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

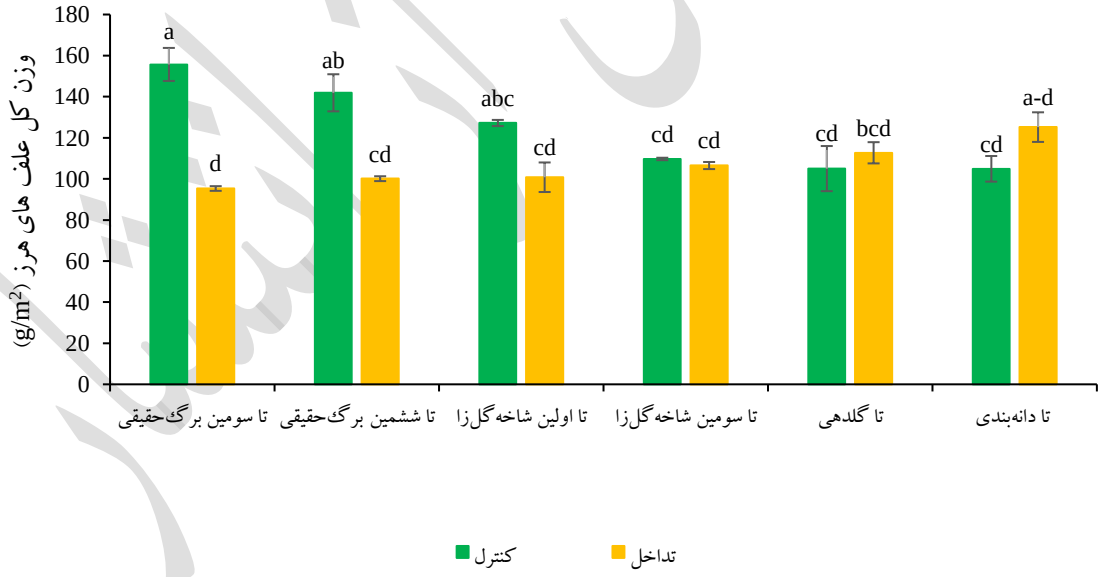
جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خالی غلاف	تعداد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۰/۰۸ns	۲۵۹/٦ns	۰/۳۵۸ns	۱۲۰۲۵/٤ns	۱۳/٤۸ns	۱۵۰۵٦/۱ns

تیمار	۱۱	۰/۱۹*	۱۸۵۵/۸**	۰/۳۹۰ns	۳۵۸۱۷/۵**	۱۲/۹۲ns	۲۰۵۳۲۳/۱*
اشتباه	۲۲	۰/۰۷۸	۲۰۷/٤	۱/۱۸۷	۵۸۹٤/۵	۲۲/۵۸	٦۹۰۸٦/۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۹/٤	۸/۲۵	۱۰/۷	۱۱/۷	۱٦/۸	۱۱/۳

ns ، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

علف‌های هرز موجود در مزرعه شنبلیله شامل تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، ترب‌وحشی (*Raphanus raphanistrum* L.)، خاکشیر (*Descurainia Sophia* L.)، گاوچاق‌کن (*Lactuca orientalis* Boiss.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، شیرسگ (*Euphorbia helioscopia* L.)، توق (*Xanthium strumarium* L.) و آناغالیس (*Anagallis arvensis* L.) بود و بعد از دانه‌بندی پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) نیز مشاهده شد. با کاهش طول دوره کنترل و نیز افزایش طول دوره تداخل، وزن خشک علف‌های هرز افزایش داشت به‌طوری‌که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار کنترل تا سومین برگ حقیقی (۱۵۵/۷ گرم بر متر مربع) بیشترین وزن کل علف‌های هرز را داشت و با افزایش دوره کنترل علف‌های هرز این مقدار کاهش یافت و به کمترین مقدار خود در تیمار تداخل تا سومین برگ حقیقی (۹۵/۳ گرم بر متر مربع) رسید و پس از آن با افزایش زمان تداخل تا دانه بستن، وزن علف‌های هرز به صورت غیرمعنی‌داری افزایش یافت (شکل ۱). نتایج مشابهی مبنی بر رابطه مثبت و فزاینده بین تراکم علف‌های هرز با افزایش تعداد روزهای تداخل مشاهده شده است (Asghari *et al.*, 2011). در تحقیقی دیگر، بیشترین و کمترین ماده خشک علف‌های هرز به‌ترتیب مربوط به تیمار تداخل ٦۰ و ۲۰ روز پس از سبز شدن شنبلیله اختصاص داشت (Baradaran & Gahari, 2016).



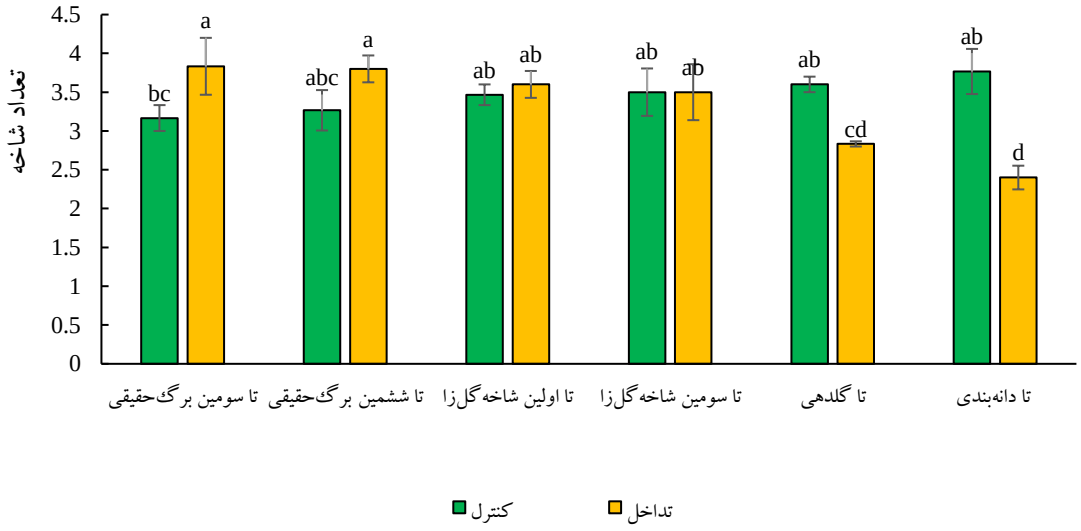
شکل ۱. مقایسه میانگین تأثیر دوره‌های زمانی کنترل و تداخل علف‌های هرز بر وزن کل علف‌های هرز در متر مربع

مطابقت درجه-روزهای رشد با مراحل فنولوژیکی این گیاه به این شرح می باشد: سومین برگ حقیقی (۱۳۸/۵۵)، ششمین برگ حقیقی (۱۷۸/۱)، اولین شاخه گل‌زا (۲۲٤/۹)، سومین شاخه گل‌زا (۲۹۳/۲)، گل‌دهی (۳۳۹/۹) و دانه‌بندی (٤۱۲/۹۵)

بیشترین ارتفاع بوته از تیمار کنترل تا سومین برگ حقیقی (۹۵/۵۱ سانتی‌متر) و کوتاه‌ترین طول بوته در مرحله تداخل علف‌های هرز تا سومین برگ حقیقی (۷۳/۰۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. علاوه بر تیمار کنترل تا سومین برگ حقیقی، تیمارهای کنترل تا ششمین برگ حقیقی (۹۲/۹۳ سانتی‌متر)، تا اولین شاخه گلزا (۸٦/٤۸ سانتی‌متر) و تداخل تا دانه بستن (۸۸/۱۷ سانتی‌متر) ارتفاع بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل ۲). دلیل عمده این افزایش ارتفاع وجود رقابت شدید بین علف‌های هرز و گیاه شنبلیله است. از سویی دیگر، افزایش دوره‌های حضور علف‌های هرز در هر دو سری تیمارها به ویژه در تیمار تداخل علف‌های هرز باعث کاهش روند تشکیل شاخه‌های جانبی در طول فصل رشد شنبلیله شد. به‌طوری‌که در اثر اعمال تیمارهای کنترل علف‌های هرز، تعداد شاخه در بوته در اثر تیمارهای تداخل تا سومین برگ حقیقی (۳/۸۳) افزایش و در مرحله تداخل تا دانه بستن (۲/٤) کاهش داشت (شکل ۳). با توجه به این‌که فراهمی کمتر فضا به‌دلیل افزایش دوره‌های تداخل علف‌های هرز می‌تواند منجر به تشکیل شاخه‌های جانبی کمتری در شنبلیله شود؛ به نظر می‌رسد، کاهش دوره‌های حضور علف‌های هرز در مزرعه شنبلیله این گیاه را قادر می‌سازد که با استفاده از منابع لازم برای رشد، شاخه‌های جانبی بیشتری را تولید نماید.

شکل ۲. مقایسه میانگین تأثیر زمان‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز بر ارتفاع بوته شنبلیله

مطابقت درجه-روزهای رشد با مراحل فنولوژیکی این گیاه به این شرح می باشد: سومین برگ حقیقی (۱۳۸/۵۵)، ششمین برگ حقیقی (۱۷۸/۱)، اولین شاخه گل‌زا (۲۲٤/۹)، سومین شاخه گل‌زا (۲۹۳/۲)، گل‌دهی (۳۳۹/۹) و دانه‌بندی (٤۱۲/۹۵)



شکل ۳. مقایسه میانگین تأثیر زمان‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز بر تعداد شاخه شنبلیله

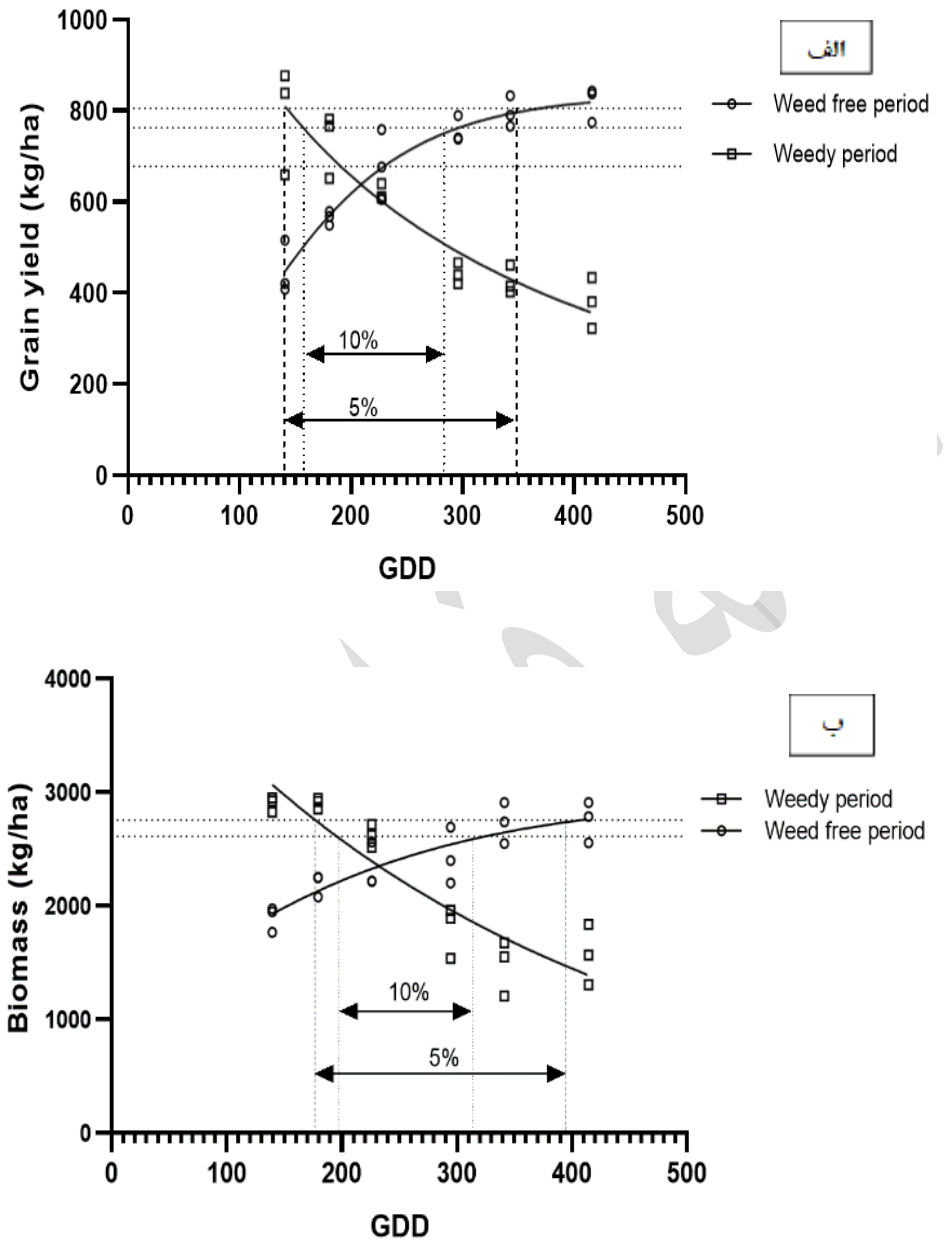
مطابقت درجه-روزهای رشد با مراحل فنولوژیکی این گیاه به این شرح می باشد: سومین برگ حقیقی (۱۳۸/۵۵)، ششمین برگ حقیقی (۱۷۸/۱)، اولین شاخه گل‌زا (۲۲٤/۹)، سومین شاخه گل‌زا (۲۹۳/۲)، گل‌دهی (۳۳۹/۹) و دانه‌بندی (٤۱۲/۹۵)

بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به تیمار کنترل تا گلدهی (۱۹۹/۷۲ عدد) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار تداخل تا دانه بستن (۱۲۲/۵۳ عدد) بود. روند تیمارها نشان می‌دهد که کنترل علف‌های هرز بعد از ظهور سومین شاخه گل‌زا (۱۹۵/۵۷ عدد) و قبل از ظهور اولین شاخه گلزا (۱۹۰/۱۹ عدد) تأثیر بر کاهش تعداد دانه در بوته ندارند و لذا بهتر است کنترل تا سومین شاخه گلزا (۱۹۵/۵۷ عدد) انجام و یا اجازه تداخل تا اولین شاخه گل‌زا داده شود (شکل ٤). Labbafi *et al.* (2014) از تعداد دانه در غلاف به‌عنوان مهم‌ترین صفت در جهت افزایش ترکیب بسیار مهم تریگونلین دانه شنبلیله یاد کرده‌اند. Shabanzade *et al.* (2010) کاهش تعداد دانه در غلاف را به کاهش طول غلاف بر اثر رقابت علف‌های هرز نسبت داد، به‌طوری‌که با افزایش طول دوره رقابت علف‌های هرز، تعداد دانه در غلاف کاهش می‌یابد.

شکل ٤. مقایسه میانگین تأثیر زمان‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز بر تعداد دانه شنبلیله

مطابقت درجه-روزهای رشد با مراحل فنولوژیکی این گیاه به این شرح می باشد: سومین برگ حقیقی (۱۳۸/۵۵)، ششمین برگ حقیقی (۱۷۸/۱)، اولین شاخه گل‌زا (۲۲٤/۹)، سومین شاخه گل‌زا (۲۹۳/۲)، گل‌دهی (۳۳۹/۹) و دانه‌بندی (٤۱۲/۹۵)

بیشترین عملکرد دانه شنبلیله مربوط به تیمار تداخل تا سومین برگ حقیقی (۸۰۰/۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار تداخل تا دانه بستن (٤٥٦ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۵). در هر دو سری تیمارهای کنترل و تداخل علف‌های هرز، با افزایش دوره حضور علف‌های هرز، کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه شنبلیله مشاهده شد. کنترل علف‌های هرز بعد از ظهور سومین شاخه گلزا (٦٥٢/۳ کیلوگرم در هکتار) و قبل از ظهور اولین شاخه گلزا (٦٢۳/۲ کیلوگرم در هکتار) تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشتند که نشان‌گر قدرت ضعیف شنبلیله در رقابت با علف‌های هرز بر سر منابع مشترک در اوایل فصل رشد می‌باشد. از آنجایی که برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز باید به گونه‌ای طراحی گردند که مانع از رقابت علف‌های هرز در حساس‌ترین زمان در طول دوره رشد گیاه زراعی شوند، توصیه می‌گردد جهت حصول بالاترین عملکرد دانه در زراعت گیاه شنبلیله تداخل تا سومین برگ حقیقی صورت گیرد. وجین دستی در فاصله ۲۰ الی ٤۰ روز پس از کاشت باعث افزایش عملکرد دانه شنبلیله شد (Mehta *et al*. 2010). Baradaran & Gahari (2016) طی آزمایشی به‌منظور تعیین اثر تداخل علف‌های هرز و تراکم کاشت بر خصوصیات زراعی شنبلیله، نشان دادند که افزایش دوره‌های طولانی مدت تداخل علف هرز مانع از رشد اندام‌های رویشی و تسریع در ورود به فاز زایشی گردیده در نهایت باعث افزایش شاخص برداشت و کاهش عملکرد شد به طوری که میانگین عملکرد دانه در تیمار عدم وجین، ۲۸/۵ درصد نسبت به تیمار تمام وجین کاهش یافت. نتایجی مشابه از این دست توسط Kiamarsi & Kazemini (2014) در گیاه آفتابگردان گزارش شده است.



شکل ۵. دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در زراعت شنبلیله بر اساس درجه-روزهای رشد، (الف) با احتساب ۵ و ۱۰ درصد کاهش مجاز عملکرد دانه در هکتار و (ب) عملکرد بیولوژیک در هکتار پس از شروع رشد در بهار

مطابقت درجه-روزهای رشد با مراحل فنولوژیکی این گیاه به این شرح می باشد: سومین برگ حقیقی (۱۳۸/۵۵)، ششمین برگ حقیقی (۱۷۸/۱)، اولین شاخه گل‌زا (۲۲٤/۹)، سومین شاخه گل‌زا (۲۹۳/۲)، گل‌دهی (۳۳۹/۹) و دانه‌بندی (٤۱۲/۹۵)

مطالعات گسترده حاکی از آن هستند که با توجه به ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی، کنترل علف‌های هرز در تمام فصل رشد ضروری نبوده و برای جلوگیری از کاهش عملکرد بیش از حد قابل قبول، کنترل بایستی در مقطعی از فصل رشد گیاه زراعی انجام شود که دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز نامیده می‌شود (Dabaghmohamdadi nasab *et al*., 2013). در تحقیق حاضر حداکثر دوره تداخل

علف‌های هرز که در واقع بیان‌کننده زمان شروع کنترل علف‌های هرز (شروع دوره بحرانی) می‌باشد، در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد کاهش عملکرد قابل قبول دانه در هکتار به‌ترتیب ۱۴۰ و ۱۵۸ درجه-روزهای رشد از زمان سبز شدن شنبلیله تعیین شد. به عبارت دیگر به‌ترتیب در این دو سطح کاهش عملکرد، حضور علف‌های هرز تا این دو دوره منجر به کاهش عملکرد دانه در هکتار نشد. حداقل دوره کنترل علف‌های هرز شنبلیله که در واقع معیاری جهت در نظر گرفتن پایان کنترل علف‌های هرز (پایان دوره بحرانی) می‌باشد نیز در دو سطح کاهش عملکرد مذکور به‌ترتیب ۳۴۹ و ۲۸۲ درجه-روزهای رشد از سبز شدن گیاه تعیین گردید (شکل ۵). همان‌گونه که نتایج نشان داد کنترل علف‌های هرز پس از اتمام ظهور سومین شاخه گل‌زا نه تنها تأثیری بر افزایش عملکرد دانه شنبلیله نداشت بلکه در برخی موارد ممکن است بر گیاه زراعی صدمه وارد ساخته و باعث افزایش هزینه تولید شود. بنابراین کنترل علف های هرز تا سومین شاخه گل‌زا و حضور علف هرز تا اولین شاخه گلزا به‌ترتیب به‌عنوان زمان اتمام و شروع کنترل علف‌های هرز (شروع دوره بحرانی) گیاه شنبلیله شناخته شد.

شناسایی دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز، نخستین گام در یک برنامه مدیریت موفق علف‌های هرز است (Daramola *et al.*, 2020). در همین راستا، Yaghoubi & Aga alikhani (2011) با برازش معادلات گامپرتز و لجستیک، دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در آزمایش خود را از مرحله چهار برگی تا پیش از شروع مرحله روزت در کلزا (۲۵ تا ۷۰ روز پس از سبز شدن) برآورد کردند. نتایجی مشابه در گیاه دارویی رازیانه مشاهده شده است (Mubeen *et al.*, 2009). Asghari *et al.* (2011) نشان دادند که وجین قبل از روز دهم مانع کاهش عملکرد آفتاب‌گردان نمی‌شود و وجین ۷۹ روز بعد از کشت به دلیل کامل شدن پوشش مزرعه و رسیدن به مراحل حساس رشد گیاه زراعی افزایش عملکردی نشان نداد. همچنین در مطالعه‌ای دیگر، دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز سویا ۱۸ تا ۳۱ روز پس از ظهور گیاهچه‌ها گزارش شد (Vitorino *et al.* 2017).

تیمارهای آزمایش تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت (جدول ۲). این نتیجه با گزارش Bardaran & gahari (2015) مبنی بر تاثیر نداشتن تداخل علف‌های هرز بر شاخص برداشت گزارش شده است. اما عملکرد بیولوژیک شنبلیله مشابه با عملکرد دانه نیز با افزایش دوره‌های رقابت علف‌های هرز در هر دو سری تیمار کنترل و تداخل علف‌های هرز به طور معنی‌داری کاهش یافت. طبق نتایج بدست آمده بیشترین عملکرد بیولوژیک شنبلیله مربوط به تیمار تداخل تا سومین برگ حقیقی (۲۶۱۸/۱ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین مقدار آن نیز به تیمار حضور علف هرز (تداخل) تا دانه بستن (۱۹۲۵/۱ کیلوگرم در هکتار) اختصاص یافت. رقابت علف‌های هرز در طول فصل رشد تا دانه بستن نسبت به تیمار رقابت علف‌های هرز تا سومین برگ حقیقی عملکرد بیولوژیک شنبلیله را به میزان ۳۹ درصد کاهش داد. همچنین کنترل علف‌های هرز تا سومین برگ حقیقی (۲۰۱۵/۹ کیلوگرم در هکتار) و تداخل تا ظهور سومین شاخه گلزا (۲۱۵۰/۸ کیلوگرم در هکتار) و تا گلدهی (۱۹۹۷/٤ کیلوگرم در هکتار) مقادیر پایینی به لحاظ عملکرد بیولوژیک نشان دادند و دوره‌ها مناسبی برای مبارزه با علف‌های هرز نبودند اما مابقی دوره‌ها در یک گروه آماری با تیمار تداخل تا سومین برگ حقیقی قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری با آن نداشتند. در تیمارهای مذکور به دلیل حذف عامل رقابت‌کننده با گیاه شنبلیله بر سر منابع مشترک محیطی، گیاه زراعی انرژی کمتری را برای جذب منابع صرف کرده، سطح برگ توسعه یافته، تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد و همین عوامل باعث می‌شوند این تیمارها عملکرد بیولوژیک بیشتری را تولید کنند؛ بر عکس در تیمارهای دیگر رقابت گیاه با علف‌های هرز بر سر منابع مشترک افزایش یافته و تا حد زیادی عملکرد را کاسته است (Malekmaleki *et al.*, 2013). Baradarn & Ghahari (2015) در گیاه شنبلیله نشان دادند که با افزایش فاصله زمانی وجین (تا ۲۰ روز) عملکرد بیولوژیک کاهش می‌یابد ولی این کاهش معنی‌دار نشد و اثر تداخل علف‌های هرز بر این صفت غیرمعنی‌دار بود. در تحقیقی گزارش شد که تداخل علف‌های هرز در سراسر فصل رشد سیاهدانه به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت این گیاه به‌ترتیب به میزان ٦۹/٤، ۳۹/٤ و ۵۰/۵ درصد نسبت به تیمار کنترل کامل علف‌های هرز می‌گردد (Hussain *et al.*, 2009)

همان‌گونه که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در سطح ۱۰ درصد کاهش عملکرد بیولوژیک در هکتار از ۱۹۸ درجه-روزهای رشد تا ۳۱۲ درجه-روزهای رشد از زمان سبز شدن گیاه می‌باشد. همچنین با در نظر گرفتن ۵ درصد کاهش عملکرد بیولوژیک در هکتار، این دوره در فاصله ۱۷۸ درجه-روزهای رشد الی ۳۹۵ درجه-روزهای رشد از سبز شدن گیاه قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که شروع دوره بحرانی می‌تواند در صفات مختلف متغیر باشد و پژوهش‌گر بر مبنای اهمیت اقتصادی صفات می‌تواند تصمیم‌گیری کند که بر اساس کدام صفت اقدام به تعریف دوره بحرانی و مبارزه با علف‌های هرز نماید.

٤. تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه ارومیه قدردانی می گردد.

٥. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

٦. منابع

Aasim, M., Baloch, F. S., Nadeem, M. A., Bakhsh, A., Sameeullah, M., & Day, S. (2018). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): An underutilized edible plant of modern world. In *Global perspectives on underutilized crops* (pp. 381-408). Springer, Cham.

Ameri, A.A. (2015). The survey on effects of plant density and weed control on yield, yield component and seed oil content of Marigold (*Calendula officinalis* L.). *The 6th Iranian Weed Science Congress*, Birjand, 660-664. (In Persian).

Asaduzzaman, M., Pratley, J. E., Luckett, D., Lemerle, D., & Wu, H. (2020). Weed management in canola (*Brassica napus* L): a review of current constraints and future strategies for Australia. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *66*(4), 427-444.

Asghari, J., Vahedi, A., & Khoshghaul, H.R. (2011). Critical period of weed control in Sunflower (*Helianthus annus* L.) in west of Guilan province. *Journal of Plant Protection*, *25*(2), 116-126. (In Persian).

Baradaran, R., & Ghahhari, M. (2016). Effect of weed interference on yield and agronomical characteristics of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) in different plant density under Birjand conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *13*(4), 665-674. (In Persian).

Carrubba, A., & Militello, M. (2013). Nonchemical weeding of medicinal and aromatic plants. *Agronomy for sustainable development*, *33*(3), 551-561.

Charles, G. W., Sindel, B. M., Cowie, A. L., & Knox, O. G. (2019). Determining the critical period for weed control in high-yielding cotton using common sunflower as a mimic weed. *Weed Technology*, *33*(6), 800-807.

Chitband, A.A. Rashidi, S.O. Jahedipour, S., Mansouji, A.M., & Amini, I. (2015). The effect of weed infested and weed checkon on growth properties and yeild of Corn (*Zea mays* L.). *Journal of Weed Ecology*, *3*(2), 127-142. (In Persian).

Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Rasolzadeh, O., & Amini, R. (2013). Determination of critical period of weed control in onion variety ghermez Azarshahr. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *23*(1), 43-53. (In Persian).

Dangi, R.S., Lagu, M.D., Choudhary, L.B., Ranjekar, P.K., & Gupta, V.S. (2004). Assessment of genetic diversity in *Trigonella foenum-graecum* and *Trigonella caerulea* using ISSR and RAPD markers. *BMC Plant Biology*, *4*(1), 1-11.

Daramola, O. S., Adeyemi, O. R., Adigun, J. A., & Adejuyigbe, C. O. (2020). Weed interference and control in soybean, as affected by row spacing, in the transition zone of South West Nigeria. *Journal of Crop Improvement*, *34*(1), 103-121.

Gholipour, M. & Soltani, A. (2005). Optimizing the management of dormant (expected) cultivation of chickpeas using the simulation model of chickpea emergence. *The first national conference on legumes*, Mashhad, https://civilica.com/doc/54524, (In Persian).

Hasanzadeh, E., Rezazadeh, S.H., Shamsa, S.F., Dolatabadi, R., & Zarringhalam, J. (2010). Review on phytochemistry and therapeutic properties of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). *Journal of Medicinal Plants*, *9*(34), 1-18. (In Persian).

Hosseini, A., Koockeki, A., & Nassiri Mahalati, M. (2009). Critical period of weed control in cumin (*Cuminum cyminum*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *4*(1), 23-34. (In Persian).

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.

Imoloame, E. O. (2014). The Effects of different weed control methods on weed infestation, growth and yield of Soybeans (*Glycine max* (L) Merril) in the southern guinea savanna of nigeria. *Agrosearch*, *14*(2), 129-143.

Karnas, Z., Isik, D., Tursun, N., & Jabran, K. (2019). Critical period for weed control in sesame production. *Weed Biology and Management*, *19*(4), 121-128.

Kayamarsi, Z., & Kazemeini, S.A. (2014). Effects of water deficit and redroot pigweed interference period at different growth stages on Sunflower yield and oil percentage. *Iranian Journal of Weed Science*, *10*(1), 33-46. (In Persian).

Knezevic, S. Z., Evans, S. P., Blankenship, E. E., Van Acker, R. C., & Lindquist, J. L. (2002). Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed science*, *50*(6), 773-786.

Korres, N. E., & Norsworthy, J. K. (2015). Influence of a rye cover crop on the critical period for weed control in cotton. *Weed Science*, *63*(1), 346-352.

Labbafi, M.R., Naghdi Badi, H., Zand, E., Qaderi, A., Noormohammadi, Gh., Noormohammadi, Gh., Khalaj, H., & Mehrafarin, A. (2014). Determination of yield components of trigonelline in Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed based on path analysis and regression. *Journal of Medicinal Plants*, *13*(50), 144-155. (In Persian).

Malek Maleki, F., Majnonhoseini, N., & Alizade, H. (2013). A survey on the effects of weed control treatments and plant density on lentil growth and yield. *Electronic Journal of Crop Production*, *6*(2), 135-148. (In Persian).

Mehta, R S., Patel, B.S., & Meena, S.S. (2010). Weed dynamics and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) as influenced with irrigation levels and weed management practices. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *80*(11), 970-974.

Mohamad Alinejad, R., & Moosavi, S. GH. (2016). The effect of weed interference duration on agronomical traits and yield of three Safflower cultivars. *Journal of plant protection*, *31*(1), 81-91. (In Persian).

Mohammadi, M., Mashayekh, T., Rashidi-Monfared, S., Ebrahimi, A., & Abedini, D. (2020). New insights into diosgenin biosynthesis pathway and its regulation in *Trigonella foenum-graecum* L. *Phytochemical Analysis*, *31*(2), 229-241.

Khuram, M., 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.

Rajabi Hashjin, M., Asghari, A., Zeinalabedini, M., & Ghaffari, M.R. (2019). Comparison of trigonelline content in some species of medicinal plant of fenugreek (*Trigonella* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *35*(5), 721-730. (In Persian).

Shabanzadeh, S., Siadat, A., Fathi, Ch., AlamiSaid, Kh., & Pirdashti, H. (2010). Effect of different weed interference durations on yield components of Hayola 401 oilseed rapa (*Brassica napus*) cultivar. *The 3rd Iranian Weed Science Congress*, 395-398. (In Persian).

Solorio-Sanchez, F., Solorio-Sánchez, B., Basu, S. K., Casanova-Lugo, F., Sarabia-Salgado, L., Ku-Vera, J., & Cetzal-Ix, W. (2014). Opportunities to grow annual forage legume fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under mexican sylvopastoral system. *American Journal of Social Issues and Humanities*, 86-95.

Srinivasan, K. (2019). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seeds used as functional food supplements to derive diverse health benefits. In *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements* (pp. 217-221). Academic press.

Thomas, J. E., Bandara, M., Lee, E. L., Driedger, D., & Acharya, S. (2011). Biochemical monitoring in fenugreek to develop functional food and medicinal plant variants. *New biotechnology*, *28*(2), 110-117.

Tursun, N., Datta, A., Budak, S., Kantarci, Z., & Knezevic, S. Z. (2016). Row spacing impacts the critical period for weed control in cotton (*Gossypium hirsutum*). *Phytoparasitica*, *44*(1), 139-149.

Vitorino, H. D. S., Silva Junior, A. C. D., Gonçalves, C. G., & Martins, D. (2017). Interference of a weed community in the soybean crop in functions of sowing spacing. *Revista Ciência Agronômica*, *48*(4), 605-613.

Yaghoubi, S.R., & Agha Alikhani, M. (2011). Yield and yield components of winter Canola (*Brassica napus* L.) affected by periods of control and interference. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *9*(4), 659-669. (In Persian).