

Efficiency of herbicide as affected by field environmental temperature and moisture in Wheat

Mohammad Amin Ghassam¹, Hasan Alizadeh^{*2}, Mostafa Oveisi³, Mohammad Ali Baghestani⁴

1,2,3. Agronomy and Plant Breeding Dept., College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.

4. Weed Science Department, Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran.

(Received: June 1, 2020 - Accepted: November 8, 2020)

ABSTRACT

In order to evaluate the efficacy of mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican (Othello OD) herbicide doses under temperature and soil moisture conditions in the control of wheat weeds, field experiments were carried out in Fars and Alborz provinces during 2017 to 2018. Treatments included spraying at different times after irrigation (different soil moisture conditions) as main plots in three levels (2 and 7 days after irrigation and 1 day before next irrigation), dose of herbicide as a subplot at 6 levels (0, 25, 50, 75, 100 and 125% of recommended dose), and spraying day time as sub-sub plots at two levels (7-8 am, and 11-12am). The results showed that in the condition that moisture had provided after spraying, reduced doses of these herbicides were more effective in reducing the dry weight of broad leaves weeds than other conditions. 33, 66 and 99 g ai/ha herbicide doses (25, 50 and 75% of recommended concentration), especially in 2 days after irrigation and 1 day before irrigation treatments, weed dry weight of grass weeds had more difference than 7 days after irrigation conditions, compared to control treatment. Under normal moisture conditions (field capacity), the reduced concentrations were more efficient in controlling the weeds and the higher moisture stress resulted in the lower efficiency of the reduced concentrations.

Keywords: Post-irrigation spraying reduced concentrations, temperature, wet weight, weeds.

کارایی دُزهای علف کش در کنترل علف‌های هرز گندم تحت تأثیر دما و رطوبت محیطی مزرعه

محمدامین قسام^۱، حسن علیزاده^{*۲}، مصطفی اویسی^۳ و محمدعلی باغستانی میبیدی^۴

۱ و ۲ و ۳- به ترتیب دکتری، استاد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

۴- استاد، بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی کارایی غلظت‌های علف‌کش‌های مزوسولفورون + بودوسولفورون + دیفلوفنیکان در کنترل علف‌های هرز گندم تحت تأثیر دما و رطوبت خاک مزرعه، آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار، در دو استان فارس و البرز طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ انجام شد. فاکتورها شامل سمپاشی در زمان‌های مختلف بعد از آبیاری (شرایط مختلف رطوبتی خاک) به عنوان کرت اصلی در سه سطح شامل سمپاشی در دو و هفت روز بعد از آبیاری و سمپاشی یک روز قبل از آبیاری بعدی، غلظت‌های مختلف علف‌کش به عنوان کرت فرعی در شش سطح شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد غلظت توصیه شده و زمان سمپاشی در روز به عنوان کرت فرعی فرعی در دو سطح ساعت هفت تا هشت صبح و ساعت ۱۱-۱۲ صبح بود. نتایج نشان داد که در شرایطی که بعد از سمپاشی رطوبت مهیا شد، غلظت‌های کاهش یافته این علف‌کش، کارایی بیشتری در کاهش وزن تر علف‌های هرز پهن برگ نسبت به سایر شرایط دارند. در غلظت‌های ۳۳ و ۶۶ و ۹۹ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد غلظت توصیه شده) به ویژه در شرایط رطوبتی دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری، وزن تر علف‌های هرز باریک برگ نسبت به تیمار شاهد (غلظت صفر)، اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی هفت روز بعد از آبیاری داشت. غلظت‌های کاهش یافته در شرایط رطوبتی نرمال (ظرفیت مزرعه)، کارایی بیشتری در کنترل علف‌های هرز بررسی شده داشتند و هرچه تنش رطوبتی بیشتر شد، کارایی غلظت‌های کاهش یافته کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: دما، سمپاشی بعد از آبیاری، علف‌های هرز، غلظت‌های کاهش یافته، وزن تر.

مقدمه

Dickson (Alizade *et al.*, 2020). در آزمایش (1990) گیاهان نگهداری شده در شرایط بدون آبیاری ۱۴ روز بعد از سمپاشی در مقایسه با گیاهان منظم آبیاری شده، به غلظت‌های ۰/۲۵ کیلوگرم ماده موثره در هکتار فلوآزیفوپ - بوتیل و ۰/۱۸ کیلوگرم ماده موثره در هکتار گلیفوسیت، تحمل بیشتری نشان دادند. در آزمایشی گزارش شد که کارایی علف‌کش در زمان مصرف در روز، بستگی به گونه علف‌هرز دارد (Carter & Prostko, 2019).

در آزمایشی، کارایی علف‌کش‌های فلوآزیفوپ- بوتیل، هالوکسی فوپ- متیل و ستوکسی دیم در کنترل *Urochloa decumbens* در گیاهان تحت شرایط رطوبت خاک ۱/۵- مگاپاسکال نسبت به ۰/۰۷- و ۰/۰۳- مگاپاسکال، کمتر بود. کاهش غلظت علف‌کش، کارایی را کاهش داد؛ به استثنای کاربرد غلظت ۵۰ درصد ستوکسیدیم و فلوآزیفوپ بوتیل که کاربرد آن در مرحله چهار تا شش برگی علف‌هرز در شرایط نرمال آبی، موثر بود (Rocha-Pereira *et al.*, 2012). مطابق با آزمایش Abbott & Sterling (2006) تاثیرگذاری علف‌کش به وسیله کاهش مقدار آب در خاک که بر روی جذب، انتقال و متابولیسم علف‌کش تاثیر می‌گذارد، به مخاطره خواهد افتاد. جذب و کارایی بیشتر علف‌کش‌ها، عموماً موقعی که گیاهان در معرض رطوبت نسبی بالا بعد از تیمار نسبت به رطوبت نسبی بالا قبل از تیمار قرار می‌گیرند، افزایش می‌یابد که این نشان می‌دهد که تاخیر در خشک شدن قطرات علف‌کش نسبت به هیدراتاسیون کوتیکول، مکانیسم مهم‌تری در افزایش کارایی علف‌کش‌ها در رطوبت نسبی بالا می‌باشد (Ramsey *et al.*, 2005). Olsen *et al.* (2000) طی آزمایشی نشان دادند که کنترل علف‌های هرز با علف‌کش MON 37500 (سولفوسولفورون) در رطوبت اشباع خاک و دمای روز و شب ۲۵ و ۲۳ درجه سانتی‌گراد نسبت به رطوبت یک سوم ظرفیت مزرعه و دمای روز و شب پنج و سه درجه سانتی‌گراد بیشتر بود.

امروزه پدیده گرمایش جهانی، تأثیر بسیار زیادی بر افزایش میانگین درجه حرارت محیط گذاشته است. بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده، گرمایش جهانی، رشد و عملکرد گونه‌های گیاهی را نیز تحت تأثیر این تغییرات قرار داده است؛ بنابراین رشد علف‌های هرز هم تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار خواهد گرفت (CCSP, 2008). مصرف علف‌کش‌ها برای کنترل علف‌های هرز، همچنان از کاربردی ترین و موثرترین روش‌های مورد استفاده است و کاربرد علف‌کش تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله درجه حرارت محیط، رطوبت نسبی و میزان رطوبت خاک قرار خواهد گرفت. Fausey & Renner (2001) نشان دادند که فعالیت علف‌کش فلومیکلوراک بر روی سلمه تره^۲ (هفت برابر) و تاج خروس (سه برابر)، وقتی درجه حرارت از ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، بیشتر شد. افزایش دما در بعضی موارد، باعث تجزیه سریع‌تر علف‌کش خواهد شد که متعاقب آن، فعالیت علف‌کش را کاهش می‌دهد (Johnson & Young, 2002; Jursik *et al.*, 2020). افزایش هفت برابری در جذب و انتقال مزوتریون در گاوینبه و توق در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد، درحالی‌که کارایی مزوتریون در علف‌های هرز تاج خروس^۳ و گاورس در همین درجه حرارت، شش تا هفت برابر کاهش یافت (Johnson & Young, 2002). کارایی مزوتریون بر روی تاج خروس به‌طور معنی‌داری با افزایش درجه حرارت از ۲۵ به ۴۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت که نشان دهنده افزایش در متابولیسم مزوتریون در دمای بالاتر می‌باشد (Godar *et al.*, 2015). کاهش رطوبت خاک، باعث افزایش اسید آبسازیک (Wright & Hiron, 1972)، تعدیل اسمزی (Hsiao, 1973)، کاهش سرعت رشد (Boyer, 1970; Hsiao, 1973)، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش سرعت فتوسنتز و افزایش موم اپی کوتیکولار (Boyer & Bowen, 1995) خواهد شد که همگی بر عملکرد علف‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند

³ - *Amaranthus rudis*

¹ - Climate Change Science Program

² - *Chenopodium album*

انجام شود. ب) غلظت‌های مختلف علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان (اوتللو، شرکت بایر کراپ ساینس آلمان با دز توصیه شده ۱/۶ لیتر در هکتار) به‌عنوان کرت فرعی در پنج سطح شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد غلظت توصیه شده (صفر، ۳۳، ۶۶، ۹۹، ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار) بود و ج) زمان سمپاشی در روز به‌عنوان کرت فرعی در فرعی در دو سطح ساعت هفت تا هشت صبح، وقتی درجه حرارت بین صفر تا پنج درجه سانتی‌گراد است و ساعت ۱۱-۱۲ صبح، وقتی درجه حرارت بین ۱۴-۱۸ درجه سانتی‌گراد است، بود.

آزمایش در مزرعه‌ای به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد و ابعاد کرت‌ها سه در دو متر در نظر گرفته شد. این آزمایش در مزرعه آبیاری تحت فشار (آبیاری نواری) اجرا شد و در مجموع شامل ۱۰۸ واحد آزمایشی بود. قطعه زمین مورد نظر در آبان‌ماه ۱۳۹۵ با انجام شخم برگردان‌دار و دو نوبت دیسک عمود بر هم و خرد کردن کلوخه‌ها و تهیه بستر مناسب آماده شد. سپس نسبت به کرت‌بندی و احداث نهرهای ورودی و خروجی اقدام شد. بعد از پیاده نمودن نقشه طرح بر روی زمین، کشت بذر گندم رقم سیروان در تاریخ‌های ۱۵ آبان ۱۳۹۵ در فارس و ۲۶ آبان ۱۳۹۵ در کرج به روش دستپاش به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پخش بذر با خاک و سپس مخلوط شدن آن‌ها با خاک انجام شد. رقم سیروان در طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی در اکثر مناطق گندم خیز ایران کشت می‌شود و پتانسیل عملکردی بالایی دارد. دور آبیاری‌ها طبق عرف مزارع گندم در منطقه، ۱۵ روز در نظر گرفته شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، آبیاری قطع شد تا ضمن کاهش رطوبت مازاد دانه، محصول گندم آماده برداشت شود. کودهای شیمیایی مورد استفاده در آزمایش، شامل ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود که نصف آن در هنگام کشت و بقیه کود نیتروژن در مرحله ساقه دهی گندم به زمین داده شد. همچنین ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات دی‌آمونیم قبل از کاشت به خاک افزوده شد.

بنابراین شناخت کارایی علف‌کش در شرایط مساعد دمایی یا رطوبتی، از مهم‌ترین ضرورت‌های اجرای این آزمایش است و مهم‌ترین هدف انجام این تحقیق، تعیین شرایط رطوبتی مناسب خاک، رطوبت نسبی محیط و دمای محیط در جهت افزایش کارایی غلظت‌های مختلف علف‌کش اوتللو در کنترل علف‌های هرز گندم و تاثیر آن بر روی گندم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی کارایی غلظت‌های علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان (اوتللو) تحت تاثیر شرایط دما و رطوبت محیطی مزرعه در کنترل علف‌های هرز گندم، آزمایش مزرعه‌ای در دو استان فارس و البرز طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش سال اول در منطقه دستجه شهرستان فسا (استان فارس) واقع در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شهر شیراز، با مختصات جغرافیایی بین ۳۶ و ۳۳ درجه تا ۱۵ و ۳۵ درجه شمالی و ۲۴ و ۴۵ درجه تا ۳۰ و ۴۸ درجه طول شرقی و آزمایش سال دوم در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران با مختصات جغرافیایی بین ۳۳ درجه و ۱۵ و ۳۵ درجه شمالی و ۲۴ و ۴۵ درجه تا ۳۰ و ۴۸ درجه طول شرقی انجام شد. آب و هوای محل اجرای آزمایش در فارس، گرم و خشک و میانگین دمای روزانه و میزان بارندگی در سال انجام آزمایش، ۲۴/۴ درجه سلسیوس و ۲۸۰ میلی‌متر بود. آب و هوای محل اجرای آزمایش در استان البرز معتدل و میانگین دمای روزانه و میزان بارندگی در سال انجام آزمایش ۱۸/۴ و ۳۳۰ میلی‌متر بود.

در هر دو سال و در هر دو آزمایش، عوامل مورد بررسی شامل تیمارهای زیر بودند: الف) سمپاشی در زمان‌های مختلف بعد از آبیاری (شرایط مختلف رطوبتی خاک) به‌عنوان کرت اصلی در سه سطح شامل سمپاشی دو روز بعد از آبیاری، سمپاشی هفت روز بعد از آبیاری و سمپاشی یک روز قبل از آبیاری بعدی. در واقع دور آبیاری گندم، ۱۵ روز در نظر گرفته شد و سمپاشی در مقاطع مختلف این دور آبیاری انجام شد. ضمناً دور آبیاری به‌گونه‌ای تنظیم شد که سمپاشی‌ها در یک روز

مورد مطالعه شده است و b : شیب خط منحنی در ناحیه‌ای که روند نمودار خطی می‌شود، می‌باشد. برای به‌دست آوردن منحنی‌های واکنش گندم به غلظت‌های علف‌کش اُتللو، داده‌های وزن تر و زیست‌توده گندم در مرحله نمونه برداری از طریق نرم افزار Sigma plot (ver.12) با معادله چهار پارامتره استاندارد لجستیک (معادله ۲) برازش داده شد (Rithz & Strebeig, 2005).

$$Y = \text{Min} + \frac{(\text{Max} - \text{Min})}{1 + (\text{Dose} / \text{ED50})^b} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله، Y : متغیر وابسته، ED50 : غلظتی از علف‌کش که باعث کاهش ۵۰ درصد صفت مورد مطالعه شده است، b : شیب خط منحنی در ناحیه‌ای که روند نمودار خطی می‌شود، Max : حد بالای بیشترین صفت مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد علف‌کش و Mi : حد پایین در شرایط بالاترین غلظت علف‌کش می‌باشد. شاخص ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) (معادله ۳) برای ارزیابی برازش مدل استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad \text{معادله (۳)}$$

در این معادله، X_i و y_i : آمین داده واقعی و برآورد شده و n : تعداد داده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

فلور علف‌های هرز کرت‌های آزمایش در فارس و کرج در جدول ۱ آمده است.

نتایج سال اول

وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در این آزمایش، اثر سال انجام آزمایش بر تمام صفات علف‌های هرز معنی‌دار بود و رطوبت، اثر معنی‌داری بر صفات علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ داشت. تأثیر غلظت علف‌کش نیز بر صفات علف‌های هرز معنی‌دار بود و تأثیر زمان سمپاشی تنها بر وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ و وزن خشک علف‌های هرز باریک‌برگ معنی‌دار شد. نتایج اثرات متقابل نشان داد که برهمکنش رطوبت و غلظت بر تمام صفات علف‌های هرز معنی‌دار بود.

تیمارهای سمپاشی به‌صورت پس‌رویشی و در مرحله ۲۵ زادوکس گندم (ساقه اصلی و ظهور پنج پنجه) در تاریخ‌های ۲۰ دی‌ماه ۱۳۹۵ در فارس و ۳۰ دی‌ماه ۱۳۹۶ در کرج به‌عمل آمد. سمپاشی به‌وسیله یک سمپاش پشتی شارژی (Matabi 12V Electric Backpack Sprayer Agratech, UK) مجهز به نازل شره‌ای ۱۱۰۰۲ که با فشار ۲۴۰ کیلوپاسکال و حجم ۲۵۰ لیتر در هکتار تنظیم شده بود، انجام شد. قبل از اعمال تیمارها، کالیبره کردن سمپاش برای حصول اطمینان از غلظت سم، انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری در این تحقیق شامل دو بخش صفات علف‌های هرز و گندم بود. در یک مرحله پس از مصرف علف‌کش (۲۱ روز پس از مصرف علف‌کش)، وزن تر و خشک علف‌های هرز اندازه‌گیری شد. برای این منظور، کوادرات ثابت در نظر گرفته شد و پس از نمونه‌گیری علف‌های هرز در سطح کوادرات، به تفکیک باریک‌برگ و پهن‌برگ جدا شدند و پس از گذاشتن در پاکت، در آن در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک و به‌وسیله ترازوی ۰۰۱ توزین شد. در پایان فصل رشد، عملکرد دانه و عملکرد زیستی با برداشت یک متر مربع و رعایت حاشیه از هر کرت اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از هر کدام از مکان‌ها با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد. ابتدا آنالیز واریانس بررسی تأثیر تیمارها انجام شد و سپس با توجه به معنی‌دار بودن اثرات متقابل، از تجزیه رگرسیونی برای آنالیز اثرات متقابل استفاده شد.

منحنی‌های دوز-پاسخ

وزن تر و خشک علف‌های هرز تحت تأثیر غلظت‌های مختلف علف‌کش اُتللو با برازش معادله غلظت-پاسخ استاندارد سه پارامتره استریبیگ (معادله ۱) توصیف و پارامترها محاسبه شد:

$$Y = \frac{a}{1 + (\text{Dose} / \text{ED50})^b} \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، Y : متغیر وابسته، a : صفت مورد مطالعه علف‌هرز در شرایط عدم کاربرد علف‌کش، ED50 : غلظتی از علف‌کش که باعث کاهش ۵۰ درصد صفت

جدول ۱- فلور علف‌های هرز کرت‌های آزمایش در فارس و کرج

Table 1. Weed species in the experimental plots in Fars and Karaj

Experiment region	Grass leaves		Broad leaves	
	Persian name	Scientific name	Persian name	Scientific name
Fars	یولاف وحشی	<i>Avena ludoviciana</i>	خردل وحشی	<i>Sinapis arvensis</i>
	چچم	<i>Lolium rigidum</i>	خاکشیر تلخ	<i>Sisymbrium irio</i>
	خونی واش	<i>Phalaris minor</i>	گل گندم	<i>Centaurea cyanus</i>
	جو وحشی	<i>Hordeum morinum</i>	ماستونک	<i>Torilis arvensis</i>
Karaj	یولاف وحشی	<i>Avena ludoviciana</i>	خردل وحشی	<i>Sinapis arvensis</i>
	خونی واش	<i>Phalaris minor</i>	شاهتره	<i>Fumaria officinalis</i>
	جو وحشی	<i>Hordeum morinum</i>	-	

علف‌های هرز باریک‌برگ معنی‌دار شد. برهمکنش سه فاکتور رطوبت، غلظت و زمان سمپاشی تنها بر وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ معنی‌دار و بر وزن تر و خشک علف‌های هرز باریک‌برگ معنی‌دار نشد (جدول ۲).

اثر متقابل رطوبت و زمان سمپاشی بر وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ در سطح پنج درصد و بر وزن خشک علف‌های هرز باریک‌برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل غلظت و زمان سمپاشی بر علف‌های هرز پهن‌برگ معنی‌دار نبود، اما بر وزن خشک

جدول ۲- میانگین مربعات (MS) حاصل از تجزیه واریانس صفات مربوط به علف‌های هرز

Table 2. Mean squares (MS) of variance analysis of weed traits.

ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

**, *, ns: significant at 1% and 5% of probability levels and non-significant, respectively.

هفت روز بعد از آبیاری، غلظت لازم برای کاهش ۵۰

بر اساس مدل سه پارامتره غلظت - پاسخ، میزان غلظت

Source of variation	df	Mean squares			
		Broad leaves wet weight	Broad leaves dry weight	Grass leaves wet weight	Grass leaves dry weight
Place	1	930.9**	35.4**	4022.4**	189.8**
Error (place)	4	44.6	18.4	118.1	7.1
Spraying time (a)	2	724.9**	145.7**	227.7**	55.7**
a × Place	2	170.4**	15.9**	72.6**	109.1**
Main error	8	26.6	7.8	61.9	11.34
Dose (b)	5	5148.04**	1046.02**	3030.5**	659.5**
a × b	10	145.7**	18.7**	62.4**	12.3**
b × place	5	81.2**	73.7**	28.1**	7.9**
a × b × place	10	39.2**	37.8**	20.3**	12.7**
Sub error	60	8.2	3.8	9.7	1.9
Spraying time in day (c)	1	32.7**	0.001 ^{ns}	2.5 ^{ns}	8.2**
a × c	2	7.6*	1.6 ^{ns}	2.2 ^{ns}	2.7**
b × c	5	4.6 ^{ns}	2.1 ^{ns}	15.1**	1.7**
c × place	1	32.3**	0.94 ^{ns}	6.5 ^{ns}	0.04 ^{ns}
a × b × c	10	6.6**	0.99 ^{ns}	3.4 ^{ns}	0.76 ^{ns}
a × c × place	2	4.00 ^{ns}	0.77 ^{ns}	9.5 ^{ns}	0.54 ^{ns}
b × c × place	5	0.73 ^{ns}	1.02 ^{ns}	3.8 ^{ns}	0.22 ^{ns}
a × b × c × place	10	2.3 ^{ns}	1.53 ^{ns}	3.7 ^{ns}	0.35 ^{ns}
Sub in sub error	72	2.3	1.7	1.7	0.37
CV (%)		5.8	13.4	9.8	7.8

درصد وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ، ۱۶۲/۰۶ گرم ماده موثره در هکتار پیش‌بینی شد. در تیمار یک روز قبل از آبیاری، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر

لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ در دو روز بعد از آبیاری، ۱۰۰/۱ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش بود، درحالی‌که در تیمار

محتوای نسبی رطوبت برگ ۷۷/۶ درصد بود. شیب منحنی یا روند کاهش وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش در زمان‌های مختلف سمپاشی بعد از آبیاری، به ترتیب ۲/۵۲، ۱/۶۳ و ۲/۸۶ به دست آمد (جدول ۳).

علف‌های هرز پهن‌برگ، ۱۱۲/۹ گرم ماده موثره در هکتار به دست آمد که این نشان‌دهنده کاهش کارایی این علف‌کش در رطوبت‌های کمتر خاک می‌باشد. محتوای نسبی آب برگ (RWC) در دو و هفت روز بعد از آبیاری به‌طور میانگین به ترتیب ۷۲/۷ و ۶۲/۸ به دست آمد و در یک روز قبل از آبیاری، ۵۳/۲ بود که یک روز بعد از آن،

جدول ۳- پارامترهای مربوط به مدل غلظت-پاسخ استریبیگ؛ رابطه بین وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ و غلظت‌های علف‌کش
Table 3. Parameters of Streibig dose-response model; the relationship between wet weight of broadleaf weeds and herbicide concentrations.

Spraying time	*W0	**Ed50	b	RMSE	R ²
2 days after irrigation	(1.2) 44.4	(4.3) 100.1	(0.26) 2.52	0.96	0.96
7 days after irrigation	38.45(1.3)	(12.7) 162.06	(0.30) 1.63	0.88	0.98
1 day before irrigation	35.5 (1.1)	112.9 (4.88)	(0.41) 2.86	0.94	0.95

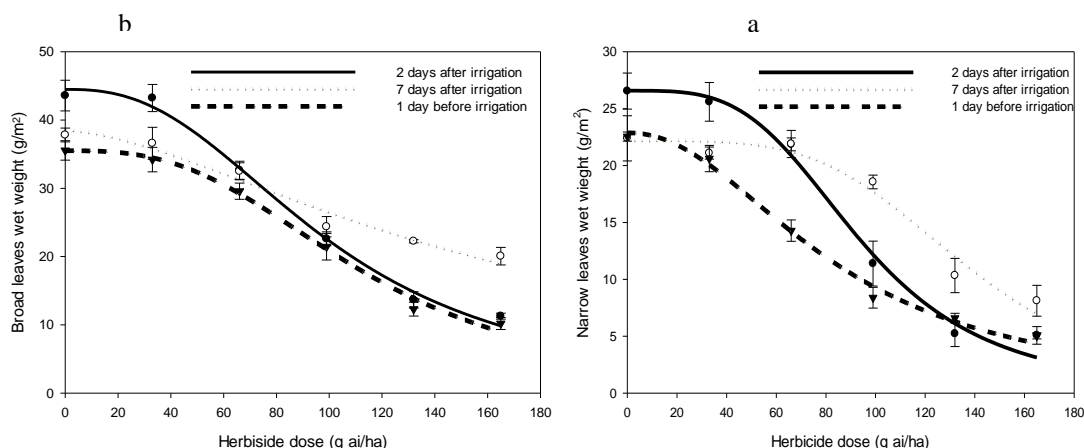
*وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ بدون مصرف علف‌کش، **غلظت مورد نیاز علف‌کش جهت کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

* Wet weight of broadleaf weeds without herbicide application, ** required dose of herbicide to reduce the weight of broadleaf weeds by 50%. Numbers in parenthesis show standard error.

بررسی نتایج در شکل ۱a نشان داد که در غلظت‌های ۹۹ و ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد غلظت توصیه شده) در شرایط رطوبتی دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری، وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ نسبت به تیمار شاهد (غلظت صفر) اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی هفت روز بعد از آبیاری داشت. این نتایج نشان می‌دهد که دزهای کاهش‌یافته علف‌کش در شرایط رطوبتی نرمال، کارایی بیشتری در کاهش وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ نسبت به شرایط تنش رطوبتی دارند و هرچه تنش رطوبتی بیشتر شود، کارایی دزهای کاهش‌یافته در کنترل علف‌های هرز نیز کاهش خواهد یافت. در سال اول آزمایش، میزان رطوبت نسبی محیط به دلیل کاهش میزان بارندگی پایین بود، بنابراین غلظت‌های علف‌کش، خصوصاً زمانی که علف‌کش در هفت روز بعد از آبیاری مصرف شد، از کارایی پایینی برخوردار بود و این به علت شرایط استرس آبی و کاهش رطوبت نسبی هوا و محیط خاک بود که هم بر رشد گیاه و هم بر کارایی علف‌کش اثر می‌گذارد. *et al*

Zanatta (2008) نتایج مشابهی را در مورد کاهش کارایی علف‌کش فومسافن بر روی علف‌هرز تاج خروس (*Amaranthus hybridus*) در شرایط کاهش رطوبت خاک گزارش نمودند. رطوبت خاک به‌صورت مستقیم بر روی میزان حلالیت و انتقال علف‌کش در خاک تأثیر می‌گذارد و به‌صورت غیرمستقیم از طریق تأثیر بر شرایط رشد گیاه، شادابی گیاه و از جمله محتوای نسبی آب برگ، تعرق گیاه و وضعیت روزه‌های برگ بر کارایی علف‌کش تأثیر می‌گذارد. در مطالعه‌ای گزارش شد که کارایی ایمازمتابنز بر علف‌هرز دم روباهی (*Alopecurus mysuroides*)، با افزایش رطوبت خاک افزایش یافت (Malefyt & Quakenbush, 1991). میزان غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ در تیمار دو روز بعد از آبیاری، ۹۴/۵ گرم ماده موثره در هکتار و در تیمار هفت روز بعد از آبیاری، ۱۳۷/۱۶ گرم ماده موثره در هکتار بود. در تیمار یک روز قبل از آبیاری، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ، ۸۳/۳ گرم ماده موثره در هکتار بود.

بررسی نتایج در شکل ۱a نشان داد که در غلظت‌های ۹۹ و ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد غلظت توصیه شده) در شرایط رطوبتی دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری، وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ نسبت به تیمار شاهد (غلظت صفر) اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی هفت روز بعد از آبیاری داشت. این نتایج نشان می‌دهد که دزهای کاهش‌یافته علف‌کش در شرایط رطوبتی نرمال، کارایی بیشتری در کاهش وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ نسبت به شرایط تنش رطوبتی دارند و هرچه تنش رطوبتی بیشتر شود، کارایی دزهای کاهش‌یافته در کنترل علف‌های هرز نیز کاهش خواهد یافت. در سال اول آزمایش، میزان رطوبت نسبی محیط به دلیل کاهش میزان بارندگی پایین بود، بنابراین غلظت‌های علف‌کش، خصوصاً زمانی که علف‌کش در هفت روز بعد از آبیاری مصرف شد، از کارایی پایینی برخوردار بود و این به علت شرایط استرس آبی و کاهش رطوبت نسبی هوا و محیط خاک بود که هم بر رشد گیاه و هم بر کارایی علف‌کش اثر می‌گذارد. *et al*



شکل ۱- رابطه بین وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ (a) و باریک‌برگ (b) با افزایش غلظت علف‌کش اوتلو در زمان‌های مختلف سمپاشی

Figure 1. The relationship between wet weight of broadleaf (a) and grass weeds (b) with increasing concentration of Othello herbicide at different spraying times

برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ، کمتر از شرایط دو روز بعد از آبیاری بود، درحالی‌که در مورد علف‌های هرز پهن‌برگ این قضیه برعکس بود. شیب منحنی یا روند کاهش وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش در زمان‌های مختلف سمپاشی بعد از آبیاری، به ترتیب ۳/۶۱، ۴/۲۳ و ۲/۱۲ به‌دست آمد (جدول ۴)

محتوای نسبی آب برگ (RWC) در دو و هفت روز بعد از آبیاری، به‌طور میانگین به ترتیب ۷۵/۴ و ۶۴/۶ درصد و در یک روز قبل از آبیاری، ۵۲/۱ بود که یک روز بعد از آن محتوای نسبی رطوبت برگ ۷۸/۴ درصد بود. در مجموع و در مقایسه با علف‌های هرز پهن‌برگ، نتایج حاکی از کارایی بیشتر این علف‌کش در کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ بود. همچنین نتایج حاکی از این بود که در یک روز قبل از آبیاری، میزان غلظت لازم

جدول ۴- پارامترهای مدل غلظت-پاسخ استرپیگ؛ رابطه بین وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ و غلظت‌های علف‌کش
Table 4. Parameters of Streibig dose-response model; the relationship between wet weight of grass weeds and herbicide concentrations.

Spraying time	*W0	**Ed50	b	RMSE	R ²
2 days after irrigation	(1.07) 26.57	(4.8) 94.53	(0.56) 3.61	0.93	0.94
7 days after irrigation	(0.87) 22.17	(6.2) 137.16	(0.93) 4.23	0.86	0.87
1 day before irrigation	(0.72) 22.87	(4.54) 83.38	(0.21) 2.12	0.96	0.96

*وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ بدون مصرف علف‌کش، **غلظت مورد نیاز علف‌کش جهت کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می باشد.

* Wet weight of grass weeds without herbicide application, ** required dose of herbicide to reduce the weight of grass weeds by 50%. Numbers in parenthesis show standard error.

شده) در تیمارهای دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری، وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ نسبت به تیمار شاهد (غلظت صفر)، اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی هفت روز بعد از آبیاری داشت، اما در تیمار هفت روز بعد از آبیاری، این اختلاف در غلظت‌های ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار (۱۰۰ و ۱۲۵

نتایج قابل ملاحظه این بود که در شرایط رطوبتی بیشتر (یعنی دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری)، کارایی غلظت‌های کاهش‌یافته در کاهش وزن تر باریک‌برگ‌ها بیشتر بود. بررسی نتایج در شکل ۱b نشان داد که در غلظت‌های ۳۳، ۶۶ و ۹۹ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد غلظت توصیه

۵۰ درصد زیست‌توده گندم به ترتیب ۶۰/۸ و ۶۷/۸ گرم ماده موثره در هکتار بود و در هفت روز بعد از آبیاری این میزان ۹۳/۷ گرم ماده موثره در هکتار بود. این نشان‌دهنده آن است که در هفت روز بعد از آبیاری، غلظت‌های بیشتری از این علف‌کش برای افزایش زیست‌توده گندم لازم بود، درحالی‌که در شرایط رطوبت نرمال، این میزان کمتر بود. شیب منحنی یا روند افزایش زیست‌توده گندم، با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش در دو روز بعد از آبیاری، هفت روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری، به ترتیب ۴/۱، ۳/۸ و ۳/۷ به دست آمد (جدول ۵).

گرم ماده موثره هکتار) مشاهده شد. این نتایج نشان داد که در شرایط رطوبتی نرمال، غلظت‌های کاهش‌یافته علف‌کش، کارایی بیشتری در کاهش وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ نسبت به شرایط تنش رطوبتی دارند و هرچه تنش رطوبتی بیشتر و اواسط دور آبیاری سمپاشی انجام شود، کارایی غلظت‌های کاهش‌یافته در کنترل علف‌های هرز کاهش می‌یابد و احتمالاً نیاز به غلظت‌های بالاتری باشد.

زیست‌توده و عملکرد گندم

در شرایط سمپاشی در دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری، میزان غلظت علف‌کش لازم برای افزایش

جدول ۵- پارامترهای مربوط به مدل غلظت - پاسخ استریدیگ؛ رابطه بین زیست‌توده گندم و غلظت‌های علف‌کش. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

Table 5. Dose-response Logistic model; the relationship between wheat biomass and herbicide concentrations

Spraying time	*Y0	X0**	a	b	RMSE	R ²
2 days after irrigation	(123.8) 4155.8	(2.48) 60.8	(208.2) 3998.9	(0.76) 4.1	131.3	0.99
7 days after irrigation	(236.1) 4107.2	(18.7) 93.7	(846.8) 2713.4	(2.4) 3.8	299.9	0.92
1 day before irrigation	(266.6) 4353.4	(6.1) 67.8	(557.8) 4359.4	(1.4) 3.7	294.1	0.97

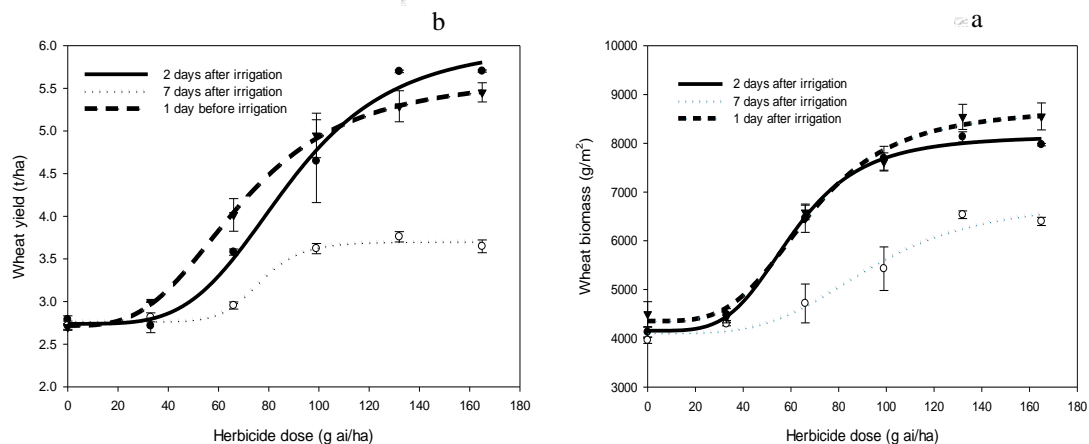
*زیست‌توده گندم بدون مصرف علف‌کش، **غلظت مورد نیاز علف‌کش جهت کاهش ۵۰ درصد زیست‌توده گندم، Y0: حد بالا. اعداد داخل پرانتز، نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

* Wheat biomass without herbicide application, ** required dose of herbicide to reduce wheat biomass by 50%. Y0: upper limit.

از رطوبت پایین خاک و کاهش رطوبت نسبی محیط بود. Burt & Akinsoratan (2006) خسارت بیشتر به ذرت در اثر مصرف علف‌کش EPTC و بوتیلات در رطوبت ۱۵ درصد خاک نسبت به رطوبت ۳۳ درصد را گزارش نمودند.

میزان غلظت لازم علف‌کش برای افزایش ۵۰ درصد عملکرد گندم در شرایط سمپاشی در یک روز قبل از آبیاری، ۶۹/۹ گرم ماده موثره در هکتار بود، درحالی‌که در دو روز بعد از آبیاری و هفت روز بعد از آبیاری، این میزان به ترتیب ۸۸/۱ و ۷۶/۵ گرم ماده موثره در هکتار بود. این نتایج نشان‌دهنده آن است که در هفت و دو روز بعد از آبیاری، غلظت‌های بیشتری از این علف‌کش برای افزایش عملکرد لازم بود، درحالی‌که در شرایطی که بعد از سمپاشی آبیاری انجام شود، این میزان کمتر بود (جدول ۶).

زیست‌توده در غلظت‌های مختلف علف‌کش اوتللو به‌ویژه ۹۹ و ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار در شرایط سمپاشی در هفت روز بعد از آبیاری، نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که در شرایط دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری و در غلظت‌های بیشتر از ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار، زیست‌توده گندم اختلاف بیشتری با شاهد نشان داد (شکل ۲۵). بنابراین در شرایط تنش رطوبتی، با افزایش غلظت این علف‌کش، اثرات سوء بر گندم بیشتر شد و باعث کاهش زیست‌توده گندم شد. در غلظت‌های کاهش‌یافته این علف‌کش (۲۵ و ۵۰ درصد توصیه شده)، اختلاف معنی‌داری در زیست‌توده گندم در شرایط رطوبتی مختلف مزرعه مشاهده نشد. کاهش زیست‌توده گندم در اثر مصرف علف‌کش در هفت روز بعد از آبیاری، به علت کارایی پایین علف‌کش در کنترل علف‌های هرز به‌ویژه پهن‌برگ‌ها و نیز اثرات سوی ناشی



شکل ۲- رابطه بین زیست توده گندم (a) و عملکرد گندم (b) با افزایش غلظت علف کش اوتلو در زمان های مختلف سمپاشی
 Figure 2. The relationship between Wheat biomass (a) and yield (b) with increasing concentration of Othello herbicide at different spraying times

اختلاف بیشتری با شاهد نشان داد. در شرایط هفت روز بعد از آبیاری و در غلظت ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار به بالا، اختلاف با شرایط دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری قابل مشاهده بود. این نتایج نشان می دهد که در شرایط تنش رطوبتی، با افزایش غلظت این علف کش، اثرات سوء بر گندم بیشتر بود که باعث کاهش عملکرد گندم شد.

همانطور که در شکل b نشان داده شده است، در غلظت های مختلف علف کش اوتلو به ویژه ۶۶ و ۹۹ و ۱۳۲ گرم ماده موثره در هکتار در شرایط سمپاشی در هفت روز بعد از آبیاری، عملکرد گندم نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشت، در حالی که در شرایط دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری و در غلظت های بیشتر از ۵۰ درصد غلظت توصیه شده، عملکرد گندم

جدول ۶- پارامترهای مربوط به مدل غلظت - پاسخ استریبیگ؛ رابطه بین عملکرد گندم و غلظت های مختلف علف کش.

Table 6. Dose-response Logistic model; the relationship between wheat yield and herbicide concentrations

Spraying time	*Y0	X0	a	B	RMSE	R ²
2 days after irrigation	(0.15) 2.7	(7.7) 88.1	(0.4) 3.2	(1.2) 4.1	0.195	0.97
7 days after irrigation	(0.05) 2.7	(5.3) 76.5	(0.08) 0.93	(3.6) 9.4	0.076	0.97
1 day before irrigation	(0.03) 2.71	(1.7) 69.9	(0.09) 2.9	(.025) 3.1	0.041	0.99

*عملکرد گندم بدون مصرف علف کش، **غلظت مورد نیاز علف کش جهت کاهش ۵۰ درصد عملکرد گندم، Y0: حد بالا.

* Wheat yield without herbicide application, ** required dose of herbicide to reduce wheat yield by 50%, Y0: upper limit. Numbers in parenthesis are standard error.

پهن برگ، ۱۷۸/۰۶ گرم ماده موثره در هکتار بود. بنابراین در انتهای دوره آبیاری (یک روز قبل از آبیاری)، بیشترین کارایی به دست آمد. محتوای نسبی آب برگ (RWC) در تیمارهای دو و هفت روز بعد از آبیاری، به طور میانگین به ترتیب ۷۱/۴ و ۶۰/۶ درصد و در یک روز قبل از آبیاری، ۵۲/۱ بود که یک روز بعد از آن، محتوای نسبی رطوبت برگ، ۷۵/۳ درصد بود (جدول ۷).

نتایج سال دوم

وزن تر علف های هرز پهن برگ و باریک برگ

میزان غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف های هرز پهن برگ در تیمارهای دو روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری به ترتیب ۹۶/۹ و ۸۴/۳ گرم ماده موثره در هکتار و در تیمار هفت روز بعد از آبیاری، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف های هرز

جدول ۷- پارامترهای مدل غلظت - پاسخ استرپیگ؛ رابطه بین وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ و غلظت‌های علف‌کش

Table 7. streibig dose –response model; the relationship between wet weight of broadleaf weeds and herbicide concentrations.

Spraying time	W0*	Ed50**	b	RMSE	R ²
2 days after irrigation	46.8 (1.8)	96.9 (6.4)	2.11 (0.29)	0.93	0.94
7 days after irrigation	46.4 (0.97)	178.04 (4.3)	1.6 (0.21)	0.97	0.99
1 day before irrigation	50.17 (1.5)	84.3 (4.3)	2.14 (0.21)	0.96	0.97

*وزن تر علف‌هرز های هرز پهن‌برگ بدون مصرف علف‌کش، **غلظت مورد نیاز علف‌کش جهت کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ، W0: حد بالا. اعداد داخل پرانتز، نشان دهنده خطای استاندارد می باشد.

* Wet weight of broadleaf weeds without herbicide application. ** required dose of herbicide to reduce the weight of broadleaf weeds by 50%, W0: upper limit. Numbers in parenthesis are standard error.

آبیاری داشت. بیشترین اختلاف بین غلظت‌های بالای این علف‌کش و شاهد، در تیمار یک روز قبل از آبیاری مشاهده شد؛ بنابراین بیشترین کارایی در کنترل علف‌های هرز، در تیمار یک روز قبل از آبیاری مشاهده شد.

بررسی نتایج در شکل (۳a) نشان داد که در غلظت‌های ۱۳۲، ۹۹ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد غلظت توصیه شده) در شرایط رطوبتی دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری، وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ نسبت به تیمار شاهد (غلظت صفر)، اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی هفت روز بعد از

جدول ۸- پارامترهای مدل غلظت- پاسخ استرپیگ؛ رابطه بین وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ و غلظت‌های علف‌کش

Table 8. Streibig dose –response model; the relationship between wet weight of grass weeds and herbicide concentrations

Spraying time	*W0	**Ed50	B	RMSE	R ²
2 days after irrigation	(1.75) 34.78	(8.3) 115.5	(0.57) 2.69	0.95	0.97
7 days after irrigation	(1.5) 35.6	(7.7) 142.8	(0.84) 3.47	0.94	0.96
1 day before irrigation	(1.18) 35.19	(5.4) 104.7	(0.30) 2.38	0.98	0.99

*وزن تر علف‌هرز های هرز باریک‌برگ بدون مصرف علف‌کش، **غلظت مورد نیاز علف‌کش جهت کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ، W0: حد بالا. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می باشد.

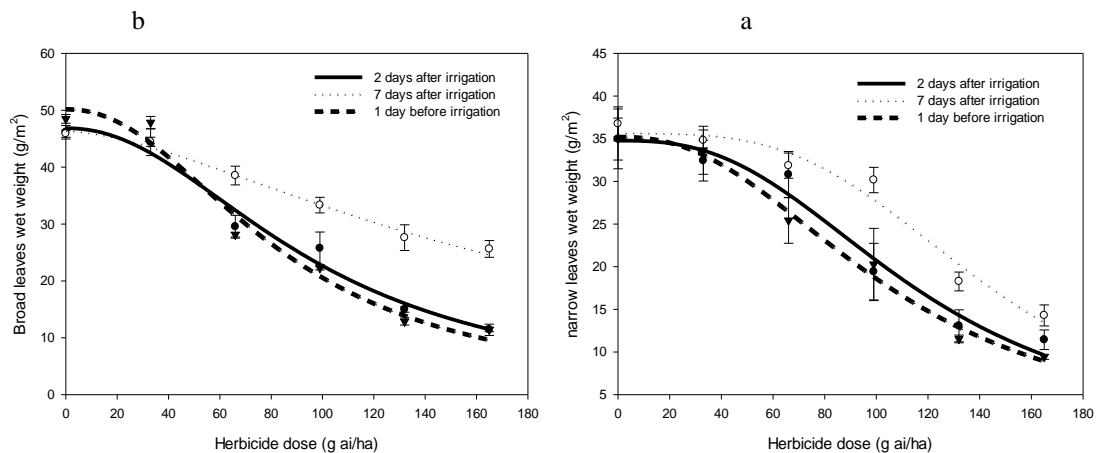
* Wet weight of grass weeds without herbicide application. **: Required dose of herbicide to reduce the weight of grass weeds by 50%, W0: upper limit. Numbers in parenthesis are standard error.

آزمایش باشد. محتوای نسبی اب برگ (RWC) در دو و هفت روز بعد از آبیاری، به‌طور میانگین به‌ترتیب ۷۰/۴ و ۶۰/۳ درصد و در یک روز قبل از آبیاری، ۵۰/۱ درصد بود که یک روز بعد از آن، محتوای نسبی رطوبت برگ به ۷۹/۶ درصد رسید (جدول ۸). نتایج قابل ملاحظه این بود که در شرایط رطوبتی بیشتر (یعنی دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری)، کارایی غلظت‌های کاهش‌یافته در کاهش وزن تر باریک‌برگ‌ها بیشتر بود. در غلظت‌های ۳۳ و ۶۶ و ۹۹ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد غلظت توصیه شده) در شرایط رطوبتی دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری، وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ نسبت به تیمار شاهد (غلظت صفر)، اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی هفت روز بعد از آبیاری داشت، اما در هفت روز بعد از آبیاری

در مورد علف‌های هرز باریک‌برگ و بر اساس این مدل، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ در یک روز قبل از آبیاری، ۱۰۴/۷ گرم ماده موثره علف‌کش در هکتار بود، درحالی‌که در هفت روز بعد از آبیاری، این غلظت برای ک علف‌های هرز پهن‌برگ، به ۱۴۲/۸ گرم ماده موثره در هکتار رسید. در دو روز بعد از آبیاری، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ ۱۱۵/۵ گرم ماده موثره در هکتار بود. بنابراین در یک روز قبل از آبیاری، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر علف‌های هرز باریک‌برگ، کمتر از شرایط دو روز بعد از آبیاری بود. این نتیجه نسبت به سال اول متفاوت بود؛ در سال اول و در دو روز بعد از آبیاری، بیشترین کارایی حاصل شد و شاید این نتیجه به علت شرایط آب و هوایی منطقه

مشاهده شد (شکل ۳ب).

و در غلظت‌های ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار (۱۰۰ و ۱۲۵ گرم ماده موثره هکتار)، این اختلاف



شکل ۳- رابطه بین وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ (a) و باریک‌برگ (b) با افزایش غلظت علف‌کش اوتلو در زمان‌های مختلف سمپاشی

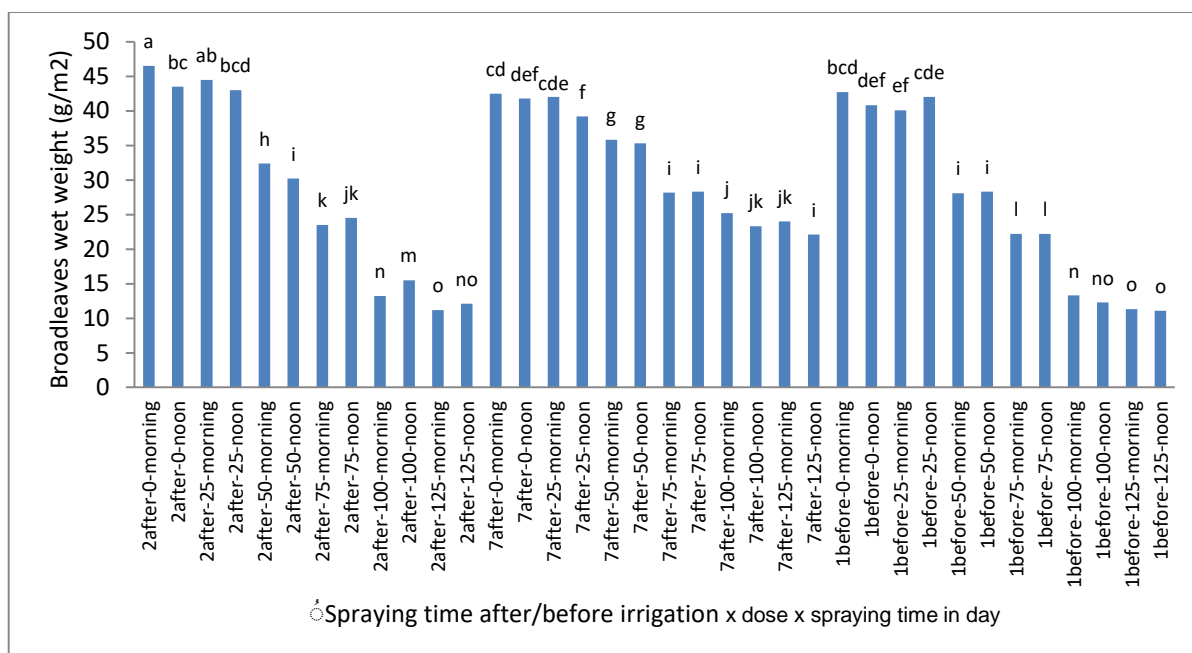
Figure 3. The relationship between wet weight of broadleaf (a) and grass weeds (b) with increasing concentration of Othello herbicide at different spraying times

منحنی یا روند افزایش زیست‌توده گندم با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش در هفت روز بعد از آبیاری، هفت روز بعد از آبیاری و یک روز قبل از آبیاری، به ترتیب ۲/۸، ۱/۹ و ۲/۷ به دست آمد (جدول ۹). همان‌طور که در شکل (۵a) نشان داده شده است، در غلظت‌های مختلف علف‌کش اوتلو به‌ویژه ۹۹، ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار در شرایط سمپاشی در هفت روز بعد از آبیاری، زیست‌توده نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، در حالی که در شرایط دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری، غلظت‌های بیشتر از ۵۰ درصد غلظت توصیه شده، زیست‌توده گندم اختلاف بیشتری با شاهد نشان داد. در شرایط هفت روز بعد از آبیاری و در غلظت ۹۹ گرم ماده موثره در هکتار به بالا، اختلاف با شرایط دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری، قابل مشاهده بود. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط تنش رطوبتی، با افزایش غلظت این علف‌کش، اثرات سوء بر گندم بیشتر بود که باعث کاهش زیست‌توده گندم شد. در غلظت‌های کاهش‌یافته این علف‌کش (۲۵ و ۵۰ درصد توصیه شده)، اختلاف معنی‌داری در زیست‌توده گندم در شرایط رطوبتی مختلف مزرعه مشاهده نشد.

اثر متقابل زمان سمپاشی بعد از آبیاری، غلظت علف‌کش و زمان مصرف در روز بر وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). مطابق شکل ۴، وقتی علف‌کش در غلظت توصیه شده در دو روز بعد از آبیاری استفاده شد، کارایی دز مصرفی در کاهش وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ در زمان مصرف صبح، بیشتر از مصرف در ظهر بود. بنابراین بیشترین کارایی در مصرف صبح، دو روز بعد از آبیاری و غلظت توصیه شده به دست آمد. اما در هفت روز بعد و یک روز قبل از آبیاری، تفاوتی بین مصرف در صبح و ظهر به‌ویژه در غلظت توصیه شده مشاهده نشد.

زیست‌توده و عملکرد گندم

در شرایط سمپاشی در دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری، میزان غلظت علف‌کش لازم برای افزایش ۵۰ درصد زیست‌توده گندم، به ترتیب ۹۶/۹ و ۸۵/۱ گرم ماده موثره در هکتار بود، در حالی که در هفت روز بعد از آبیاری، این میزان ۱۰۳/۴ گرم ماده موثره در هکتار بود. این نتایج نشان‌دهنده آن است که در هفت روز بعد از آبیاری، غلظت‌های بیشتری از این علف‌کش برای افزایش زیست‌توده گندم لازم است، در حالی که در شرایط رطوبت نرمال، این میزان کمتر بود. شیب



شکل ۴- اثر متقابل زمان سمپاشی، غلظت علف‌کش و زمان مصرف در وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ (حروف مشترک، بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن می باشد).

Figure 4. Interaction effects of spraying time, herbicide dose and spraying time in the day on wet weight of broadleaf weeds (Common letters indicate no significant difference based on Duncan test).

جدول ۹- پارامترهای مدل غلظت - پاسخ استریبیگ؛ رابطه بین زیست‌توده گندم و غلظت‌های مختلف علف‌کش
Table 9. Dose –response Logistic model; the relationship between wheat biomass and herbicide concentrations.

Spraying time	Y0*	X0	a	b	RMSE	R ²
2 days after irrigation	7384.8 (2077.9)	96.9 (21.2)	4525.8 (377.8)	2.8 (1.1)	419.4	0.97
7 days after irrigation	(5517.5)8447.9	(71.8)103.4	4246.7 (625.6)	1.9 (1.3)	666.6	0.92
1 day before irrigation	5293.6 (1438.0)	85.1 (19.7)	4372.6 (362.5)	2.7 (1.3)	389.1	0.95

*زیست‌توده گندم بدون مصرف علف‌کش، **غلظت مورد نیاز علف‌کش جهت کاهش ۵۰ درصد زیست‌توده گندم، Y0: حد بالا. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می باشد.

* Wheat biomass without herbicide application, ** required dose of herbicide to reduce wheat biomass by 50%, Y0: upper limit. Numbers in parenthesis are standard errors.

مختلف علف‌کش اوتللو به‌ویژه ۶۶ و ۹۹ و ۱۳۲ گرم ماده موثره در هکتار و در شرایط سمپاشی در هفت روز بعد از آبیاری، عملکرد گندم نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که در شرایط دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری و در غلظت‌های بیشتر از ۵۰ درصد غلظت توصیه شده، عملکرد گندم اختلاف بیشتری با شاهد نشان داد. در شرایط هفت روز بعد از آبیاری و در غلظت ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار به بالا، اختلاف با شرایط دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری قابل مشاهده بود. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط

میزان غلظت علف‌کش لازم برای افزایش ۵۰ درصد عملکرد گندم در شرایط سمپاشی در دو روز بعد و یک روز قبل از آبیاری، به‌ترتیب ۶۳/۱۵ و ۶۳/۴ گرم ماده موثره در هکتار بود، درحالی‌که در هفت روز بعد از آبیاری، این میزان به ۶۸/۱ گرم ماده موثره در هکتار رسید. این نتایج نشان‌دهنده آن است که در هفت روز بعد از آبیاری، غلظت‌های بیشتری از این علف‌کش برای افزایش عملکرد لازم است، درحالی‌که در شرایط رطوبت نرمال، این میزان کمتر بود (جدول ۱۰). همان‌طور که در شکل (۵b) نشان داده شده است، در غلظت‌های

تنش رطوبتی، با افزایش غلظت این علف‌کش، اثرات
سوء بر گندم بیشتر بود و باعث کاهش عملکرد گندم

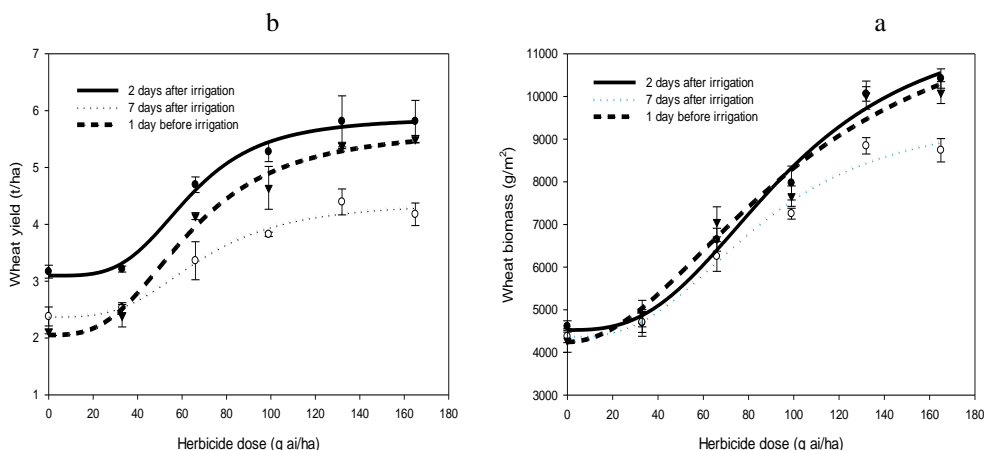
جدول ۱۰- پارامترهای مدل غلظت - پاسخ استریبیگ؛ رابطه بین عملکرد گندم و غلظت‌های علف‌کش

Table 10. Dose-response Logistic model; the relationship between wheat yield of and herbicide concentrations.

Spraying time	Y0*	X0	a	B	RMSE	R ²
2 days after irrigation	3.09 (0.16)	63.15(5.3)	2.7(0.3)	3.7(1.3)	0.177	0.97
7 days after irrigation	2.3 (0.17)	68.1(9.9)	2.01(0.39)	3.3(1.6)	0.185	0.95
1 day before irrigation	3.6 (0.53)	63.4(8.2)	2.05(0.24)	2.9(1.04)	0.252	0.97

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می باشد. *عملکرد گندم بدون مصرف علف‌کش، **غلظت مورد نیاز علف‌کش جهت کاهش ۵۰ درصد عملکرد گندم، Y0: حد بالا. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می باشد.

* Wheat yield without herbicide application, ** required dose of herbicide to reduce wheat yield by 50%, Y0: upper limit. Numbers in parenthesis are standard errors.



شکل ۵- رابطه بین زیست‌توده (a) و عملکرد گندم (b) با افزایش غلظت علف‌کش اوتلو در زمان‌های مختلف سمپاشی

Figure 5. The relationship between Wheat biomass (a) and yield (b) with the increasing concentration of Othello herbicide at different spraying times

علف‌کش، اثرات سوء بر گندم بیشتر دیده می‌شود.
با گرم تر شدن محیط به‌ویژه بعد از سمپاشی، کارایی
علف‌کش در کنترل خردل وحشی افزایش یافته است.
نتایج نشان‌دهنده کاهش فوق‌العاده کارایی این
علف‌کش در شرایط دمایی محیطی سرد قبل و بعد از
سمپاشی بود. همچنین شرایط دمایی قبل از سمپاشی
نیز بر کارایی علف‌کش تأثیر گذاشت، چون زمانی که
دمای قبل از سمپاشی بیشتر شد، کارایی علف‌کش
بیشتر بود.

وقتی در اواسط دور آبیاری سمپاشی انجام شد، به
غلظت بالاتری از غلظت توصیه شده از این علف‌کش
برای کنترل علف‌های هرز نیاز بود، درحالی‌که با انجام
سمپاشی در فواصل نزدیک به آبیاری، غلظت‌های

نتیجه‌گیری کلی

با بررسی نتایج این تحقیق می‌توان بیان داشت که
کارایی علف‌کش اوتلو در کنترل علف‌های هرز می‌تواند
تحت تأثیر رطوبت خاک قرار گیرد و در شرایط رطوبتی
نرمال (ظرفیت مزرعه)، غلظت‌های کاهش‌یافته، کارایی
بیشتری در کنترل علف‌هرز دارند و هرچه تنش رطوبتی
بیشتر می‌شود، کارایی غلظت‌های کاهش‌یافته کم
می‌شود. با افزایش رطوبت خاک، میزان علف‌کش در
دسترس برای جذب از طریق ریشه افزایش می‌یابد و
پتانسیل خسارت به علف‌هرز بیشتر می‌شود. همچنین
از بررسی نتایج واکنش گندم به غلظت‌های مختلف این
علف‌کش در سه رژیم رطوبتی مختلف می‌توان بیان
نمود که در شرایط تنش رطوبتی، با افزایش غلظت این

تر بودن هوا قبل از سمپاشی بود و نقش موثرتری در افزایش کارایی این علف‌کش داشت. بنابراین پیشنهاد می‌شود که این علف‌کش ترجیحاً در ساعات صبح استفاده شود. در غلظت‌های بالا، دمای بالا و رطوبت نسبی بالا، اثر سوء علف‌کش بر گندم افزایش یافت، اما زمانی که دما پایین بود، این اثر بسیار کمتر بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در زمانی که دما و رطوبت نسبی هوا بالاست، از غلظت‌های کاهش‌یافته این علف‌کش استفاده شود.

کاهش‌یافته این علف‌کش کارایی بیشتری در کنترل علف‌های‌هرز به‌ویژه علف‌های‌هرز باریک‌برگ داشتند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که این علف‌کش در فواصل زمانی نزدیک به آبیاری مصرف شود.

سمپاشی در صبح و در غلظت توصیه شده این علف‌کش، باعث کنترل بهتر علف‌های‌هرز پهن‌برگ شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود زمانی که علف‌هرز مزرعه پهن‌برگ هستند، این علف‌کش ترجیحاً در زمان صبح استفاده شود.

گرم تر بودن دمای هوا بعد از سمپاشی، مهم‌تر از گرم

REFERENCES

- Abbott, L. B & Sterling, T. M. (2006). Recovery of African rue seedlings from water stress: Implications for recruitment and invasion. African rue (*Peganum harmala*) seedling response to herbicides applied under water-deficit stress. *Weed Science*, 54, 198-204.
- Alizade, S., Keshtkar, E., Mokhtasi- Bidgoli, A. & Streibig, J. C. (2020). Effect of water deficit stress on benzoylprop-ethyl performance and physiological traits of winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana*). *Crop Protection*, 137, 105-115.
- Boyer, J. S. & Bowen, H. G. (1975). Physiology of water deficits in cereal crops. *Advance in Agronomy*, 27, 1-23.
- Burt, G. W. & Akinsoratan, A. O. (2006). Factors affecting thiocarbamate injury to corn. Temperature and soil moisture. *Weed Science*. 24, 319-321.
- Carter, O. W., & Prostko, E. P. (2019). Time of Day Effects on Peanut Herbicide Efficacy. *Peanut Science*, 46 (2), 174-181.
- CCSP (2008). The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources, and biodiversity in the United States. A report by the U. S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Dickson, R. L. (1990). The effect of water stress, nitrogen and giberlic acid on the phytotoxicity of post-emergent herbicides to *Avena spp.* Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture Lincoln University, USA.
- Fausey, J. C & Renner, K. A. (2001). Environmental effects on CGA-248757 and flumicloraz efficacy/soybean tolerance. *Weed Science*, 49, 668-674.
- Godar, A. S., Varanasi, V. K., Nakka, S., Prasad, P. V., Thompson, C. R. & Mithila, J. (2015). Physiological and molecular mechanisms of differential sensitivity of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to mesotrione at varying growth temperatures. *Plos One*, 10, e0126731-e0126731.
- Hsiao, T. C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24:519-570.
- Johnson, B. C. & Young, B. G. (2002). Influence of temperature and relative humidity on the foliar activity of mesotrione. *Weed Science*, 50, 157-161.
- Jursik, M., Kocarek, M., Kolarova M. & Lukas, T. (2020). Effect of different soil and weather conditions on efficacy, selectivity and dissipation of herbicides in sunflower. *Plant, Soil and Environment*, 66(9), 468-476.
- Malefyt, T. & Quakenbush, L. (1991). Influence of environmental factors on the biological activity of the imidazolinone herbicides. In: Shaner, D. L., O'Connor, S.L. (Eds.), the Imidazolinone Herbicides. CRC, Boca Raton, FL, 103-127.
- Olsen, B. L., Al-Khatib, K., Stahlman, P. & Isakson, P. J. (2000). Efficacy and metabolism of MON 37500 in *Triticum aestivum* and weedy grass species as affected by temperature and soil moisture. *Weed Science*, 48, 541-548.
- Ramsey, R. J. L., Stephenson, G. R. & Hall, J. C. (2005). A review of the effects of humidity, humectants and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water soluble herbicides. *Pestic Biochemistry Physiology*, 82, 162-175.
- Rithz, C. & Streibig, J. C. (2005). Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software*, 12, 1-22.

17. Rocha-Pereira, M. R., Klar, A. E., Martins, D., Ferreira de Souza, G. S & Villalba, J. (2012). Effect of water stress on herbicide efficiency applied to *Urochloa decumbens*. *Ciencia Investigation Agraria*, 39, 211-220.
18. Wright, S. T. C. & Hiron, R. W. P. (1972). The accumulation of abscise acid in plants during wilting and under stress conditions. In: *D.J. Carr (Ed.). Plant Growth Substances 1970*, Springer-Verlag, Berlin, 291-298.
19. Zanatta, J. F. (2008). Effect of water stress on efficacy of fomesafen herbicide. *Planta Daninha*, 26, 143-155.