

تأثیر ریزگرد بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و جودره (*Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell.) در شرایط گلخانه

مسعود اسدی سبزی^۱، اسحاق کشتکار^{۲*}، علی مختصی بیدگلی^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، ۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ریزگرد بر رشد و نمو و خصوصیات فیزیولوژیک علف‌های هرز خردل وحشی و جودره، دو آزمایش گلخانه‌ای بطور جداگانه و با فاصله زمانی حدود چهار روز و با تیمارهای یکسان، در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. آزمایش بصورت فاکتوریل اسپلیت و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. ترکیب فاکتوریل دو گونه علف‌هرز (خردل وحشی و جودره) و سه میزان ریزگرد (صفر، ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم بر متر مکعب) به عنوان عامل اصلی و چهار زمان برداشت (هشت برگی، شروع طویل شدن ساقه، شروع گلدهی و شروع بذردهی) به عنوان عامل فرعی آزمایش بودند. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل وزن تر، وزن خشک، فتوسنتز، تعرق و دمای برگ بودند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان ریزگرد، وزن کل تر و خشک، روند کاهش نشان دادند به طوری که تیمارهای ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر متر مکعب در زمان شروع بذردهی، به ترتیب باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز به میزان ۱۷ و ۳۳ درصد شدند. با افزایش میزان ریزگرد از صفر به ۱۵۰۰ میکروگرم بر متر مکعب، میزان فتوسنتز و تعرق نیز به حدود نصف کاهش یافت.

کلمات کلیدی: باد، تغییر اقلیم، تنش غیرزیستی، فرسایش خاک

Effect of dust on the growth and physiological traits of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and wild barley (*Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell.) in the greenhouse conditions

Masoud Asadi-Sabzi¹, Eshagh Keshkar^{2*}, Ali Mokhtassi-Bidgoli²

1- Graduate MSc Weed Science Student, Tarbiat Modares University, 2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
(Received: Sept. 23 2018 - Accepted: May 22 2019)

ABSTRACT

To evaluate the effect of dust on the growth and physiological properties of wild mustard (*Sinapis arvensis*) and wild barley (*Hordeum spontaneum*), a greenhouse experiment was conducted in the Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran during 2016 and 2017. The experiment was repeated twice in the same greenhouse condition with eight weeks' interval. The pots were arranged in a completely randomized design with four replications. Analysis of variance was done as factorial split in time. The factorial combination of two weeds species (wild mustard and wild barley), and three dust concentrations (0, 750 and 1500 $\mu\text{g m}^{-3}$) were as the main factors, and four harvest times (8 leaves (BBCH-18), beginning of stem elongation (BBCH-30), beginning of flowering (BBCH-61) and beginning of fruit developing (BBCH-71)) were as the sub-factors. Results indicated that total fresh and dry weights were reduced with increasing the amount of dust. At the BBCH-71 growth stage, 750 and 1500 $\mu\text{g m}^{-3}$ dust concentrations reduced the total dry weight of both species up to 30 and 48%, respectively. 1500 $\mu\text{g m}^{-3}$ dust concentration decreased both photosynthesis and transpiration rates by approximately 50%.

Keywords: Abiotic stress, climate change, soil erosion, wind.

* Corresponding author E-mail: keshkar@modares.ac.ir

مقدمه

جهانی بواسطه‌ی عوامل طبیعی و انسانی، به‌خصوص مجاورت با بیابان‌های کشورهای همجوار مانند عراق، سوریه و عربستان، در معرض کانون‌های متعدد گردوغبار قرار دارد (Azarnivand et al., 2011) به‌طوری‌که از ۳۱ استان کشور، ۲۲ استان، با معضل جدی آلودگی هوا رو به رو است (Azarnivand et al., 2011). به عنوان مثال، داده‌های سازمان هواشناسی ایران نشان می‌دهد که در طی پنج سال (از سال ۲۰۰۵-۲۰۰۱)، میانگین روزهای گرد و غباری در استان خوزستان و در شهرهای دزفول و آبادان، به ترتیب ۷۸/۸ و ۵۸/۲ روز و برای کرمانشاه، ۷۳ روز بوده است (Alavi et al., 2016).

اولین تاثیر گرد و غبار بر کشاورزی، در حوزه تولید است چرا که گرد و غبار باعث کم شدن ذخیره رطوبتی می‌شود. این آلودگی‌ها سبب تلف شدن سهم عمده محصولات کشاورزی می‌شود که کشاورزان مناطق غرب و جنوب غربی با مشقت به بار آورده‌اند (Rasouli et al., 2011). در این بین، گیاهان به علت ساکن بودن و به عنوان گیرنده‌های اولیه آلودگی هوا، بیشتر از سایر موجودات در معرض اثرات زیانبار گرد و غبار قرار دارند (Rai, 2016). این نوع تنش محیطی ممکن است به‌واسطه اثرات فیزیکی و شیمیایی روی بخش‌های هوایی گیاه (همچون مسدود کردن روزنه‌ها، سایه اندازی و کاهش فعالیت فتوسنتزی، ریزش برگ و مرگ بافت‌های گیاهی، افزایش دما و تغییر رنگدانه برگ و محتوای کلروفیل) و یا از طریق تغییر در اسیدیته (pH) و شیمی خاک، جنبه‌های مختلف زندگی گیاه را تحت تاثیر قرار دهد (Grantz et al., 2003). اثرات گرد و غبار روی گیاهان ممکن است عامل زمینه‌ساز یا تشدیدکننده تنش‌های ثانویه از جمله تنش آفات، بیماری‌ها و خشکی باشد (Grantz et al., 2003). گیاهان تنها موجودات زنده‌ای هستند که دود ماشین و گرد و غبار منتشر شده از کارخانه‌ها، صدمه

خردل وحشی یا *Wild mustard*، با نام علمی *Sinapis arvensis L.* از خانواده شب بو (*Brassicaceae*)، گیاهی است دولپه، یک‌ساله و سرمادوست که به‌طورکلی در پائیز جوانه می‌زند. در ایران نیز خردل وحشی، یکی از علف‌های هرز متداول مزارع، به‌ویژه مزارع گیاهان زراعی سرمادوست از جمله گندم، جو، سیب زمینی، نخودفرنگی و باقلا به شمار می‌رود (Bagestani et al., 2004).

علف‌هرز جودره یا *Wild barley*، با نام علمی *Hordeum spontaneum (K. Koch) Thell.* از خانواده غلات (*Poaceae*)، گیاهی است یک‌ساله، زمستانه، که جد جو زراعی محسوب می‌شود (Ganbari, 2010). اکنون در بیشتر مناطق استان فارس، به‌دلیل آلودگی به این علف هرز، کاشت گندم تقریباً غیر ممکن شده است و با وجود این علف‌هرز، عملکرد گندم از حدود شش تن در هکتار، به ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داشته است (Jamali, 2003).

در سال‌های اخیر و به دنبال تغییرات آب و هوایی و همچنین تخریب گسترده محیط زیست ناشی از فعالیت‌های انسانی (بیشتر از نوع تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی)، گرد و غبار به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا، به یکی از جدی‌ترین مسائل محیط زیستی پیش روی بشر تبدیل شده است (Naidoo & Chirkoot, 2004). در همین راستا، ایران به عنوان دومین کشور بزرگ خاورمیانه، به جز بخش‌های محدودی از شمال و غرب که از اقلیم مرطوب و نیمه مرطوب برخوردارند، بقیه مناطق آن در رده سرزمین‌هایی با اقلیم خشک و یا نیمه خشک به شمار می‌آیند و در مقیاس محلی، منطقه‌ای و

رو، هدف این مطالعه، بررسی تاثیر مقادیر مختلف ریزگرد بر خصوصیات رشد و فیزیولوژیک خردل وحشی و جودره و همچنین مقایسه واکنش خردل وحشی و جودره به مقادیر مختلف ریزگرد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به صورت فاکتوریل اسپلیت و در قالب طرح کاملاً تصادفی، با چهار تکرار و ۲۴ تیمار، در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. در طی این مدت و در همان گلخانه، آزمایش با فاصله زمانی حدود چهل روز، دوباره تکرار شد. ترکیب فاکتوریل دو گونه علف‌هرز (خردل وحشی و جودره) و سه میزان ریزگرد (صفر، ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم بر متر مکعب)، به عنوان عامل اصلی و چهار زمان برداشت (هشت برگی (BBCH 18)، شروع تولید ساقه (BBCH 30)، شروع گلدهی (BBCH 61) و شروع بذردهی (BBCH 71))، به عنوان عامل فرعی آزمایش بودند. در مجموع، ۱۹۲ گلدان در دو آزمایش وجود داشت.

بعد از کاشت ۱۲ عدد بذر خردل وحشی و هشت عدد بذر جودره به ترتیب در عمق ۰/۵ و ۱ سانتی‌متر و سبز شدن آن‌ها، تعداد چهار بوته در هر گلدان نگه داشته شد. کاشت گیاهان در آزمایش اول و دوم، به ترتیب در تاریخ‌های ۲۹ آبان و نه دی‌ماه سال ۱۳۹۵ انجام شد. در مرحله چهار تا شش برگی، گلدان‌ها در داخل محفظه‌های ریزگرد به صورت کاملاً تصادفی گذاشته شدند. این محفظه‌ها به شکل یک گلخانه کوچک پلاستیکی و در سه اندازه یکسان، در گلخانه اصلی ساخته شد. مساحت هر یک از محفظه‌ها ۲۵ متر مربع (۵×۵ متر) و ارتفاع آن، دو متر بود. سه سطح گرد و غبار به میزان صفر، ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم بر متر مکعب ریزگرد، توسط تونل باد روی علف-

زیادی به آن‌ها وارد می‌شود زیرا در زیستگاه خود سبب هستند به صورت زیستا باقی می‌مانند. گیاهان به عنوان نمایشگر آلودگی هوا و همچنین اولین گیرنده آلاینده‌های هوا محسوب می‌شوند. گیاهان با شرکت در چرخه غذایی و گازهایی همچون CO₂ و O₂ و ... ، نقش اصلی را در حفظ و تعیین تعادل اکولوژیکی بازی می‌کنند (Agbaire, 2009; Kumar & Nandini, 2013; Mahecha et al., 2013). نتایج مطالعه وارداکا و همکاران (Vardaka et al., 1995) نشان داد که رسوب گرد و غبار روی برگ *Quercus L. coccifera*، با انسداد روزنه‌ها، سبب اختلال در فرایندهای فتوسنتز شد. هیرانو و همکاران (Hirano et al., 1995) با بررسی اثرات فیزیکی گرد و غبار بر فیزیولوژی برگ خیار (*Cucumis sativus L.*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) نشان داد ندکه ریزگردها با وسیله بستن روزنه‌ها، باعث کاهش هدایت روزنه‌ای در روز و افزایش آن در شب می‌شوند. نایدو و چیرکوت (Naidoo & Chirkoot, 2004) گزارش کردند که ریزگرد زغال سنگی، با کاهش تبادلات گازی شده، منجر به کاهش فتوسنتز و عملکرد گیاه حراً (*Avicennia marina L.*) شد.

مدیریت مناسب و بروز علف‌های هرز، نیازمند شناخت جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی این گیاهان در شرایط مختلف محیطی، به‌ویژه شرایط کنونی ناشی از پدیده تغییر اقلیم است. این موضوع چنان مهم است که کتابی تحت عنوان زیست‌شناسی علف‌های هرز و تغییر اقلیم توسط زیسکا و دوکس (Ziska & Dukes, 2011) نوشته شده است. با این حال، اگرچه مطالعات پراکنده و اندکی در رابطه با تاثیر ریزگرد، به عنوان یکی از اثرات ناشی از تغییر اقلیم بر رشد و نمو گیاهان و علف‌های هرز انجام شده است، اما بر اساس اطلاعات نویسندگان، تاثیر مقادیر مختلف ریزگرد تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. از این

صورت گرفت. سپس، گیاهان بلافاصله داخل کیسه-های پلاستیکی قرار گرفتند (به‌منظور کاهش تعرق و شاداب ماندن گیاهان) و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، وزن تر و خشک گیاهان اندازه‌گیری شد. یک روز قبل از برداشت گیاهان در هر چهار مرحله، اندازه‌گیری‌های مربوط به فتوسنتز، تعرق و دمای برگ، با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر (LI-CORE XT6400) انجام شد. به این منظور، از هر گلدان دو عدد برگ به صورت تصادفی انتخاب شد و در داخل چمبر دستگاه قرار گرفت و داده‌ها ثبت شدند. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری فتوسنتز در زیر آفتاب و اواسط روز (بین ساعت ۱۱ صبح تا یک عصر) در هر مرحله انجام شد.

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و با استفاده از رویه MIXED انجام شد. فاکتورهای گونه، ریزگرد و برداشت به عنوان عامل ثابت و تعداد آزمایش در گلخانه و تکرارها نیز به عنوان عامل تصادفی در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از حداقل میانگین مربعات و با گزینه PDIFF انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر کل

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تمامی فاکتورهای اصلی و اثر متقابل آن‌ها بر وزن تر کل، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). از آنجا که اثر سه‌گانه فاکتورهای اصلی بر این صفت معنی‌دار شد، اثر گونه از طریق برش‌دهی فیزیکی بررسی شد. وزن تر هر دو علف‌هرز خردل وحشی و جودره با گذشت زمان (مرحله رشد)، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل‌های ۱ و ۲).

های‌هرز اعمال شد تا غلظت‌های مورد نظر ریزگرد به‌دست آید. لازم به ذکر است غلظت‌های بالاتر از ۵۰۰۰ میکروگرم بر متر مکعب ریزگرد نیز از برخی شهرها از جمله اهواز گزارش شده است؛ بنابراین انتظار می‌رود غلظت‌های فوق در مزرعه وجود داشته باشند. به منظور تهیه ریزگرد و اعمال تیمارهای فوق، خاک مزرعه به وسیله الک ۰/۱۰۶ میلی‌متر (۱۵۰ مش) الک شد و در آون ۸۰ درجه و به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. برای دست‌یابی به غلظت‌های فوق و توزیع یکنواخت ذرات معلق در هوا، پیش‌آزمایش-هایی قبل از انتقال گلدان‌ها به اتاقک‌های رشد، به‌وسیله تونل باد انجام گرفت و برای تعیین غلظت‌ها، از دستگاه غبارسنج مدل **176000A Microdust Pro Dust Monitor** استفاده شد. این دستگاه، قابلیت اندازه‌گیری میزان ذرات معلق در هوا، با غلظت‌های بین ۰/۰۰۱ تا ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب را دارد. در این دستگاه، نور NIR با طول موج ۸۸۰ نانومتر بر نمونه تابانده می‌شود که بر اثر برخورد نور تابیده شده با ذرات معلق، این نور پخش می‌شود. نور پخش شده، متناسب با میزان غلظت ذرات است و به‌وسیله آشکارسازهای نور، اندازه‌گیری می‌شود (Aziakpono *et al.*, 2013). بر اساس نتایج پیش‌آزمایش‌ها، غباردهی، هر هفته و به مدت سه ساعت انجام شد، به‌طوری‌که در تمام مدت آزمایش، غلظت‌های ریزگرد مورد نظر در گلخانه فراهم بود. آبیاری، هر هفته و دو تا سه بار، برحسب نیاز انجام شد. تغذیه گیاهان با کود **NPK (۲۰:۲۰:۲۰)**، در مرحله هشت و ۱۲ برگی، همراه با آبیاری صورت گرفت.

نمونه برداری از گیاهان در چهار مرحله و بر اساس مراحل فنولوژیک رشد (هشت برگی، شروع طویل شدن ساقه، شروع گلدهی و شروع بذردهی) انجام شد، به‌طوری‌که برداشت اول تا چهارم، به ترتیب ۴۶، ۷۱، ۹۲ و ۱۱۷ روز پس از کاشت

جدول ۱- مقادیر F بدست آمده از تجزیه واریانس وزن تر و وزن خشک دو گونه علف هرز خردل وحشی و جو دره تحت تاثیر مقادیر مختلف ریزگرد و زمان برداشت.

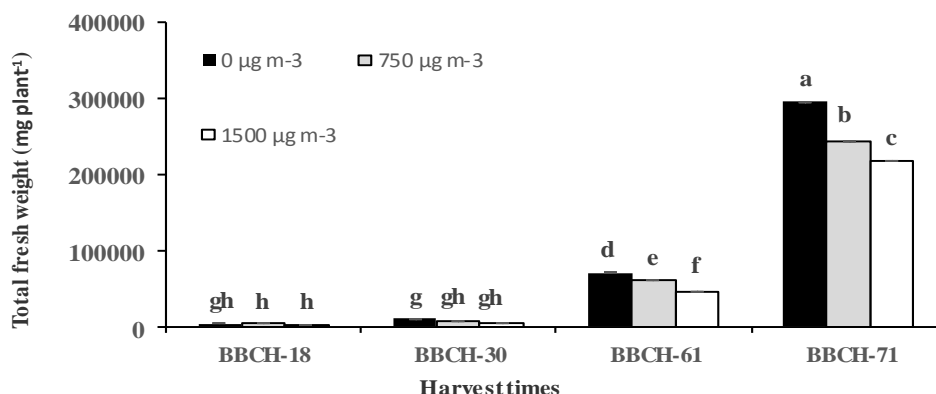
Table 1. F values of the effects of the different amounts of dust and harvest times on the fresh and dry weight of *Sinapis arvensis* L. and *Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell.

S.V Trait	CV (%)	Mean square (residual)	Species*Dust*Harvest	Dust*Harvest	Species*Harvest	Harvest	Species*Dust	Dust	Species
Total fresh weigh	38.00	98.39	37.16**	123.6**	101.23**	2460.85**	67.37**	333.12*	246.11**
Total dry weight	33.91	947454	0.94 ^{ns}	16.23**	24**	489.4*	^{ns} 2.7	56.61**	31.93**

^{ns}, * and ** indicate Non-significant, Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

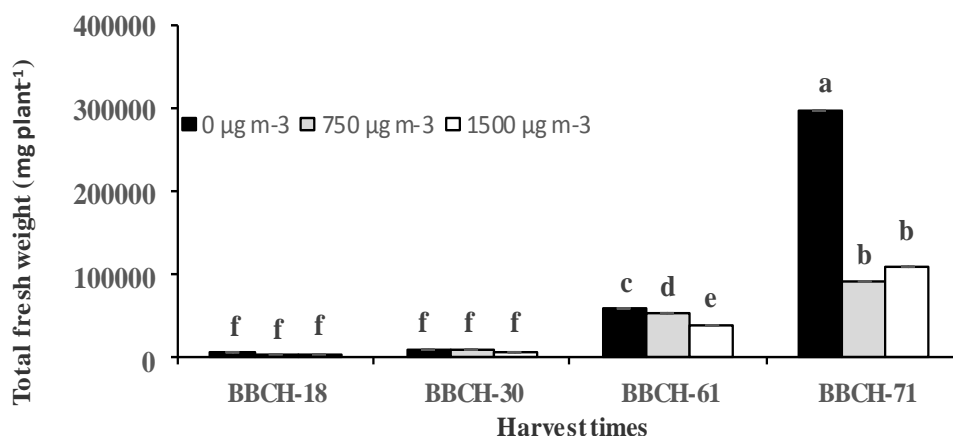
کاهش وزن تر هر دو گونه علف هرز شدند (شکل-های ۱ و ۲). وزن تر کل در جو دره نسبت به خردل وحشی کاهش بیشتری نشان داد، به طوری که تیمار ریزگرد ۱۵۰۰ میکروگرم بر متر مکعب در گونه جو دره در مرحله شروع بذردهی، باعث کاهش ۶۲ درصدی (شکل ۲) وزن تر شد اما در خردل وحشی، منجر به کاهش ۲۶ درصدی (شکل ۱) وزن تر شد.

به علاوه، با افزایش رشد گیاهان، تاثیر منفی ریزگرد بر این صفت بیشتر بود، به طوری که در اوایل رشد (برداشت در مراحل BBCH 18 و BBCH 31)، تفاوت آماری بین تیمارهای ریزگرد و شاهد وجود نداشت اما در دو برداشت آخر و بویژه در آخرین مرحله نمونه برداری، اختلاف معنی داری بین مقادیر ریزگرد مشاهده شد و هر دو تیمار ریزگرد، باعث



شکل ۱- اثر مقادیر مختلف ریزگرد (میکروگرم بر متر مکعب) بر میانگین وزن تر کل علف هرز خردل وحشی در چهار زمان برداشت ((هشت برگی (BBCH 18)، شروع طویل شدن ساقه (BBCH 30)، شروع گلدهی (BBCH 61) و شروع بذردهی (BBCH 71)). حروف مشترک بالای ستون‌ها نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد می باشد. میله‌ها نشان دهنده خطای معیار می باشند.

Figure 1: The effect of different dust concentrations ($\mu\text{g m}^{-3}$) on average total fresh weight of *Sinapis arvensis* L. in four harvests (BBCH-18 (8 leaves unfolded), BBCH-31 (beginning of stem elongation), BBCH-61 (beginning of flowering), BBCH-71 (beginning of fruit developing)). The similar letters above the columns indicate that there is no significant difference at 5% probability level. The bars indicate standard error.



شکل ۲- اثر مقادیر مختلف ریزگرد (میکروگرم بر متر مکعب) بر وزن تر کل علف‌هرز جو دره در چهار زمان برداشت ((هشت برگی (BBCH 18)، شروع طویل شدن ساقه (BBCH 30)، شروع گلدهی (BBCH 61) و شروع بذردهی (BBCH 71)). حروف مشترک بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 2: The effect of different concentration of dust ($\mu\text{g m}^{-3}$) on average total fresh weight of *Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell. in four harvests (BBCH-18 (8 leaves unfolded), BBCH-31 (beginning of stem elongation), BBCH-61 (beginning of flowering), BBCH-71 (beginning of fruit developing)). The similar letters above the columns indicate that there is no significant difference at 5% level. The bars indicate standard error.

وزن خشک کل

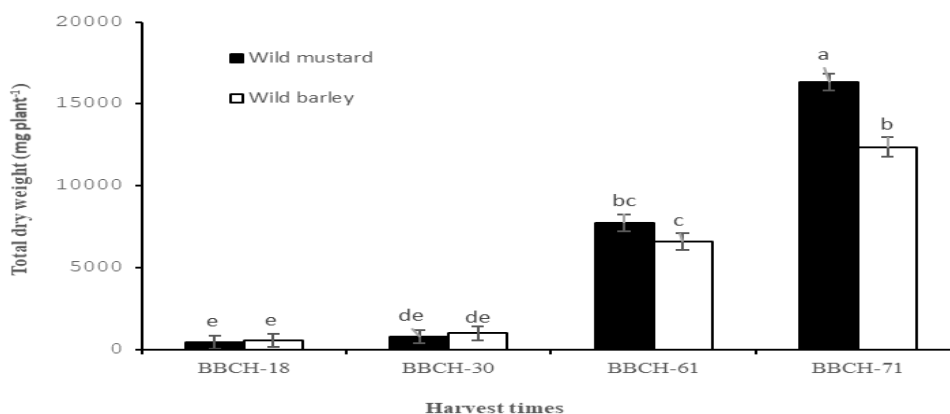
مترمکعب نسبت به تیمار شاهد بدون ریزگرد، به ترتیب سبب کاهش ۱۷ و ۳۳ درصد وزن خشک شدند (شکل ۴). همانطور که مشاهده می‌شود، حداکثر تاثیر میزان ریزگرد در مرحله شروع بذردهی نسبت به شروع گلدهی بیشتر بود. نتایج این آزمایش با نتایج ال‌شربنی و همکاران (El-sherbeny *et al.*, 2016) که در آن وزن خشک علف‌هرز کاتوس (*Cynanchum acutum L.*) در فاصله ۱۲۰ متری از کارخانه سیمان، ۴۳ درصد کاهش داشت، مشابه بود. نتایج مطالعه انیسپا و دوی‌ودی (Enespa & Dwivedi, 2013) نشان داد که ۴۵ و ۶۵ روز پس از کاربرد دو گرم ریزگرد بر بوته، وزن خشک بادمجان (*Solanum melongena L.*)، به ترتیب ۵۷ و ۸۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. آرمبروست (Armbrust, 1986) نیز کاهش وزن خشک پنبه (*Gossypium herbaceum L.*) را بعد از سه روز از اعمال ریزگرد، گزارش نمود. باو و همکاران (Bao *et*

اثرات اصلی گونه، ریزگرد، بر همکنش گونه و تاریخ برداشت، نیز ریزگرد و تاریخ برداشت در سطح احتمال یک درصد و اثر برداشت در سطح احتمال پنج درصد، بر وزن خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن خشک کل خردل وحشی در مرحله شروع بذردهی (BBCH 71)، بیشتر از جو دره بود، اما در دیگر مراحل برداشت، تفاوتی بین دو گونه مشاهده نشد (شکل ۳).

با گذشت زمان، وزن خشک و اثر منفی ریزگرد بر وزن خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (شکل ۴). در مرحله شروع گلدهی (BBCH 61)، بوته‌ها در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر متر مکعب، به ترتیب نه و ۳۱ درصد وزن خشک بیشتری داشتند. در مرحله شروع بذردهی، کاربرد ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر

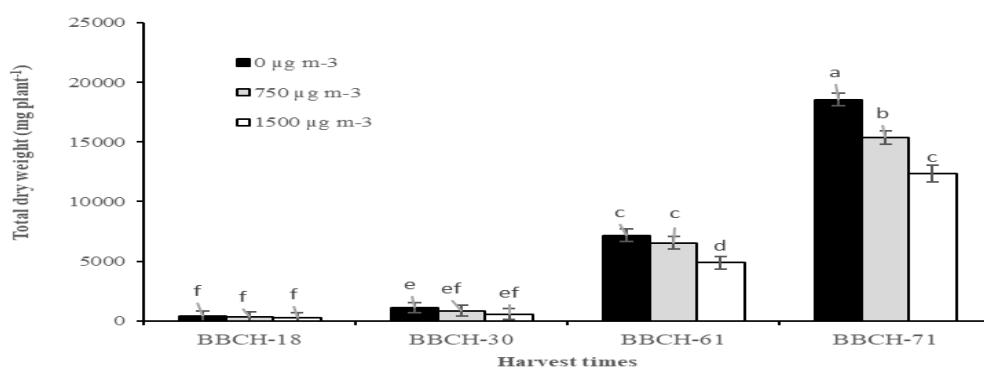
بود. نتایج تحقیق ژان یی و همکاران (Zhan-Yi et al., 2016) نیز نشان داد که مقادیر شش متغیر مورفولوژی ریشه در گونه‌ای از بید گیاه (*Agropyron cristatum* L. در تیمار ریزگرد، کمتر از تیمار شاهد بود و نوع ریزگرد بر آن‌ها اثر معنی‌دار نداشت.

(al., 2016) با بررسی تاثیر ریزگرد بر ویژگی‌های رشدی علف‌هرز سوفورا (*Sophora japonica* L.) نشان دادند که زیست‌توده اندام هوایی و ریشه تلخ بیان، با کاربرد ریزگرد کاهش یافت، به طوری که وزن زیست‌توده با کاربرد ۱۳/۰۸ گرم ریزگرد در گلدان، به‌طور معنی‌داری کمتر از کاربرد ۱۲/۱۱ گرم در گلدان



شکل ۳- وزن خشک کل خردل وحشی و جودره در چهار زمان برداشت ((هشت برگگی (BBCH 18)، شروع طویل شدن ساقه (BBCH 30)، شروع گلدهی (BBCH 61) و شروع بذردهی (BBCH 71)). حروف مشترک بالای ستون‌ها، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 3. Total dry weight of *Sinapis arvensis* L. and *Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell. in four harvest times (BBCH-18 (8 leaves unfolded), BBCH-31 (beginning of stem elongation), BBCH-61 (beginning of flowering), BBCH-71 (beginning of fruit developing)). The similar letters above the columns indicate that there is no significant difference at 5% probability level. The bars indicate standard error.



شکل ۴- تاثیر مقادیر مختلف ریزگرد (میکروگرم بر متر مکعب) بر وزن خشک کل خردل وحشی و جودره در چهار زمان برداشت ((هشت برگگی (BBCH 18)، شروع طویل شدن ساقه (BBCH 30)، شروع گلدهی (BBCH 61) و شروع بذردهی (BBCH 71)). حروف مشترک بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 4: Effect of different dust concentrations ($\mu\text{g m}^{-3}$) on total dry weight of *Sinapis arvensis* L. and *Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell. in four harvest times (BBCH-18 (8 leaves unfolded), BBCH-31 (beginning of stem elongation), BBCH-61 (beginning of flowering), BBCH-71 (beginning of fruit developing)). The similar letters above the columns indicate that there is no significant difference at 5% probability level. The bars indicate standard error.

فتوستنتز، تعرق و دمای برگ

مربع در ثانیه برای تیمار شاهد (بدون ریزگرد) و تیمار ۱۵۰۰ میکروگرم بر متر مکعب ریزگرد ثبت شد (شکل ۵). در مورد تعرق نیز همین روند مشاهده شد، به طوری که حداکثر تعرق به میزان ۲/۳۸ میلی‌مول H_2O بر متر مربع مربوط به تیمار شاهد و حداقل آن به میزان ۱/۳۲ میلی‌مول H_2O بر متر مربع مربوط به تیمار ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر مترمکعب بود. با این حال از نظر میزان فتوستنتز و تعرق، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر متر مکعب وجود نداشت (شکل‌های ۵ و ۶).

تأثیر میزان ریزگرد بر فتوستنتز و تعرق، به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود اما تأثیر دیگر فاکتورهای اصلی و اثرات متقابل آن‌ها بر فتوستنتز و تعرق معنی‌دار نبود (جدول ۲). همچنین از نظر دمای برگ، تفاوت آماری بین گونه‌ها، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش میزان ریزگرد از صفر به ۱۵۰۰ میکروگرم بر متر مکعب، میزان فتوستنتز و تعرق، تقریباً به نصف میزان کاهش یافت، به طوری که حداکثر و حداقل فتوستنتز، به ترتیب به میزان ۱۴/۰۳ و ۷/۸۹ میکرومول CO_2 بر متر

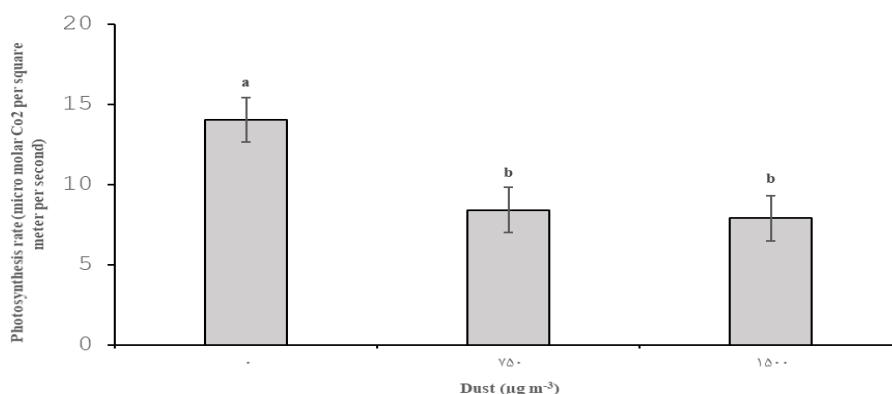
جدول ۲- مقادیر F بدست آمده از تجزیه واریانس فتوستنتز، تعرق و دمای برگ علف‌هرز خردل وحشی و جودره تحت تأثیر مقادیر مختلف ریزگرد و زمان برداشت.

Table 2. F value of the effects of the different amounts of dust and harvest times on the photosynthesis, transpiration and leaf temperature of *Sinapis arvensis* L. and *Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell.

Trait	S.V	Mean square (residual)	Species* Dust* Harvest	Dust*Harves t	Species* Harvest	Harvest	Species* Dust	Dust	Specie s
	CV (%)								
Photosynthesis	42.7	11.84	1.9 ^{ns}	4.17 ^{ns}	1.02 ^{ns}	1.98 ^{ns}	0.8 ^{ns}	11.97 ^{**}	0.23 ^{ns}
Transpiration	41.00	14.5	1.79 ^{ns}	2.87 ^{ns}	3.68 ^{ns}	11.73 ^{ns}	0.05 ^{ns}	5.6 [*]	0.76 ^{ns}
Leaf temperature	9.04	0.59	0.02 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.81 ^{ns}	10.7 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.3 ^{ns}	7.98 [*]

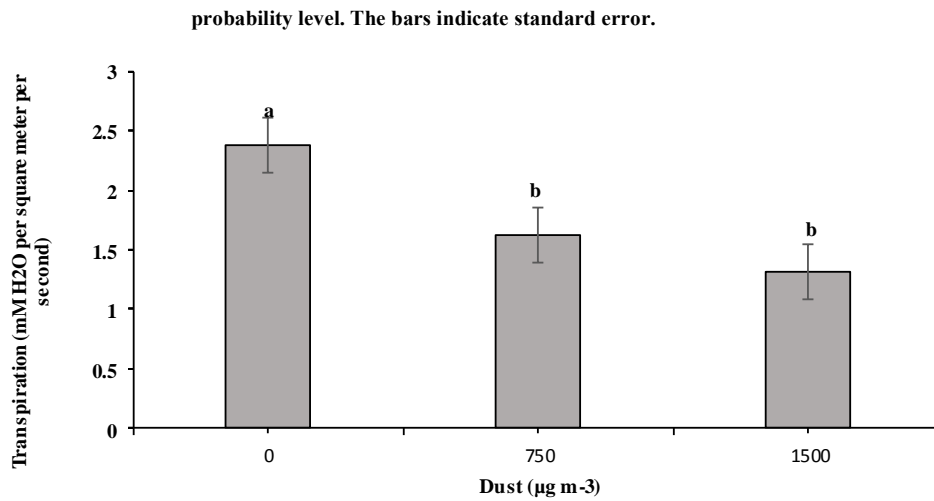
ns, * and ** indicate Non-significant, Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

ns, * and ** indicate Non-significant, Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.



شکل ۵- اثر مقادیر مختلف ریزگرد بر فتوستنتز خردل وحشی و جودره. حروف مشترک بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 5: Effect of different dust concentrations ($\mu g m^{-3}$) on photosynthesis rate of *Sinapis arvensis* L. and *Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell. The similar letters above the columns indicate that there is no significant difference at 5%

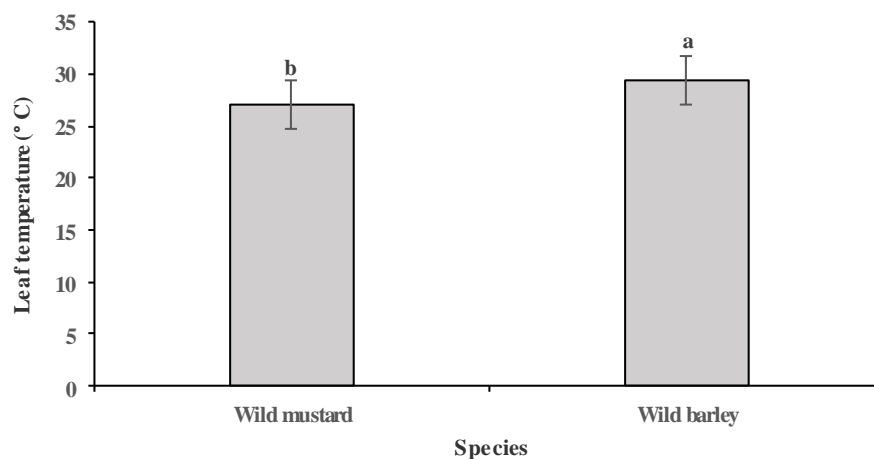


شکل ۶- اثر مقادیر مختلف ریزگرد بر میانگین تعرق خردل وحشی و جو دره. حروف مشترک بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 6. Effect of different dust concentrations ($\mu\text{g m}^{-3}$) on the average of *Sinapis arvensis* L. and *Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell. transpiration. The similar letters above the columns indicate that there is no significant difference at 5% probability level. The bars indicate standard error

از خردل وحشی بود (شکل ۷).

همانطور که اشاره شد، دمای برگ گونه‌ها متفاوت بود به طوری که دمای برگ جو دره حدود نه درصد بیشتر



شکل ۷- دمای برگ علف‌های هرز مورد آزمایش. حروف مشترک بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

Figure 7. *Sinapis arvensis* L. and *Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell. leaf temperature. The similar letters above the columns indicate that there is no significant difference at 5% probability level. The bars indicate standard error.

یی و همکاران (Zhan-Yi et al., 2016) نشان داد که در علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، دمای برگ در هر دو تیمار ریزگرد (زغال سنگی و

با این حال و برخلاف انتظار ما، هیچ یک از تیمارهای ریزگرد، تاثیری بر دمای برگ هیچ یک از گونه‌ها نداشتند. لازم به ذکر است که نتایج تحقیق ژان

های هرز نیز حدود ۵۰ درصد کاهش یافت. این رویداد احتمالا می‌تواند باعث کاهش فراوانی علف‌های هرز در حاشیه مزارع و زمین‌های بایر شود. همچنین انتظار می‌رود که توان رقابتی دو علف‌هرز مورد مطالعه در شرایط مذکور کاهش یابد که البته باتوجه به مطالعات انجام شده توسط حاتمی و همکاران (Hatami et al., 2017)، نایدو و چیرکوت (Naidoo & Chirkoot, 2004) و هیرانو و همکاران (Hirano et al., 1995)، گیاهان زراعی نیز از این قضیه مستثنی نیستند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که این موضوع در پژوهش‌های آتی از نظر کمی مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این، از این گیاهان می‌توان به عنوان گیاهان مدل باریک برگ و پهن برگ در رابطه با برهمکنش ریزگرد و علف‌کش استفاده کرد و نتایج این آزمایش را به سایر گیاهان مشابه تعمیم داد، هر چند که آزمایشات بیشتری در این زمینه لازم است.

گرانیتی) بیشتر از تیمار شاهد بود و در تیمار ریزگرد زغال سنگی نیز کمتر از تیمار ریزگرد گرانیتی بود. دلیل عدم تاثیر تیمار ریزگرد بر دمای برگ می‌تواند مربوط به نوع ریزگرد باشد، چراکه در آزمایش حاضر، منبع ریزگرد، خاک رس بود اما در آزمایش ژان یی و همکاران (Zhan-Yi et al., 2016)، منبع ریزگرد، زغال سنگ و گرانیت بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج به روشنی نشان داد که در اثر حضور ریزگرد، زیست‌توده (وزن تر و خشک کل)، فتوسنتز و تعرق علف‌های هرز جو دره و خردل وحشی کاهش می‌یابد، به طوری که در انتهای دوره رشد، تیمار ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر متر مکعب، باعث کاهش ۳۳ درصد از وزن خشک علف‌های هرز، در مقایسه با شاهد بدون ریزگرد شد. در حضور ۱۵۰۰ میکروگرم بر متر مکعب ریزگرد، میزان فتوسنتز و تعرق علف-

منابع

- Agbaire, P.O. 2009. Air pollution tolerance indices (APTI) of some plants around Erhoike-Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeria. *Int. J. Phys. Sci.* 4:366-368.
- Alavi, M., Sharifi, M. and Karimi, N. 2016. Response of chlorophyll a fluorescence, chlorophyll content, and biomass to dust accumulation stress in the medicinal plant, *Plantago lanceolata* L. *Iranian J. Plant Phys.* 4(3): 1055-1060.
- Armbrust, D.V. 1986. Effect of particulates (dust) on cotton growth, photosynthesis and respiration. *Agron. J.* 76: 1078-1081.
- Azarnivand, H., golami, H. and Khosravi, H. 2012. Desertification descent in the global system (translation). University of Tehran press. 286Pp. (In Persian).
- Aziakpono, O.M., Ukpebor, E.E. and Nosa, O.G. 2013. Atmospheric trace metal concentrations of total suspended particulate matter in isoko land, southern Nigeria, *Int. J. Adv. Res.* 1(8): 540-548.
- Bagestani-Moybedi, M.A. Nejafi, H. and Zand, E. 2004. Biology and management of wild mustard. Iranian Research Institute of Plant Protection. Pp: 69. (In Persian).
- Bao, L., Qu, L., Ma, K. and Lin, L. 2016. Effects of road dust on the growth characteristics of *Sophora japonica* L. seedling. *J. Environ. Sci.* 46: 147-155
- EL-Sherbeny, G.A.A. and Najm, A.A. 2016. Growth, physiological and anatomical behaviour of *cynanchum acutum* in response to cement dust pollution. *J. Environ. Sci. Technol.* 9(4): 345-353.
- Enespa, S. and Dwivedi, S.K. 2013. Effect on growth parameters of brinjal (*Solanum melongena* L.) after exposure of cement dust. *Int. J. Pharm Bio. Sci.* 4(1): (B) 755 - 759.
- Grantz, D.A., Garner, J.H.B. and Johnson, D.W. 2003. Ecological effects of

- particulate matter. *Environ. Int.* 29: 213-239.
- Ganbari, A. 2010. Chemical control *Hordeum spontaneum* in wheat and evaluation of the role of cytochrome P450 monooxygenase enzyme in herbicide metabolism. Thesis of Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture. (In Persian).
- Hatami, Z., Rezvani-Moghaddam, P., Rashki, A., Nasiri Mahallati, M. and Habibi-Khanian, B. 2017. Effects of dust deposition from two major dust source regions of Iran on wheat (*Triticum aestivum* L.) production. *Int. J. Env. Stud.*: 74(6): 991-1000.
- Hirano, T., Kiyota, M. and Aiga, I. 1995. Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants. *Environ. Pollut.* 89: 255-261.
- Jamali, M. 2003. Evaluation of the effectiveness of sulfosulfuron (Apiros) herbicide in comparison with several common herbicides in wheat. Final report of the research project. Institute of plant protection research. (In Persian).
- Rasouli, A.A., Sari-sarraf, B. and Mohammadi, G.H. 2011. Long term trend analysis of observed dusty days in the west of Iran, applying non-parametric statistics. *J. Phys. Geog.* 4(11): 1-16 (In Persian).
- Kumar M. and Nandini N. 2013. Identification and evaluation of air pollution tolerance index of selected avenue tree species of urban Bangalore, India. *Int. J. Emer. Technol. Comp. Appl. Sci.* 13(1): 388-390.
- Mahecha, G.S., Bamniya, B.R., and Saini, D. 2013. Air pollution tolerance index of certain plant species-A study of Madri Industrial Area, Udaipur (Raj.), India. *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.* 2(12):7927-7929.
- Naidoo, G. and Chirkoot, D. (2004). The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, *Avicennia marina* in Richards Bay, South Africa. *Environ. Pollut.* 127(3): 359-366.
- Rai, P.K. 2016. Impacts of particulate matter pollution on plants: implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 129: 120-136.
- Vardaka, E., Cook, C., Lanaras, T., Sgardelis, S. and Pantis, J. 1995. Effect of dust from a limestone quarry on the photosynthesis of *Quercus coccifera*, an evergreen sclerophyllous shrub. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 54:414-419
- Zhan-Yi, W., Jia, H., Jian-Ying, G., Cheng-Jie, W. and Ming-Jiu, W. (2016). Coal Dust Reduce the Rate of Root Growth and Photosynthesis of Five Plant Species in Inner Mongolian Grassland. *J. Residuals Sci. Tech.* 13: 63-73.
- Ziska, L.H. and Dukes J. 2011. Weed biology and climate change. Blackwell Publishing Ltd, 248 Pp.