Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 3, Fall 2023, p. 327-350

Competition between Mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) and Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) under Dust Conditions

M.S. Mousavi[1], A. Taab[2*], S. Hajinia[3]

Received: 10-04-2023	**How to cite this article:**
Revised: 26-06-2023	Mousavi, M.S., Taab, A., & Hajinia, S. (2023). Competition between mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) under dust conditions. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *37*(3), 327-350. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2023.81895.1142
Accepted: 29-06-2023	
Available Online: 01-07-2023	

Introduction

The dust storm has become a regional phenomenon due to occurrence of severe droughts. Dust storms, recognized as significant atmospheric phenomena and associated with climate change, exert detrimental effects on plant growth and crop yield. This study aimed to assess the impact of soil dust on the competition between mung bean and red-root pigweed.

Materials and Methods

An experiment was carried out at the research greenhouse of Faculty of Agriculture at Ilam University during spring and summer 2022. The experiment was conducted as a factorial based on a completely randomized design with four replications. The experimental treatments were included five replacement ratios of mung bean and redroot pigweed (planting patterns 75% mung bean + 25% pigweed; 50% mung bean + 50% pigweed; 25% mung bean + 75% pigweed; monoculture of mung bean and redroot pigweed) and dust were at two levels (0 and 60 gr m^{-3}).

Results and Discussion

The results showed that the dust causes symptoms of necrosis and leaf burn in mung bean and pigweed. The highest amount of carotenoids (3.59 mg g^{-1} fresh weight of leaf) was observed in the planting pattern of 75% mung bean + 25% pigweed under no dust conditions. The monoculture of pigweed under dust conditions had the lowest amount of carotenoids. Dust reduced the amount of total chlorophyll, leaf relative water content, plant height and length of inflorescence in Pigweed plant by 23.4, 12, 14.7 and 12%, respectively. Dust caused a decrease in the leaf area in pigweed in different patterns of intercropping. Photosynthesis rate, transpiration rate, leaf area, plant height, number of pods per plant and number of seed per plant in mung bean were respectively decreased by 31.2, 24.9, 28.8, 17.7, 29.7 and 36.7% due to dust application. The highest photosynthesis rate in mungbean (5.28 µmol of CO_2 m^{-2} s^{-1}), leaf area (129.1 cm^2) and the number of seeds per plant (13 seed $plant^{-1}$) were obtained from monoculture of mungbean. However, they were decreased under competition with pigweed. The biological yield in mungbean and pigweed under dust condition were, respectively, 42.6 and 16.8 % lower than that of no dust condition. Under dust conditions, the grain yield of mung bean and pigweed were, respectively, 32.8% and 42.6% lower than that of no dust condition. The actual yield of mung bean under competition with pigweed was lower than the predicted yield indicating the higher competitive effects of pigweed. In all planting patterns with and without dust, the total actual yields were higher than the predicted

1, 2 and 3- Graduated M.Sc., Assistant Professor and Visiting Teacher at Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: a.taab@ilam.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jpp.2023.81895.1142

yield indicating a negative interference effects for mung bean. The relative total yield in most of the planting patterns was greater than one, suggesting increase in the partial relative yield and reduction of intra-species competition in pigweed. The negative effects of pigweed on mungbean were more visible in high densities of pigweed, which also showed a higher positive dominance index. The competition index showed a value greater than one for the pigweed indicating the greater competitive ability of this weed compared to mung bean. Under both conditions, with and without dust, pigweed exhibited the highest relative density coefficient in all planting patterns, establishing itself as the dominant plant compared to mung bean, which had a relative density coefficient less than one. The competition index for mung bean, across all intercropping patterns, was also less than one, indicating its lower competitive ability compared to pigweed. Interspecific competition with pigweed resulted in an actual yield loss for mung bean, highlighting that interspecific competition in mung bean surpasses intraspecific competition. Conversely, pigweed showed a greater susceptibility to intraspecific competition.

Conclusion

The results showed that pigweed has a higher competitive ability and by increased exploitation of environmental resources, cause a decrease in mung bean yield. Despite the high competition ability of pigweed, soil dust cause reduction in its growth and biomass.

Keyword: Competition; Dust, Mungbean, Physiological traits, Yield

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷ شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، ص. ۳۵۰-۳۲۷

رقابت بین ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز تحت شرایط گرد و خاک

معصومه سادات موسوی[۱]- علیرضا تاب[۲*]- سمیه حاجی‌نیا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی شبیه‌سازی اثرات گرد و خاک بر قدرت رقابتی ماش در برابر تاج‌خروس ریشه قرمز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ایلام در بهار و تابستان سال ۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج الگوی کاشت جایگزینی ماش و تاج‌خروس (الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس؛ ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس؛ ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس، کشت خالص ماش و تاج‌خروس) و گرد و خاک در دو سطح (صفر و ۶۰ گرم بر متر مکعب ریزگرد) بودند. نتایج نشان داد جریان گرد و خاک باعث علائم نکروز و سوختگی برگ ماش و تاج‌خروس می‌گردد. گرد و خاک میزان کلروفیل، مقدار رطوبت نسبی برگ، ارتفاع بوته و طول گل‌آذین در گیاه تاج‌خروس را به‌ترتیب به‌میزان ۲۳/۴، ۱۲، ۱۴/۷ و ۱۲ درصد کاهش داد. گرد و خاک باعث کاهش سطح برگ تاج‌خروس در الگوهای مختلف کاشت گردید. سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته ماش با اعمال گرد و خاک به‌ترتیب به‌میزان ۳۱/۲، ۲۴/۹، ۲۸/۸، ۱۷/۷، ۲۹/۶ و ۳۶/۷ درصد کاهش یافتند. رقابت تاج‌خروس با ماش باعث کاهش سرعت فتوسنتز، سطح برگ و تعداد دانه در بوته ماش گردید. عملکرد بیولوژیک ماش و تاج‌خروس به‌ترتیب ۴۲/۶ و ۱۶/۸ و عملکرد دانه ماش و عملکرد گل‌آذین تاج‌خروس به‌ترتیب ۳۲/۸ و ۴۲/۶ درصد با اعمال گرد و خاک کمتر از شرایط بدون گرد و خاک بودند. در حضور تراکم‌های مختلف تاج‌خروس عملکرد واقعی ماش کمتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود و منحنی تغییرات عملکرد ماش به‌صورت مقعر بود که این نشان از برتری رقابتی تاج‌خروس نسبت به ماش دارد. تحت شرایط بدون و گرد و خاک در همه الگوهای کاشت مجموع عملکرد واقعی بیشتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود که نشان‌دهنده روابط زیان‌بری یک‌جانبه برای ماش و سودبری یک‌جانبه برای تاج خروس است. عملکرد نسبی کل در اکثر الگوهای کاشت بیشتر از یک بود که ناشی از افزایش عملکرد نسبی جزئی تاج‌خروس و کاهش رقابت درون گونه‌ای تاج‌خروس است. با افزایش تراکم تاج‌خروس اثرات منفی این علف‌هرز بر ماش نمایان‌تر گردید و دارای شاخص غالبیت مثبت و بیشتری بود. محاسبه نسبت رقابت نشان داد که ضریب آن برای تاج‌خروس بیشتر از یک بود که معرف قدرت رقابتی بیشتر این علف‌هرز در مقایسه با ماش است. تحت هر دو شرایط با و بدون گرد و خاک علف‌هرز تاج‌خروس در همه الگوهای کاشت به‌عنوان گیاه غالب دارای بیشترین ضریب تراکم نسبی بود و ماش با ضریب تراکم نسبی کمتر از یک به‌عنوان گیاه مغلوب بود. شاخص رقابت نیز در همه الگوهای کاشت برای ماش پایین‌تر از یک به‌دست آمد، که نشان می‌دهد ماش نسبت به تاج‌خروس قدرت رقابت کمتری دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز از قدرت رقابتی بالاتر نسبت به ماش برخوردار بود که با افزایش بهره‌برداری از منابع محیطی باعث کاهش عملکرد ماش می‌گردد. علی‌رغم قدرت رقابت زیاد این علف‌هرز، تحت شرایط گرد و خاک رشد و زیست‌توده آن کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات فیزیولوژیکی، رقابت، ریزگردها، عملکرد، ماش

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اکولوژی گیاهان زراعی، استادیار و مدرس مدعو گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: a.taab@ilam.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jpp.2023.81895.1142

مقدمه

امروزه گرد و خاک به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی مطرح بوده و در غرب و جنوب‌غرب ایران به‌ویژه استان‌های خوزستان، کرمانشاه، کردستان و ایلام مشکلات بسیاری به بار آورده و منجر به کاهش عملکرد در گیاهان زراعی نیز شده است. ذرات گرد و غبار با قطر بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۱ میلی‌متر در هوا پدیده گرد و غبار را تشکیل می‌دهند که می‌توانند بیشتر در اثر وزش بادها در فصول بهار و تابستان به مناطق مختلف منتقل شوند (Wang *et al.*, 2006). انسان با استفادهٔ ناصحیح از منابع آب سطحی و زیرزمینی، تخریب پوشش گیاهی، ضعیف شدن خاک به‌علت فعالیت‌های کشاورزی و استفادهٔ ناصحیح از زمین، شرایط را برای وقوع پدیدهٔ گرد و غبار را فراهم می‌کند (Soltani-Gerdefaramarzi *et al.*, 2021). یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2007) تغییر اقلیم و خشک‌سالی را عامل مؤثر در طوفان‌های گرد و خاک دانسته‌اند. از آثار مخرب ریزگردها می‌توان به کاهش نور رسیده به گیاه، کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، کاهش حاصلخیزی خاک، اختلال در سامانه‌های مکانیکی و ارتباطات و بروز مشکلات تنفسی اشاره کرد (Akbari, 2011). ذرات ریزگرد با قطر کمتر از پنج میکرومتر بیشترین اثر را در مسدود کردن روزنه‌ها و کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه دارند (Takashi, 1995). این ذرات با نشست بر اندام‌های گیاهان باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی مختلفی همچون مسدود کردن روزنه‌ها، کاهش فعالیت فتوسنتزی، ریزش برگ‌ها و مرگ بافت‌های گیاهی، افزایش دما و تغییر رنگدانه‌های برگ، تغییر در مقدار رطوبت نسبی برگ و مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ و همچنین کاهش دریافت تابش فعال فتوسنتزی و در نهایت کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شوند (Chaturvedi *et al.*, 2013). در بعضی منابع به‌طور متوسط درصد کاهش محصول در اثر ریزگردها در محیط تا ۵ درصد برآورد شده است (Chauhan and Joshi, 2010). مطالعه آدو و همکاران (Addo *et al.*, 2013) نشان داد که ریزگردها با نشستن بر سطح برگ‌ها، از طریق کاهش محتوای کلروفیل، کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی و کاهش رشد گیاه منجر به کاهش عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) شده‌اند. رنجبر و همکاران (Ranjbar *et al.*, 2021) در بررسی اثرات ریزگردها بر نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم بیونیچ گزارش دادند رسوب ریزگردها در مرحله شروع گلدهی عملکرد زیستی، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها و کارایی مصرف آب را نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۴/۵، ۱۶/۸، ۱۵/۴، ۱۳/۵، ۲۱/۷، ۱۰/۷ و ۲۴/۶ درصد کاهش می‌دهند.

ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) یکی از مهمترین منابع پروتئینی در جنوب و جنوب‌شرقی آسیا می‌باشد (Somta *et al.*, 2014). کشت گیاه زراعی ماش معمولاً به‌صورت تابستانه صورت می‌گیرد که دوره رشد آن تحت شرایط ریزگردها قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه این گیاه دارای ارزش غذایی بالایی در بین بقولات است، اعمال مدیریت زراعی بهینه به‌منظور بهره‌گیری هر چه بیشتر از پتانسیل عملکرد آن ضروری است. علاوه بر اثرات ریزگردها بر گیاه ماش وجود رقابت علف‌های‌هرز مانند تاج‌خروس ریشه قرمز باعث کاهش رشد و عملکرد این گیاه می‌شوند. تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) سومین علف‌هرز غالب دولپه‌ای در سطح جهان بوده که به‌دلیل دارا بودن طبیعت رشد نامحدود و مسیر فتوسنتزی چهار کربنه، در دمای بالا و نور شدید به‌ویژه در کشت گیاهان زراعی تابستانه و گرمادوست توان رقابتی بالایی از خود نشان می‌دهد (Ronald and Smith, 2000). عدم کنترل علف‌های‌هرز در زراعت ماش باعث کاهش عملکرد بین ۵ تا ۶۲ درصد می‌شود (Dalish and Poulton, 2011). صابرعلی و محمدی (Saberali and Mohammadi, 2015) کاهش عملکرد دانه سویا (*Glysin max* L.) را در رقابت با ۱۰ و ۲۰ بوته تاج‌خروس به‌ترتیب ۱۸/۴ و ۵۹/۵ درصد گزارش دادند. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2020) در بررسی اثر گرد و خاک بر توان رقابتی بین لوبیاچیتی رقم کوشا و علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) نشان دادند با افزایش نسبت تراکمی سلمه‌تره صفات لوبیا بیشتر تحت تأثیر علف‌های‌هرز قرار گرفته و این اثرها با اعمال تیمار گرد و خاک نیز تشدید گردید. گرد و خاک به‌طور متوسط سبب کاهش ۳۹/۷ درصدی عملکرد و ۵۲/۸ درصد زیست‌توده لوبیا شد. عملکرد لوبیا در نسبت تراکمی ۵۰ درصد لوبیا در حالت رقابت با سلمه‌تره و در شرایط بدون گرد و خاک و با آن به‌ترتیب ۷/۸ و ۴/۷ گرم در بوته بود. کاهش زیست‌توده سلمه‌تره ۱۰/۶ درصد در مقایسه با تیمارهای بدون گرد و خاک بود.

با استناد بر منابع ذکر شده در بالا، احتمالاً تحت شرایط گرد و خاک، علف‌های‌هرز قادرند در شرایط موجود با ویژگی‌های اکوفیزیولوژیکی خود از منابع به شکل مؤثرتری نسبت به گیاه زراعی استفاده کنند. به همین دلیل فراهم نمودن تمهیدات لازم برای مبارزه با علف‌های‌هرز در شرایط گرد و خاک از ضرورت‌های لازم به‌منظور حصول عملکرد بهینه در شرایط فوق می‌باشد. در این راستا کمی‌سازی اثر تنش غیرزیستی گرد و خاک بر روابط تداخلی علف‌هرز و گیاه زراعی از ضروریات اولیه به‌منظور بهینه‌سازی تصمیمات مدیریتی در سیستم کشت است. بنابراین اولویت‌بندی بر اساس درجه ضرورت کنترل علف‌های‌هرز به‌ویژه تاج‌خروس در مزارع ماش، نیازمند آگاهی از پتانسیل خسارت‌زایی آن در هر منطقه و شناخت اکوفیزیولوژی رقابت این علف‌هرز با ماش تحت اثر گرد و خاک

می‌باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند جهت آگاهی و پیش‌بینی اثرهای زیان‌بار پدیده گرد و خاک بر رشد و عملکرد ماش و در نتیجه مدیریت اثر تداخلی این پدیده مورد بهره‌برداری قرار گیرد. لذا با کمی‌سازی اثر مخرب گرد و خاک بر رقابت بین گیاه زراعی ماش و علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز، می‌توان برآورد مناسبی از اثرات این پدیده زیست‌محیطی داشت. بنابراین با مشخص شدن میزان اهمیت این پدیده، می‌توان نتایج آن را در راستای تصمیمات مدیریتی و نیز توجه به راهکارهای مدیریت این عامل مخرب مورد استفاده قرار داد. در نتیجه این پژوهش با هدف بررسی تأثیر توأم رقابت و گرد و خاک بر رشد و عملکرد ماش انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثرات گرد و خاک بر قدرت رقابتی ماش با تاج‌خروس ریشه قرمز، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در بهار و تابستان سال ۱۴۰۱ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج الگوی کاشت جایگزینی ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز (۱۰۰ درصد ماش+ ۰ درصد تاج‌خروس یا کشت خالص ماش؛ ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس؛ ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس؛ ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس و ۰ درصد ماش+ ۱۰۰ درصد تاج‌خروس یا کشت خالص تاج‌خروس) و گرد و خاک در دو سطح (صفر و ۶۰ گرم بر متر مکعب ریزگرد) بودند.

گلخانه از نوع گلخانه‌های کوانست بوده که در طول دوره رشد گیاهان دمای گلخانه در روز ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در شب ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. مقدار رطوبت نسبی گلخانه ۷۰ درصد بود و میزان روشنایی با استفاده از لامپ‌های فلورسنت به‌صورت ۱۰ ساعت تاریکی و ۱۴ ساعت روشنایی به‌علاوه دریافت نور معمول آفتاب بوده است. برای اجرای این آزمایش بذر ماش رقم محلی استفاده شد و بذر تاج‌خروس ریشه قرمز از مزارع دانشگاه ایلام تهیه گردید. برای کشت از گلدان‌های سفالی با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر با ظرفیت سه کیلوگرم خاک در گلدان استفاده گردید. خاک گلدان مخلوطی از خاک زراعی مزرعه، کود دامی و ماسه بادی با نسبت ۲:۱:۱ بود. کاشت هر دو گیاه ماش و تاج‌خروس به‌صورت همزمان در ۲۰ فروردین ماه سال ۱۴۰۱ انجام گرفت. برای کاشت ابتدا بذور هر دو گیاه با دو برابر تراکم مورد نظر کشت و سپس بعد از استقرار گیاهچه تراکم‌های مورد نظر، چهار بوته در گلدان، اعمال گردید. تراکم گیاهان داخل هر گلدان ثابت و برابر چهار بوته در گلدان بود. الگوهای مختلف کاشت بر اساس سری‌های جایگزینی طراحی گردید. در الگوی کاشت (۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس) سه بوته ماش و یک بوته تاج‌خروس، در الگوی کاشت (۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس) دو بوته ماش و دو بوته تاج‌خروس و در الگوی کاشت (۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس) یک بوته ماش و سه بوته تاج‌خروس در گلدان بود. در کشت خالص ماش و تاج‌خروس نیز چهار بوته به کشت خالص هر کدام از آن‌ها اختصاص یافت. آبیاری بر اساس نیاز گیاه به‌صورت منظم انجام شد.

گرد و خاک از ریزگردهای طبیعی ناشی از جریان پدیده گرد و غبار در شهرستان دهلران که جزء کانون‌های اصلی گرد و خاک در منطقه هستند، جمع‌آوری و بر گیاهان اعمال گردید. اعمال ریزگردها بعد از استقرار گیاهان، در مر حله رشد زایشی ماش، در یک مرحله و به‌میزان حدود ۶۰ گرم در مترمکعب انجام گردید. اندازه ذرات گرد و خاک جمع‌آوری حدود ۰/۰۵۳ میلی‌متر بوده که از الک آزمایشگاهی ۲۷۰ مش (ASTM, KTA-Tator, Inc., USA) عبور داده شدند. برای اعمال و شبیه‌سازی ریزگردها بر گیاهان اتاقکی با پوشش پلاستکی شفاف با ابعاد ۲×۲×۱ متر مکعب طراحی و ساخته شد (شکل ۱ الف). سپس گلدان‌ها به داخل اتاقک منتقل شدند. ورود گرد و خاک با استفاده از یک مخزن پلاستیکی از دریچه تعبیه شده در یک سمت اتاقک صورت گرفت و مقدار ۲۴۰ گرم گرد و خاک با استفاده از فن دمنده هوا در داخل اتاقک پخش شد (شکل ۱ ب). فن را پس از اتمام پخش گرد و خاک خاموش کرده و برای اینکه گرد و خاک به‌صورت یکنواخت در سطح برگ‌ها پخش گردد حدود ۴۰ دقیقه اجازه داده شد تا رسوب و نشست کامل گرد و خاک بر سطح برگ انجام شود (شکل ۱ ج). بعد از اعمال گرد و خاک گلدان‌ها به محل اصلی در گلخانه منتقل شدند.

۱۵ روز بعد از اعمال گرد و خاک در مرحله تشکیل دانه‌ها در ماش اقدام به اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژیکی شد. برای سنجش سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای و دمای برگ از دستگاه فتوسنتزمتر قابل حمل استفاده گردید. اندازه‌گیری در هوای آفتابی و در صبح انجام شد. به‌منظور سنجش مقدار رطوبت نسبی برگ‌های هر گیاه مطابق روش ریتچی و همکاران (Ritchie *et al*., 1990) اقدام شد. برای سنجش مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدهای برگ از روش آرنون (Arnon, 1967) و استون ۸۰ درصد استفاده شد. در مرحله پر شدن دانه‌ها سطح برگ هر گیاه در گلدان با اندازه‌گیری طول و عرض هر برگ با خط‌کش اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی ماش اقدام به برداشت بوته‌ها گردید.

شکل ۱- تصاویری از اتاقک تهیه شده برای اعمال گرد و خاک (الف)؛ اعمال گرد و خاک با استفاده از فن (ب)، مشاهده گرد و خاک اعمال شده بر روی گیاه ماش و تاج‌خروس ریشه‌قرمز (ج)

Figure 1- Pictures of the chamber prepared for applying dust (A); application of dust using fan (B), observing the dust applied on the mungbean and redroot pigweed (C)

قطر ساقه در هر گیاه توسط کولیس دیجیتالی، ارتفاع بوته در هر گیاه و طول گل‌آذین تاج‌خروس با استفاده از خط‌کش، تعداد ساقه فرعی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ماش، وزن خشک اندام‌های هوایی برای هر دو گیاه به‌عنوان عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ماش و عملکرد گل‌آذین تاج‌خروس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی پس از خشک کردن بوته‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت اقدام به توزین آن‌ها گردید. بعد از توزین وزن خشک بوته برای ماش اقدام به جدا کردن دانه‌ها و برای تاج‌خروس گل‌آذین‌ها جدا و توزین گردیدند. شاخص برداشت ماش با استفاده از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی ضربدر ۱۰۰ محاسبه گردید.

به‌منظور سنجش میزان رقابت ماش و تاج‌خروس در الگوهای کاشت، از معیارهای مختلف سنجش رقابت به شرح زیر استفاده گردید (Dhima *et al*., 2007; Willey, 1979).

معادله (۱) عملکرد نسبی[۱]

$$RY_{(Mungbean)} = \frac{Y_{MP}}{Y_{MM}}$$

$$RY_{(Pigweed)} = \frac{Y_{PM}}{Y_{PP}}$$

$$RY_{total} = RY_{Pigweed} + RY_{Mungbean}$$

معادله (۲) ضرایب ازدحام نسبی[۲]

$$RCC_{(Mungbean)} = \frac{Y_{MP} \times Z_{PM}}{(Y_{MM} - Y_{MP}) \times Z_{MP}}$$

$$RCC_{(Pigweed)} = \frac{Y_{PM} \times Z_{MP}}{(Y_{PP} - Y_{PM}) \times Z_{PM}}$$

معادله (۳) شاخص غالبیت[۳]

$$A_{Mungbean} = \frac{Y_{MP}}{Y_{MM} \times Z_{MP}} - \frac{Y_{PM}}{Y_{PP} \times Z_{PM}}$$

$$A_{Pigweed} = \frac{Y_{PM}}{Y_{PP} \times Z_{PM}} - \frac{Y_{MP}}{Y_{MM} \times Z_{MP}}$$

معادله (۴) شاخص رقابت[۴]

$$CI = \frac{(Y_{PP} - Y_{PM}) \times (Y_{MM} - Y_{MP})}{Y_{PM} \times Y_{MP}}$$

معادله (۵) نسبت رقابت[۵]

$$CR_{(Mungbean)} = \frac{RY_{Mungbean}}{RY_{Mungbean}} \times \frac{Z_{PM}}{Z_{MP}}$$

$$CR_{(Pigweed)} = \frac{RY_{Pigweed}}{RY_{Mungbean}} \times \frac{Z_{MP}}{Z_{PM}}$$

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر مقدار صفات فتوسنتزی برگ ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز

Table 1- Analysis of variance (mean squares) of the effect of different planting patterns and dust on photosynthetic traits in the leaves of mungbean and redroot pigweed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	ماش Mungbean				تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot pigweed			
		کلروفیل Chlorophyll	کاروتنوئیدها Carotenoids	سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate	سرعت تعرق Transpiration rate	کلروفیل Chlorophyll	کاروتنوئیدها Carotenoid	سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate	سرعت تعرق Transpiration rate
گرد و خاک Dust	1	0.0498^{ns}	0.0042^{ns}	8.2012*	5.7800*	0.2663*	0.1201*	0.26145^{ns}	0.23420^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern	3	0.0197^{ns}	0.0136^{ns}	9.2492**	1.6258^{ns}	0.1260^{ns}	0.1033*	0.09874^{ns}	0.05262^{ns}
گرد و خاک× الگوی کاشت Dust× Planting pattern	3	0.0279^{ns}	0.0358^{ns}	2.7821^{ns}	1.1458^{ns}	0.0883^{ns}	0.0808*	0.00515^{ns}	0.03679^{ns}
خطای آزمایشی Error	24	0.0614	0.0443	1.7802	1.3275	0.0574	0.0251	0.26537	0.43308
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	22.98	15.54	35.58	38.57	21.16	12.14	35.43	50.87

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.

1- RY: Relative Yield
2- RCC: Relative Crowding Coefficient
3- A: Aggresivity
4- CI: Competition Index
5- CR: Competitive Ratio

در این روابط Y_{PP} و Y_{PM} به‌ترتیب عملکرد تاج‌خروس در کشت خالص و مخلوط؛ Y_{MM} و Y_{MP} به‌ترتیب عملکرد ماش در کشت خالص و مخلوط؛ Z_{PM} نسبت مخلوط گیاه تاج‌خروس و Z_{MP} نسبت مخلوط گیاه ماش هستند.

تجزیه آماری داده‌ها و بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Var 9.4 با رویه proc univariate normal و آزمون‌های شاپیرو- والک[1]، کولموگراف- اسمیرنوف[2]، کرامر ون- میزس[3] و اندرسون دارلینگ[4] مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با در نظر گرفتن اثرات گرد و خاک و الگوی کاشت به‌عنوان متغیرهای مستقل بر روی صفات اندازه‌گیری شده به‌عنوان متغیرهای وابسته با رویه Proc glm و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم‌افزار SAS Var 9.4 صورت گرفت. نمودارها در نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد گرد و خاک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ تاج‌خروس، سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق ماش داشت. تأثیر الگوی کاشت در سطح یک درصد بر سرعت فتوسنتز ماش و در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار کاروتنوئیدهای برگ تاج‌خروس معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل تیمارها بر مقدار کاروتنوئیدهای برگ تاج‌خروس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱).

گرد و خاک میزان کلروفیل برگ تاج‌خروس را به‌میزان ۲۳/۵ درصد در مقایسه با شرایط بدون گرد و خاک کاهش داد (جدول ۲). بیشترین مقدار کاروتنوئیدهای برگ تاج‌خروس (۳/۵۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس تحت شرایط بدون گرد و خاک مشاهده شد و کشت خالص تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک کمترین میزان (۱/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) این صفت را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

نتایج این پژوهش نشان داد گرد و خاک بر مقدار کلروفیل برگ ماش تأثیر معنی‌داری ندارد؛ که احتمالاً به‌عنوان پاسخ سازشی گیاه جهت افزایش سرعت فتوسنتز استفاده می‌شود که در نتیجه کاهش سطح برگ را جبران می‌کند. حفظ و افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه در معرض آلودگی هوا می‌تواند بیانگر مقاومت و تحمل گیاه نسبت به آلودگی هوا باشد (Singh and Verma, 2007). عباس‌نسب و همکاران (Abbasnasab *et al*., 2019) گزارش کردند گرد و خاک بر مقدار کلروفیل برگ گونه‌های *Bromus tomentellus* و یونجه (*Medicago sativa*) تأثیر معنی‌داری ندارد؛ که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین گرد و خاک باعث کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ تاج‌خروس شد که مطابق با یافته‌های سلامه و همکاران (Salama *et al*., 2011) مبنی بر کاهش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ *Datura innoxia* Mill. تحت شرایط آلودگی هوا است. همچنین رسوب ذرات گرد و خاک بر سطح برگ موجب کاهش تشعشع فعال فتوسنتزی و سایه‌اندازی بر برگ شده که در نتیجه سرعت فتوسنتز و رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابند و به‌علت همراهی اثر سایه و آسیب بر غشای سلولی و افزایش لیپد پروکسید در سلول، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت شرایط گرد و خاک کاهش می‌یابند (Abu-Romman and Alzubi, 2015). چائوهان و جوشی (Chauhan and Joshi, 2010) گزارش کردند که مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدهای گیاهان گندم (*Triticum aestivum* L.) و خردل (*Sinapis arvensis*) رشد یافته در مناطق آلوده، کاهش چشمگیری نشان می‌دهد. علوی و کریمی (Alavi and Karimi, 2015) تأثیر طوفان گرد و غبار شبیه‌سازی شده در آزمایشگاه را بر فلورسنس کلروفیل a، محتوای کلروفیل، فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی در گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد که رابطه معکوسی بین مقدار گرد و غبار و محتوای کلروفیل و فلورسنس کلروفیل a وجود دارد. در مطالعه حاضر مقدار کاروتنوئیدهای برگ تاج‌خروس ریشه قرمز تحت شرایط گرد و خاک کاهش یافت؛ در بررسی دیگری میزان کاروتنوئیدهای برگ گیاه *Eucalyptus camaldulensis* در منطقه آلوده نسبت به شاهد ۱۶/۹ درصد کاهش یافته است (Seyyednejad and Koochak, 2011).

بیشترین سرعت فتوسنتز ماش (۴/۲۶ میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) تحت شرایط عدم گرد و خاک مشاهده گردید که در مقایسه با شرایط گرد و خاک ۳۱/۲۱ درصد بیشتر بود (جدول ۲). بیشترین سرعت فتوسنتز ماش (۵/۲۸ میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) در بین الگوهای کاشت از کشت خالص ماش به‌دست آمد و تحت شرایط رقابت با تاج‌خروس سرعت فتوسنتز ماش کاهش یافت. میزان کاهش سرعت فتوسنتز ماش در الگوهای کاشت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس، ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس به‌ترتیب ۴۷/۸۶، ۳۲/۹۴ و ۳۴/۸۳ درصد در مقایسه با کشت خالص ماش بودند (جدول ۲).

1- Shapiro-Wilk
2- Kolmogorov-Smirnov
3- Cramer-von Mises
4- Anderson-Darling

جدول ۲- اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر خصوصیات فیزیولوژیک ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز

Table 2- Effect of different planting patterns and dust on physiological traits in mungbean and redroot pigweed

گرد و خاک Dust	ماش Mungbean			تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot pigweed	
	سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)	سرعت تعرق Transpiration rate ($mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$)	دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای Intercellular CO_2 concentration ($mmol\ CO_2\ m^{-2}s^{-1}$)	کلروفیل Chlorophyll ($mg\ g^{-1}fw^{-1}$)	مقدار رطوبت نسبی برگ RWC* (□)
بدون گرد و خاک Without dust	4.26[a]	3.41[a]	437.3[b]	1.795[a]	74.76[a]
با گرد و خاک With dust	3.24[b]	2.56[b]	530.6[a]	1.373[b]	65.77[b]
الگوی کاشت Planting pattern					
۱۰۰ درصد ماش+ ۰ درصد تاج‌خروس 100% Mungbean+ 0% Pigweed	5.28[a]	-	478.5[ab]	-	-
۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس 75% Mungbean+ 25% Pigweed	3.44[b]	-	453.3[b]	-	-
۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس 50% Mungbean+ 50% Pigweed	3.54[b]	-	482.9[ab]	-	-
۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس 25% Mungbean+ 75% Pigweed	2.75[b]	-	521.1[a]	-	-

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan، s multiple range test ($P<0.05$).

* Relative water content

گرد و خاک تأثیری بر سرعت فتوسنتز تاج‌خروس نداشت؛ با توجه به اینکه تاج‌خروس ریشه قرمز جزء گیاهان C4 است احتمالاً بتواند از مقدار دی‌اکسید کربن کم به‌خوبی استفاده نماید و سرعت فتوسنتزی آن تحت تأثیر گرد و خاک قرار نگیرد. اما این احتمال می‌رود که در ماش گرد و خاک موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی گردیده است. ذرات گرد و خاک قادر به نفوذ بین کرک‌های برگ بوده و باعث مسدود شدن روزنه‌ها می‌شوند و می‌توانند از طریق کاهش روند تبادلات گازی، دریافت نور و آسیب به سیستم فتوسنتزی گیاه سبب کاهش سرعت فتوسنتز و در نتیجه تولید ماده خشک شوند. این نتایج با مطالعات علوی و کریمی (Alavi and Karimi, 2015) مبنی بر کاهش سرعت فتوسنتز در گیاه آویشن تحت شرایط گرد و خاک مطابقت دارد. رسوب گرد و خاک بر روی برگ‌ها سبب دریافت جذب نور کمتر برای فتوسنتز و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای و عملکرد گیاه می‌شوند. ذرات گرد و خاک باعث انسداد روزنه‌ها و نیز کاهش تبادل گازها شده که عامل دیگری برای کاهش سرعت فتوسنتزی در گیاه هستند (Zia-khan *et al.*, 2015). اسدی‌سبزی و همکاران (Asadi-Sabzi *et al.*, 2019) گزارش دادند که با افزایش میزان ریزگرد وزن تر و خشک روند کاهشی نشان دادند به‌طوری‌که تیمارهای ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر مترمکعب در زمان شروع بذردهی، به‌ترتیب باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز به‌میزان ۱۷ و ۳۳ درصد شد. با افزایش میزان ریزگرد از صفر به ۱۵۰۰ میکروگرم بر مترمکعب، سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق نیز به حدود نصف کاهش یافت. با توجه به روند متفاوت تغییر در سرعت فتوسنتزی دو گونه ماش و تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک، می‌توان نتیجه گرفت که نوع محدودیت فتوسنتزی به‌وجود آمده در دو گونه متفاوت است. رقابت تاج‌خروس باعث کاهش سرعت فتوسنتز ماش گردید. علت این امر احتمالاً به‌دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای ماش و تاج‌خروس برای جذب مواد غذایی و نور، افزایش سایه‌اندازی تاج‌خروس روی ماش و در نهایت افزایش تنفس و کاهش سرعت فتوسنتز ماش است؛ بنابراین اثرات گرد و خاک توأم با رقابت

تاج‌خروس اثر زیان‌باری بر سرعت فتوسنتز ماش دارد و از این طریق باعث کاهش رشد و تولید ماش می‌شوند.

بیشترین سرعت تعرق ماش (۳/۴۱ میلی‌مول آب بر متر مربع در ثانیه) تحت شرایط بدون گرد و خاک و کمترین میزان آن (۲/۵۶ میلی‌مول آب بر متر مربع در ثانیه) در شرایط گرد و خاک مشاهده شد. میزان کاهش سرعت تعرق ماش تحت شرایط گرد و خاک در مقایسه با عدم گرد و خاک ۲۴/۹۰ درصد بود (جدول ۲). گرد و خاک باعث کاهش سرعت تعرق ماش شد و بر سرعت تعرق تاج‌خروس تأثیر معنی‌داری نداشت. این نتایج با نتایج عباس‌نسب و همکاران (Abbasnasab *et al*., 2019) مبنی بر کاهش سرعت تعرق در یونجه و عدم تأثیر معنی‌دار در *B. tomentellus* مطابقت دارد.

زیاخان و همکاران (Zia-Khan *et al*., 2015) گزارش کردند گرد و خاک در گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در همه مراحل رشد سرعت تعرق را کاهش می‌دهد.

گرد و خاک و الگوی کاشت تأثیر معنی‌داری بر غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای هر دو گیاه داشت. اثرات متقابل آنها بر غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای تاج‌خروس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. دمای برگ هر دو گیاه تحت تأثیر گرد و خاک و الگوی کاشت قرار نگرفتند. همچنین مقدار رطوبت نسبی برگ ماش تحت تأثیر تیمارهای گرد و خاک و الگوی کاشت قرار نگرفتند؛ اما مقدار رطوبت نسبی برگ تاج‌خروس در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر گرد و خاک قرار گرفت (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر صفات فیزیولوژیک ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز

Table 3- Analysis of variance (mean squares) of the effect of different planting patterns and dust on physiological traits in mungbean and redroot pigweed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	ماش Mungbean			تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot pigweed		
		غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای Intercellular CO_2 concentration	دمای برگ Leaf temperature	مقدار رطوبت نسبی برگ Relative water content	غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای Intercellular CO_2 concentration	دمای برگ Leaf temperature	مقدار رطوبت نسبی برگ Relative water content
گرد و خاک Dust	1	69573.8**	0.00031^{ns}	63.901^{ns}	42884.9**	0.02311^{ns}	647.91*
الگوی کاشت Planting pattern	3	6270.3*	0.03081^{ns}	10.872^{ns}	10831.8**	0.03571^{ns}	5.85^{ns}
گرد و خاک× الگوی کاشت Dust× Planting pattern	3	2405.4^{ns}	0.02064^{ns}	20.677^{ns}	4304.3**	0.00954^{ns}	10.76^{ns}
خطای آزمایشی Error	24	1817.7	0.5202	137.122	323.1	1.1108	135.52
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	8.81	2.15	15.71	3.52	3.14	16.57

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

گرد و خاک باعث افزایش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای ماش گردید، میزان افزایش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه ماش تحت تأثیر گرد و خاک در مقایسه با شرایط بدون گرد و خاک ۲۱/۳ درصد بود (جدول ۲). رقابت با تاج‌خروس در الگوهای مختلف کاشت باعث افزایش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای ماش گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین غلظت (۵۲۱/۱ میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس مشاهده گردید که با نسبت‌های ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و کشت خالص ماش تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار (۴۵۳/۳ میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) در الگوی ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس مشاهده گردید (جدول ۲). گرد و خاک باعث افزایش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای تاج‌خروس گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای (۵۶۴/۹ میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) در الگوی ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک مشاهده شد که با کشت خالص تاج‌خروس تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار (۳۹۱/۵ میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس تحت شرایط بدون گرد و خاک به‌دست آمد (جدول ۴).

جدول ٤- تأثیر گرد و خاک بر مقدار کاروتنوئیدهای برگ، غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای و سطح برگ تاج‌خروس ریشه قرمز در الگوهای مختلف کشت

Table 4- The effect of dust on the amount of leaf carotenoids, the intercellular CO_2 concentration and the leaf area in redroot pigweed in different planting patterns

گرد و خاک Dust	الگوی کاشت Planting pattern	غلظت کاروتنوئیدهای برگ Carotenoid (mg $g^{-1}fw^{-1}$ leaf)	غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای Intercellular CO_2 concentration (mmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$)	سطح برگ Leaf area (cm^2)
بدون گرد و خاک No dust	۰ درصد ماش+ ۱۰۰ درصد تاج‌خروس 0% Mungbean+ 100% Pigweed	3.361^{ab}	507.0^{c}	115.3^{b}
	۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس 25% Mungbean+ 75% Pigweed	2.368^{bc}	524.9^{c}	218.9^{a}
	۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس 50% Mungbean+ 50% Pigweed	2.680^{bc}	474.0^{bd}	169.7^{ab}
	۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس 75% Mungbean+ 25% Pigweed	3.587^{a}	391.5^{be}	226.3^{a}
با گرد و خاک With dust	۰ درصد ماش+ ۱۰۰ درصد تاج‌خروس 0% Mungbean+ 100% Pigweed	1.893^{d}	558.7^{ab}	106.7^{b}
	۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس 25% Mungbean+ 75% Pigweed	2.682^{bc}	564.9^{a}	113.0^{b}
	۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس 50% Mungbean+ 50% Pigweed	2.288^{c}	534.6^{bc}	196.5^{a}
	۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس 75% Mungbean+ 25% Pigweed	3.237^{ab}	533.2^{bc}	118.1^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test ($P<0.05$).

گرد و خاک باعث افزایش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای در هر دو گیاه ماش و تاج‌خروس شد که با نتایج مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2017) مطابقت دارد. به‌نظر می‌رسد ته‌نشینی گرد و خاک بر سطح برگ ممکن است توسط تأثیر بر ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست و مکانیسم‌های درونی برگ از فرآوری دی‌اکسید کربن ممانعت کرده باشد. به‌طوری‌که به‌علت انتقال نیافتن دی‌اکسید کربن به سایت‌های پذیرنده کربن، آسیمیلاسیون کندتر کربن و تخریب آنزیم کربوکسیلاز از دی‌اکسید کربن موجود در برگ به‌خوبی استفاده نمی‌شود. به‌عبارت دیگر، افزایش یا تجمع دی‌اکسید کربن برگ در شرایط تنش، نشان دهنده ناتوانی سلول‌های مزوفیل در استفاده از دی‌اکسید کربن و هدایت مزوفیلی کمتر است (Ulrichs *et al.*, 2008). رقابت تاج‌خروس نیز باعث افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه‌ای ماش گردید؛ که احتمالاً به‌دلیل مقاومت‌های موجود بر سر راه انتشار دی‌اکسیدکربن به فضای درون برگ از جمله مقاومت روزنه‌ای و مقاومت لایه مرزی بتوان نسبت داد (Liu *et al.*, 2011). همچنین کشت مخلوط ماش با تاج‌خروس باعث کاهش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای تاج‌خروس ریشه قرمز گردید.

تحت شرایط گرد و خاک مقدار رطوبت نسبی برگ تاج‌خروس ۱۲ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این مسئله در بلندمدت سبب شده که توانایی جذب آب در گیاه کاهش یافته و گیاه نتوانسته به‌مقدار کافی آب جذب نماید و از این طریق بر مقدار رطوبت نسبی برگ تأثیر منفی گذاشته است. کاهش رطوبت نسبی برگ در اثر گرد و غبار در *Tectona grandis*، *Syzygium cumini* و *Anthocephalus cadamba* توسط چاتوردی و همکاران (Chaturvedi *et al.*, 2013) گزارش شده است.

خصوصیات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات گرد و خاک بر ارتفاع بوته و سطح برگ ماش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. تعداد ساقه فرعی و سطح برگ ماش در بین الگوهای کاشت نیز معنی‌دار گردید. گرد و خاک و الگوی کاشت تأثیری بر رویش قطری ساقه ماش نداشتند (جدول ۵). گرد و خاک و الگوی کاشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته تاج‌خروس داشت. سطح برگ تاج‌خروس تحت تأثیر گرد و خاک، الگوی کاشت و اثرات متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد قرار گرفت. تأثیر گرد و خاک بر طول گل‌آذین تاج‌خروس در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. قطر ساقه تاج‌خروس تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر مورفولوژیک ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز

Table 5- Analysis of variance (mean squares) of the effect of different planting patterns and dust on morphological traits in mungbean and redroot pigweed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	ماش Mungbean				تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot pigweed			
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد ساقه فرعی Number of branches	سطح برگ Leaf area	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ Leaf area	قطر ساقه Stem diameter	طول گل‌آذین Inflorescence length
گرد و خاک Dust	1	26.357*	0.0156ns	3.0258*	0.01386ns	0.22339*	0.67396*	0.03649ns	1.7095*
الگوی کاشت Planting pattern	3	5.418ns	0.5915**	2.4843*	0.10314ns	0.104661*	0.35225*	0.00126ns	0..3731ns
گرد و خاک× الگوی کاشت Dust× Planting pattern	3	5.369ns	0.0074ns	0.1975ns	0.06850ns	0.04391ns	0.35137*	0.03933ns	0.5353ns
خطای آزمایشی Error	24	5.654	0.0129	0.6443	0.19382	0.03303	0.09812	0.04036	0.3029
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	25.50	13.18	20.08	24.63	6.56	6.29	16.40	33.43

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

جدول ٦- اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر صفات مورفولوژیک ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز

Table 6- Effect of different planting patterns and dust on morphological traits in mungbean and redroot pigweed

گرد و خاک Dust	ماش Mungbean					تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot pigweed	
	ارتفاع بوته Plant height (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعداد ساقه در بوته Number of branch per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول گل‌آذین Inflorescence length (cm)
بدون گرد و خاک No dust	10.23a	89.16a	-	3.23a	11.81a	17.61a	6.11a
با گرد و خاک With dust	8.42b	63.50b	-	2.28b	7.47b	15.02b	3.90b
الگوی کاشت Planting pattern							
۱۰۰ درصد ماش+ ۰ درصد تاج‌خروس 100% Mungbean+ 0% Pigweed	-	129.07a	1.13a	-	13.84a	-	-
۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس 75% Mungbean+ 25% Pigweed	-	64.66b	0.00b	-	9.17b	15.63ab	-
۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس 50% Mungbean+ 50% Pigweed	-	74.32b	0.13b	-	6.69b	17.75a	-
۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس 25% Mungbean+ 75% Pigweed	-	37.28c	0.00b	-	8.88b	17.75a	-
۰ درصد ماش+ ۱۰۰ درصد تاج‌خروس 0% Mungbean+ 100% Pigweed	-	–	-	-	-	14.14b	-

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test ($P<0.05$).

گرد و خاک باعث کاهش ارتفاع بوته ماش و تاج‌خروس به‌ترتیب به‌میزان ۱۷/۷ و ۱۴/۷ درصد در مقایسه با عدم گرد و خاک گردید (جدول ۶). بیشترین ارتفاع بوته تاج‌خروس در الگوهای کاشت مخلوط با ماش حاصل گردید و کشت خالص تاج‌خروس کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۶).

رسوب گرد و خاک بر برگ‌های ماش ممکن است به‌عنوان سایه عمل کرده و باعث کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و در نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز شود؛ که در نهایت رشد و ارتفاع ماش تحت تأثیر گرد و خاک کاهش یافته است. شارما و بایدیانات (Sharma and Baidyanath, 2015) نیز کاهش ارتفاع بوته نخود تحت تأثیر آلودگی با گرد و خاک ناشی از کارخانه سنگ‌شکنی گزارش کردند. کاهش ارتفاع بوته تاج‌خروس تحت تأثیر گرد و خاک به‌دلیل کاهش ماده خشک (شکل ۱) و کاهش میزان کلروفیل (جدول ۲) آن واند باشد. ریزگردها از طریق ایجاد تنش منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش سرعت تعرق و تبادل گرمایی، کاهش تبادل دی‌اکسید کربن، افزایش دمای برگ، کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش سرعت فتوسنتزی و در نتیجه باعث کاهش رشد و ارتفاع در گیاه می‌شوند که نتایج این آزمایش با نتایج آدو و همکاران (Addo *et al.*, 2013) در لوبیاچشم‌بلبلی مطابقت داشت.

عدم تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت بر ارتفاع بوته ماش نیز می‌تواند به‌علت ارتفاع بیشتر تاج‌خروس باشد. احتمالاً تاج‌خروس به‌دلیل داشتن ارتفاع بلندتر و سایه‌اندازی روی گیاه ماش باعث کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور شده و در نتیجه از کاهش ارتفاع بوته ماش تحت شرایط رقابت جلوگیری کرده و ارتفاع بوته ماش تحت شرایط رقابت با تاج‌خروس همانند کشت خالص بوده است (Agegnehu *et al.*, 2006). کاهش تشعشع فعال فتوسنتزی و نسبت نور قرمز به قرمز دور سبب ایجاد سازگاری از طریق اختصاص فرآورده‌های فتوسنتزی به اندام هوایی و افزایش ارتفاع گیاه زراعی می‌شود (Yang *et al.*, 2018). علت افزایش ارتفاع تاج‌خروس در الگوهای کشت مخلوط با ماش، در نتیجه کاهش رقابت درون گونه‌ای بوده که فضای بیشتری در اختیار تاج‌خروس قرار گرفته و در نتیجه رشد و ارتفاع آن بیشتر شده است. همچنین به‌دلیل تفاوت در خصوصیات مورفولوژیکی دو گیاه و کارایی بیشتر تاج‌خروس از منابع محیطی رشد آن نسبت به کشت خالص بیشتر شده است. گونه‌ای که در ابتدای فصل رشد توانایی بیشتری جهت افزایش ارتفاع و بستن تاج‌پوشش خود دارد در رقابت موفق‌تر خواهد بود. آگویو و ماسیوناس (Aguyoh and Masiunas, 2003) برتری ارتفاع بوته تاج‌خروس در مقایسه با بوته لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) را از جمله مهمترین شاخص قدرت رقابتی این علف‌هرز گزارش کردند.

بیشترین تعداد ساقه فرعی ماش در کشت خالص آن مشاهده شد و الگوهای مختلف کشت مخلوط کمترین تعداد ساقه فرعی را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد افزایش رقابت برون گونه‌ای بین ماش و تاج‌خروس در جذب منابع موجود، باعث کاهش تعداد ساقه فرعی در بوته ماش شده است. تعداد ساقه فرعی از جمله خصوصیاتی است که با وضعیت رشد و ارسال مواد فتوسنتزی ارتباط مستقیمی دارد. به‌نظر می‌رسد در کشت خالص ماش فضا بیشتری برای رشد و شاخه‌دهی در مقایسه با کشت‌های مخلوط و رقابت با تاج‌خروس فراهم است. علت کاهش تعداد ساقه فرعی ماش در کشت مخلوط با تاج‌خروس می‌تواند به‌علت تداخل و سایه‌اندازی بوته‌های تاج‌خروس روی ماش باشد.

گرد و خاک باعث کاهش سطح برگ ماش به‌میزان ۲۸/۷۸ درصد در مقایسه با شرایط عدم اعمال گرد و خاک شد (جدول ۶). بیشترین سطح برگ ماش (۱۲۹/۱ سانتی‌متر مربع) در کشت خالص ماش به‌دست آمد و کمترین مقدار آن (۳۷/۳ سانتی‌متر مربع) تحت شرایط رقابت با تاج‌خروس در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس مشاهده شد که در مقایسه با شرایط عدم رقابت یا کشت خالص ماش ۷۱/۱ درصد کمتر بود (جدول ۶). نسبت‌های پایین تاج‌خروس تأثیری بر سطح برگ ماش نداشت؛ اما با افزایش تراکم و نسبت تاج‌خروس سطح برگ ماش به‌شدت کاهش یافت.

گرد و خاک باعث کاهش سطح برگ تاج‌خروس در الگوهای مختلف کشت مخلوط گردید؛ اما کشت مخلوط تاج‌خروس با ماش باعث افزایش سطح برگ تاج‌خروس شد. بین الگوهای کاشت در شرایط بدون گرد و خاک از نظر سطح برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و بیشترین سطح برگ تاج‌خروس در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس تحت شرایط بدون گرد و خاک مشاهده شد که در مقایسه با کشت خالص ۹۶/۳ درصد بیشتر بود (جدول ۴).

گرد و خاک باعث کاهش سطح برگ هر دو گیاه شد. گیاهان معمولاً گرد و خاک را توسط برگ‌ها جذب می‌کنند. برگ‌ها به‌عنوان آسیب‌پذیرترین بافت‌های گیاه بوده که اثرات ناشی از آلودگی هوا را به‌صورت نکروز و کلروز شدن نشان می‌دهند. در این پژوهش تأثیر آلودگی گرد و خاک بر برگ‌ها به‌صورت قهوه‌ای شدن (نکروزه شدن) و سوختگی برگ‌ها نمایان گردید. همچنین داشتن کرک و زبری سطح برگ عاملی است که باعث جذب و رسوب بیشتر گرد و خاک می‌شود. در این پژوهش برگ‌های گونه ماش دارای کرک و برگ‌های تاج‌خروس ریشه قرمز معمولاً زبر هستند در نتیجه این عوامل باعث تسهیل رسوب گرد و خاک بر سطح آنها شده است. در واقع وجود کرک در سطح گیاه ماش، در سطح برگ سبب جذب بیشتر گرد و خاک و افزایش آسیب ناشی از آن می‌گردد (Fateminejhad *et al.*, 2017). به‌دلیل اینکه برگ‌های اندام‌های اصلی فتوسنتز هستند، صفت مناسبی برای بررسی اثرات گرد و خاک می‌باشند. احتمالاً گرد و خاک باعث بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز ماش شده و این امر باعث کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و در

نهایت کاهش سطح برگ گردیده است. سلامه و همکاران (Salama *et al.*, 2011) در بررسی اثر آلودگی هوا بر گیاه *Datura innoxia* Mill. گزارش کردند آلودگی هوا باعث کاهش سطح برگ، وزن خشک و غلظت کلروفیل در این گیاه شد که کاهش سطح برگ مطابق با یافته‌های این تحقیق است.

در کشت مخلوط تاج‌خروس با ماش، به‌نظر می‌رسد به‌دلیل وجود رقابت بین گونه‌ای کمتر ودریافت بیشتر تشعشع فعال فتوسنتزی، تاج‌خروس توانسته از فضای موجود به نحو مناسب‌تری استفاده و در نتیجه، سطح برگ بالایی تولید کند؛ و از سطح سبز تولید شده در جهت تولید بیشتر ماده خشک استفاده گردد و در رقابت با ماش بهتر عمل نموده است. همچنین با توجه به ارتفاع کمتر ماش و تاج‌پوشش کوچک‌تر ماش در مقایسه با تاج‌خروس چنین به‌نظر می‌رسد که رشد بوته‌های تاج‌خروس عمدتاً تحت تأثیر رقابت درون گونه‌ای است، به‌طوری‌که کاهش رقابت درون گونه‌ای در الگوهای کشت مخلوط باعث بهبود شرایط برای رشد و در نتیجه افزایش سطح برگ تاج‌خروس شده است. در نتیجه رقابت درون گونه‌ای موجود در کشت خالص تاج‌خروس بر سر منابع موجود و سایه‌اندازی بوته‌ها روی همدیگر، سبب کاهش سطح برگ آن در تک‌کشتی شده است. افزایش سطح برگ ماش در کشت خالص می‌تواند به‌دلیل برخورداری ماش از فضای بیشتر رشد در مقایسه با کشت مخلوط با تاج‌خروس باشد. در واقع می‌توان نتیجه گرفت که رقابت شدید برای نور، سایه‌اندازی و احتمالاً رقابت از نظر جذب عناصر غذایی و آب بین دو جزء مخلوط باعث کاهش سطح برگ ماش شده است.

طول گل‌آذین تاج‌خروس ریشه قرمز تحت شرایط گرد و خاک در مقایسه با عدم گرد و خاک به‌میزان ۱۲/۰۳ درصد کاهش یافت (جدول ۶). کمتر شدن طول گل‌آذین می‌تواند به‌علت کاهش رشد رویشی گیاه باشد که در این شرایط عملکرد گیاه کاهش می‌یابد و اعمال ریزگردها نیز با کاهش رشد رویشی گیاه موجب شده است تا طول گل‌آذین گیاه کاهش یابد.

عملکرد ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات گرد و خاک بر تعداد غلاف در بوته ماش، تعداد دانه در بوته ماش، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ماش و عملکرد بیولوژیکی و عملکرد گل‌آذین تاج‌خروس معنی‌دار بود. تعداد دانه در بوته ماش، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ماش و عملکرد بیولوژیکی و عملکرد گل‌آذین تاج‌خروس تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفتند (جدول ۷). شاخص برداشت ماش تحت تأثیر الگوی کاشت و گرد و خاک قرار نگرفت (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز

Table 7- Analysis of variance (mean squares) of the effect of different planting patterns and dust on yield and yield components in mungbean and redroot pigweed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	ماش Mungbean					تاج‌خروس ریشه قرمز Redroot pigweed	
		تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد گل‌آذین Inflorescence yield
گرد و خاک Dust	1	0.5990**	150.581*	0.8395*	0.1522*	0.01054^{ns}	0.2742*	0.5582*
الگوی کاشت Planting pattern	3	0.0659^{ns}	72.528*	2.0606**	0.4423**	0.00183^{ns}	1.1129**	0.5995**
گرد و خاک× الگوی کاشت Dust× Planting pattern	3	0.0832^{ns}	26.850^{ns}	0.0693^{ns}	0.0092^{ns}	0.02270^{ns}	0.0990^{ns}	0.0663^{ns}
خطای آزمایشی Error	24	0.0606	19.728	0.1514	0.0330	0.15944	0.0476	0.1009
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	13.82	46.06	33.34	42.19	12.94	12.01	51.51

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

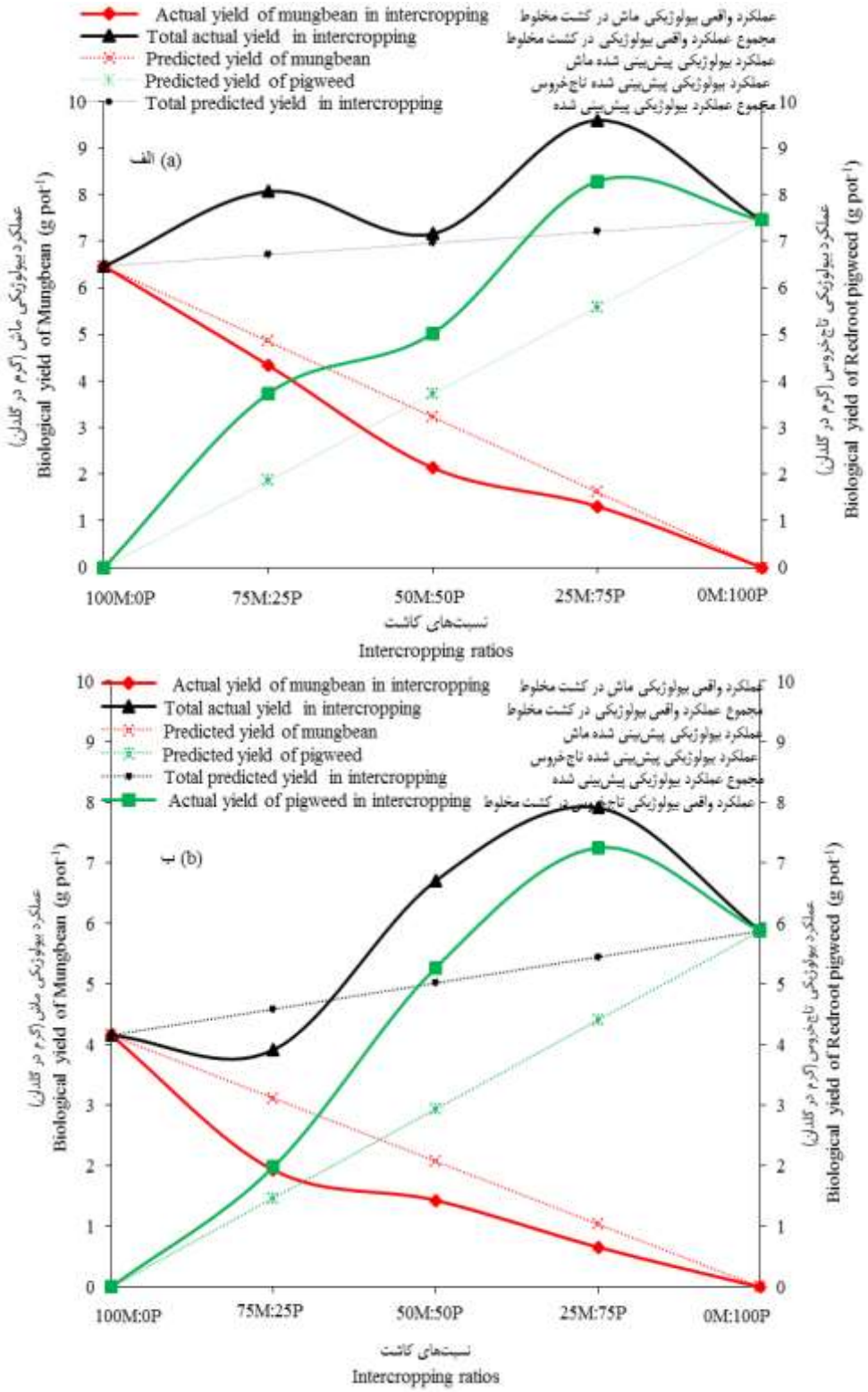
^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

به‌نظر می‌رسد تحت شرایط گرد و خاک و رقابت با تاج‌خروس عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ماش به یک نسبت کاهش یافته‌اند از آن‌جایی که شاخص برداشت حاصل تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی است در نتیجه شاخص برداشت ماش تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند.

گرد و خاک باعث کاهش تعداد غلاف در بوته ماش و تعداد دانه در بوته ماش به‌میزان ۲۹/۶۳ و ۳۶/۷۳ درصد در مقایسه با شرایط بدون گرد و خاک شد (جدول ۶). بیشترین تعداد دانه در بوته ماش (۱۳ دانه در بوته) در کشت خالص ماش مشاهده شد و با افزایش نسبت تاج‌خروس در الگوهای کاشت با ماش تعداد دانه در بوته ماش کاهش یافت. میزان کاهش تعداد دانه در بوته ماش در نسبت‌های کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس، ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس در مقایسه با کشت خالص به‌ترتیب ۳۳/۷۸، ۵۱/۶۹ و ۳۵/۸۹ درصد بود (جدول ۶).

از جمله موارد تأثیر ریزگردها بر محصولات زراعی، اختلال در گرده‌افشانی و دانه‌بندی گیاهان می‌باشد (Squires, 2016). بنابراین رسوب ریزگردها در مراحل حساس رشد مانند غلاف‌دهی با کاهش گرده‌افشانی، تعداد غلاف در بوته را کاهش داده و در ادامه آن عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه نیز کاهش می‌یابد. در این پژوهش تعداد غلاف در بوته ماش تحت تأثیر رقابت تاج‌خروس قرار نگرفت؛ که علت آن احتمالا افزایش تعداد غلاف‌های پوک در بوته است. در الگوهای کشت مخلوط و تحت شرایط رقابت با تاج‌خروس اگرچه غلاف تشکیل شده است ولی به‌دلیل رقابت شدید تاج‌خروس با ماش و اختلال در تأمین فرآورده‌های فتوسنتزی تعدادی از غلاف‌ها تولید دانه نداشتند که این نتیجه با کاهش تعداد دانه در غلاف قابل مشاهده است. بدیهی است که گیاه برای تشکیل دانه به کربوهیدارت‌های ساخته شده در فرآیند فتوسنتز نیاز دارد. هنگامی که گرد و خاک بر سطح برگ ماش نشست می‌کند به‌طور کلی سرعت فتوسنتز ماش را کاهش داده، و در نهایت تشکیل دانه با مشکل مواجه می‌شود. نتایج نشان داد که تأثیر منفی رقابت تاج‌خروس ریشه قرمز بر عملکرد دانه ماش از طریق اثر بر اجزای آن به‌ویژه تعداد دانه در غلاف بوده است. پاندیتا و همکاران (Pandita *et al.*, 2000) نیز در تحقیقی بر کشت مخلوط ذرت و ماش کاهش تعداد دانه در غلاف ماش در الگوهای مختلف کشت مخلوط گزارش کردند. آگیگنهو و همکاران (Agegnehu *et al.*, 2006) در کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba*) و جو (*Hordeum vulgare*) به نتایج مشابهی دست یافتند.

بیشترین عملکرد بیولوژیکی و دانه برای هر دو گونه ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز تحت شرایط عدم اعمال گرد و خاک مشاهده شد. گرد و خاک باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی ماش و تاج‌خروس به‌ترتیب به‌میزان ۴۲/۶ و ۱۶/۸ درصد در مقایسه با عدم گرد و خاک شد (شکل ۲ الف و ب). بیشترین عملکرد بیولوژیکی ماش از کشت خالص ماش به‌دست آمد و در حضور تراکم‌های مختلف تاج‌خروس عملکرد بیولوژیکی ماش کاهش یافت و عملکرد بیولوژیکی واقعی ماش کمتر از عملکرد بیولوژیکی پیش‌بینی شده بود. تحت هر دو شرایط گرد و خاک و بدون گرد و خاک تغییرات عملکرد بیولوژیکی ماش به‌صورت مقعر بود که این نشان از برتری رقابتی تاج‌خروس نسبت به ماش دارد. میزان کاهش عملکرد بیولوژیکی واقعی ماش در تراکم‌های ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس، ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک به‌ترتیب ۳۶/۵، ۳۱/۰ و ۳۸/۰ درصد و تحت شرایط بدون گرد و خاک به‌ترتیب ۱۰/۶، ۳۳/۹ و ۱۸/۹ درصد بود؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد احتمالاً تاج‌خروس ریشه قرمز ضمن رقابت شدید با ماش اثر بازدارندگی روی آن دارد. تحت هر دو شرایط گرد و خاک تغییرات منحنی عملکرد بیولوژیکی تاج‌خروس به‌صورت محدب بود. عملکرد بیولوژیکی واقعی تاج‌خروس در تراکم‌های ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس، ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک به‌ترتیب ۶۴/۴، ۷۹/۳ و ۳۴/۸ درصد و تحت شرایط بدون گرد و خاک به‌ترتیب ۱۰۰/۵، ۳۴/۹ و ۴۸/۲ درصد بیشتر از عملکرد بیولوژیکی پیش‌بینی شده بود. تحت شرایط بدون گرد و خاک در همه الگوهای کاشت مجموع عملکرد واقعی بیشتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود که نشان‌دهنده روابط زیان‌بری یک جانبه برای ماش است. همچنین تغییرات منحنی عملکرد نشان می‌دهد که در همه الگوهای کاشت منحنی‌ها همدیگر را در نسبت ۵۰ درصد تاج‌خروس+ ۵۰ درصد ماش قطع نکرده‌اند که نشان از وجود رقابت بین گونه‌ای است؛ اما در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس قطع می‌کنند که بیانگر قابلیت رقابت بالاتر علف‌هرز نسبت به گیاه زراعی است (شکل ۲ الف). تحت شرایط گرد و خاک مجموع عملکرد بیولوژیکی واقعی در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس کمتر از عملکرد پیش‌بینی شده و منحنی به‌صورت مقعر بود که نشان‌دهنده رقابت شدید و زیان‌بری دو جانبه بین دو گونه تاج‌خروس و ماش در این الگوی کاشت است. در الگوی کاشت ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس ریشه قرمز مجموع عملکرد بیولوژیکی واقعی بیشتر از عملکرد پیش‌بینی شده و منحنی به‌صورت محدب بود که نشان‌دهنده اثرات زیان‌بار یک جانبه برای ماش است (شکل ۲ ب).



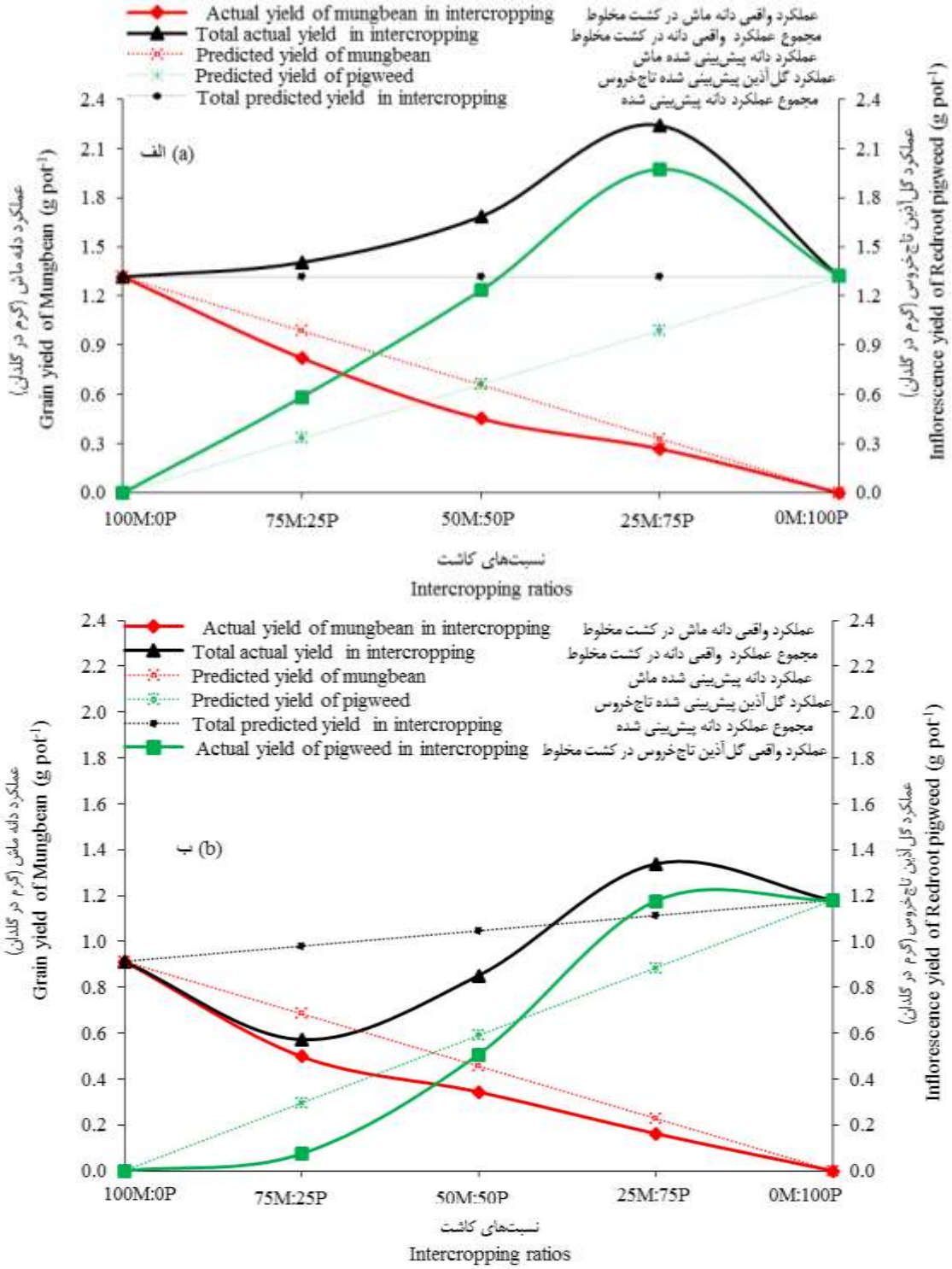
شکل ۲- عملکرد بیولوژیکی واقعی و پیش‌بینی شده ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز در الگوهای مختلف کاشت جایگزینی تحت شرایط بدون گرد و خاک (الف) و با گرد و خاک (ب)

Figure 2- Actual and predicted biological yield of mung bean and redroot pigweed in different replacement planting patterns under conditions of without dust (a) and with dust (b)

عملکرد دانه ماش و عملکرد گل‌آذین تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک ۳۲/۸ و ۴۲/۶ درصد کمتر از شرایط بدون گرد و خاک بود (شکل ۳ الف و ب). تحت شرایط گرد و خاک برای عملکرد گل‌آذین تاج‌خروس، در نسبت‌های کاشت ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس تغییرات منحنی عملکرد به‌صورت مقعر و عملکرد واقعی تاج‌خروس به‌ترتیب ۵۷/۱ و ۱۴/۱ درصد کمتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود؛ اما در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس ۳۲/۹ درصد بیشتر از عملکرد پیش‌بینی شده و منحنی به شکل محدب بود (شکل ۳ ب). تحت شرایط بدون گرد و خاک روند متفاوتی برای عملکرد گل‌آذین تاج‌خروس مشاهده شد. در همه نسبت‌های کاشت عملکرد گل‌آذین تاج‌خروس بیشتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود به‌نحوی‌که در نسبت‌های کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس، ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس عملکرد واقعی تاج‌خروس ۷۷/۰، ۸۷/۰ و ۹۹/۳ درصد بیشتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود (شکل ۳ الف). تحت هر دو شرایط با و بدون گرد و خاک عملکرد دانه ماش در مقایسه با عملکرد پیش‌بینی شده کمتر بود. عملکرد واقعی دانه ماش در نسبت‌های ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس، ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک به‌ترتیب ۲۹/۰، ۲۴/۷ و ۲۷/۲ درصد و تحت شرایط بدون گرد و خاک به‌ترتیب ۱۸/۸، ۳۱/۵ و ۱۶/۹ درصد کاهش یافت. تحت شرایط گرد و خاک در نسبت‌های کاشت ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس مجموع عملکرد دانه هر دو گونه کمتر از عملکرد پیش‌بینی شده و از رابطه بازدارندگی دو جانبه پیروی کرد؛ اما در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس از زیان‌بری یک جانبه پیروی کرده است. تحت شرایط بدون گرد و خاک مجموع عملکرد دانه هر دو گونه بیشتر از پیش‌بینی شده و زیان‌بری یک جانبه برای ماش بوده است. نقطه تقاطع دو محور ماش و تاج‌خروس در هیچ یک از سطوح در نسبت ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس حادث نشده است، لذا وجود رقابت بین گونه‌ای تأیید می‌شود (شکل ۳ الف و ب).

عملکرد ماش و تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک کاهش یافته است. گرد و خاک باعث کاهش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ تاج‌خروس شد. کاهش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی سبب ماده‌سازی کمتر در گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد بیولوژیکی می‌شود. رسوب گرد و خاک همچنین از طریق کاهش ارتفاع بوته، سطح برگ، کاهش غلاف و تعداد غلاف در بوته ماش عملکرد بیولوژیکی ماش را تحت تأثیر قرار داد. بعضی از مطالعات به‌طور متوسط درصد کاهش عملکرد در اثر گرد خاک محیط تا ۵ درصد برآورد کرده‌اند (Chauhan & Joshi, 2010). همچنین قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2020) گزارش کردند گرد و خاک به‌طور متوسط باعث کاهش عملکرد دانه و ماده خشک لوبیا به‌ترتیب به‌مقدار ۳۹/۷ و ۵۲/۸ درصد شد. عملکرد لوبیا در نسبت ۵۰ درصد لوبیا+ ۵۰ درصد سلمه‌تره در رقابت با سلمه‌تره تحت شرایط بدون گرد وخاک و با آن به‌ترتیب ۷/۸ و ۴/۷ گرم در بوته بود. کاهش زیست‌توده لوبیا به‌دلیل گرد و خاک در سلمه‌تره ۱۰/۶ درصد در مقایسه با شرایط بدون گرد وخاک بود. رشد و عملکرد لوبیا به‌نحو معنی‌داری تحت تأثیر رقابت علف هرز قرار گرفت و با افزایش تراکم علف‌هرز سلمه‌تره صفات لوبیا بیشتر تحت تأثیر علف هرز قرار گرفته و این اثرها با اعمال گرد و خاک نیز تشدید گردید. در واقع گرد و خاک به‌صورت رسوب بر سطح برگ هر دو گیاه نشست کرده و در نتیجه کاهش سطح برگ به‌عنوان واحد فتوسنتزکننده در سیستم فتوسنتزی و در نتیجه رنگیزه‌های فتوسنتزی اختلال ایجادکرد و در نهایت کاهش فتوسنتز و کاهش عملکرد را به‌دنبال دارند. شریفی کالیانی و همکاران (Sharifi Kaliani *et al.*, 2021) گزارش کردند که ریزگردها با کاهش کلروفیل و ارتفاع بوته باعث کاهش وزن خشک لوبیا شد که این خسارت‌ها ممکن است به‌دلیل کاهش فتوسنتز باشد. زیاخان و همکاران (Zia-Khan *et al.*, 2015) گزارش کردند که میانگین کاهش عملکرد پنبه تحت تأثیر رسوب ریزگردها ۲۸ درصد بوده است. گیاهان به مواد فتوسنتزی برای رشد رویشی و زایشی بهینه و تولید عملکرد نیازمند هستند. اعمال گرد و خاک روی گیاه ماش با تأثیر بر اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف باعث کاهش عملکرد دانه ماش گردید. رنجبر و همکاران (Ranjbar *et al.*, 2021) گزارش کردند رسوب ریزگردها در مرحله شروع گلدهی نخود عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۴/۵، ۱۶/۸، ۱۵/۴ و ۱۳/۵ و ۲۱/۷ درصد کاهش داد.

در این پژوهش انعکاس عملکرد بیولوژیکی ماش با افزایش تراکم تاج‌خروس در الگوهای کشت مخلوط حاکی از آن بود که با افزایش نسبت تاج‌خروس عملکرد بیولوژیکی ماش کاهش یافته است. این نتیجه می‌تواند بیانگر افزایش توانایی رقابت برون گونه‌ای بوته‌های تاج‌خروس با ماش بوده باشد که سبب ضعیف شدن بوته‌های ماش و در نهایت سبب افت عملکرد بیولوژیکی ماش می‌شوند. تاج‌خروس به‌دلیل رشد زیاد و استفاده حداکثر از فضای درون گلدان بر ماش در رقابت برای جذب عناصر غذایی و آب غالبیت پیدا کرده و همچنین با دارا بودن کانوپی بزرگ‌تر باعث کاهش دسترسی ماش به نور شده است.



شکل ۳- عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده دانه ماش و گل‌آذین تاج‌خروس ریشه قرمز در الگوهای مختلف کاشت جایگزینی تحت شرایط بدون گرد و خاک (الف) و با گرد و خاک (ب)

Figure 3- Actual and predicted grain yield of mung bean and inflorescence yield redroot pigweed in different replacement planting patterns under conditions of without dust (a) and with dust (b)

سایه‌اندازی گسترده آن طی فصل رشد از عوامل کاهش فتوسنتز ماش و کاهش عملکرد بیولوژیکی آن است. زانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2013) کاهش عملکرد گیاهان در کشت مخلوط را به‌دلیل رقابت برای جذب منابع مانند مواد غذایی، آب و نور و فضا

برای هر دو گونه در کشت مخلوط می‌دانند.

کاهش عملکرد دانه ماش با کاهش تراکم آن در الگوهای کاشت و رقابت با تاج‌خروس یک امر طبیعی و قابل انتظار است. پژوهشگران بسیاری کاهش عملکرد دانه را تحت شرایط رقابت با تاج‌خروس گزارش کرده‌اند (Saberali and Aguyoh and Masiunas, 2003 ; Mohammadi, 2015). کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ماش با افزایش تراکم تاج‌خروس را می‌توان به افزایش رقابت تاج‌خروس با ماش نسبت داد که باعث کاهش رشد، کاهش تعداد دانه در غلاف و وزن دانه گردید. در این تحقیق احتمالاً با توجه به اندازه کوچک گلدان‌ها، تأثیر رقابتی تاج‌خروس بر ماش شدید بوده و نتیجه آن تاثیر همه‌جانبه رقابت بر اکثر خصوصیت رویشی و زایشی ماش است. همچنین علف‌هرز تاج‌خروس با توجه به دارا بودن سیستم فتوسنتزی C4 دارای کارایی بالاتری در استفاده از منابع محیطی است و از توان رقابتی بالاتری در جذب و تبدیل منابع در مقایسه با ماش که یک گیاه C3 است، برخوردار است. علاوه بر این احتمالاً این علف‌هرز از طریق مصرف تجملی عناصر غذایی باعث کاهش شدید عملکرد دانه ماش شده است. مطالعات نشان داده است که اکثر علف‌های‌هرز بیش از میزان مورد نیازشان عناصر غذایی را جذب می‌کنند و در نتیجه این مصرف‌کننده‌های لوکس ممکن است بیشتر از گیاه زراعی از منابع محیطی بهره ببرند (Burgos *et al*., 2006).

با توجه به مقایسه عملکردهای پیش‌بینی شده و واقعی ماش و تاج‌خروس می‌توان نتیجه گرفت رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای برای ماش بیشتر بوده است و کاهش بیشتر عملکرد ماش در رقابت با تاج‌خروس نشان دهنده توانایی بیشتر این گونه در تسخیر منابع و کاهش سهم ماش در بهره‌گیری از منابع محدود و مشترک است. با توجه به اینکه علف‌هرز از ویژگی‌های جذب تجملی برخوردارند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز با جذب بیشتر عناصر باعث کاهش محدودیت منابع برای ماش و کاهش رشد آن شده‌اند.

عملکرد نسبی

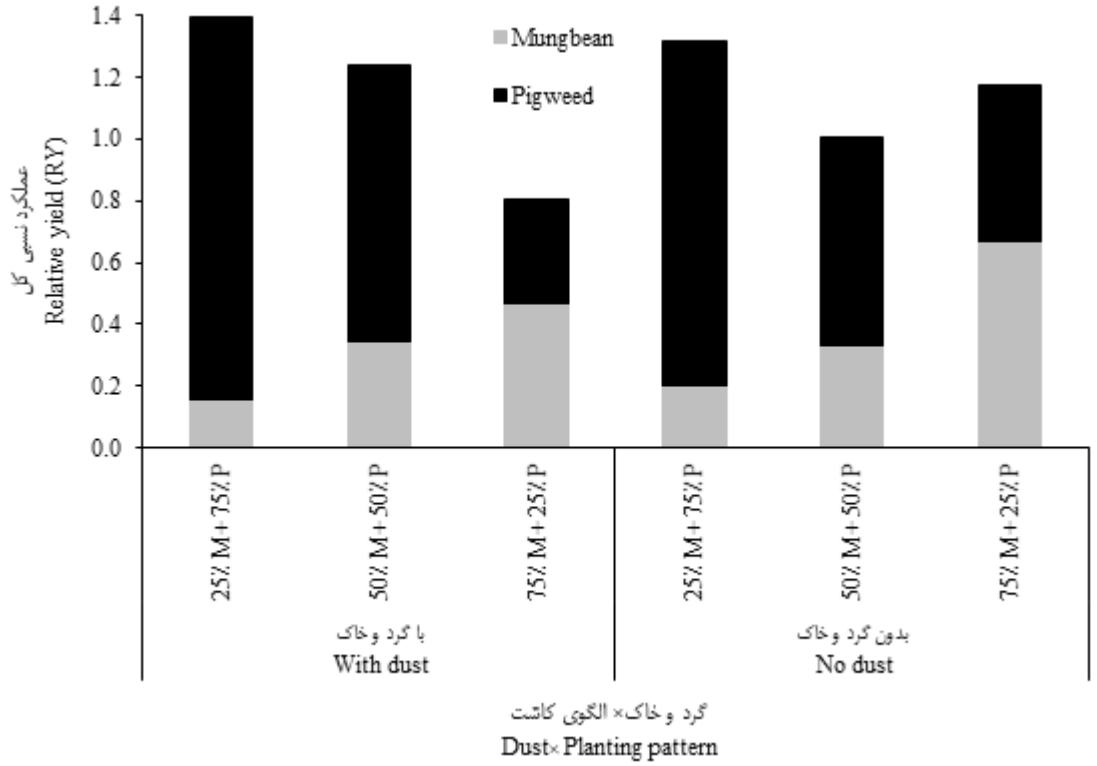
عملکرد نسبی کل در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس و ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس بیشتر از یک است که ناشی از افزایش عملکرد نسبی جزئی تاج‌خروس و کاهش رقابت درون گونه‌ای تاج‌خروس است. تحت شرایط گرد و خاک بیشترین عملکرد نسبی کل (۱/۳۹) در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس به‌دست آمد که عملکرد نسبی جزئی ماش و تاج‌خروس به‌ترتیب ۰/۱۵۹ و ۱/۲۳۳ بود. همچنین تحت شرایط بدون گرد و خاک نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد و این الگوی کاشت بیشترین مقدار (۱/۳۲) عملکرد نسبی کل را دارا بود. الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس تحت شرایط گرد و خاک کمترین عملکرد نسبی کل (۰/۸۰۲) را به خود اختصاص داد (شکل ۴).

عملکرد نسبی جزئی تاج‌خروس تقریباً در همه الگوهای کاشت، بالاتر از ماش بوده است که می‌توان چنین استنباط نمود که در الگوهای کشت مخلوط، تاج‌خروس گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با ماش اثر مثبت پذیرفته،دارای قدرت رقابتی بالاتری بودهو از منابع تغذیه بهتر بهره برده است. دلیل غالب بودن رشد تاج‌خروس را می‌توان اختلافات مورفولوژیکی دو گونه و در نتیجه ایجاد نیچ‌های مختلف، بالاتر بودن سطح برگ، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتر، قدرت تسخیر منابع بالا و سایه‌اندازی بالا بر ماش دانست. در الگوهای کشت مخلوط گیاهان C3 و C4 دارای آشیان‌های اکولوژیکی متفاوتی هستند، کارایی جذب آب و عناصر غذایی و عملکرد نسبی کل به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Cong *et al*., 2015). دلیل کاهش عملکرد نسبی ماش را می‌توان به بالاتر بودن رقابت برون گونه‌ای آن با تاج‌خروس نسبت به رقابت درون گونه‌ای در دو گیاه، مربوط دانست.

شاخص‌های رقابتی

گیاه ماش در همه الگوهای کاشت دارای کمترین ضریب نسبی تراکم و پایین‌تر از یک بود. محاسبه ضریب نسبی تراکم نشان داد تحت شرایط گرد و خاک بیشترین ضریب نسبی تراکم (۸/۶۸) برای تاج‌خروس در الگوی کاشت ۵۰ درصد ماش+۵۰ درصد تاج‌خروس و سپس در نسبت کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس (۱/۵۳) بود. تحت شرایط بدون گرد و خاک ضریب نسبی تراکم در نسبت‌های کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس و ۵۰ درصد ماش+۵۰ درصد تاج‌خروس به‌ترتیب ۳/۰۱ و ۲/۰۷ بود. در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس ضریب نسبی تراکم برای تاج‌خروس کمتر از یک حاصل گردید (جدول ۸).

شاخص ضریب تراکم نسبی میزان رقابت بین دو گونه را تعیین می‌کند و این شاخص بیانگر غالبیت یک گونه نسبت به سایر گونه‌های موجود در سیستم چند کشتی است (Lithourgidis *et al*., 2011). ضریب تراکم نسبی مساوی یک بیانگر قدرت رقابتی مشابه و یکسان برای هر دو گونه و مقدار کمتر یا بیشتر از یک نشان دهنده مغلوب یا غالب بودن یک گونه در مقایسه با گونه دیگر است (Lithourgidis *et al*., 2011). ضریب تراکم نسبی در الگوهای کشت جایگزینی ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس و ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس برای علف‌هرز تاج‌خروس بزرگ‌تر از یک بود؛ که نشان دهنده برتری رقابتی این علف‌هرز در مقایسه با ماش است و پایین بودن ضریب تراکم نسبی ماش بیانگر ضعیف بودن قدرت رقابتی ماش نسبت به تاج‌خروس است.



شکل ٤- عملکرد نسبی در الگوهای مختلف کاشت جایگزینی ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز تحت تأثیر گرد و خاک

Figure 4- The Relative yield of mungbean and redroot pigweed in different replacement planting patterns under dust conditions

تاج‌خروس با ارتفاع بلندتر، سطح برگ بیشتر و کانوپی بزرگ‌تر در بهره‌برداری از منابع محیطی بر گیاه ماش غلبه کرده و در نتیجه ضریب تراکم نسبی برای این علف‌هرز بیشتر از یک حاصل گردید. در بررسی وهلا و همکاران (Wahla *et al*., 2009) نیز ضریب نسبی تراکم برای گیاه جو در مقایسه با ماش و عدس (*Lens culinaris*) بیشتر بود. این محققان علت این امر بهره‌مندی بیشتر جو از منابع محیطی در مقایسه با ماش و عدس گزارش کردند.

شاخص غالبیت نشان داد که در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس که سهم ماش در نسبت کاشت زیاد بوده است ماش دارای شاخص غالبیت مثبت (۲/۰۱۴ و ۱/۴۱۰ شاخص غالبیت ماش به‌ترتیب بدون و با گرد و خاک) و شاخص غالبیت برای تاج‌خروس منفی شده است که در نتیجه تاج‌خروس مغلوب بوده است. در سایر الگوهای کاشت با افزایش تراکم تاج‌خروس قدرت رقابتی آن بر اساس شاخص غالبیت افزایش یافته است و در نتیجه علف‌هرز تاج‌خروس دارای شاخص غالبیت مثبت و به‌صورت غالب و ماش به‌صورت مغلوب نمایان‌گر شده است (جدول ۸).

یکی دیگر از مؤلفه‌هایی که در آزمایش‌های سری‌های جانشینی محاسبه می‌شود شاخص غالبیت است. اگر مقدار عددی این شاخص برای گیاه زراعی منفی باشد معرف غالب بودن علف‌هرز در رقابت بوده و اگر مقدار عددی این شاخص برای گیاه زراعی مثبت گردد نشان‌دهنده غالب بودن گیاه زراعی در رقابت است و همچنین اگر مقدار عددی آن صفر شود هیچ‌کدام از گونه‌ها در رقابت برتری ندارند (Yilmaz *et al*., 2008). در این پژوهش مشخص شد با افزایش تراکم تاج‌خروس در نسبت‌های کاشت، تاج‌خروس با داشتن شاخص غالبیت مثبت و بیشتر در رقابت با ماش موفق‌تر عمل کرده است و گونه غالب بوده است. به‌نظر می‌رسد به‌علت رقابت درون گونه‌ای تاج‌خروس در نسبت کاشت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس، نتوانسته با ماش مقابله نماید، ولی با کاهش نسبت ماش در الگوهای کاشت، رقابت درون گونه‌ای تاج‌خروس کاهش و رقابت بین‌گونه‌ای به نفع تاج‌خروس تغییر یافته و این علف‌هرز توانسته در مقایسه با ماش رشد بیشتری داشته باشد. تراکم بالا و سایه‌اندازی تاج‌خروس بر روی ماش و رقابت بین گونه‌ای از دلایل افت عملکرد ماش و مغلوب بودن آن در برابر تاج‌خروس است. شاخص غالبیت موفقیت نسبی دو گونه گیاهی در بهره‌برداری از منابع را مشخص می‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در مغلوب و غالب بودن گونه‌ها مورفولوژی و ساختار کانوپی اجزای تشکیل دهنده چند کشتی مؤثر هستند و

تاج‌خروس با رشد بیشتر و تشکیل سریع‌تر کانوپی، رقیب سرسختی برای ماش به‌حساب می‌آید. نتایج مشابهی توسط راحتلا و همکاران (Rahetlah *et al*., 2010) در ارزیابی کشت مخلوط ماش و یولاف (*Avena sativa* L.) مشاهده شد این محققان نشان دادند مقادیر شاخص غالبیت برای برای ماش منفی و برای یولاف مثبت بود که نشان‌دهنده غالب بودن یولاف می‌باشد. همچنین یلماز و همکاران (Yilmaz *et al*., 2008) غالبیت ذرت در الگوهای کشت مخلوط ذرت– لوبیا و ذرت –لوبیا چشم‌بلبلی در همه الگوهای کشت مخلوط را گزارش کردند.

محاسبه نسبت رقابت نشان داد در همه الگوهای کاشت تحت هر دو شرایط با و بدون گرد و خاک نسبت رقابت برای جزء علف‌هرز تاج‌خروس بیشتر از یک و برای ماش کمتر از یک که نشان‌دهنده قدرت رقابتی بیشتر آن در برابر ماش است (جدول ۸). زمانی که مقدار عددی نسبت رقابت از یک کمتر باشد بیانگر سودمندی مثبت آن گونه و اگر از یک بیشتر باشد بیانگر سودمندی منفی و غالبیت آن گونه است و کشت مخلوط گونه‌ها امکان‌پذیر نیست. اگر نسبت رقابت برابر یک باشد معرف تعادل رقابتی بین گونه‌هاست (Ding *et al*., 2006). در این بررسی بیشتر بودن نسبت رقابت تاج‌خروس در کشت مخلوط با ماش بیانگر این موضوع است که این گیاه می‌تواند با بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی رشد، محدودیت‌هایی در جذب مواد غذایی، آب و نور برای ماش ایجاد کرده و باعث کاهش رشد ماش شود. این برتری رقابت‌کنندگی تاج‌خروس نسبت به ماش، در هر دو شرایط با و بدون گرد و خاک نیز مشاهده می‌شود. این مسئله احتمالاً به‌علت ارتفاع بیشتر، سطح برگ بزرگ‌تر و کانوپی بزرگ‌تر تاج‌خروس در مقایسه با ماش است.

جدول ۸- شاخص‌های رقابتی در الگوهای مختلف کاشت جایگزینی ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز تحت تأثیر گرد و خاک

Table 8- The competitive indices of mung bean and redroot pigweed in different replacement planting patterns under effect of dust conditions

گرد و خاک Dust	الگوی کاشت Planting pattern	ضریب تراکم نسبی Relative Crowding Coefficient		شاخص غالبیت Aggresivity		نسبت رقابت Competitive Ratio		شاخص رقابت Competition Index
		ماش Mungbean	تاج‌خروس Pigweed	ماش Mungbean	تاج‌خروس Pigweed	ماش Mungbean	تاج‌خروس Pigweed	
بدون گرد و خاک Without dust	۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس 75% Mungbean+ 25% Pigweed	0.679	3.014	2.014	-2.014	0.446	2.242	7.91
	۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس 50% Mungbean+ 50% Pigweed	0.494	2.070	-0.687	0.687	0.490	2.039	10.50
	۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس 25% Mungbean+ 75% Pigweed	0.763	-3.314	-1.212	1.212	0.547	1.828	-4.29
با گرد و خاک With dust	۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس 75% Mungbean+ 25% Pigweed	0.290	1.525	1.410	-1.410	0.460	2.175	8.66
	۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس 50% Mungbean+ 50% Pigweed	0.526	8.678	-1.104	1.104	0.385	2.601	1.65
	۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس 25% Mungbean+ 75% Pigweed	0.566	-1.762	-4.722	4.722	0.386	2.590	-4.79

شاخص رقابت نشان داد بر اساس این شاخص، الگوهای کاشت ۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد تاج‌خروس و ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس تحت هر دو شرایط با و بدون گرد و خاک شاخص رقابت بیشتر از یک بود ودر نسبت کاشت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس شاخص رقابت کمتر از یک بود (جدول ۸). در این پژوهش شاخص رقابت فقط در نسبت ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد تاج‌خروس کمتر از یک بود که نشان‌دهنده رقابت ضعیف تاج‌خروس با ماش در این الگوی کاشت و عملکرد ماش تحت رقابت با علف‌هرز تاج‌خروس کمتر کاهش یافته است. بنابراین با محاسبه شاخص‌های رقابتی در سیستم چند کشتی گیاهان زراعی و علف‌های‌هرز می‌توان جهت بررسی و اطلاع از قدرت رقابتی (رقابت درون و برون گونه‌ای) بین گیاه زراعی و علف‌هرز به‌منظور مدیریت و افزایش توان رقابتی گیاه زراعی، تعیین میزان خسارت و زمان مناسب مبارزه با علف‌های‌هرز بهره برد.

نتیجه‌گیری

با افزایش گرمایش جهانی و خشکسالی‌های اخیر طوفان ریزگردها یکی از پدیده‌هایی است که با به‌طور فزاینده‌ای روی می‌دهد. جهت مدیریت خسارت‌های ناشی از این پدیده بر تولید گیاهان زراعی، با شناخت مکانیسم‌های فیزیولوژیک گیاهان در برابر این پدیده، می‌توان برای کاهش آسیب‌های آن راهکاری اندیشید. بر اساس نتایج این پژوهش، رسوب ۶۰ گرم گرد و خاک بر مترمکعب روی اندام‌های هوایی ماش و تاج‌خروس ریشه قرمز باعث کاهش در صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی هر دو گیاه شد. با ارزیابی روند تغییرات عملکرد بر اساس آزمایش سری‌های جایگزینی مشخص گردید رقابت تاج‌خروس ریشه قرمز باعث کاهش عملکرد واقعی ماش به کمتر از حد مورد انتظار می‌شود که عملکرد تاج‌خروس بیشتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود؛ که نشان‌دهنده رقابت برون گونه‌ای در ماش و رقابت درون گونه‌ای در تاج‌خروس بوده است و نوع زیان‌بری یک‌جانبه برای ماش می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که ماش به رقابت بین گونه‌ای حساس است و تاج‌خروس بیشتر به‌وسیله رقابت درون گونه‌ای رشد آن‌ها محدود می‌شود. ضریب نسبی تراکم کل در همه الگوهای کاشت برای تاج‌خروس بیش از یک بود که نشان‌دهنده غالب بودن تاج‌خروس است. همچنین شاخص غالبیت نشان از مغلوب بودن ماش در بیشتر نسبت‌های کاشت داشت و توانایی کمتر آن در رقابت را نشان می‌دهد و تاج‌خروس می‌تواند بر آن چیره شود؛ هر چند در نسبت ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد تاج‌خروس هنگامی که تراکم تاج‌خروس کمتر شود این گیاه قدرت تهاجمی بالایی نخواهد داشت. کاهش عملکرد ماش در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس و تحت شرایط گرد و خاک بیانگر ضرورت بالای کنترل تاج‌خروس در ماش است. نتایج این پژوهش می‌تواند جهت پیش‌بینی اثرهای زیان‌بار پدیده گرد و خاک بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط رقابت با علف‌های‌هرز مؤثر باشد. اجرای این پژوهش در شرایط تداخل با سایر علف‌های‌هرز می‌تواند در افزایش درک هر چه بهتر تأثیرپذیری شاخص‌های رشد از رقابت و توجیه تغییرات عملکرد در شرایط رقابت بسیار مؤثر باشد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه ایلام که منابع مالی این تحقیق را تأمین نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Abbasnasab, Z., Abedi, M., & Sadati, S.A. (2019). Effects of dust on some morphological and physiological parameters in *Bromus tomentellus* and *Medicago sativa*. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *26*(1), 214-225. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.119338
2. Abu-Romman, S., & Alzubi, J. (2015). Effects of cement dust on the physiological activities of Arabidopsis thaliana. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *10*(4), 157-164. https://doi.org/10.3844/ajabssp.2015.157.164
3. Addo, M.A., Darko, E.O., Gordon, C., & Nyarko, B.J.B. (2013). Contamination of soils and loss of productivity of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) caused by cement dust pollution. *International Journal of Research in Chemistry and Environment (IJRCE)*, *3*(1), 272-282. https://doi.org/197.255.68.203/handle/123456789/6265
4. Agegnehu, G., Ghizaw, A., & Sinebo, W. (2006). Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, *25*(3), 202-207. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002
5. Aguyoh, J.N., & Masiunas, J.B. (2003). Interference dust of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) with snap beans. *Weed Science*, *51*(2), 202-207. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0171:IOLCDS]2.0.CO;2
6. Akbari, S. (2011). Dust storms, sources in the Middle East and economic model for survey its impacts. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *5*(12), 227-233.
7. Alavi, M., & Karimi, N. (2015). Effect of the simulated dust storm stress on the chlorophyll a fluorescence,

Chlorophyll content, Flavonoids and phenol compounds in medicinal plant *Thymus vulgaris* L. *Journal of Plant Process and Function*, *4*(13), 17-23. (In Persian with English abstract). http://jispp.iut.ac.ir/article-1-185-fa.html
8. Arnon, I. (1975). Physiological principles of dry land crop production. *Physiological Aspects of Dryland Farming. US Gupta, ed*.
9. Asadi-Sabzi, M., Keshtkar, K., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2019). 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. *Iranian Journal of Weed Science*, *15*(1), 29-39. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJWS.2019.1501.03
10. Burgos, N.R., Norman, R.J., Gealy, D.R., & Black, H. (2006). Competitive N uptake between rice and weedy rice. *Field Crops Research*, *99*(2), 96-105. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.009
11. Chaturvedi, R.K., Prasad, S., Rana, S., Obaidullah, S.M., Pandey, V., & Singh, H. (2013). Effect of dust load on the leaf attributes of the tree species growing along the roadside. *Environmental Monitoring and Assessment*, *185*(1), 383-391. https://doi.org/10.1007/s10661-012-2560-x
12. Chauhan, A., & Joshi, P.C. (2010). Effect of ambient air pollutants on wheat and mustard crops growing in the vicinity of urban and industrial areas. *New York Science Journal*, *3*(2), 52-60.
13. Cong, W.F., Hoffland, E., Li, L., Six, J., Sun, J.H., Bao, X.G., & Van Der Werf, W. (2015). Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. *Global Change Biology*, *21*(4), 1715-1726. https://doi.org/10.1111/gcb.12738
14. Dalish, H., & Poulton, P. (2011). Sustainable intensification of radi cropping in south of Bangladesh using wheat and mungbean. *Applied Agronomy*, *18*, 202-211.
15. Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., & Dordas, C.A. (2007). Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, *100*(2-3), 249-256. 10.1016/j.fcr.2006.07.008
16. Ding, G., Liu, X., Herbert, S., Novak, J., Amarasiriwardena, D., & Xing, B. (2006). Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*, *130*(3-4), 229-239. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.01.019
17. Fateminejhad, P., Lary-Yazdy, H., & Rafiee, M. (2017). Effect of aerosols and drought stresses on some physiological traits of Mungbean (*Vigna radiata* L.). *Applied Research in Field*, *30*(2), 19-30. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/aj.2018.109025.1109
18. Ghasemi, E., Taab, A., & Radicetti, E. (2020). Study the effect of soil dust on the competitiveness between bean (*Phaseolus vulgaris* cv. Kosha) and *Chenolodium album* L. and *Echinochloa cruss-galli* (L.) P.Beauv. *Environmental Sciences*, *18*(2), 219-236. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.29252/envs.18.2.219
19. Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., & Damalas, C.A. (2011). Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, *34*(4), 287-294.
20. Liu, T., Song, F., Liu, S., & Zhu, X. (2011). Canopy structure, light interception, and photosynthetic characteristics under different narrow-wide planting patterns in maize at silking stage. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *9*(4), 1249-1261. https://doi.org/10.5424/sjar/20110904-050-11
21. Moradi, A., Taheri Abkenar, K., Afshar Mohammadian, M., & Shabanian, N. (2017). Effects of dust on forest tree health in Zagros oak forests. *Environmental Monitoring and Assessment*, *189*, 1-11. https://doi.org/10.1007/s10661-018-6917-7
22. Pandita, A.K., Shah, M.H., & Bali, A.S. (2000). Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. *Indian Journal of Agronomy*, *45*(1), 48-53.
23. Rahetlah, V.B., Randrianaivoarivony, J.M., Razafimpamoa, L.H., & Ramalanjaona, V.L. (2010). Effects of seeding rates on forage yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) vetch (*Vicia sativa* L.) mixtures under irrigated conditions of Madagascar. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, *10*(10), 4257-4267. https://doi.org/10.4314/ajfand.v10i10.62905
24. Ranjbar, S., Ghobadi, M.A., & Ghobadi, M. (2021). Influence of dust deposition and light intensity on yield and some agro-physiologic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, *12*(2), 69-84. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v12i2.86464
25. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., & Holaday, A.S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, *30*(1), 105-111.
26. Ronald, A.E. (2000). (*Amaranthus retroflexus*)/pigweed. U. S. Department of Agriculture, New York.
27. Saberali, S.F., & Mohammadi, K. (2015). Organic amendments application down weight the negative effects of weed competition on the soybean yield. *Ecological Engineering*, *82*, 451-458. https://doi.org/0.1016/j.ecoleng.2015.05.038
28. Salama, H.M., Al-Rumaih, M.M., & Al-Dosary, M.A. (2011). Effects of Riyadh cement industry pollutions on some physiological and morphological factors of *Datura innoxia* Mill. plant. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *18*(3), 227-237. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2011.05.001
29. Seyyednejad, S.M., & Koochak, H. (2011). A study on air pollution-induced biochemical alterations in *Eucalyptus camaldulensis*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *5*(3), 601-606.

30. Sharifi Kaliani, F., Babaei, S., & Zafar Sohrabpour, Y. (2021). Study of the effects of dusts on the morphological and physiological traits of some crops. *Journal of Plant Production*, *28*(3), 205-220. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/jopp.2021.18782.2768
31. Sharma, S.B., & Baidyanath, K. (2015). Effects of stone crusher dust pollution on growth performance and yield status of gram (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *4*(3), 971-979.
32. Singh, S.N., & Verma, A. (2007). Phytoremediation of air pollutants: a review. *Environmental Bioremediation Technologies*, 293-314. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34793-4_13
33. Soltani-Gerdefaramarzi, S., Ghasemi, M., & Ghaneie-Bafghi, M.J. (2021). Spatial and temporal variability in the dust deposition rate of Yazd city and its relationship with some climatic parameters. *Journal of Natural Environment, 73*(4), 701-714. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jne.2021.303249.1993
34. Somta, P., Prathet, P., Kongjaimun, A., & Srinives, P. (2014). Dissecting quantitative trait loci for agronomic traits responding to iron deficeincy in Mungbean [*Vigna Radiata* (L.) Wilczek]. *Journal of Agricultural Science*, *36*(2), 101-111. https://doi.org/10.17503/agrivita.v36i2.391
35. Squires, V.R. (2016). Dust Particles and Aerosols: Impact on Biota "A Review" (Part I). *Journal of Rangeland Science*, *6*(1), 82-91. https://doi.org/10.1007/s40808-017-0302-3
36. Takashi, H. (1995). Studies on the effects of dust on photosynthesis of plant leaves [in Japanese], laboratory, of environmental control in biology, college of agriculture. *Environmental Pollution*, *89*(3), 255-261.
37. Ulrichs, C., Welke, B., Mucha-Pelzer, T., Goswami, A., & Mewis, I. (2008). Effect of solid particulate matter deposits on vegetation: a review. *Functional Plant Science and Biotechnology*, *2*(1), 56-62.
38. Wahla, I.H., Ahmad, R.I.A.Z., Ehsanullah, A.A., & Jabbar, A.B.D.U.L. (2009). Competitive functions of components crops in some barley based intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Biology*, *11*(5), 69-72.
39. Wang, X., Oenema, O., Hoogmoed, W., Perdok, U., & Cai, D. (2006). Dust storm erosion and its impact on soil carbon and nitrogen losses in northern China. *Catena*, *66*, 221-227.
40. Willey, R. (1979). Intercropping-its importance and its research needs. Part I. Competition and yield advantages. *In Field Crop Abstracts*, *32*, 1-10.
41. Yang, B.; Bruning, A.; Zhang, Z.; Dong, Z., & Espe, J. (2007). Dust storm frequency and its relation to climate changes in northern China during the past 1000 years. *Atmospheric Environment*, *41*, 9288-9299.
42. Yang, F., Fan, Y., Wu, X., Cheng, Y., Liu, Q., Feng, L., & Yang, W. (2018). Auxin-to-gibberellin ratio as a signal for light intensity and quality in regulating soybean growth and matter partitioning. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 56-68. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00056
43. Yilmaz, S., Atak, M., & Erayman, M. (2008) .Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean region. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, *32*, 111-119.
44. Zhang, X.N.A.U., Huang, G.N.A.U., Bian, X.N.A.U., & Zhao, Q.C.A.O. (2013). Effects of root interaction and nitrogen fertilization on the chlorophyll content, root activity, photosynthetic characteristics of intercropped soybean and microbial quantity in the rhizosphere. *Plant, Soil and Environment*, *59*(2), 80-88. https://doi.org/10.17221/613/2012-PSE
45. Zia-Khan, S., Spreer, W., Pengnian, Y., Zhao, X., Othmanli, H., He, X., & Muller, J. (2015). Effect of dust deposition on stomatal conductance and leaf temperature of cotton in northwest China. *Water*, *7*(1), 116-131. https://doi.org/10.3390/w7010116