University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 1, pp. 213-228 (Spring 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2022.4527.2033

Original article

The effect of fine dust stress on some functional and physiological characteristics of *Salsola imbricata* and *Salicornia ibricata* at different planting dates

S. Alipour[1], E. Soltani[2*], I. Alahdadi[3], M. Ghorbani Javid[4], Gh.A. Akbari[2]

1. *PhD Student in Agrothecnology-Plant Physiology, University of Tehran (College of Aburaihan), Tehran, Iran*
2. *Associate Professor, Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran*
3. *Professor, Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran*
4. *Assistant Professor, Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran*

Received 23 July 2021; Accepted 29 September 2021

Extended abstract

Introduction

Soil erosion causes storms and the release of fine dust. This has a significant impact on climate change and creates global problems. The first effect of dust on agriculture is in the field of reduced production, reduced diversity and reduced vegetation density because fine dust is a factor that causes negative effects on plant physiology. geomorphological features, soil type and vegetation are the most influential factors in desertification and dust production. Strengthening natural ecological cycles and rehabilitating forests and plantation pastures is the best basic solution to control wind erosion. The main widely used plant species in arid and saline areas are halophyte rangeland species. Among these, two plant species of Salsola imbricata and Salicornia iranica grow well in the desert pastures of Iran. These two species of halophyte due to their unique characteristics, such as drought resistance, salinity, deep root system, high efficiency in water use, etc. as an important forage plant in soils It is considered dry and is important for planting in saline lands where other crops are not producing well or in areas where irrigation with saline water is possible. But on the other hand, determining the most appropriate planting date means determining the time when vegetative and reproductive growth of the plant is most in harmony with climatic factors and the plant is less exposed to adverse environmental conditions. , Plant development and production during the growing season and is one of the most important management factors in the production of all crops in order to reduce the negative effects of environmental stresses. Therefore, the main purpose of this study was to investigate the effect of planting date on biostability of these two plant species against stress. It was fine.

Materials and methods

This experiment was performed as a split in a randomized complete block design with three replications in the crop year 2020 in Pakdasht city. Factors tested include: three planting dates:, 20 March, 3 April and 19 April as the main plots, dust factor at three levels: (control (without dust), dust spread on the plant for 5 days and 10 days) to The sub-plots and species factor (Salicornia iranica, Salsola imbricata) were considered as sub-plots. In order to spray dust on the space plants, a cubic of transparent plastic

[*] Corresponding author: Elias Soltani; E-Mail: elias.soltani@ut.ac.ir

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

was made to the dimensions of each plot and was placed on each plot during the application of stress. The time of application of fine dust stress was on the second of July, 1399. The traits of the studied plant species were measured at the flowering stage. For calculation, chlorophyll content (Arnon.1949), membrane lipid peroxidation assay (Yidirim and et al. 2009), measurement of relative leaf water content (Ritchie et al. 1990), protein content assay (Bremner. 1996), carbohydrate assay Soluble (Hasid and Neufield. 1964) 2 plants were selected from each plot and traits were measured. To measure forage yield, 5 plants from each subplot were calculated and weighed.

Results and discussion

Among the agronomic factors, planting time is one of the most important factors determining plant yield. Planting date for each species in a specific area should be considered according to the ambient temperature and soil at the time of planting and also based on the non-interference of flowering plant to high temperature. Both species are more suitable, so to achieve the desired forage yield, it is necessary to plant both plants when the average temperature is 25-25 ° C and to avoid planting delays. On the other hand, the storage capacity of more dust in the plant is one of the determining factors in selecting species compatible with fine dust and reducing air pollution. Salsola also showed more dust holding capacity than Salicornia due to waxy leaf cover, slightly wrinkled margins. Therefore, according to the obtained results, Salsola plant can be a better choice for cultivation in the center of fine dust and control of fine dust.

***Keywords*:** Dust, Halophyte, Plant cover, Soil erosion

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۲

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2022.4527.2033

مقاله پژوهشی

تأثیر تنش ریزگرد بر برخی خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیکی دو گونه سالسولا (*Salsola imbricata*) و سالیکورنیا (*Salicornia iranica*) در تاریخ‌های مختلف کاشت

سعیده عالی‌پور[۱]، الیاس سلطانی[۲*]، ایرج الهدادی[۳]، مجید قربانی جاوید[۴]، غلام عباس اکبری[۴]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، فیزیولوژی گیاهی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
۲. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۳. استاد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۴. استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
پوشش گیاهی
فرسایش خاک
گردوغبار
هالوفیت

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۵/۰۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۷/۰۷

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۲

۲۲۸-۲۱۳ :(۱)۱۶

چکیده

تقویت چرخه‌های طبیعی زیست‌بوم و احیاء جنگل‌ها و مراتع دست کاشت بهترین راه‌حل اساسی کنترل فرسایش بادی است. هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر تنش ریزگرد بر خصوصیات رشدی دو گونه سالسولا (*Salsola imbricata*) و سالیکورنیا (*Salicornia iranica*) در تاریخ‌های مختلف کاشت بود. فاکتورهای مورد آزمایش شامل، سه تاریخ کاشت یک فروردین، ۱۵ فروردین،۳۱ فروردین به‌عنوان کرت‌های اصلی، تنش ریزگرد در سه سطح (شاهد (بدون اعمال ریزگرد)، پخش ریزگرد روی گیاه به مدت ۵ روز و ۱۰ روز) به‌عنوان کرت‌های فرعی و گونه گیاهی به‌عنوان کرت فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. در گیاه سالیکورنیا بیشترین مقدار کلروفیل a و b (به ترتیب ۵۷ و ۴۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، عملکرد تر و خشک علوفه (به ترتیب ۲۲۸ و ۴۶ گرم)، درصد پروتئین (۱۵ درصد) مربوط به تاریخ کاشت دوم در تیمار شاهد، بیشترین درصد رطوبت نسبی برگ (۸۰ درصد) و پایداری غشا (۶۲ درصد) در تاریخ کاشت اول در تیمار شاهد، بیشترین میزان کربوهیدرات محلول (۱۷/۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تاریخ کاشت دوم در تیمار ده روز اعمال تنش ریزگرد مشاهده شد. در گیاه سالسولا نیز بیشترین مقدار کربوهیدرات (۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تاریخ کاشت سوم در تیمار ۵ روز اعمال ریزگرد، بیشترین درصد پروتئین (۱۸ درصد) در تاریخ کاشت سوم در تیمار شاهد و بیشترین کلروفیل a و b (به ترتیب ۵۸ و ۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، درصد رطوبت نسبی برگ (۶۲ درصد) و پایداری غشای سلولی (۷۵ درصد) مربوط به تاریخ کاشت اول در تیمار شاهد و بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک (به ترتیب ۱۰۷۳ و ۲۱۶ گرم) مربوط به تاریخ کاشت دوم در تیمار شاهد بود؛ بنابراین، باتوجه‌به نتایج به دست آمد گیاه سالسولا و سالیکورنیا می‌توانند انتخاب مناسبی برای کشت در کانون ریزگرد و کنترل ریزگردها باشند.

مقدمه

ازبین‌رفتن خاک و بیابان‌زایی یکی از موضوعات کلیدی زیست‌محیطی این قرن است که همراه با تغییرات آب‌وهوایی، خطرات جدی برای پایداری اکوسیستم و امنیت غذایی بسیاری از مناطق جهان ایجاد می‌کند (Cherlet et al., 2018). در ایران حدود ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی درخطر بیابان‌زایی قرار دارند که از این مقدار ۷۵ میلیون هکتار در معرض فرسایش آبی، ۲۰ میلیون هکتار در معرض فرسایش بادی و ۵ میلیون هکتار در معرض سایر عوامل تخریب سرزمین مانند شوری و آلودگی هستند (Jafarishalkoohy et al., 2015). فرسایش خاک سبب تولید طوفان و انتشار ریزگرد می‌شود که این امر تأثیر بسزایی در تغییرات آب‌وهوای و ایجاد مشکل در محدوده جهانی دارد (Zhiyuan et al., 2019).

* نگارنده پاسخگو: الیاس سلطانی. پست الکترونیک: elias.soltani@ut.ac.ir

اولین تأثیر گردوغبار بر کشاورزی در حوزه کاهش تولید، تنوع و تراکم پوشش گیاهی است؛ چراکه ریزگردها عاملی هستند که باعث ایجاد اثرات منفی بر فیزیولوژی گیاه می‌شود (Le et al., 2016) ذرات گردوغبار نه‌تنها می‌توانند به طور مستقیم بر تابش خورشید تأثیر بگذارند بلکه روی پوشش گیاهی مرتع و منابع طبیعی رسوب کرده و گیاهی که مقاومت بالایی نداشته باشند از بین خواهند رفت (Cheng et al., 2018). تجمع گردوغبار بر سطح برگ شرایطی شبیه تنش آبی در گیاه ایجاد می‌کند که ازجمله آن‌ها می‌توان به کاهش فعالیت فتوسنتزی، تعرق، افزایش درجه حرارت برگ، مسدودکردن روزنه‌ها، ریزش برگ‌ها و مرگ بافت‌های گیاهی و تغییر رنگ‌دانه برگ‌ها (Wijayratne et al., 2009; Kuki et al., 2008) تغییر در محتوای نسبی آب برگ (Lin, 2019) و محتوای کلروفیل برگ (Chaturvedi et al., 2013) و همچنین کاهش دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی (Uzma et al., 2013) اشاره کرد. کوکی و همکاران (Kuki et al., 2008) بیان کردند که پوشش یک میلی‌متری غبار روی سطح برگ فرایند فتوسنتز را تا ۹۰ درصد کاهش می‌دهد و دمای برگ را ۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌دهد. این تأثیر به‌واسطه اثر تنش ریزگرد و کاهش ظرفیت کوئینون A است، چراکه انتقال الکترون به فتوسیستم I کاهش می‌یابد و باعث اتلاف انرژی نورانی جذب‌شده به شکل فلورسانس می‌گردد و درواقع در جریان برانگیختگی کلروفیل، NPQ بر qP غلبه دارد و لذا عملکرد کوانتومی فتوسنتز، کاهش و دمای برگ به سبب بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای، افزایش می‌یابد و تلفات انرژی به شکل نور و گرما، افزایش پیدا می‌کند (Tan, 2014).

ویژگی‌های ژئومورفولوژی، نوع خاک و پوشش گیاهی از تأثیرگذارترین عوامل در بیابان‌زایی و تولید ریزگرد است (Calvo de Anta, 2020). به‌طوری‌که تحقیقات گویای این مطلب است که بالاترین درصد وقوع طوفان گردوغبار، در مناطق بسیار خشک با زمین بدون پوشش (۶۰-۸۰ روز در سال)، پس‌ازآن مناطق با پوشش گیاهان بوته‌ای (۲۰-۳۰ روز در سال) و سپس چمن‌زارها (۲-۴ روز در سال) است (Antoine and Nobileau, 2008). ازبین‌رفتن پوشش گیاهی رطوبت را از سطح خاک خارج کرده و باعث خشک شدن و فرسایش خاک می‌شود؛ کاهش رطوبت، نبود پوشش گیاهی و تخریب خاک سبب افزایش درجه حرارت منطقه مذکور نسبت به مناطق مجاور خواهد شد و شرایط لازم برای شدت یافتن باد را ایجاد کرده و این امر سبب تشکیل پدیده ریزگرد خواهد شد (Du et al., 2007)؛ بنابراین، تقویت چرخه‌های طبیعی زیست‌بوم و احیاء جنگل‌ها و مراتع دست کاشت بهترین راه‌حل اساسی کنترل فرسایش بادی است که علت اصلی آن تغییر جریان هوا در اطراف گیاه است (Cheng et al., 2008). عمده‌ترین گونه‌های گیاهی پرکاربرد در مناطق خشک و شور گونه‌های مرتعی هالوفیت هستند. از بین آن‌ها دو گونه گیاهی سالسولا (*Salsola imbricata*) و سالیکورنیا (*Salicornia iranica*) به طور گسترده در مراتع بیابانی ایران رشد خوبی دارند.

سالیکورنیا از خانواده اسفناجیان (Chenopodiacea) و طایفه Salicornioideae گیاهی شورزی، آبدار و یک‌ساله است. رویشگاه طبیعی این گیاه نمکزارها، سواحل دریا، باتلاق‌ها و مرداب‌های شور اروپا، جنوب آسیا، شمال آمریکا و جنوب آفریقا است (Singh et al., 2014). بذرهای سالیکورنیا دارای ۳۰ درصد روغن و ۳۵ درصد پروتئین و کمتر از ۳ درصد نمک می‌باشند. روغن سالیکورنیا دارای ۷۵ درصد لینولئیک و لینولنیک است. اسیدهای آمینه کل برگ، ساقه و ریشه سالیکورنیا به ترتیب ۱/۱،۵۲/۲۷ و ۱/۵۶ گرم در صد گرم و اسیدآمینه‌های غالب اسید گلوتامیک و اسید آسپارتیک، لوسین و ایزولوسین است. عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم از مواد معدنی غالب در برگ، ریشه و ساقه این گیاه بوده و ساقه و ریشه نیز دارای پروتئین و چربی است (Min et al., 2002). این گیاه قادر است با استقرار سریع خود در خاک‌های شور، علاوه بر ایجاد یک پوشش محافظتی کوتاه عمر به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای معرفی شود. سالسولا از خانواده اسفناجیان (Chenopodiaceae) یکی از مهم‌ترین گیاهان در مناطق بیابانی است. گیاهان این جنس علاوه بر خشبی بودن، جز گیاهان علوفه‌ای بوده و قدرت تولید بذر توان تولید علوفه بالایی دارند (Hanif et al., 2018). این جنس با داشتن ۱۰۰ گونه بزرگ‌ترین جنس در زیرخانواده Salsoloideae است که به‌صورت C_3 و C_4 وجود دارد (Toderich et al., 2012). این دو گونه هالوفیت به دلیل ویژگی‌هایی منحصربه‌فرد خود، مانند مقاومت به خشکی، شوری، سیستم ریشه‌ای عمیق، کارایی بالا در استفاده آب به‌عنوان یک گیاه مهم علوفه‌ای در زمین‌های خشک محسوب شده و برای کاشت در زمین‌های شور جایی که محصولات دیگر تولید خوبی ندارند و یا در نواحی که آبیاری با آب‌شور امکان دارد حائز اهمیت است؛ اما از طرفی تعیین مناسب‌ترین

تاریخ کاشت یعنی زمانی که رشد رویشی و زایشی گیاه بیشترین هماهنگی را با عوامل اقلیمی داشته و گیاه کمتر با شرایط نامساعد محیطی روبه‌رو شود، یکی از مهم‌ترین عوامل مدیریتی مؤثر در کشت موفق گیاه و پایداری زیستی در برابر تنش‌های محیطی است (Pourghasemian et al., 2018). هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر میزان مقاومت این دو گونه گیاهی در برابر تنش ریزگرد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه آموزشی پژوهشی شماره ۲ پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در منطقه قزلاق از توابع شهرستان پاکدشت با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی انجام شد. این منطقه طبق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن جزء مناطق خشک محسوب می‌شود که در آن میانگین بارندگی سالیانه ۱۴۱ میلی‌متر، دمای متوسط سالانه ۱۵/۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط ارتفاع از سطح دریا در آن حدود ۱۰۲۰ متر است.

تیمارهای مورد آزمایش شامل، تاریخ کاشت در سه سطح (یک فروردین، ۱۵ فروردین،۳۱ فروردین) به‌عنوان کرت‌های اصلی، عامل تنش ریزگرد در سه سطح (شاهد (بدون اعمال ریزگرد)، پخش ریزگرد روی گیاه به مدت ۵ روز و ۱۰ روز) به‌عنوان کرت‌های فرعی و دو گونه گیاهی در دو سطح (*Salicornia iranic*a و *Salsola imbricata*) از جمعیت یزد به‌عنوان کرت فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک و تسطیح بود. بعد از آماده‌کردن زمین، در دو طرف هر پشته حفره‌های کوچکی به عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متر به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از همدیگر ایجاد کرده و داخل هر حفره جهت اطمینان از جوانه‌زنی بذرها و دستیابی به تراکم مطلوب (۲۰ بوته در مترمربع) چند بذر قرار داده شد. اندازه هر کرت فرعی ۶ مترمربع (۳×۲) در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از اتمام عملیات کشت در تاریخ کاشت موردنظر (یک فروردین، ۱۵ فروردین و ۳۱ فروردین)، آبیاری انجام شد. لازم به ذکر است در طول فصل رشد هیچ‌گونه کودی به‌صورت پایه و یا سرک در مزرعه استفاده نشد.

به‌منظور ریزگردپاشی روی گیاهان پوششی پلاستیکی و شفاف به ابعاد هر کرت ساخته شد و در زمان اعمال تنش روی هر کرت قرار گرفت. جهت اعمال ریزگرد، ابتدا خاک موردنظر را با مش ۲۵ الک کرده تا ابعاد ذرات ریزگرد به ۶۰۰ میکرون برسند (۰/۶ گرم در مترمکعب)، سپس حجم کرت را حساب و میزان خاک موردنیاز محاسبه شد و با استفاده از دستگاه دمنده تونل باد (مدل اختصاصی) تنش ریزگرد اعمال شد. لازم به ذکر است نمونه خاک جهت اعمال ریزگرد از خاک مزرعه با مشخصات جدول ۱ انتخاب شد.

جدول ۱. خصوصیات خاک مزرعه قبل از آزمایش

Table 1. Soil properties before the start of experiment

	هدایت الکتریکی	اسیدیته	نیتروژن قابل‌جذب	فسفر قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب	رس	سیلت	شن	بافت خاک
	EC	pH	Soluble nitrogen	Soluble phosphorus	Soluble potassium	Clay	Silt	Sand	Texture
	$dS.m^{-1}$		%	---------- $mg.kg^{-1}$ ----------		---------- % ----------			
خصوصیات خاک Soil properties	7.57	8.21	0.14	79	732	28	50	22	لومی-رسی loam-clay
خصوصیات آب Water properties	5390	7.71	-	-	-	-	-	-	-

زمان غبارده‌ی به گیاهان طبق آمار وقوع ریزگرد در استان تهران اواسط تیرماه در زیر پوشش انجام شد. دستگاه تولید ریزگرد دارای یک موتور با قدرت دمنده ۸۰۰ مترمکعب و یک لوله خروجی با مقطع عرضی در حدود ۳۰×۳۰ سانتی‌متر و طول ۱/۵ متر که با ورق فلزی به ضخامت ۲ میلی‌متر ساخته شده است خاک از قسمت ورودی داخل مسیر جریان باد قرار می‌گیرد و از خروجی دستگاه خارج می‌شود. زمان اعمال تنش ریزگرد در تاریخ دوم تیرماه ۱۳۹۹ بود. در این زمان گونه‌های گیاهی نام‌برده در تاریخ کاشت اول (یک فروردین) به ده درصد گل‌دهی رفته بودند، ولی تاریخ کاشت دوم (۱۵

فروردین) و سوم (۳۰ فروردین) در مرحله رشد رویشی بودند. یک ماه بعد از اعمال ریزگرد، در مردادماه ۱۳۹۹ نمونه برادری در جهت اندازه‌گیری صفات انجام شد. برای محاسبه، محتوای کلروفیل به روش آرنون (Arnon, 1949)، سنجش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا به روش یادیریم و همکاران (Yidirim and et al., 2009)، محتوی نسبی آب برگ به روش ریچی و همکاران (Ritchie et al., 1990)، محتوای پروتئین به روش برمر (Bremner, 1996)، کربوهیدرات‌های محلول به روش هاسید و نیوفیلد (Hasid and Neufield, 1964)، از هر کرت ۲ بوته انتخاب و صفات موردنظر اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد علوفه، تعداد ۵ بوته از هر کرت فرعی محاسبه و توزین شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌های این پژوهش و محاسبه ضرایب همبستگی با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد تعیین گردید. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

کلروفیل a و b

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی در جدول ۲ نشان داد که تاریخ کاشت، گونه و تیمار ریزگرد تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار کلروفیل a و b داشت این در حالی است که اثرات متقابل تاریخ کاشت در گونه در سطح احتمال یک درصد، گونه در ریزگرد در سطح احتمال ۵ درصد و تاریخ کاشت در ریزگرد در سطح احتمال یک درصد نیز معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در گیاه سالیکورنیا مربوط به تاریخ کاشت دوم در تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) با میانگین ۵۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بود.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارهای ریزگرد و تاریخ کاشت بر صفات فیزیولوژی در دو گونه هالوفیت

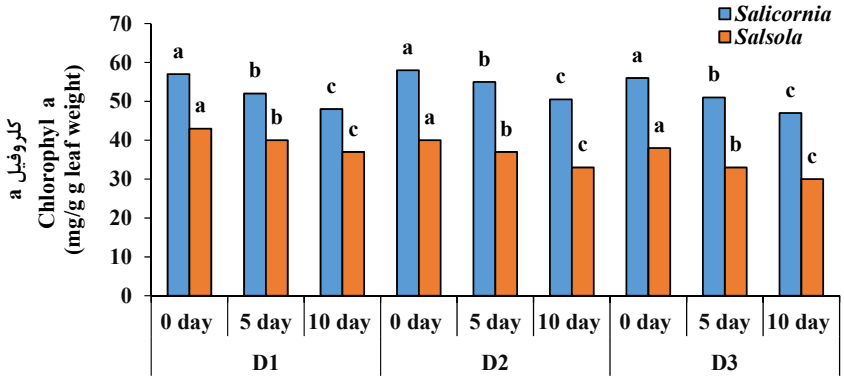
Table 2. Analysis of variance of the effect of fine dust treatments and planting date on physiological traits in two halophyte species

Sources of variations	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS			
			کلروفیل b Chll. b	کلروفیل a Chll. a	رطوبت نسبی برگ RWC	پایداری غشای سلول Cell Membrane Stability (CMS)
Block	بلوک	2	2.04^{ns}	1.17^{ns}	0.606 ^{ns}	4.23 ^{ns}
Planting Date	تاریخ کاشت	2	77.6**	78.3**	24.69**	277.1**
Main error	اشتباه اصلی	4	0.99	0.95	1.82	2.31
Species	گونه	1	3440**	3581.2**	758.6**	27.65**
The dust	ریزگرد	2	272.3**	239.2**	781.49**	391.4**
species×planting date	تاریخ کاشت × گونه	2	39.85**	39.59**	10.68**	35.7**
Dust ×species	گونه × ریزگرد	2	3.75*	0.45^{ns}	322.2**	8.09**
Planting× Dust	تاریخ کاشت× ریزگرد	4	1.51^{ns}	1.54*	6.25**	1.95**
Planting× Dust× species	تاریخ کاشت× گونه× ریزگرد	4	0.47^{ns}	0.45^{ns}	2.06^{ns}	0.105^{ns}
Sub-error	اشتباه فرعی	30	0.73	0.59	0.93	0.274
CV%	ضریب تغییرات ٪		*1.9*	*1.21*	*1.54*	*0.76*

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.

ns, * and **, non-significant, significant at 5% and singnificant at 1% respectively.

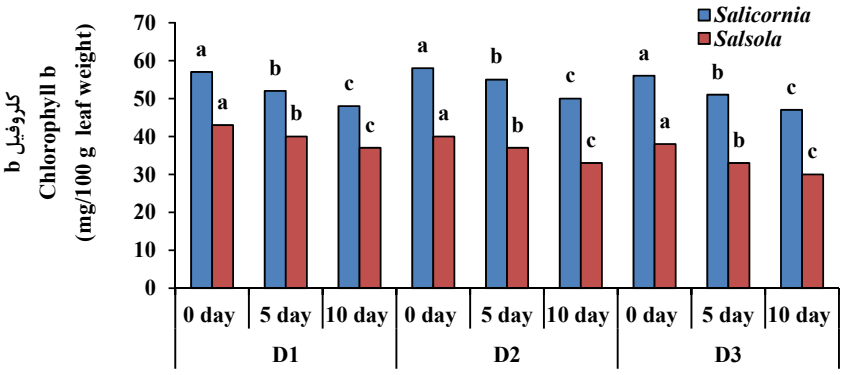
به همراه افزایش تعداد روز اعمال ریزگرد میزان کلروفیل در گیاه سالیکورنیا نیز کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که در تاریخ کاشت سوم و تیمار ۱۰ روز اعمال ریزگرد کلروفیل a(۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) حدود ۱۷ درصد کاهش داشت. از طرفی گیاه سالسولا بیشترین و کمترین میزان کلروفیل را به ترتیب در تاریخ کاشت اول در تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) با میانگین ۴۴ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ و تاریخ کاشت سوم در تیمار ۱۰ روز اعمال ریزگرد با میانگین ۳۰ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ به خود اختصاص داد (شکل ۱).



شکل ۱. اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار کلروفیل a در برگ سالیکورنیا و سالسولا. 0 day، 5 day و 10 day به ترتیب نشان‌دهنده بدون اعمال ریزگرد، ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد؛ D1، D2 و D3 به ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم است. مقایسه میانگین به‌صورت برش‌دهی اثر متقابل انجام شده است و در آن برای هر گونه در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه تیمارهای ریزگرد مقایسه میانگین شده است.

Fig. 1. Effect of experimental treatments on chlorophyll a in Salicornia and Salsola. 0day, 5day, 10day represent no dust, 5 days of dust and 10 days of dust, respectively; D1, D2 and D3 represent the first planting date, the second planting date and the third planting date, respectively. The mean comparison was performed as a slicing of the interaction effect in which the dust treatments were compared separately for each species in each planting date

غلظت کلروفیل b نیز واکنشی شبیه کلروفیل a نشان داد؛ به‌طوری‌که با اعمال ریزگرد میزان کلروفیل b نیز در هر دو گونه کاهش پیدا کرد. از طرفی با تأخیر در کاشت نیز سطح کلروفیل b به طور معنی‌داری در هر دو گونه کاهش پیدا کرد. بیشترین میزان کلروفیل b در سالیکورنیا در تاریخ کاشت دوم در تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) با میانگین ۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ و کمترین میزان این صفت در تاریخ کاشت سوم تیمار ده روز اعمال ریزگرد با میانگین ۴۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد این کاهش حدود ۲۲ درصد بود. در گونه سالسولا نیز بیشترین و کمترین میزان کلروفیل b به ترتیب در تاریخ کاشت اول در تیمار شاهد با میانگین ۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و تاریخ کاشت سوم در تیمار ۱۰ روز اعمال ریزگرد با میانگین ۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، به دست آمد در اصل می‌توان گفت کاهش کلروفیل b در سالسولا حدود ۲۸ درصد بود (شکل ۲).



شکل ۲. اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار کلروفیل b در سالیکورنیا و سالسولا. 0 day، 5 day و 10 day به ترتیب نشان‌دهنده بدون اعمال ریزگرد، ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد؛ D1، D2 و D3 به ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم است. مقایسه میانگین به‌صورت برش‌دهی اثر متقابل انجام شده است و در آن برای هر گونه در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه تیمارهای ریزگرد مقایسه میانگین شده است.

Fig. 2. Effect of experimental treatments on chlorophyll b in Salicornia and Salsola. 0day, 5day, 10day represent no dust, 5 days of dust and 10 days of dust, respectively; D1, D2 and D3 represent the first planting date, the second planting date and the third planting date. The mean comparison was performed as a slicing of the interaction effect in which the dust treatments were compared separately for each species in each planting date.

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت با تأخیر در تاریخ کاشت و افزایش درجه حرارت محیط کلروفیل برگ کاهش یافت. نفوذ نور در کف سایه‌انداز گیاهی تحت‌تأثیر رشد رویشی گیاه قرار می‌گیرد که در نتیجه با تأخیر در تاریخ کاشت شاخص سطح برگ و تداوم سطح برگ در دوره زایشی کاهش می‌یابد. درنهایت، سبب کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در دوره زایشی می‌شود. این کاهش را می‌توان با کاهش کلروفیل کل در تاریخ کاشت دیرهنگام به‌خوبی مشخص کرد. کلروفیل یک ویژگی بیوشیمیایی اساسی برای توصیف سلامت و رشد گیاه است؛ بنابراین می‌تواند یک پارامتر مهم در ارزیابی اثر آلودگی هوا بر گیاه باشد (JinXu et al., 2021).

کاهش میزان کلروفیل در تیمار ریزگرد نسبت به شاهد را می‌توان به اثر معنی‌دار سایه ایجادشده توسط ریزگردها بر روی سطح برگ ارتباط داد و هرچقدر گیاه بیشتر در معرض ریزگرد قرار گیرد و در سطح برگ خود، تجمع بیشتری از ریزگرد را داشته باشد میزان کلروفیل آن کاهش بیشتری را نشان می‌دهد، چراکه رسوب ریزگرد بر سطح برگ موجب مسدودشدن روزنه‌ها، افزایش دمای برگ، اختلال در تبادل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن درنهایت کاهش کلروفیل برگ خواهد شد (Meravi et al., 2021).

در بیشتر مطالعات نتایج حاکی از آسیب ریزگرد بر رنگ‌دانه‌های برگ است. ابورومن و الزوبی (Abu-Romman and Alzubi, 2015) بیان کردند که رسوب ریزگرد بر سطح برگ موجب همراهی اثر سایه و آسیب بر غشای سلولی و افزایش لیپید پروکسید در سلول شده که این امر باعث کاهش کلروفیل می‌شود. نتایج این پژوهش نیز با مطالعات علوی و کریمی (Alavi and Karimi, 2015)، شارما و تریپاثی (Sharma and Tripathi, 2009)، گیری و همکاران (Giri et al., 2013)، بیااو و همکاران (Bao et al., 2016) صالحی و بهروزی (Salehi and Behroozi, 2020)، ناصری و همکاران (Naseri et al., 2018) روی سه گونه بیابانی آشنان، تاغ و درمنه و همچنین پژوهش شبنم و همکاران (Shabnam et al., 2021) روی *Vigna radiata* مطابقت داشت.

رطوبت نسبی برگ

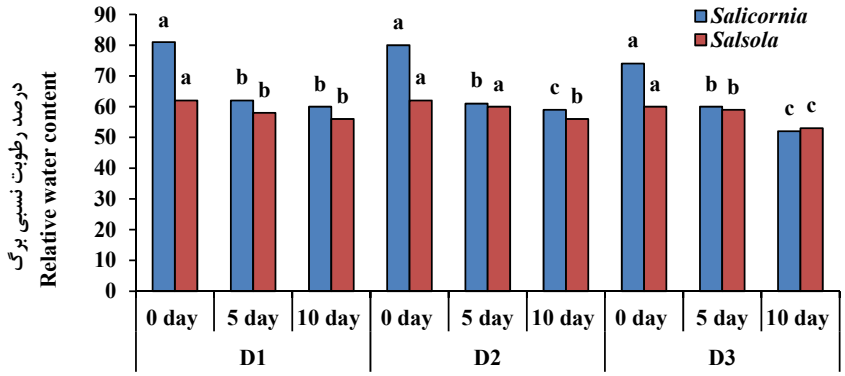
نتایج تجزیه واریانس حاصل از داده‌ها نشان که اثرات اصلی تاریخ کاشت، ریزگرد و گونه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. این در حالی است که اثرات متقابل گونه در تاریخ کاشت، گونه در ریزگرد و تاریخ کاشت در ریزگرد نیز معنی‌دار شد؛ اما اثر چندگانه تاریخ کاشت در ریزگرد در گونه معنی‌دار نگردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تاریخ کاشت اول سالیکورنیا در شرایط بدون اعمال تنش بیشترین درصد رطوبت برگ را (با میانگین ۸۰ درصد) به خود اختصاص داد؛ اما در شرایط ده روز اعمال تنش ریزگرد رطوبت نسبی برگ حدود ۲۵ درصد در سالیکورنیا کاهش پیدا کرد. گزارش شده است که ریزگردها با کاهش جذب نور توسط برگ‌ها، باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل برگ می‌شوند (Chaturvedi et al., 2013).

از طرفی ازلحاظ آماری بین تاریخ کاشت اول و دوم در گیاه سالیکورنیا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین درصد رطوبت برگ در گیاه سالیکورنیا نیز در تاریخ کاشت سوم با اعمال ده روز تنش ریزگرد به دست آمد به‌طوری‌که به‌موازات افزایش تعداد روز اعمال ریزگرد رطوبت نسبی برگ در این گیاه نسبت به تاریخ کاشت اول و بدون اعمال ریزگرد حدود ۳۸ درصد کاهش پیدا کرد. می‌توان گفت که علت کاهش درصد رطوبت نسبی برگ در تاریخ کاشت سوم در هر دو گونه افزایش دمای هوا در طول دوره رشد هر دو گیاه بود. این موضوع سبب افزایش تبخیر و تعرق در اثر افزایش دمای محیط و کاهش آب برگ است (Wagid et al., 2007). در گیاه سالسولا نیز روند کاهش درصد رطوبت نسبی نیز همانند سالیکورنیا بود به‌طوری‌که با اعمال تنش ریزگرد درصد رطوبت نسبی برگ نیز کاهش پیدا کرد، بیشترین و کمترین درصد رطوبت نسبی برگ در سالسولا به ترتیب در تاریخ کاشت اول بدون اعمال تنش ریزگرد (با میانگین ۶۲ درصد) و تاریخ کاشت سوم با اعمال ده روز تنش ریزگرد (با میانگین ۵۵ درصد) حاصل شد، اما در تاریخ کاشت دوم بین تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) و ۵ روز اعمال ریزگرد در سالسولا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳).

پایداری غشا سلولی برگ

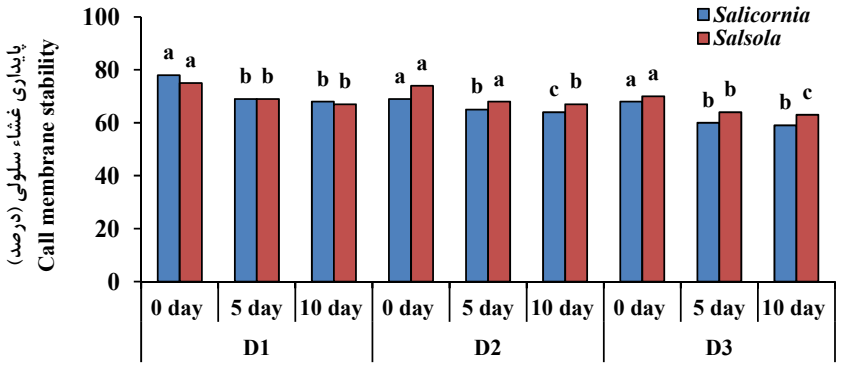
تجزیه واریانس حاصل از داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمار ریزگرد، گونه و تاریخ کاشت در سطح آماری یک درصد بر صفت پایداری غشای سلولی معنی‌دار شد. این در حالی است که اثرات متقابل گونه در تاریخ کاشت، گونه در ریزگرد و تاریخ کاشت در ریزگرد نیز معنی‌دار شد ($p\leq0/01$) (جدول ۲).

اندازه‌گیری پایداری غشا سلولی، شاخصی از اندازه‌گیری میزان آسیب اکسایشی واردشده به غشاء سلول است. بیشترین و کمترین پایداری غشای سلولی در گیاه سالیکورنیا به ترتیب در تاریخ کاشت اول، در تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) با میانگین ۷۸ درصد و تاریخ کاشت سوم، در تیمار ۱۰ روز اعمال ریزگرد با میانگین ۵۹ درصد به دست آمد. در گیاه سالسولا نیز بیشترین و کمترین پایداری غشای سلولی در تاریخ کاشت اول، تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) با میانگین ۷۵ درصد و تاریخ کاشت سوم، در تیمار ۱۰ روز اعمال ریزگرد با میانگین ۶۳ درصد به دست آمد (شکل ۴).



شکل ۳. اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد رطوبت نسبی برگ در سالیکورنیا و سالسولا. 0 day، 5 day، 10 day به ترتیب نشان‌دهنده بدون اعمال ریزگرد، ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد؛ D1، D2 و D3 به ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم است. مقایسه میانگین به‌صورت برش‌دهی اثر متقابل انجام شده است و در آن برای هر گونه در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه تیمارهای ریزگرد مقایسه میانگین شده است.

Fig. 3. Effect of experimental treatments on relative leaf water content in Salicornia and Salsola.0day, 5day, 10day represent no dust, 5 days of dust and 10 days of dust, respectively; D1, D2 and D3 represent the first planting date, the second planting date and the third planting date. The mean comparison was performed as a slicing of the interaction effect in which the dust treatments were compared separately for each species in each planting date



شکل ۴. اثر تیمارهای آزمایشی بر پایداری غشاء سلولی در سالیکورنیا و سالسولا. 0 day، 5 day، 10 day به ترتیب نشان‌دهنده بدون اعمال ریزگرد، ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد؛ D1، D2 و D3 به ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم است. مقایسه میانگین به‌صورت برش‌دهی اثر متقابل انجام شده است و در آن برای هر گونه در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه تیمارهای ریزگرد مقایسه میانگین شده است.

Fig. 4. Effect of experimental treatments on cell membrane stability in Salicornia and Salsola. 0day, 5day, 10day represent no dust, 5 days of dust and 10 days of dust, respectively; D1, D2 and D3 represent the first planting date, the second planting date and the third planting date. The mean comparison was performed as a slicing of the interaction effect in which the dust treatments were compared separately for each species in each planting date

تفاوت معنی‌داری در پایداری غشای سلولی سالسولا در تاریخ کاشت دوم بین تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) و ۵ روز اعمال ریزگرد مشاهده نشد و این نتیجه گویای این مطلب است که انتخاب تاریخ کاشت مناسب می‌تواند اثر چشمگیری در افزایش میزان مقاومت گیاه در برابر تنش ریزگرد باشد. در این آزمایش با تکرار تنش ریزگرد پایداری غشا سلولی کاهش پیدا کرد به‌احتمال زیاد به نظر می‌رسد تنش ریزگرد اثر معنی‌دار بر فعالیت چرخه کالوین به‌ویژه بازسازی روبیسکو بر جای می‌گذارد. از طرفی با کاهش مصرف NADPH، عدم مصرف الکترون‌ها از میدان توزیع فرودکسین، تولید رادیکال آزاد و به‌تبع آن خسارت به غشای سلولی افزایش می‌یابد. دلیل دیگر کاهش پایداری غشا در برابر ریزگرد بسته‌شدن روزنه‌ها توسط گردوغبار است. در نتیجه در اثر بسته‌شدن روزنه‌ها، فرم‌های اکسیژن فعال افزایش می‌یابد این فرایند به پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء منجر می‌شود (Gong et al., 2003). نتایج این تحقیق با گزارش‌های ابورومن و الزابی (Abu-Romman and Alzubi, 2015) و صلاحی و بهروزی (Salehi and Behrozi, 2020) نیز مطابقت داشت.

عملکرد علوفه تر و خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات ساده تاریخ کاشت، ریزگرد و گونه، اثرات دوگانه گونه در تاریخ کاشت، گونه در ریزگرد و تاریخ کاشت در ریزگرد و اثرات چندگانه تاریخ کاشت در ریزگرد در گونه در سطح یک درصد بر عملکرد تر و خشک اندام هوایی معنی‌داری شد (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای ریزگرد و تاریخ کاشت بر صفات فیزیولوژی در دو گونه هالوفیت

Table 3. Analysis of variance of the effect of fine dust treatments and planting date on physiological traits in two halophyte species

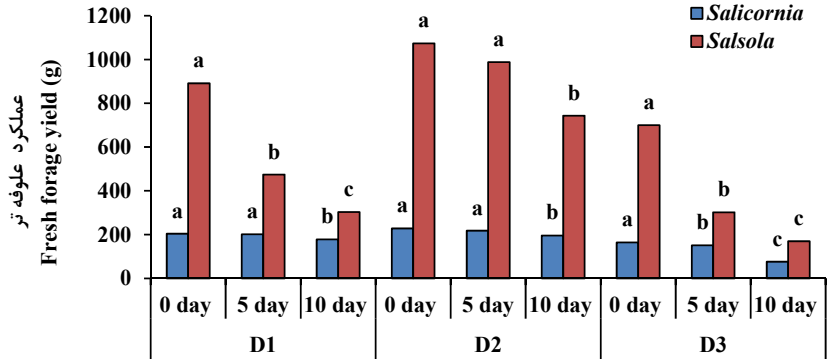
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد تر علوفه Fresh forage yield	عملکرد خشک علوفه Dry forage yield	کربوهیدرات محلول Water soluble carbohydrate	پروتئین ساقه و برگ Stem and leaf protein
Block	**بلوک**	2	2188^{ns}	34.4^{ns}	4.32^{ns}	0.40^{ns}
Date of planting (PD)	**تاریخ کاشت**	2	43946.2^{**}	12884.1^{**}	8.5^{**}	1.53^{**}
Main error	**اشتباه اصلی**	4	1022.02	52.88	0.66	0.048
Species (S)	**گونه**	1	278876.7^{**}	64598.2^{**}	1.06^{ns}	186.03^{**}
The dust (du)	**ریزگرد**	2	334962.05^{**}	14418.8^{**}	2.31^{**}	12.46^{**}
PD× S	**تاریخ کاشت × گونه**	2	253353.1^{**}	7323.3^{**}	3.85^{**}	1.33^{**}
Du × S	**گونه × ریزگرد**	2	232444.9^{**}	73795^{**}	0.48^{ns}	1.34^{**}
PD × Du	**تاریخ کاشت× ریزگرد**	4	16146.86^{**}	614.25^{**}	0.99^{ns}	0.168^{**}
PD× Du× S	**تاریخ‌کاشت× گونه×ریزگرد**	4	16081.7^{**}	548.02^{**}	0.22^{ns}	0.101^{ns}
Sub-error	**اشتباه فرعی**	30	1534	48.93	0.347	0.038
CV %	**ضریب تغییرات**		9	11.06	3.6	1.29

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و معنی‌داری در سطح یک درصد است.

ns, * and **, non-significant, significant at 5% and singnificant at 1% respectively

مقایسه میانگین حاصل از داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه تر مربوط به سالسولا در تاریخ کاشت دوم در تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) با میانگین ۱۰۷۳ گرم و کمترین میزان عملکرد علوفه تر مربوط به سالیکورنیا در تاریخ کاشت سوم در تیمار ۱۰ روز اعمال ریزگرد با میانگین ۷۶ گرم بود (شکل ۵). میانگین عملکرد علوفه تر در گونه سالسولا و سالیکورنیا نشان داد که این دو گونه در تاریخ کاشت دوم روند رشد بهتری از خود نشان دادند و به همراه افزایش تعداد روز اعمال ریزگرد درصد کاهش عملکرد نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر کمتر بود و از ثبات عملکردی بیشتری برخوردار بودند. در تاریخ کشت سوم طول دوره رشد در هر دو گیاه کمتر و در نتیجه گیاه زمان کمتری برای تولید برگ و یا شاخه‌های جانبی دارد؛ اما در تاریخ کاشت دوم و اول فاصله کاشت تا ظهور اندام نر و گرده‌افشانی طولانی‌تر و ارتفاع بوته

افزایش‌یافته درنتیجه تعداد و سطح برگ بیشتری تولید می‌گردد. به‌طوری‌که میزان درصد کاهش عملکرد علوفه تر در سالسولا در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم در ده روز اعمال ریزگرد به ترتیب ۶۵، ۳۰ و ۷۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون اعمال تنش ریزگرد) بود و در گیاه سالیکورنیا نیز درصد کاهش عملکرد علوفه تر در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم به ترتیب برابر ۱۲، ۱۶ و ۵۳ درصد بود.



شکل ۵. اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد علوفه تر در سالیکورنیا و سالسولا. 0 day، 5 day، 10 day به ترتیب نشان‌دهنده بدون اعمال ریزگرد، ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد؛ D1، D2 و D3 به ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم است. مقایسه میانگین به‌صورت برش‌دهی اثر متقابل انجام شده است و در آن برای هر گونه در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه تیمارهای ریزگرد مقایسه میانگین شده است.

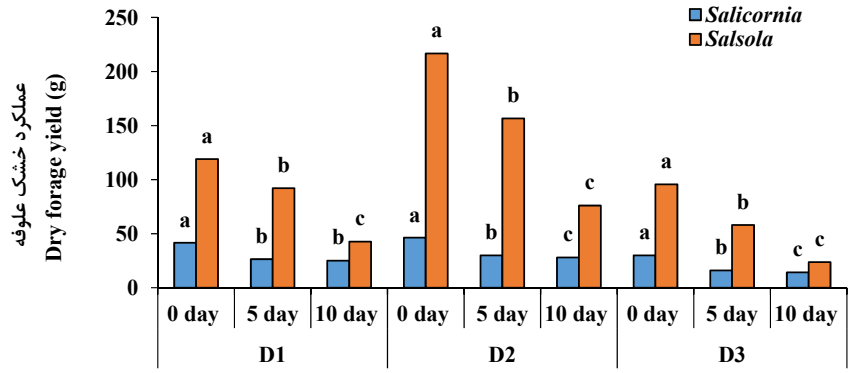
Fig. 5. Effect of experimental treatments on fresh forage yield in Salicornia and Salsola. 0day, 5day, 10day represent no dust, 5 days of dust and 10 days of dust, respectively; D1, D2 and D3 represent the first planting date, the second planting date and the third planting date. The mean comparison was performed as a slicing of the interaction effect in which the dust treatments were compared separately for each species in each planting date.

از طرفی نتایج عملکرد علوفه خشک نیز همسو با عملکرد تر گیاه بود (شکل ۶). به‌طوری‌که با افزایش تعداد روز اعمال ریزگرد عملکرد خشک علوفه در کاهش پیدا کرد؛ اما این کاهش در گیاه سالیکورنیا در تاریخ کاشت اول و دوم در تیمار شاهد و ۵ روز اعمال ریزگرد ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود. از طرفی در گیاه سالسولا نیز در تاریخ کاشت دوم بین تیمار شاهد و ۵ روز اعمال ریزگرد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این امر نشان می‌دهد انتخاب تاریخ کاشت مناسب می‌تواند اثر معنی‌داری بر میزان مقاومت گیاه در برابر تنش ریزگرد داشته باشد. تاریخ کاشت مناسب و درجه حرارت مطلوب در زمان جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای این فرصت را به گیاه می‌دهد که بتواند خود را نسبت به هر تنشی مقاوم کند. در تحقیقاتی که چن و همکاران (Chen et al., 2015) و آروین و همکاران (Arvin et al., 2013) انجام‌گرفته، مشخص‌شده که وجود ذرات ریزگرد بر سطح برگ گیاهان ذرت و نیشکر، باعث کاهش عملکرد این گیاهان شده است. آن‌ها این کاهش عملکرد را به‌وسیله کاهش فتوسنتز، افزایش تنفس و دمای برگ نسبت داده‌اند.

میانگین عملکرد علوفه تر گیاه سالسولا نسبت به سالیکورنیا بیشتر بود این امر می‌تواند به‌خاطر ساختار مورفولوژی و نوع برگ گیاه سالسولا باشد. کرک و موم‌های موجود بر سطح برگ گیاه سالسولا سبب جذب بیشتر ریزگرد شد و این موضوع می‌تواند سبب افزایش وزن تر گیاه شود. شکل فیزیکی و وضعیت ساختمان مولکولی ریزگردها به‌گونه‌ای است که بیشتر آن‌ها دارای بار الکتریکی بوده و به سایر موادی که در مسیر حرکت آن‌ها قرار داشته باشد می‌چسبند. در این میان نقش کرک‌ها و سطح برگ درختان و درختچه‌ها در جذب گردوغبار هوا غیرقابل‌انکار است بنابراین، وجود گونه‌های با این ویژگی در محیط‌های آلوده می‌تواند کیفیت هوا را بهبود بخشد (Ekhtesasi et al., 2011).

کربوهیدرات محلول

نتایج جدول تجزیه واریانس حاصل از داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تاریخ کاشت و ریزگرد و اثر متقابل تاریخ کاشت در گونه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد این در حالی



شکل ۶. اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد خشک علوفه در سالیکورنیا و سالسولا. 0 day، 5 day، 10 day به ترتیب نشان‌دهنده بدون اعمال ریزگرد، ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد؛ D1، D2 و D3 به ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم است. مقایسه میانگین به‌صورت برش‌دهی اثر متقابل انجام شده است و در آن برای هر گونه در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه تیمارهای ریزگرد مقایسه میانگین شده است.

Fig. 6. Effect of experimental treatments on dry forage yield in Salicornia and Salsola. 0day, 5day, 10day represent no dust, 5 days of dust and 10 days of dust, respectively; D1, D2 and D3 represent the first planting date, the second planting date and the third planting date. The mean comparison was performed as a slicing of the interaction effect in which the dust treatments were compared separately for each species in each planting date

است که اثر ساده گونه، اثرات متقابل گونه در ریزگرد، تاریخ کاشت در گونه و تاریخ کاشت در گونه در ریزگرد معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین داده گویای این مطلب بود که کربوهیدرات محلول در تاریخ کاشت سوم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد تأخیر در تاریخ کاشت سبب افزایش مقدار کربوهیدرات محلول در آب علوفه شاخساره در هر دو گونه شد. بیشتر تحقیقات انجام شده گویای این مطلب است که با افزایش سن گیاه درصد کربوهیدرات‌های ساختمانی افزایش و در مقابل کربوهیدرات‌های غیرساختمانی کاهش می‌یابد. در این تحقیق نیز گیاهان کاشته شده در تاریخ ۳۰ فروردین در مقایسه با گیاهان کاشته شده در یک فروردین در زمان برداشت یک ماه دوره رشد کوتاه‌تری داشته‌اند، در نتیجه شاداب‌تر و جوان‌تر بوده و دارای کربوهیدرات غیرساختمانی بیشتری بوده‌اند. از طرفی نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری، بیانگر تأثیر گردوغبار بر میزان کربوهیدرات در هر دو گونه است (جدول ۳). در گیاه سالیکورنیا بیشترین میزان کربوهیدرات محلول (با میانگین ۱۷/۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تاریخ کاشت دوم در تیمار ده روز اعمال تنش ریزگرد و در گیاه سالسولا (با میانگین ۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تاریخ کاشت سوم با تیمار ۵ روز اعمال ریزگرد مشاهده شد (شکل ۷). افزایش کربوهیدرات ممکن است به دلیل افزایش تجزیهٔ نشاسته و سایر پلی‌ساکاریدها به مونوساکاریدها و کاهش انتقال کربوهیدرات به بخش‌های مصرف‌کننده باشد؛ زیرا اعمال ریزگرد سبب کاهش فتوسنتز در گیاه می‌شود در نتیجه گیاه به کمبود مواد غذایی روبه‌رو می‌شود در نتیجه گیاه جهت تأمین نیاز خود مجبور به سنتز کربوهیدرات‌های نامحلول می‌شود (Ehdaie et al., 2006). همتی و همکاران (Hatami et al., 2018) در پژوهش خود بیان کردند که کاهش فتوسنتز در اثر رسوب ریزگرد سبب کاهش مواد غذایی به‌ویژه کربوهیدرات در گیاه شد که با نتایج این تحقیق مطابقت نداشت.

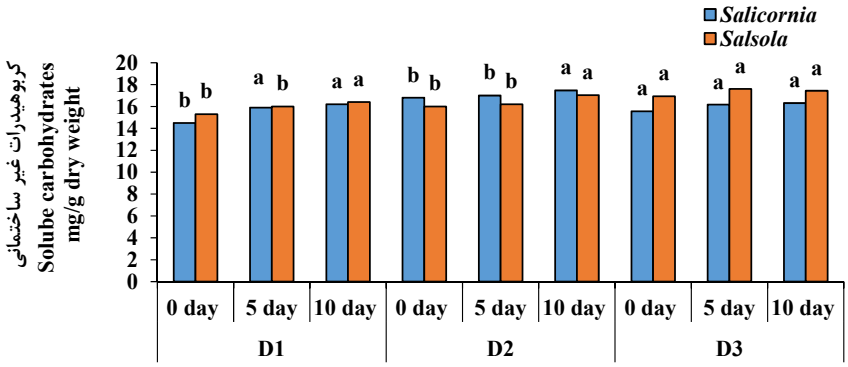
از طرفی گیاه سالسولا در تاریخ کاشت دوم و سوم در برابر تنش ریزگرد واکنش خاصی نشان نداد؛ به‌نحوی‌که میزان کربوهیدرات محلول در این گیاه در برابر گردوغبار متأثر نشد. بنابراین، سالسولا می‌تواند به‌عنوان گونه‌ای مقاوم در برابر گردوغبار در نظر گرفته شود.

پروتئین

نتایج تجزیه واریانس حاصل از داده‌ها نشان داد اثرات ساده گونه، تاریخ کاشت و ریزگرد و اثرات دوگانه ریزگرد در گونه، تاریخ کاشت در گونه، تاریخ کاشت در ریزگرد در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد این در حالی است که اثرات چندگانه تاریخ کاشت در ریزگرد در گونه معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سالیکورنیا در تاریخ کاشت دوم در تیمار شاهد (با میانگین ۱۵ درصد) و سالسولا در تاریخ کاشت سوم در تیمار شاهد (۱۸ درصد) بیشترین

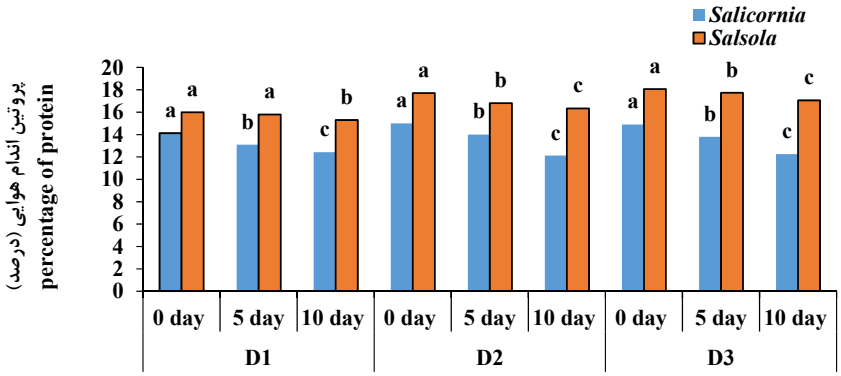
میزان پروتئین را به خود اختصاص دادند. این افزایش پروتئین نسبت به تاریخ کاشت اول در سالیکورنیا ۶ درصد و در سالسولا ۱۱ درصد بود (شکل ۸).

با تأخیر در کاشت طول دوره رویشی کاهش می‌یابد، در نتیجه درصد فیبر کاهش‌یافته و با عنایت به رابطه عکس بین میزان فیبر و میزان پروتئین انتظار می‌رود پروتئین خام افزایش یابد در اغلب گیاهان زراعی و مرتعی، مقدار پروتئین اندام هوایی با ازدیاد سن گیاه کاهش می‌یابد (Sarwar et al., 2006).



شکل ۷. اثر تیمارهای آزمایشی بر کربوهیدرات محلول در سالیکورنیا و سالسولا. 0day، 5day، 10day به ترتیب نشان‌دهنده بدون اعمال ریزگرد، ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد؛ D1، D2 و D3 به ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم است. مقایسه میانگین به‌صورت برش‌دهی اثر متقابل انجام شده است و در آن برای هر گونه در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه تیمارهای ریزگرد مقایسه میانگین شده است.

Fig. 7. Effect of experimental treatments on soluble carbohydrates in Salicornia and Salsola 0day, 5day, 10day represent no dust, 5 days of dust and 10 days of dust, respectively; D1, D2 and D3 represent the first planting date, the second planting date and the third planting date. The mean comparison was performed as a slicing of the interaction effect in which the dust treatments were compared separately for each species in each planting date.



شکل ۸. اثر تیمارهای آزمایشی بر پروتئین اندام هوایی در سالیکورنیا و سالسولا. 0day، 5day، 10day به ترتیب نشان‌دهنده بدون اعمال ریزگرد، ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد؛ D1، D2 و D3 به ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم است. مقایسه میانگین به‌صورت برش‌دهی اثر متقابل انجام شده است و در آن برای هر گونه در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه تیمارهای ریزگرد مقایسه میانگین شده است.

Fig. 8. Effect of experimental treatments on protein in Salicornia and Salsola. 0day, 5day, 10 day represent no dust, 5 days of dust and 10 days of dust, respectively; D1, D2 and D3 represent the first planting date, the second planting date and the third planting date. The mean comparison was performed as a slicing of the interaction effect in which the dust treatments were compared separately for each species in each planting date.

از طرفی به‌موازات افزایش تعداد روز اعمال ریزگرد میزان پروتئین در اندام هوایی هر دو گونه کاهش یافت (شکل ۸). حضور ذرات گردوغبار بر سطح برگ از طریق، سایه‌اندازی بر سطح برگ و کاهش نور رسیده به گیاه (Bat-Oyun, 2012)،

مسدودشدن روزنه و افزایش دمای برگ می‌توانند به طور غیرمستقیم سبب کاهش پروتئین برگ شود. در این آزمایش با توجه همبستگی صفات درصد رطوبت نسبی برگ، پایداری غشای سلولی، میزان کلروفیل برگ و کربوهیدرات محلول می‌توان نتیجه کاهش محتوای نسبی آب در هر دو گونه باعث بسته‌شدن روزنه‌ها شده و با کاهش تعرق گیاه، قدرت خنک‌کنندگی آن نیز کاهش می‌یابد، این افزایش دمای کانوپی نهایتاً به افزایش دمای داخل سلولی گیاه و کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه و افزایش تنفس نوری می‌شود که سبب آسیب به غشای سلولی و کاهش پایداری سلولی شد از طرفی متابولیسم نیتروژن که وابسته به انرژی حاصل از فتوسنتز و میزان تولید کربوهیدرات‌ها است، مختل می‌گردد و این امر نهایتاً به کاهش محتوای کلروفیل و همچنین پروتئین‌های محلول برگ منجر شد.

نتیجه‌گیری نهایی

تاریخ کاشت تیماری است که نسبت به سایر تیمارهای زراعی بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های فنولوژیکی و رشدی گیاهان می‌گذارد (Pourghasemian et al., 2018). تاریخ کاشت برای هر گونه در یک منطقه خاص باید باتوجه‌به دمای محیط و خاک در هنگام کاشت و همچنین بر مبنای عدم تداخل گلدهی گیاه به درجه حرارت بالا در نظر گرفته شود در این آزمایش طبق مشاهدات انجام شده مشخص شد که تاریخ کاشت دوم برای هر دو گونه مناسب‌تر است. چراکه با اعمال ریزگرد درصد کاهش صفات مورد اندازه‌گیری در هر دو گونه در این تاریخ کاشت کمتر بود. از طرفی، برای حصول عملکرد مطلوب علوفه لازم است کاشت هر دو گیاه درزمانی که میانگین دما ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد است انجام شود و از تأخیر در کاشت خودداری شود. از طرفی با اعمال ریزگرد کلیه صفات مورد اندازه‌گیری در هر دو گونه کاهش پیدا کرد؛ اما این کاهش در تاریخ کاشت دوم بین تیمار ۵ روز اعمال ریزگرد و ده روز اعمال ریزگرد چشمگیر نبود این امر نشان‌دهنده عملکرد بهتر گیاه در برابر تنش ریزگرد در این تاریخ کاشت است. سالیکورنیا و سالسولا به دلیل داشتن شکل منحصربه‌فرد برگ و دمبرگ‌های کوچک حرکت برگی کمتری در مجاورت باد دارد این امر می‌توانند سبب افزایش ظرفیت نگهداری گردوغبار در بوته شود و از انتشار ریزگرد جلوگیری کند. داس و پراساد (Das and Prasad, 2012)، کنزاک و همکاران (Kończak et al., 2021) بیان کردند که مورفولوژی و سطح برگ‌ها تا حد زیادی می‌تواند گردوغبار موجود در هوا را جذب کند و از انتشار ریزگرد جلوگیری کند

منابع

Alavi, M., Karimi, N., 2015. Effect of simulated dust on chlorophyll fluorescence, a chlorophyll content, flavonoids and phenolic compounds in thyme. Journal of Plant Process and Function. 4(13), 17-23. [In Persian with English summary].

Antoine, D., Nobileau, D., 2006. Recent increase of Saharan dust transport over the Mediterranean Sea, as revealed from ocean color satellite (SeaWiFS) observations. Journal of Geophysical Research. 111, 1-19.

Arnon, D. I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts.Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24, 1-15.

Arvin, A.A.,Cheraghi, S., Cheraghi, SH., 2013. Investigation of the effect of dust on the quantitative and qualitative growth trend of sugarcane variety -CP57.614. Natural Geography Research. 45 (3), 17-19.

Bao, L., Qu, L., Ma, K., Lin, K., 2016. Effects of road dust on the growth characteristics of *Sophora japonica* L. seedlings. Journal of Environmental Sciences. 46, 147-155.

Bat-Oyun, M., Shnoda, M., Tsubo, M., 2012. Effect of cloud atmospheric water vapor, and dust on photosynthetically active radiation and total solar radiation in a Mongolian grassland. Journal of Arid Land. 4, 349-356.

Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-Total. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumher, M.E. (eds.), Methods of Soil Analysis. part3- Chemical Methods. Soil Science So ciety American Inc. American Socity Agronomy Inc. Book series. No. S. Madison. WI. USA. pp.1082-11210.

Bu-Romman, S., Alzubi, j., 2015. Effects of cement dust on the physiological activities of *Arabidopsis thaliana*. American Journal of

Agricultural and Biological Science. 10, 157-164.

Calvo de Antaa, R., Luísa, E., Febrero-Bandeb, M., Galiñanesa, J., Macíasa, F., Ortízc, R., Casása, F., 2020. Soil organic carbon in peninsular Spain: Influence of environmental factors and spatial distribution. Geoderma. 370, 114365. http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma

Chaturvedi, R.K., Prasad, Sh., Rana, S., Obaidullah, S.M., Pandey, V., Singh, H., 2013. Effect of dust load on the leaf attributes of the tree species gowing along the roadside. Environmental monitoring and assessment. 185, 383-391.

Chen, X., Zhou, ZH., Teng, M., Wang, P., Zhou, L., 2015. Accumulation of three different sizes of particulate matter on plant leaf surfaces: effect on leaf traits. Archives of Biological Sciences. 67, 1257-1267.

Cheng, H., Zhang, K., Liu, C., Zou, X., Kang, L., Chen, T., He, W., Fang, Y., 2018. Wind tunnel study of airflow recovery on the lee side of single plants. Agricultural and Forest Meteorology. 263, 362-372.

Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., Maltitz, G., 2018. World Atlas of Desertification. Publication Office of the European Union. Luxembourg. 185, 383-391.

Das, S., Prasad, P., 2012. Particulate matter capturing ability of some plant species: implication for phytoremediation of particulate pollution around Rourkela Steel Plant, Rourkela, India. Nature Environment and Pollution Technology. 11, 657-665.

Dedicated, M., Haziri, F., Arazi, A., 2011. Study and comparison of different trees in arid areas in the amount of dust absorption Case study: Yazd city. 7th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran. 2011-04-27, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. [in Persian].

Du, S., Kang, D., Lei, X., Chen, L., 2007. Numerical study on adjusting and controlling effect of forest cover on PM10 and O3. Journal of Atmospheric Environment. 41, 797–808.

Ehdaie, B., Alloush, G., Madore, M., Waines, G., 2006. Genotypic variation forests reserves and mobilization in wheat: I. Postanthesis changes in internode dry matter. Crop Science. 46, 735-746.

Gong, H.J., Chen, K.M., Chen, G.C., Wang, S.M., Zhang, C.L., 2003. Effects of silicon on growth of wheat under drought. Journal of Plant Nutrition. 26, 1055-1063.

Hanif, Z., Haider, A., Ghulam, R., Asif, T., Bhagirath, S., 2018. Genus Salsola. Its Benefits. Uses. Environmental Perspectives and Future Aspects - a Review. Journal of Rangeland Science. 8, 151-159.

Hassid, W.Z., Neufeild, F., 1964. Quantitative determination of starch in plant tissues, Pp. 33. In: Whistler, R., Paschall, E. (eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. Academic Press. New York.

Hatami, Z., Rezvani moghaddam, P., Rashki, R., Nasiri mahallati., M, Habibi khaniani, B., 2018. Effects of desert dust on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Archives of Agronomy and Soil Science. 64, 1446-1458.

Jafarishalkoohy, A., Vafaeian, M., Rowshanzamir, M.A., Mirmohammadsadeghi, M., 2015. Effective Factors in Fine-Grained Soil Stabilization to Prevent Dust Generation. Journal of Soil and Water Sciences. 19(73), 273-286. [In Persian with English summary].

JinXu, T., Volk, A., Lindi, J., Quackenbush, S., Stehman, V., 2021. Estimation of shrub willow leaf chlorophyll concentration across different growth stages using a hand-held chlorophyll meter to monitor plant health and production. Biomass and Bioenergy. 150, 106132.

Kończak, B., Cempa, M., Pierzchała, L., Deska, L., 2021. Assessment of the ability of roadside vegetation to remove particulate matter from the urban air. Environmental Pollution. 268, 115465.

Kuki, K.N., Oliva, M.A., Preira, E.G., 2008. Iron is industru emissions as a potential ecological risd factor for tropical coastal vegetation. Environment management. 42, 111-121.

Le, B., Laiye, Q., Keming, M., Lin, L., 2016. Effects of road dust on the growth characteristics of Sophora japonica L. seedlings. Journal of Environmental Sciences. 46, 147-155.

Lin, W., Li, Y., Du, S., Zheng, F., Gao, J., Sun, T., 2019. Effect of dust deposition on spectrum-based estimation of leaf water content in urban plant. Ecological Indicators. 104, 41-47.

Meravi, M., KumarSingh, K., KumarPrajapati, S., 2021. Seasonal variation of dust deposition

on plant leaves and its impact on various photochemical yields of plants. Environmental Challenges. 4, 100166.

Min, J.G., Lee, D.S., Kim, T.J., Park, J.H., Cho, T.Y., Park, D.I., 2002. Chemical composition of *Salicornia herbacea* L. Journal of Food Science and Nutrition. 7, 105-107.

Naseri, H, R., Ahmadi Birgani, H., Azizabadi Farahani, A., 2018. Effect of road dust on the relative humidity of leaves and chlorophyll in *Haloxylon ammodendron*, *Seidlitzia romarinus* and *Artemisia sieberi* in Maranjab desert. The 2nd International Conference on Dust. Ilam. 1171-1179.

Pourghasemian, N., Moradi, R., Naghizadeh, M., 2018. Effect of planting time and place on quality of some brompt on stock varieties for cultivation in Bardsir. Kerman. Crops Improvement. 20, 679-692. [In Persian with English summary].

Ramanjaneyulu, A., Madhavi, A., Neelima, T. L., Naresh, P., Indudhar Reddy, K. and Srinivas, A., 2016. Effect of row spacing and sowing time on seed yield, quality parameters and nutrient uptake of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in semi arid climate of southern telanagana. India. Legume Research 41, 287-292.

Ritchie, S.W., Nguyen, H., Haloday, A.S., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30, 105-111.

Salehi, B., Behrozi, M., 2020. Investigation of the effect of desert dust on vegetative traits and yield of Askari grapes in Shiraz, Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards. 7 (1), 135-152.

Sarwae, M., Nisa, M., Ajmal Khan, M., Mushtague, M., 2006. Chemical composition, herbage yield and nutrivev of *Panicum antidotale* and *Pennisetum orientale* for Nili buffaloes at different clipping intervals. Asian-Australasian Journal of Animal Science. 19, 176-180.

Shabnam, N., Oh, J., Park, S., Kim, H., 2021. Impact of particulate matter on primary leaves of *Vigna radiata* L.R. Wilczek. Ecotoxicology and Environmental Safety. 212, 111965.

Sharma, S.B., Kumar B., 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, 971-979.

Singh, D., Buhmann, A., Flowers, T., Seal, C., Papenbrock, J., 2014. Salicornia as a crop plant in temperate regions; Selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation. AoB plants, 6 (071), 1-20.

Tan, M., Li, X., Xin, L., 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition. Atmospheric Environment. 7, 215-222.

Toderich, K.N., Shuyskaya, E.V., Taha, F., Ismail, S., Gismatulina, L., 2012. Adaptive fruit structural mechanisms of Asiatic Salsola species and its germplasm conservation and utilization. Journal of. Arid Land Studies. 22, 73 -76.

Uzma, U., Tasveer, Z.B., Saeed, A.M., Shakil, A., Ramiz, R., 2013. Variations in leaf dust accumulation, foliage and pigment attributes in fruiting plant species exposed to particulate pollution from multan. International Journal of Agricultural Science. 3, 1-12.

Wagid, A., Gelani, S., Ashraf, M., Foolad, M, R., 2007. Heat tolerance in plant: An overiew. Environnmental and Experimenttal Botany. 61, 199-223.

Wijayratne, U.C., Scoles-Sciulla., S., Defalco, L., 2009. Dust deposition effects on growth and physiology of the endangered Astragalus Jaegerianus (Fabaceae). Madroño. 56, 81-88.

Yildirim, M., Bahar, B., Koc, M., Barutcular, C., 2009. Membreane thermal stability at different developmental stages of spring wheat genotypes and their diallel cross. Opulations. Tarim Bilimleri Dergisi. 15, 293-300.

Zhiyuan, H., Jianping, H., Chun, Z., Jiangrong, B., Qinjian, J., Yun, Q.L., Ruby, L., Taichen, F., Siyu, C., Jianmin, M., 2019. Modeling the contributions of Northern Hemisphere dust sources to dust outflow from East Asia, Atmospheric Environment. 202, 234-243.