Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.11, Issue 31, Spring 2022

Effect of salt dust caused by drying of Lake Urmia on three strategic crops of Azerbaijan

Zohre Rahimi-Garachepeg[1], Leila Zarandi-Miandoab[2*], Nader Chaparzadeh[3]

1. MSc of plant physiology, Department of Biology, Faculty of basic sciences, Azarbaijan shahid madani university, Tabriz, Iran
2. *Corresponding Author*, Assistant Professor of plant physiology, Department of Biology, Faculty of basic sciences, Azarbaijan shahid madani university, Tabriz, Iran
3. Professor of plant physiology, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan shahid madani university, Tabriz, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 04 September 2020
Revised: 23 November 2020
Accepted: 16 January 2021

Keywords:
Wheat,
Corn,
Chickpea,
Dust,
Lake Urmia,
Growth,
Sugar,
Protein.

ABSTRACT

The dust is one of the natural hazards of arid and semi-arid regions, including Iran. When this problem coincides with the drying up of the largest salt lake in the Middle East (Lake Urmia), the occurrence of a salt dust storm will be inevitable, which will have profound effects on human communities, animals and plants. On the other hand, agriculture and the growth of crops are also strongly affected by dust deposition on the leaf surface. Therefore, in order to investigate the effect of dust on growth and some physiological characteristics of three important crops in Azerbaijan, namely wheat C3 monocot (Triticum aestivum L.), corn C4 monocot (Zea mays L.) and chickpea C3 dicot (Cicer arietinum L.), a completely random experiment designed with three replications. Treatments included two levels of dust (zero and 10 grams of dust per m2), Application of dust for 3 days had no significant effect on wheat growth. Maize responded to this environmental pollution by increasing growth and chickpeas by decreasing growth. The content of photosynthetic pigments decreased in chickpea leaves, increased in wheat and remained constant in corn. Dust increased the sugar content of corn and peas. Also, exposure to dust had little effect on the total protein content of wheat and corn, while the protein content of chickpeas showed a significant and clear decrease. Changes in the various parameters of the studied plant species can be considered as an adaptation to protect plants against dust stress. Corn and wheat seem to be more resilient, but chickpeas are stunted. Selecting a suitable crop species for cultivation in areas that receive a large amount of salty dust annually can be one of the important strategies to reduce the adverse effects of dust on the agricultural economy.

Cite this article: Rahimi-Garachepeg, Z., Zarandi-Miandoab, L., Chaparzadeh, N. (2022). Effect of salt dust caused by drying of Lake Urmia on three strategic crops of Azerbaijan. Journal of Natural Environmental Hazards, 11(31), 65-84. DOI: 10.22111/jneh.2021.35623.1697

© Leila Zarandi-Miandoab. Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2021.35623.1697

* Corresponding Author Email: zarandi@azaruniv.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره یازدهم، شماره ۳۱، بهار ۱۴۰۱

اثر ریزگرد نمکی ناشی از خشک شدن دریاچه ارومیه بر سه گونه زراعی راهبردی آذربایجان

زهره رحیمی قره چپق[۱]، لیلا زرندی میاندوآب[۲*]، نادر چاپارزاده[۳]

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
۲. استادیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (نویسنده مسئول)
۳. استاد گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۴

تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش : ۱۳۹۹/۱۰/۲۷

واژه‌های کلیدی:
گندم،
ذرت،
نخود،
ریزگرد،
دریاچه ارومیه،
رشد،
قند،
پروتئین.

چکیده

پدیده گردوغبار یا ریزگرد یکی از مخاطرات طبیعی مناطق خشک و نیمه‌خشک ازجمله کشور ایران است. زمانی‌که این معضل با خشک‌شدن بزرگ‌ترین دریاچه شور خاورمیانه (دریاچه ارومیه) مصادف شود، بروز طوفان گردوغبار نمکی امری اجتناب ناپذیر خواهد بود که این اتفاق اثرهای عمیقی بر جوامع انسانی، جانوران و گیاهان محیط خواهد گذاشت. از سوی دیگر، کشاورزی و رشد و عملکرد گیاهان زراعی نیز به‌شدت متأثر از رسوب ریزگرد بر سطح برگ است. ازاین‌رو به‌منظور بررسی تأثیر ریزگرد بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک سه محصول زراعی مهم منطقه آذربایجان یعنی گندم تک‌لپه (Triticum aestivum L.) C3، ذرت تک‌لپه (Zea mays L.) C4 و نخود دولپه (Cicer arietinum L.) آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو سطح ریزگرد (صفر و ۱۰ گرم ریزگرد بر مترمربع) بود. اعمال تیمار ریزگرد به‌مدت ۳ روز تأثیر معنی‌داری بر رشد گندم نداشت. ذرت با افزایش رشد و نخود با کاهش رشد بخش هوایی به این آلودگی محیطی پاسخ داد. محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در برگ‌های نخود کاهش، در گندم افزایش و در ذرت ثابت ماند. ریزگرد محتوی قند ذرت و نخود را افزایش داد. همچنین قرار گرفتن در معرض ریزگرد تأثیر چندانی بر محتوای پروتئین کل گندم و ذرت نداشت، درحالی‌که محتوی پروتئین نخود کاهش معنی‌دار و واضحی را نشان داد. تغییرهای پارامترهای مختلف گونه‌های گیاهی مورد مطالعه می‌تواند به‌عنوان یک سازگاری برای محافظت از گیاهان در برابر تنش ریزگرد محسوب شود. به‌نظر می‌رسد ذرت و گندم مقاومت بیشتری دارند؛ ولی نخود با کاهش رشد مواجه می‌شود. انتخاب گونه زراعی مناسب برای کشت در مناطقی که سالانه مقدار زیادی ریزگرد نمکی را پذیراست، می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای مهم برای کاهش اثرهای سوء ریزگرد بر اقتصاد کشاورزی باشد.

استناد: رحیمی قره چپق، زهره، زرندی میاندوآب، لیلا، چاپارزاده، نادر. (۱۴۰۱). اثر ریزگرد نمکی ناشی از خشک شدن دریاچه ارومیه بر سه گونه زراعی راهبردی آذربایجان. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۱(۳۱)، ۸۴-۶۵. DOI: 10.22111/jneh.2021.35623.1697

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© نویسندگان.

*- لیلا زرندی میاندوآب (نویسنده مسئول) Email: zarandi@azaruniv.ac.ir

مقدمه

دریاچه ارومیه نام دریاچه‌ای در شمال غربی ایران است که بین دو استان آذربایجان غربی و شرقی قرار گرفته است. دریاچه ارومیه از اواسط دهه ۱۳۸۰ شروع به خشک‌شدن کرد و در مدت کمی وسعت آن (در تابستان ۲۰۱۵ میلادی حدود شش هزار کیلومتر مربع) به‌شدت کاهش یافت و سطح آب آن به پایین‌تر از سطح بحرانی رسید. ازجمله عوامل مؤثر در کاهش سطح آب دریاچه می‌توان به خشکسالی، کاهش میزان بارندگی و ورود آب‌های سطحی جاری، احداث سدهای متعدد روی رودخانه‌های تغذیه کننده دریاچه و افزایش شدید ایجاد مزارع با نیاز آبی فراوان اطراف دریاچه اشاره کرد. دریاچه ارومیه مملو از نمک (حدود ۱۳ هزار میلیارد تن نمک) است. خشک‌شدن این دریاچه، بستری از نمک با وزن تقریبی ۵ میلیارد تن بر جای خواهد گذاشت که این امر قادر خواهد بود همه‌ی اراضی کشاورزی همجوار را نابود کند. خشک‌شدن دریاچه ارومیه با ایجاد پهنه‌های وسیع پوشیده از رسوبات نمکی که در معرض وزش بادهای شدید قرار دارند، تغییرهای قابل‌ملاحظه‌ای در وضعیت گرمایی، بیلان انرژی و نیز پراکندگی ریزگردهای اطراف دریاچه را سبب خواهد شد (مرادی و رضازاده، ۱۳۹۴). طوفان‌های ریزگرد وقایع طبیعی هستند که در سراسر جهان و به‌ویژه مناطق گرم و خشک پدید می‌آیند. ریزگرد[1] به ذرات ریز جامد و یا مایع معلق در هوا (۱ نانومتر تا حدود ۱۰۰ میکرومتر) گویند. از انواع ریزگردهای جوی، گرد و خاک[2] را می‌توان نام برد که ذرات ریز معدنی هستند و توسط وزش باد به درون جو گسیل می‌شوند. در اصطلاح هواشناسی به ذرات ریز جوی با غلظت زیاد که باعث کاهش دید افقی می‌شود غبار[3] گفته می‌شود. زمانی که غلظت ریزگرد به اندازه‌ای باشد که دید افقی به کمتر از یک کیلومتر برسد طوفان ریزگرد[4] نامیده می‌شود. طوفان‌های ریزگرد معمولاً از ذرات بسیار ریز (۰/۵ تا ۰/۱ میلی‌متر) تشکیل شده و در ارتفاع بسیار زیادی از سطح زمین حرکت می‌کنند و مسافت‌های طولانی را طی می‌کنند (شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). بروز چنین بحران زیست‌محیطی، کل منطقه‌ی شمال‌غرب کشور را به شوره‌زاری خشک و بایر تبدیل خواهد کرد و بادهای حاوی ریزگرد نمکی، مسبب از بین‌رفتن مرغوب‌ترین مزارع محصولات راهبردی اطراف دریاچه خواهند شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ریزگرد می‌تواند باعث القاء پاسخ گیاه به اثر مستقیم ریزگرد روی گیاه و اثر غیرمستقیم آن روی سطح مزرعه شود. ریزگردها (ذرات جامد معلق در جو) با اثرگذاری بر پوشش گیاهی و کاهش کارایی فتوسنتز و اختلال در تنفس باعث کاهش عملکرد گیاهان شده و منجر به کاهش تولید و محصول می‌گردند (فارمر[5]،۱۹۹۳). تحت تأثیر ریزگرد، گیاهان از بسته‌شدن روزنه رنج می‌برند که به تغییرهای سلولی- بافتی، نکروز برگ‌ها، از بین‌رفتن رنگدانه و کلروز منجر می‌شود (کامسواران[6] و همکاران، ۲۰۱۹). فتوسنتز و سایر فعالیت‌های گیاه متأثر از انباشت ذرات ریزگرد بر سطح برگ می‌باشد (صابری[7] و همکاران، ۲۰۱۹). وقتی روزنه بسته می‌شود تعرق کاهش می‌یابد و خنک‌شدن گیاه دچار اختلال می‌شود (زیا-خان[8] و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین اختلال در بیوسنتز کلروفیل باعث اختلال در فتوسنتز و ایجاد کلروز می‌شود و بررسی‌ها نشان داده که ریزگرد از طریق تأثیر بر

[1] Aerosol abbreviation of aero-solution
[2] Dust
[3] Haze
[4] Dust Storm
[5] Farmer
[6] Kameswaran
[7] Saberi
[8] Zia-Khan

فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و نیز افزایش دمای برگ قادر خواهد بود رشد و عملکرد گیاهان را مختل سازد (زیا-خان و همکاران، ۲۰۱۵، کیانی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین ریزگردها با ایجاد اختلال در تبادلات گازی و جذب نور، یک نوع توقف رشد در گیاهان زراعی شبیه کوتولگی را موجب می‌شود که باعث کاهش مقدار ماده خشک، میزان محصول و قدرت دفاعی در برابر آفات و بیماری‌ها می‌شود (کامسواران و همکاران، ۲۰۱۹، ساندر و نارش[1]،۲۰۱۷، احمد[2]،۲۰۰۷). تقلیل ساعات آفتابی، پوشاندن سطح برگ‌ها، افزایش بیماری‌های گیاهی ازجمله کنه و دیگر اثرهای مخرب فیزیکی و شیمیایی تبعاتی است که پدیده ریزگرد می‌تواند به وجود آورد (گوهردوست، ۱۳۹۴).

با خشک‌شدن دریاچه ارومیه و ته‌کشیدن آب آن، منطقه آذربایجان با مشکلی جدی روبه‌رو شده است. مشکلاتی اعم از نابودی گونه‌های گیاهی و جانوری و تشکیل ریزگردهای نمکی به معضلی جدی تبدیل شده و هزینه زیادی را در پی خواهد داشت. زیرا طبق ادعای سازمان هواشناسی کشور، ضمن اشاره به اقلیم استان آذربایجان غربی، میانگین سرعت باد در ارومیه ۱۰/۵ متر بر ثانیه است که اردیبهشت و اسفند با ۱۶ متر بر ثانیه حداکثر سرعت باد و دی و بهمن با ۷ متر بر ثانیه حداقل سرعت باد را دارند و این‌چنین بادی قادر به جابه‌جاکردن ذرات گردوغبار می‌باشد. نکته قابل‌اهمیت در این رابطه، جهت بادها بوده که اغلب از سمت ارومیه در آذربایجان‌غربی به سمت تبریز در آذربایجان‌شرقی است و آسیب‌پذیری این استان به‌ویژه شهر تبریز را مقابل ریزگردهای نمکی و شن‌ها بیشتر کرده است (نوری و آقایی، ۱۳۹۱). ریزگردهای حاصل از خشک‌شدن دریاچه ارومیه تا شعاع ۵۰۰ کیلومتری دریاچه را تحت تأثیر قرار خواهد داد (ساعی، ۱۳۹۶). همچنین با توجه به نتایج حاصل از مدل‌سازی اقلیمی، مناطق جنوب و جنوب‌غربی دریاچه که از دسته‌ی حاصلخیزترین و مرغوب‌ترین زمین‌های زراعی و باغی منطقه هستند، در معرض بیشترین تهدید پراکنش نمک دریاچه‌ی ارومیه خواهند بود (صفوت و همکاران، ۱۳۹۵).

بررسی تجارب جهانی نشان می‌دهد که ریزگردهای سمی (که در اثر فرسایش رسوبات موجود در سواحل دریاچه به هوا برمی‌خیزند)، مهمترین عامل اثرهای سوء زیست‌محیطی و بروز بیماری در مردمان حواشی دریاچه‌های خشک شده هستند. باید درنظر داشت که بحران دریاچه ارومیه با سایر تالاب‌های کشور متفاوت است؛ زیرا حوضه آبریز آن جمعیتی بالغ بر ۵ میلیون نفر دارد که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم متأثر از این بحران خواهند بود. در سال‌های گذشته قطر ریزگردهای دریاچه به نصف کاهش یافته است (از حدود ۱۰ میکرون به ۵ میکرون رسیده) که این مسئله خطر بروز آسیب‌های ناشی از آن را افزایش می‌دهد. زیرا ذرات ریزتر به‌دلیل اینکه مدت سرگردانی آن‌ها در هوا نیز بیشتر است، اثرهای بدتری برجای می‌گذرند. میزان خسارت ریزگرد بر محصولات جالیزی، ذرت و گندم در ایران بین ۱۵ تا۲۰درصد برآورد شده است (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹).

ریزگرد علاوه بر بستن منفذ روزنه، باعث افزایش دمای برگ، عدم تهویه مناسب، عدم تعرق و عدم ورود کربن دی اکسید به برگ می‌شود، همچنین تجمع ریزگرد در سطح گیاه باعث ایجاد حالت سایه در گیاه شده و فتوسنتز برگ را کم می‌کند (هیرانو[3] و همکاران، ۱۳۹۰). ریزگرد و آلودگی هوا به‌دلیل آسیب برگی، آسیب به روزنه‌ها، پیری قبل از بلوغ، کاهش فعالیت فتوسنتزی، تخریب نفوذپذیری غشا می‌تواند منجر به کاهش رشد و عملکرد در گیاهان حساس

1 Sundar& Naresh
2 Ahmed
3 Hirano

بشود (سیدنژاد[1] و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین با ورود نمک و شورکردن اراضی خسارت‌های جبران ناپذیری را به کشاورزان وارد می‌کند و همچنین باعث آسیب‌رسانی به بافت‌های گیاهی می‌شود. ریزگرد باعث افزایش فرسایش، پر-شدن کانال‌های آبرسانی‌شده و احتمال دارد حامل عوامل بیماری‌زا باشد. فتوسنتز عامل اصلی رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد و توانایی حفظ آن یعنی فتوسنتز در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ و ثبات عملکرد، بسیار مهم می-باشد. کم‌شدن رشد گیاهان به واسطه کم‌شدن فتوسنتز (در اثر به نقصان هدایت روزنه‌ای) می‌باشد. وقتی روزنه‌ها در شرایط تنش به‌علت جلوگیری از ورود co_2 بسته می‌شوند می‌تواند فتوسنتز را به کمتر از نقطه جبران کاهش بدهد (کامسواران[2] و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین در مطالعات بی‌شماری تغییرهای قابل‌توجه در سطح کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در برگ‌های گیاهان در معرض ریزگرد مشاهده شد (ایرو[3] و همکاران، ۲۰۱۷، رام[4] و همکاران، ۲۰۱۵، سرما و چاندا[5]، ۲۰۱۷، شریفی[6] و همکاران،۲۰۱۹). کاهش در کلروفیل به‌دلیل رسوب گردوغبار نیز توسط بسیاری از پژوهشگران مشاهده شده است. رسوب گردوغبار در سطوح برگ باعث کاهش سنتز کلروفیل a به‌دلیل اثر سایه‌اندازی[7] می‌شود. بنابراین افزایش رسوب گردوغبار و تخریب کلروفیل می‌تواند رابطه مثبت داشته باشد. ریزگرد از طریق روزنه‌ها نفوذ می‌کند و به سلول‌های زیرین آسیب می‌زند، باعث دناتوراسیون جزئی کلروپلاست و کاهش رنگدانه‌های موجود در سلول‌های برگ‌های آسیب دیده می‌شود. همچنین گردوغبار روی سطوح برگ می‌تواند منجر به کلروز برگ و مرگ بافت برگ شود (اولریچز[8] و همکاران، ۲۰۰۸). ظرفیت برگ‌ها به‌عنوان گیرنده‌های گردوغبار به هندسه سطح، خصوصیت‌های اپیدرم و کوتیکول برگ و ارتفاع و سایبان درخت بستگی دارد. جهت و فیلوتاکسی برگ روی ساقه بر رسوب گردوغبار مؤثر است. نشان‌داده‌شده که در برگ‌های ساده جمع‌آوری گردوغبار بهتر از درختانی هستند که دارای برگ‌های مرکب هستند. همچنین جنس و اندازه ذرات نیز در چگونگی تأثیر آنها بر گیاه مهم هستند (اولریچز و همکاران، ۲۰۰۸).

پروتئین و نشاسته برگ‌هایی که در معرض آلودگی هوا قرار می‌گیرند نیز کاهش می‌یابد. طبق گفته Borka، کاهش نشاسته به‌دلیل روزنه‌های مسدودشده است که ممکن است فسفوریلاسیون قندها را مهار کند (بورکا[9]، ۱۹۸۱).

همچنین تأثیر ریزگرد جنوب بر پوشش گیاهی (بیات و همکاران، ۱۳۹۵)، و محصولات استان‌های جنوبی ازجمله خرما (تراهی و ارزانی، ۱۳۹۶)، گندم (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۵، بهرامی و همکاران، ۱۳۹۴، محمدی‌نژاد و خداقلی،۱۳۹۲) و نیشکر (آروین و همکاران، ۱۳۹۲، سیاحی،۱۳۹۴) بررسی شده است. ولی تاکنون هیچ مطالعه مشخصی تأثیر ریزگرد آغشته به نمک را بر محصولات کشاورزی شهرستان‌های استان آذربایجان‌شرقی را بررسی ننموده است. شهرهای اطراف دریاچه همچون تبریز، آذرشهر، صوفیان، میاندوآب، مرند و ... در معرض حداکثر خطرپذیری از طوفان‌های ریزگرد، قرار دارند و شهرهایی هم چون بناب که جهت باد در آن غربی می‌باشد در اوج خطرپذیری قرار دارند. بر اساس اطلاعات آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۵- ۱۳۹۴ (جلد اول)، آذربایجان

[1] Seyyednejad
[2] Kameswaran
[3] Irwe
[4] Ram
[5] Sarma
[6] Sharifi
[7] Shedding Effect
[8] Ulrichs
[9] Borka

شرقی۶/۵۶ درصد از اراضی زراعی آبی و دیم کشور و تولید ۲/۸ میلیون تن معادل۳/۶۲ درصد از محصولات زراعی کشور را به خود اختصاص داده است. در استان اذربایجان شرقی سطح زیر کشت گندم ۴۳۷۴۵۰ هکتار و تولید گندم ۸۶۳۱۶۸ تن می‌باشد. سطح زیر کشت ذرت ۳۹۴ هکتار و تولید ذرت ۲۹۱۵ تن و سطح زیر کشت نخود ۳۰۷۳۱ هکتار و تولید نخود ۱۸۷۲۸ تن می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). بنابر نتایج به‌دست‌آمده از مدلسازی اقلیمی، مناطق جنوب و جنوب غربی دریاچه که از دسته‌ی مرغوب‌ترین و حاصلخیزترین مناطق زراعی و باغی هستند، در معرض بیشترین تهدید ریزگرد حامل نمک دریاچه‌ی ارومیه خواهند بود. گندم، خیار، پیاز و سیب‌زمینی ازجمله محصولات کشاورزی شهرستان تبریز هستند. کاهش تولید این محصولات استراتژیک اثرهای منفی بر چرخه اقتصادی منطقه خواهد گذاشت. بنابراین انتخاب و کشت گونه مقاوم در برابر ریزگرد که کاهش محصول نشان ندهد، کشاورز را در برابر این پدیده اقلیمی ناخواسته بیمه خواهد نمود. باتوجه به‌اینکه تاکنون پژوهش‌های خاصی در این استان روی اثر ریزگرد حاصل از خشک‌شدن دریاچه ارومیه بر عملکرد گیاهان زراعی اطراف آن صورت نگرفته است و باتوجه به تنوع گسترده محصولات زراعی و باغی در استان آذربایجان شرقی، بررسی تأثیر آن بر فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاهان در یافتن راهکار مناسب برای مقابله با این معضل مفید خواهد بود. کاشت گیاهان با قابلیت تحمل قرارگیری در معرض ریزگرد، به‌ویژه گیاهان زراعی مناسب در این نواحی می‌تواند راهکار استراتژیک مناسبی در مواجهه با این معضل آب‌وهوایی باشد. باتوجه به‌شدت پدیده ریزگرد و تأثیرهای آن بر پوشش گیاهی، این پژوهش تلاش دارد تأثیرهای ریزگردها را بر فیزیولوژی سه نمونه از گیاهان زراعی و استراتژیک منطقه یعنی گندم تک‌لپه با تیپ فتوسنتزی C3، ذرت تک‌لپه با تیپ فتوسنتزیC4 و نخود از گیاهان دولپه، مقایسه و بررسی نموده و در پایان گونه یا گونه‌های مقاوم یا بردبار جهت کشت در مزارع در معرض ریزگرد را معرفی نماید.

داده‌ها و روش‌ها

الف) کشت گیاهان

بذرهای سالم سه گیاه گندم (.Triticum aestivum L)، ذرت (.Zea mays L) و نخود (.Cicer arietinum L) به‌عنوان نمونه گیاهان زراعی منطقه (تک‌لپه C3 ، تک‌لپه C4 و دولپه به‌ترتیب) انتخاب و با محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪ ضدعفونی و با آب مقطر شستشو داده شدند. بذرها پس از ۲۴ ساعت خیساندن در آب مقطر به گلدان‌های حاوی خاک مرغوب کشاورزی انتقال یافته و با آب خالص آبیاری شدند. این بررسی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور گیاه (گندم، ذرت و نخود) و ریزگرد (۰ و ۱۰ گرم بر مترمربع) با ۳ تکرار انجام شد. گلدان‌های حاوی بذرها در در شدت نور ۱۵۰۰۰ لوکس و رطوبت حدود ۲۵-۳۵٪ و شرایط نوری تنظیم‌شده ۱۴ ساعت نور و ۱۰ ساعت تاریکی و دمای ۲±۲۷ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه نگهداری شدند. گیاهان تا روز ۲۷ به‌خوبی رشد کردند و سپس به مدت ۳ روز متوالی در معرض تنش ریزگرد نمکی قرار گرفتند. برای اعمال تیمار به مقدار ۱۰ گرم ریزگرد نمکی در هر متر مربع، توزین و استفاده شد. برای اعمال تیمار ریزگرد و ایجاد باد مصنوعی اتاقکی از مقوا درست شد و به کمک پره‌های فن برقی که در قسمت بالایی اتاقک قرار گرفت باد مصنوعی شبیه‌سازی شد. پس از ۲۰ روز برداشت و سنجش صفات موردنظر انجام گرفت. جهت تهیه ریزگرد کاملاً مشابه آنچه در طبیعت منطقه گیاهان را تهدید می-

کند، از خاک نرم و شور منطقه جبل‌کندی که کانون گسترش این گردوغبارها در منطقه است، استفاده شد. روستای جبل‌کندی در ۴۰ کیلومتری شمال ارومیه واقع شده که از روستاهای مشرف به دریاچه ارومیه است. در یک کیلومتری این روستا،۳۰۰ هکتار از زمین‌ها به شن‌های روان مبدل شده که روز به روز بر تپه‌های آن‌ها افزوده می‌شود. این تپه‌های شنی، تهدیدی جدی برای روستاها و باغات منطقه به شمار می‌رود. بادهای نمکی، بلای جان شمال‌غرب کشور است. با بحران خشک‌شدن دریاچه ارومیه، بحث ریزگردهای نمکی نه‌تنها اهالی منطقه آذربایجان‌غربی، بلکه زندگی و کشاورزی منطقه شمال‌غرب کشور را تحت تأثیر قرار داده و سلامت مردم را دچار خطر می‌کند. ریزگردها از مخرب‌ترین مشکلات زیستی محسوب می‌شوند، زیرا بر تمام گونه‌های گیاهی و جانوری تأثیر داشته و ارزش اکولوژیکی و اقتصادی آنها را تهدید می‌کنند. خاک در آزمایشگاه از توری بسیار ریز عبور داده شد تا ذرات با قطر در حدود ۱۰ میکرون و کمتر از آن عبور نمایند. از غبار به‌دست‌آمده برای اعمال تیمار استفاده شد. با استفاده از لوپ (استرئومیکروسکوپ) از رسوب ریزگرد روی برگ‌ها اطمینان حاصل شد.

ب) سنجش پارامترهای رشد، شاخص بردباری (TI) و نسبت ریشه به بخش‌هوایی (R/S)

وزن تر ریشه و بخش‌هوایی گیاهان با ترازوی حساس وزن شد. سپس نمونه‌ها برای اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. شاخص بردباری کل (TI) معیاری برای مقایسه وزن خشک گیاهان تحت تنش و گیاهان شاهد می‌باشد که فاقد واحد است. شاخص بردباری کل شامل دو بخش شاخص بردباری ریشه (TI root) و شاخص بردباری بخش‌هوایی (TI shoot) می‌باشد. روش محاسبه شاخص‌های یادشده در معادلات زیر ارائه شده است.

(۱) وزن خشک شاهد / وزن خشک تیمار= TI

(۲) وزن خشک ریشه شاهد / وزن خشک ریشه تیمار = TI root

(۳) وزن خشک بخش‌هوایی شاهد/ وزن خشک بخش‌هوایی تیمار = TI shoot

(۴) وزن خشک کل بخش‌هوایی / وزن خشک کل ریشه‌ها= R/S[1]

ج) سنجش محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی

۰/۲ گرم بافت تازه برگی‌تر در ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص یکنواخت و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. میزان جذب نوری محلول حاصل (محتوی عصاره کلروفیل خام) در طول موج‌های ۶۶۱/۶، ۶۴۴/۸ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده و غلظت رنگدانه‌ها برحسب mg/g وزن تر محاسبه و گزارش شد. روابط زیر برای محاسبه مقادیر کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها مورد استفاده قرار گرفت (لیچتنتالر[2]، ۱۹۸۷).

$$\text{Chl } a = 11.24\ (A661.6) - 2.04\ (A644.8) \qquad (۵)$$

[1] Root/Shoot
[2] Lichtenthaler

$$\text{Chl } b = 20.13\ (A644.8) - 4.19\ (A661.6) \quad (۶)$$

$$\text{Car} = [1000\ (A_{470}) - 1.90\ \text{Chl } a - 63.14\ \text{Chl } b] / 214 \quad (۷)$$

$$\text{total Chl} = \text{Chl } a + \text{Chl } b \quad (۸)$$

A= جذب در طول موج مشخص

د) سنجش محتوای قندهای محلول

جهت سنجش مقدار قند محلول ۰/۱گرم بافت خشک توزین و با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ همگن و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۱۰۰میکرولیتر از مایع رویی با ۳ میلی‌لیتر محلول آنترون (۰/۱۵ گرم آنترون در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪) مخلوط و ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش استراحت داده شد. پس از قراردادن مخلوط واکنش در آب یخ به‌منظور توقف واکنش، میزان جذب محلول در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد. غلظت قند هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز خالص تعیین و با واحد mg/g وزن تر گزارش شد (جوزف و رو[1]، ۱۹۵۵).

ه) سنجش محتوی پروتئین‌های محلول کل

برای تعیین غلظت پروتئین کل ۰/۱ گرم از بافت خشک به کمک ۳ میلی‌لیتر بافر Tris-HCl (pH= ۶/۸) همگن و به مدت یک ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (یخچال) نگهداری شد. پس از سانتریفیوژ در ۱۳۰۰۰ دور به‌مدت ۱۵ دقیقه، ۱۰۰میکرولیتر از مایع رویی با ۹۰۰ میکرولیتر محلول بردفورد مخلوط گردید. به مخلوط حاصل ۵ دقیقه در دمای آزمایشگاه استراحت داده شد و بعد میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین گردید. محتوی پروتئین‌ها با استفاده از منحنی استاندارد سرم آلبومن گاوی (BSA) تعیین و غلظت پروتئین‌های محلول کل بر اساس mg/g وزن خشک گزارش شد (بردفورد[2]، ۱۹۷۶).

و) آنالیز آماری

برای تجزیه‌وتحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 17 استفاده شد. با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه داده‌ها تجزیه‌وتحلیل شده و مقایسه میانگین‌های همه صفات مورد سنجش با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. با توجه به اندازه‌گیری صفات وزن تر و خشک و محتوی پروتئین و قند، در اندام‌های ریشه و بخش‌هوایی هر گونه گیاهی به‌صورت مجزا، جدول آنالیز واریانس این صفات به‌صورت جدول ۱ ارائه گردید. ولی چون سنجش رنگدانه‌ها فقط در برگ‌های گیاهان صورت گرفت و همچنین مقایسه رنگدانه‌های گیاهان گونه‌های مختلف باهم منطقی نیست، جدول آنالیز واریانس رنگدانه‌ها به‌صورت جدول ۲ ارائه شد. ترسیم و تهیه شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

1 Joseph& Roe
2 Bradford

یافته‌های پژوهش

رسوب ریزگرد بر سطح برگ‌های گیاهان

شکل ۱ نمایان‌گر رسوب ذرات ریزگرد بر سطح برگ گیاهان تحت تیمار است. به این ترتیب از رسوب ریزگرد روی برگ‌ها اطمینان حاصل شد (شکل ۱),



شکل ۱: تصویر رسوب گردوغبار روی برگ ذرت، گندم و نخود

تأثیر ریزگرد بر رشد

جدول ۱ تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در ریشه و بخش هوایی سه گیاه مورد آزمایش را نمایش می‌دهد.

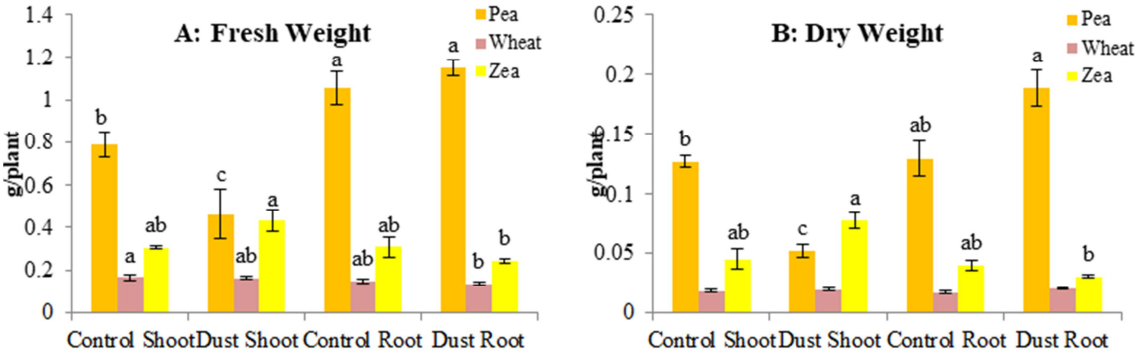
جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد سنجش در گونه‌گیاهی (گندم، ذرت و نخود) تحت تأثیر گردوغبار (اعداد ارایه شده در جدول میانگین مربعات می‌باشند.)

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر	وزن خشک	محتوی پروتئین	محتوی قند
گونه‌گیاهی (گندم، ذرت و نخود)	۲	۱/۶۰۷**	۰/۰۴۲**	۱/۵۴۱**	۱۴۱/۲۰۸**
گردوغبار	۱	۰/۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۴^{ns}	۶/۸۱۹^{ns}
اندام‌گیاهی (ریشه/بخش هوایی)	۱	۰/۱۱۴**	۰/۰۰۴**	۷/۹۸۷**	۷۱/۳۱۲**
گونه‌گیاهی × گردوغبار	۲	۰/۰۲۴^{ns}	۰/۰۰۷۲۵^{ns}	۰/۲۸۷*	۸/۸۹۲*
گونه‌گیاهی × اندام‌گیاهی	۲	۰/۲۶۵**	۰/۰۱**	۰/۹۷**	۶/۱۶*
گردوغبار × اندام‌گیاهی	۱	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۴**	۰/۳۹۹*	۱۸/۷۷۵*
گونه‌گیاهی × گردوغبار × اندام‌گیاهی	۲	۰/۰۶۲**	۰/۰۰۹**	۰/۰۹۲^{ns}	۱۹/۲۸۷**
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰	۰/۰۸۱	۱/۶۳۱
درصد ضریب تغییرات		۷۷/۲۹	۸۵/۲۳۱	۶۰/۴۱۹	۳۸/۸۸
R^2		۰/۹۵۰	۰/۹۸۱	۰/۸۸۰	۰/۹۲۰

ns اثر بی‌معنی، *اثر در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار و **اثر در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

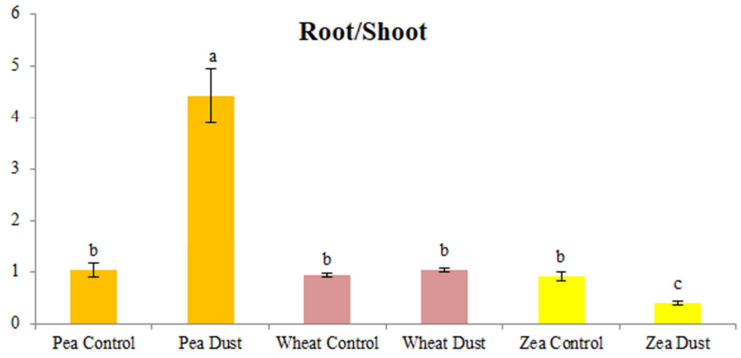
وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی گیاهان شاهد و تیمار گندم، ذرت و نخود در پایان دوره آزمایش اندازه‌گیری و به‌صورت میانگین ۳ تکرار±خطای استاندارد (SE) گزارش شد. اعمال تیمار ریزگرد موجب کاهش معنی‌دار وزن تر

ریشه گندم و بخش هوایی نخود شده است (شکل ۲A)، وزن خشک گندم و ذرت تحت تأثیر اعمال ریزگرد تغییر نکرده است ولی وزن خشک بخش هوایی نخود کاهش معنی‌دار و چشمگیر داشته است (شکل ۲B). همان‌طور که از داده‌های مندرج در جدول ۱ مشخص است، اثرهای متقابل سه جانبه گیاه، گردوغبار و اندام‌گیاهی بر وزن تر و خشک گیاهان در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است .



شکل ۲: اثر ریزگرد روی وزن تر (A) و وزن خشک (B) ریشه و بخش هوایی نخود ، گندم و ذرت

همچنین محاسبه نسبت وزن خشک ریشه بر وزن خشک بخش هوایی (R/S) نخود، گندم و ذرت حاکی از افزایش قابل‌ملاحظه این نسبت در نخود، عدم تغییر آن در گندم و کاهش این نسبت در ذرت می‌باشد که نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است.

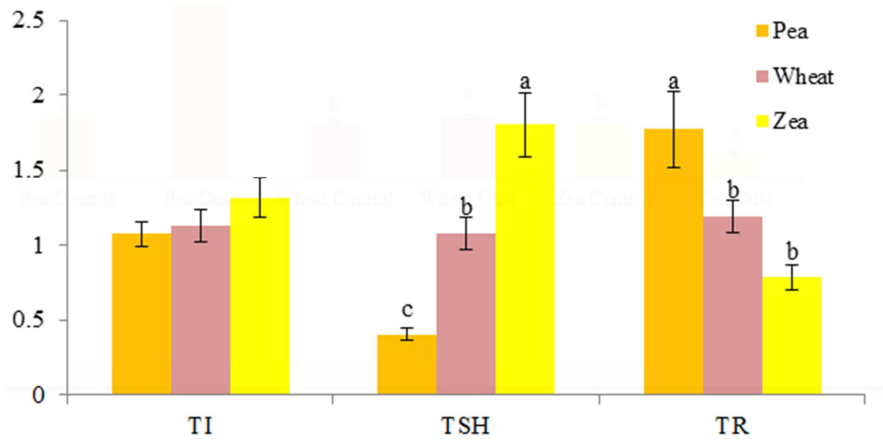


شکل ۲: اثر ریزگرد روی نسبت وزن ریشه بر وزن بخش هوایی نخود، گندم و ذرت

تأثیر ریزگرد بر شاخص بردباری

اعمال ریزگرد برگیاهان مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر شاخص بردباری کل آنها نداشت (شکل ۴)، در صورتی‌که اعمال ریزگرد برگیاهان مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر شاخص بردباری ریشه و بخش هوایی گذاشت. چنانچه در شکل ۴ مشاهده می‌شود، ریزگرد موجب کاهش شاخص بردباری ریشه گندم و ذرت و افزایش شاخص بردباری ریشه

نخود شده است. همچنین روند کاملاً برعکس در مورد شاخص بردباری بخش هوایی گیاهان وجود دارد. شاخص بردباری بخش هوایی نخود کاهش و شاخص بردباری بخش هوایی گندم و ذرت افزایش یافته است.



شکل ۳: اثر ریزگرد روی شاخص بردباری کل (TI)، شاخص بردباری بخش هوایی (TSH) و شاخص بردباری ریشه (TR) نخود، گندم و ذرت

تأثیر ریزگرد بر رنگیزه‌های فتوسنتزی

جدول ۲ تجزیه واریانس رنگدانه‌های سه گیاه مورد آزمایش را به‌صورت جداگانه نمایش می‌دهد.

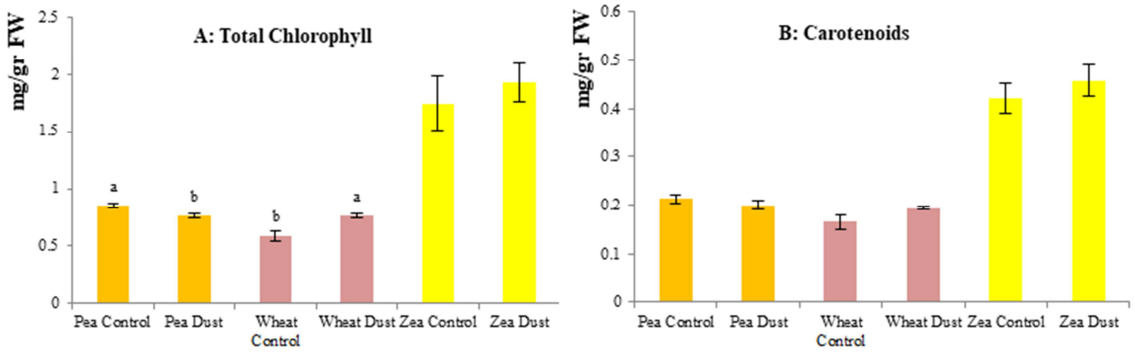
جدول ۲: تجزیه واریانس رنگدانه‌ها در سه گونه‌گیاهی (گندم، ذرت و نخود) تحت تأثیر گردوغبار (اعداد ارایه شده در جدول میانگین مربعات می‌باشند.)

گونه‌گیاهی	منابع تغییر	درجه آزادی	مقدارکلروفیل *a*	مقدارکلروفیل *b*	کلروفیل کل	مقدارکاروتنویید کل	کلروفیل *a*/کلروفیل *b*
گندم	گردوغبار	۱	۰/۰۲۸*	۰/۰۰۲*	۰/۰۴۶*	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۶ns
	خطای‌آزمایش	۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۳۲
	درصد ضریب تغییرات		۱۶/۷۷۱	۱۵/۸۹	۱۶/۴۶۷	۱۲/۵۴۱	۴/۶۸۷
	R^2		۰/۷۴۰	۰/۷۴۲	۰/۷۵۰	۰/۵۰۵	۰/۰۴۸
ذرت	گردوغبار	۱	۰/۰۵۹ns	۰/۰۰۰ns	۰/۰۵ns	۰/۰۰۲ns	۰/۴ns
	خطای‌آزمایش	۴	۰/۰۷	۰/۰۱۲	۰/۱۳۱	۰/۰۰۳	۰/۲۶۷
	درصد ضریب تغییرات		۱۷/۷۴۳	۲۶/۵۸۶	۱۸/۴۲۷	۱۲/۱۷۲	۱۳/۴۶۴
	R^2		۰/۱۷۳	۰/۰۰۷	۰/۰۸۷	۰/۱۴۳	۰/۲۷۳
نخود	گردوغبار	۱	۰/۰۱۶**	۰/۰۰۰ns	۰/۰۱۲*	۰/۰۰۰ns	۰/۷۷۶*
	خطای‌آزمایش	۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۸۵
	درصد ضریب تغییرات		۹/۹۳۹	۹/۵۳۱	۷/۰۴۷۷	۷/۸۹۰	۱۶/۳۳۶
	R^2		۰/۹۰۶	۰/۱۵۶	۰/۷۳۴	۰/۱۹۲	۰/۶۹۴

ns اثر بی‌معنی ، *اثر در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار و **اثر در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

نتایج حاصل از اثرهای ریزگرد روی محتوای کلروفیل کل نشان داد که ریزگرد موجب تغییر معنی‌دار محتوای کلروفیل کل نخود و گندم داشت. چنانچه در جدول ۲ و شکل 5A مشخص است، اعمال ریزگرد مقدار کلروفیل کل

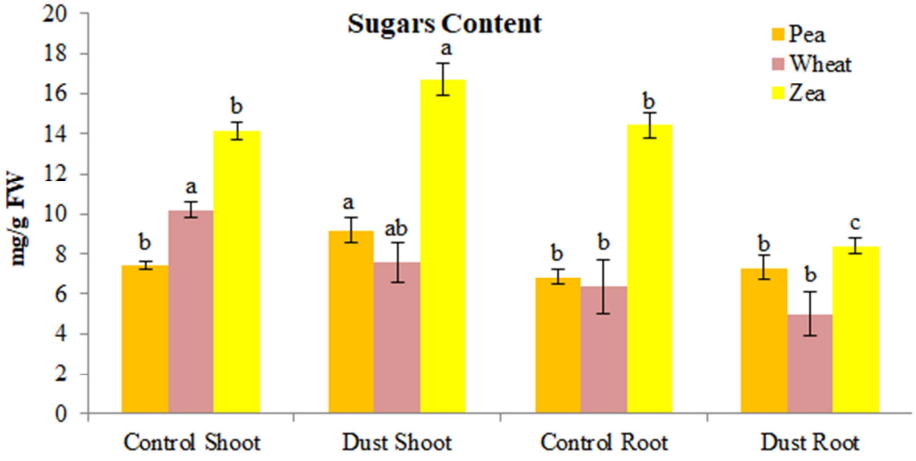
نخود را کاهش و مقدار کلروفیل کل گندم را افزایش داده است. در صورتی‌که محتوای کلروفیل کل ذرت تحت تیمار ریزگرد تغییر معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (جدول ۲). به‌عبارت بهتر، باتوجه به این نکته که محتوی کلروفیل گیاه C4 ذرت (کنترل) تقریباً دو برابر گیاهان C3 نخود و گندم می‌باشد، ذرت با دارا بودن ساختار کرانز و جداکردن بخش نوری فتوسنتز در سلول‌های عادی مزوفیل و بخش مستقل از نور در سلول‌های غلاف آوندی، به‌خوبی با مقادیر کم تابش و دی‌اکسیدکربن سازگار شده است و نیازی به تغییردادن مقادیر کلروفیل نداشته است. بنابراین شاهد ثبات محتوای کلروفیل کل ذرت نسب به گندم و نخود هستیم. نتایج حاصل از اثرهای ریزگرد روی محتوای کاروتنوئید نشان داد که ریزگرد تأثیر معنی‌داری بر محتوای کاروتنوئید برگ نخود، گندم و ذرت نداشته‌است. محتوای کاروتنوئید در گیاه ذرت تقریباً دوبرابر محتوای کاروتنوئید گندم و نخود بود (شکل 5B).



شکل ۴: اثر ریزگرد روی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی: کلروفیل کل (A) و کاروتنوییدها (B) برگ نخود، گندم و ذرت

تأثیر ریزگرد بر محتوی کربوهیدرات

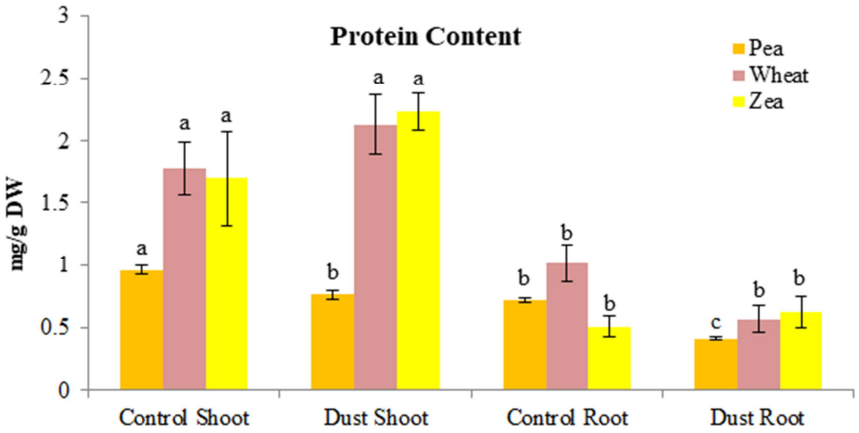
نتایج حاصل از اثرهای ریزگرد بر محتوای قند محلول ریشه و بخش هوایی نخود نشان داد که تیمار ریزگرد موجب افزایش معنی‌دار قند محلول بخش هوایی نخود شد ولی تأثیر معنی‌داری بر محتوای قند محلول ریشه نداشته است (شکل۶)؛ اما اثرهای برهمکنشی دوجانبه و سه جانبه نوع گیاه، تیمار گردوغبار و اندام گیاه بر محتوی قند معنی‌دار بوده است (جدول ۱). در گندم اساساً محتوای قند محلول ریشه کمتر از محتوای قند محلول بخش هوایی بوده است و قرار گرفتن در معرض ریزگرد موجب کاهش جزئی و غیر معنی‌دار محتوای قند محلول شد، همچنین ریزگرد موجب افزایش قند محلول بخش هوایی و کاهش قند محلول ریشه ذرت شد.



شکل ۵: اثر ریزگرد روی محتوای قند محلول گیاهان نخود، گندم و ذرت

تأثیر ریزگرد بر محتوای پروتئین

نتایج حاصل از اثر ریزگرد بر محتوای پروتئین کل اندام‌های نخود نشان داد که ریزگرد موجب کاهش معنی‌دار محتوای پروتئین کل هم بخش هوایی و هم ریشه‌های نخود نسبت به شاهد شد. این کاهش در مورد ریشه‌ها شدیدتر است (شکل۷). نتایج حاصل از اثر ریزگرد بر محتوای پروتئین کل ریشه و بخش هوایی گندم نشان داد که ریزگرد تأثیر معنی‌داری بر آن نداشته است، هرچند افزایش جزئی در پروتئین بخش هوایی و کاهش جزئی در پروتئین ریشه دیده می‌شود؛ ولی این تغییرها از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشند. همچنین نتایج حاصل از تأثیر ریزگرد بر محتوای پروتئین کل ذرت نشان داد که محتوای پروتئین کل ذرت هیچ تغییر معنی‌داری در شرایط ریزگرد نسبت به گیاهان شاهد متحمل نشدند؛ ولی محتوی پروتئین بخش هوایی ذرت بیش از دو برابر پروتئین ریشه است (شکل ۷). همچنین باید توجه داشت که اثرهای متقابل سه جانبه گیاه، گردوغبار و اندام‌گیاهی بر محتوی پروتئین گیاهان معنی‌دار نیست (جدول ۱).



شکل ۶: اثر ریزگرد روی محتوای پروتئین گیاهان، نخود، گندم و ذرت

نتایج و بحث

رسوب ریزگرد بر سطح گیاهان

طوفان‌های ریزگرد مجموعه‌ای از ذرات با قطر کمتر از ۵۰۰ میکرومتر می‌باشند که اغلب ذرات ۲/۵ الی ۱۰ میکرون ازنظر فراوانی در جو بیشترند و بر گیاهان تأثیر بیشتری می‌گذارند. فاکتورهای متعددی بر رسوب ذرات ریزگرد معلق در هوا بر سطح برگ مؤثرند (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۵). گیاهان هیچ گزینه‌ای جز ایستادگی در مواجهه با ریزگرد ندارند و نسبت به تنش ریزگرد واکنش‌های متفاوتی ازجمله حساسیت، تحمل یا مقاومت نشان دهند. کمیت و کیفیت تغییرهای فیزیولوژیکی تعیین‌کننده نوع واکنش گیاه به آلودگی می‌باشد. ازجمله پارامترهای فیزیولوژیکی درگیر و مؤثر می‌توان به تخریب رنگدانه، آسیب غشایی، تولید متابولیت‌های آنتی‌اکسیدان و تغییر در فعالیت آنزیم-های آنتی‌اکسیدان اشاره کرد که در نهایت منجر به تغییر در رشد گیاه می‌شود. سایر عوامل جانبی مانند وضعیت آبی گیاه، نور، دمای محیط و در دسترس‌بودن مواد مغذی و غیره ممکن است پاسخ گیاهان به ریزگرد را تحت تأثیر قرار دهد.

ویژگی‌های مورفولوژیکی گونه‌های مختلف گیاهی مانند زبری یا صافی سطح برگ، چیدمان سلول‌های اپیدرمی و تراکم، طول و فراوانی کرک‌های روی سطوح (پشتی و شکمی) برگ، اندازه و فراوانی روزنه‌ها میزان دریافت و به دام-انداختن ریزگرد توسط برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سطوح برگی که صیقلی بوده و دارای بلورهای موم می‌باشند، کمترین مقدار گردوغبار را می‌پذیرند (آنالوژه[1] و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین بیان شده که خصوصیت‌های مورفولوژیکی همراه با جهت‌گیری برگ در محور اصلی، شکل و اندازه (سطح برگ) برگ نیز نقش مهمی دارد. گونه-های گیاهی ازنظر توانایی به دام‌اندازی ذرات ریزگرد تفاوت چشمگیری دارند (کومار[2] و همکاران، ۲۰۱۳). قابلیت تحرک برگ نیز ویژگی حائز اهمیت در این مورد است. برگ‌هایی که دمبرگ‌های بلند دارند، با حرکت جزئی هوا به راحتی حرکت می‌کنند و تکان می‌خورند و ازاین‌رو چنین برگ‌هایی مقادیر کمتری از گردوغبار را در خود نگه دارند. در مقابل، برگ‌هایی با دمبرگ‌های کوتاه می‌توانند در برابر جریان هوا مقاومت کنند و جابه‌جا نشوند، پس می‌تواند مقادیر نسبتاً بیشتری از گردوغبار را در خود نگه دارد (رام[3] و همکاران، ۲۰۱۵). طول، عرض و سطح برگ در اینکه کدام قسمت برگ در معرض ریزگرد قرار می‌گیرد و کدام بخش در معرض نیست، در گیاهان مختلف تفاوت زیادی دارد (کابونگگ[4] و همکاران، ۲۰۱۷). باتوجه به تصاویر گرفته‌شده از سطوح برگی گیاهان مورد مطالعه، به‌نظر می‌رسد ریزگردها به مقدار فراوان روی برگ هر سه گیاه نشسته‌اند. برگ هر سه گیاه دارای کرک می‌باشند و هیچ کدام از این گیاهان زراعی برگ‌هایی با پوشش مومی و لغزنده ندارند. از این رو ذرات ریزگرد روی برگ‌ها مستقر شده‌اند. همچنین موقعیت برگ نسبت به ساقه و درجه گستردگی آن تأثیر بسزایی روی این عمل دارد. برگ‌های ذرت حالت افراشته-تری نسبت به گندم دارند و برگ‌های نخود کاملاً گسترده‌اند. در برخی مطالعات تجمع ریزگرد را براساس ویژگی برگ گیاهان گزارش کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال فارمر و همکاران، بیشترین تجمع ریزگرد را در *Grewia optiva* مشاهده

[1] Analojeh
[2] Kumar
[3] Ram
[4] Cabungcag

کردند و این امر را به سطح خشن برگ، شکل تخم‌مرغی و دمبرگ کوچک این گونه نسبت دادند. درحالی‌که مقدار کم رسوب ریزگرد روی *Toona ciliata* به صافی سطح و روکش مومی روی برگ‌ها نسبت داده شد (فارمر[1]،۱۹۹۳).

تأثیر ریزگرد بر رشد و تولید گیاهی

نتایج مربوط به وزن تر و خشک نمونه‌ها (شکل ۲) به وضوح از مقاومت بالای ذرت و حتی بهبود وضعیت رشدی آن حکایت می‌کند. به‌طوری‌که وزن تر و خشک بخش هوایی ذرت افزایش معنی‌دار و قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. گیاه گندم چندان تحت تأثیر تیمار ریزگرد قرار نگرفته است و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه آن تغییرهای مشخص و معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. ولی گیاه نخود تحت تیمار ریزگرد با کاهش رشد محسوس و معنی‌داری به‌ویژه در بخش هوایی مواجه شده است. وزن تر و خشک گیاه به‌عنوان یک نماد جهت بررسی میزان رشد مورد استناد قرار می‌گیرد. افزایش وزن تر می‌تواند به‌صورت غیرمستقیم حاکی از رشد گیاه باشد؛ ولی از آنجایی که میزان آب بافت‌ها در وزن خشک دخالتی ندارد، بنابراین وزن خشک معیار مناسب‌تری برای اندازه‌گیری رشد می‌باشد. زیرا آنچه در اندازه‌گیری وزن خشک سنجیده می‌شود، وزن مواد و ترکیباتی است که در اثر فعالیت‌های سوخت‌وسازی ساخته شده است و به احتباس آب در بافت‌ها مرتبط نیست.

همان‌طور که می‌دانیم گندم تک‌لپه C3 و ذرت تک لپه C4 است. همچنین طرز قرارگیری برگ‌های ذرت نسبتاً موازی ساقه اصلی است درحالی‌که برگ‌های گندم اغلب خمیده و با زاویه تقریباً ۴۵ الی ۵۰ درجه نسبت به ساقه اصلی قرار می‌گیرند. بنابراین باتوجه به وضعیت و مقدار ریزگردهای نشسته روی برگ‌ها، به نظر می‌رسد دلیل چنین اختلافی مقدار ریزگرد نشسته روی برگ نباشد. در هر دو نوع برگ ریزگردها موجب بسته‌شدن روزنه‌ها و محدودیت تبادلات گازی شده‌اند. بلکه چون ذرت C4 است و قادر است از مقادیر کم CO_2 نیز به خوبی بهره برده و نرخ فتوسنتز آن کاهش نیابد. مورد دیگر فراوانی روزنه‌ها در اپیدرم تحتانی ذرت نسبت به اپیدرم فوقانی است که کمتر تحت تأثیر ریزگرد قرار می‌گیرد. تراکم روزنه‌ها در اپیدرم تحتانی نخود بیشتر است (کاظمی اربط و رحیم‌زاده، ۱۳۶۵)؛ ولی نشست ریزگرد روی روزنه‌های هوایی اپیدرم فوقانی تأثیر بسزایی بر نرخ فتوسنتز و رشد و تولید نخود گذاشته است به‌طوری‌که موجب کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک بخش هوایی نخود شده است. فراوانی روزنه در دو سطح رویی و زیری برگ گندم تقریبا یکسان است (روحانی و همکاران، ۱۳۹۴). در اغلب برگ‌های دولپه که به حالت افقی قرار می‌گیرند و سطح پشتی و شکمی مشخص دارند، اپیدرم فوقانی خیلی کمتر از اپیدرم تحتانی روزنه دارد. بنابراین دلیل کاهش رشد نخود نمی‌تواند بسته‌شدن روزنه‌ها توسط ریزگرد باشد. به‌نظر می‌رسد به‌دلیل حالت افقی برگ و وجود کرک‌های فراوان بر سطح برگ نخود، ریزگردهای به دام افتاده روی سطح شکمی برگ موجب کاهش نفوذ نور به مزوفیل شده و از این طریق بر نرخ فتوسنتز و رشد، به‌ویژه وزن تر و خشک بخش هوایی گیاه تأثیر گذاشته است. به‌دلیل دوری اندام ریشه از تنش ریزگرد، بخش ریشه هیچ کدام از گیاهان تحت تأثیر این تیمار قرار نگرفته و تغییر خاصی نکرده است.

[1] Farmer

نسبت R/S نمادی از چگونگی تخصیص ماده خشک به بخش‌های مختلف گیاه است. افزایش نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی نخود در حضور ریزگرد نشانگر این است که این گیاه برای مقابله با اثرهای ریزگرد از راهکار افزایش رشد و گسترش و قوی‌ترکردن سیستم ریشه‌هایش بهره برده است و در این امر بسیار موفق عمل نموده که نتیجه آن افزایش شاخص تحمل ریشه نخود در تیمار ریزگرد و کاهش شاخص تحمل بخش هوایی نخود بوده است. هرچند که این افزایش و کاهش همزمان و هماهنگ موجب ثبات و عدم تغییر شاخص تحمل نخود شده است. باتوجه به نتایج تغییرهای قابل‌ملاحظه و معنی‌داری در نسبت R/S و شاخص تحمل گندم مشاهده نمی‌شود که ناشی از مقاومت خوب این گیاه در مقابل حضور ریزگرد در محیط رشد آن می‌باشد. ولی نکته جالب در مورد ذرت این است که در حضور ریزگرد رشد و تولید ماده تر و خشک بخش هوایی بهتر نیز شده است و تسهیم ماده خشک به ریشه کاهش یافته است. نتیجه رشد بیشتر بخش هوایی، کاهش نسبت R/S در این گیاه می‌باشد. همچنین افزایش شاخص تحمل بخش هوایی و کاهش آن در ریشه ناشی از رشد بیشتر و تسهیم بیشتر محصولات فتوسنتزی به بخش هوایی ذرت است. بنابراین می‌توان گفت گیاهان تک‌لپه نسبت به گیاهان دولپه مقاومت بالاتری به ریزگرد نشان می‌دهند و در بین گیاهان دولپه نیز گیاه با تیپ فتوسنتزی C4 حتی بهبود رشد نیز نشان می‌دهد و در این شرایط ازنظر فتوسنتزی و رشد و تولید، بهتر نیز عمل می‌کند. در مطالعه‌ای روی نخود نتایج مشابه مشاهده شده است (فعله‌کری و همکاران،۱۳۹۶).

تأثیر ریزگرد بر رنگیزه‌های فتوسنتزی

سنجش و اندازه‌گیری محتوی کلروفیل در سه گیاه مورد آزمایش در درجه اول نشان‌دهنده بالابودن محتوی این رنگدانه‌ها در ذرت است که گیاهی با تیپ فتوسنتزی C4 است. به‌عبارت بهتر، وجود ساختار کرانز و سلول‌های غلاف آوندی در برگ ذرت، دلیل بیش از دو و نیم برابربودن رنگدانه‌های ذرت نسبت به گندم و نخود می‌تواند باشد. ولی قرارگرفتن در معرض ریزگرد توانسته محتوی کلروفیل نخود را کاهش دهد که نشان از آسیب‌پذیری و حساسیت این رنگیزه در شرایط تنش و احتمالاً کاهش دریافت نور به‌دلیل سایه‌اندازی ریزگرد تجمع یافته روی برگ نخود است. کاهش مقدار رنگدانه باعث کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود. میزان فتوسنتز بستگی به کلروفیل‌های موجود در سلول-های مزوفیل برگ‌های گیاه دارد. تغییرهای ساختار کلروپلاست بر سرعت فتوسنتز و به‌دنبال آن، رشد تأثیر می‌گذارد. به‌نظر می‌رسد این گیاه راهکاری برای حفظ شرایط هموستازی خود ندارد. افزایش محتوی کلروفیل گندم در شرایط رسوب ریزگرد روی برگ‌های گندم شاید استراتژی مقابله این گیاه با شرایط پیش آمده است. باتوجه به بسته‌شدن روزنه‌های گندم و سایه‌اندازی ریزگرد روی مزوفیل همگن گندم، افزایش مقدار مهمترین رنگدانه فتوسنتزی برای ایجاد مقاومت در تنش استراتژی موفقی به‌نظر می‌رسد زیرا توانسته شاخص بردباری گندم را مشابه شرایط کنترل و بدون تغییر نگه دارد. ذرت با دارا بودن ساختاز کرانز و جداکردن بخش نوری فتوسنتز در سلول‌های عادی مزوفیل و بخش مستقل از نور در سلول‌های غلاف آوندی، به‌خوبی با مقادیر کم تابش و دی‌اکسیدکربن سازگار شده است و نیازی به تغییردادن مقادیر کلروفیل نداشته است. تخریب کلروفیل و بی‌رنگی برگ‌ها صدمه‌های قابل رویت ناشی از آلاینده‌های هوا هستند. محتوای کلروفیل نشان‌دهنده فعالیت فتوسنتزی در گیاهان است. گزارش شده است که کاهش رنگدانه‌های کلروفیل در شرایط تنش ممکن است به‌دلیل چندین واکنش فتوشیمیایی مانند اکسیداسیون،

احیاء و سفیدشدن[1] برگشت‌پذیر و یا تبدیل کلروفیل a به فئوفیتین[2] و یا از جداشدن فیتول از کلروفیل b باشد. برخی پژوهشگران نیز کاهش کلروفیل را به آسیب کلروپلاست و یا کاهش بیوسنتز کلروفیل نسبت دادند. کاهش میزان کلروفیل در گیاهانی که در معرض تنش آلودگی هوا قرار دارند مشاهده شده است (رام و همکاران، ۲۰۱۵) و به‌نظر می‌رسد علت آن آسیب به فتوسیستم II باشد (رنجبر و زندی[3]، ۲۰۱۷). کاهش سبزینگی برگ‌های گندم در شرایط مزرعه تحت تیمار ریزگرد دیده شد (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۵). گیاه برگ نو (حساس به ریزگرد) کلروفیل خود را جهت جبران کاهش جذب نوری در شرایط غبار افزایش داد (طاهری و همکاران، ۱۳۹۵). شستشوی سطح-برگ گندم جهت زدودن گردوغبار موجب افزایش غلظت پروتئین‌های محلول، کلروفیل b و کارتنوئیدها شد (شریفی و همکاران، ۲۰۱۹). هر چقدر گیاه حساس‌تر باشد و برگ‌ها مقدار بیشتری ریزگرد را در سطح برگ خود پذیرفته باشند، میزان کلروفیل کاهش بیشتری را نشان می‌دهد (ایرو و همکاران،۲۰۱۷، سرما و چاندا، ۲۰۱۷، کابونکگ و همکاران، ۲۰۱۷).

همچنین بر اساس نتایج (شکل ۵)، به‌طورکلی اعمال تیمار ریزگرد هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری در محتوای کارتنویید برگ‌های نخود، گندم و ذرت ایجاد نکرده است. کاروتنوئیدها رنگیزه‌های محلول در چربی موجود در غشای کلروپلاستی هستند که نقش‌های متنوع و متعددی در سوخت‌وساز گیاه دارند. علاوه بر جذب نور به‌عنوان رنگیزه‌های کمکی، دستگاه فتوسنتزی را از فوتون‌های پرانرژی مضر محافظت می‌نمایند. به‌نظر می‌رسد تجمع ریزگرد روی سطح برگ گیاهان مورد آزمایش تأثیری بر این رنگدانه نداشته است. نتایج مشابه در مطالعه طاهری و همکاران ۲۰۱۶ نیز به‌دست آمد (آنالوژه و همکاران، ۲۰۱۶). آزمایش روی برگ‌های پنبه نیز نشان داد که با افزایش رسوب گردوغبار نمکی، محتوای کاروتنوئید افزایش جزئی و غیر معنی‌داری پیدا کرد (ابوداویلی و ژائویونگ، ۲۰۱۵) که مشابه نتایج حاصل از این پژوهش است.

تأثیر ریزگرد بر محتوی قندهای محلول

براساس نتایج تأثیر ریزگرد بر محتوی قندهای محلول (شکل ۶)، قرارگرفتن در معرض ریزگردها موجب کاهش قند بخش هوایی و ریشه گندم شد که البته این کاهش غیرمعنی‌دار بود. به‌عبارت‌دیگر، چون گندم توانسته با افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، نرخ فتوسنتز و ماده‌سازی را حفظ کند و به‌دلیل اینکه اولین محصولات فتوسنتزی قندها هستند، تغییر مهمی در محتوی قند بخش‌های مختلف گندم مشاهده نمی‌شود. بر طبق همین نتیجه‌گیری چون فتوسنتز ذرت آسیب ندیده است، بنابراین تولید قند در ذرت ادامه می‌یابد؛ ولی چون رشد ریشه کمتر از رشد بخش هوایی است، پس مقدار بیشتر قند به بخش هوایی اختصاص یافته است و ازاین‌رو محتوی قند بخش هوایی ذرت افزایش و محتوی قند ریشه ذرت کاهش نشان می‌دهد. در مورد گیاه نخود که ظاهراً در مقابل تنش ریزگرد حساس‌تر از دو گیاه دیگر است و کاهش رشد نشان می‌دهد، افزایش مقدار قند بخش هوایی می‌تواند حاکی از تلاش گیاه برای جبران مشکلات و اختلال‌های ناشی از تجمع ریزگرد در سطح برگ باشد. زیرا به‌نظر می‌رسد سایه‌اندازی ریزگرد تولید انرژی را در برگ‌های نخود مختل کرده است.

[1] Bleaching
[2] Pheophytin
[3] Ranjbar& Zandi

قندهای محلول یکی از مهمترین ترکیبات و منابع انرژی برای همه موجودات زنده هستند. گیاهان این ترکیبات آلی را طی فتوسنتز می‌سازند و طی تنفس می‌شکنند. کاهش قندهای محلول در گیاهان در معرض آلودگی هوا گزارش شده است. غلظت قندهای محلول نشان‌دهنده فعالیت فیزیولوژیک یک گیاه است و حساسیت گیاه به تنش ریزگرد را تعیین می‌کند. کاهش قندهای محلول در گیاهان محیط‌های آلوده، می‌تواند به افزایش تنفس و کاهش تثبیت دی اکسیدکربن در اثر کاهش کلروفیل مرتبط باشد (سیدنژاد و همکاران، ۲۰۱۱).

منابع

آروین (اسپنانی) عباسعلی، چراغی صدیقه، چراغی شهرام (۱۳۹۲)، بررسی تأثیر گردوغبار بر روند کمی و کیفی رشد نیشکر واریته-P57 614، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، دوره ۴۵، شماره۳، صفحات ۹۵-۱۰۶.

بهرامی حسینعلی، میرزایی سهام، درویشی بلورانی علی، درویش‌زاده روشنک، علوی‌پناه سیدکاظم (۱۳۹۴)، بررسی تأثیر ریزگردها در بازتابندگی طیفی تاج‌پوشش گندم. سنجش‌ازدور و GIS ایران سال هفتم شماره ۴ (پیاپی ۲۸)، صفحات ۱۳-۲۵.

بیات رضا، جعفری سمیه، قرمزچشمه باقر، چرخابی امیرحسین (۱۳۹۵)، مطالعه تأثیر ریزگردها بر تغییرات پوشش گیاهی (مطالعه موردی: تالاب شادگان، خوزستان). فصلنامه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره هفتم شماره ۲ صفحات ۱۷- ۳۲.

تراهی عزیز، ارزانی کاظم (۱۳۹۶)، مطالعه اثرات گردوغبار بر گرده‌افشانی و میوه‌نشینی نخل خرما (Phoenix dactylifera L.)، تولیدات گیاهی. دوره ۴۰ شماره ۲، صفحات ۶۳-۷۴.

احمدی کریم، قلیزاده حشمت الله، عبادزاده حمیدرضا، حسین‌پور ربابه، عبدشاه هلدا، کاظمیان آرزو، رفیعی مریم، آمارنامه کشاورزی ۹۵-۹۴ جلد اول: محصولات زراعی، ۱۳۹۶، صفحه۸۶.

حمداله کاظمی اربط، رحیم‌زاده خوئی فرخ (۱۳۶۵)، تغییرات تراکم روزنه‌های برگ نخود درشرایط دیم و آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳و۴، شماره ۰ - شماره پیاپی ۱۲۵۷، صفحات ۱-۱۱.

روحانی لیلا، زمانی محمدجعفر، فتوت رضا (۱۳۹۴)، تنوع در ابعاد و تراکم روزنه ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی و شرایط نرمال. پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)، دوره ۲۸، شماره ۵ (ویژه‌نامه)، صفحات۹۸۶-۹۹۴.

ساعی خلیل (۱۳۹۶)، تأثیر ریزگردهای دریاچه ارومیه تا شعاع ۵۰۰ کیلومتری. کد خبر: ۷۴۴۷۲۰ تاریخ انتشار: ۱۵ آبان ۱۳۹۶ - ۰۶۰۹:۰۹

سیاحی ناجی، مسکرباشی موسی، حسیبی پیمان، شمیلی محمود (۱۳۹۴)، اثر ریزگردها بر فلئورسانس کلروفیل و خصوصیات فتوسنتزی نیشکر (Saccharum officinarum L.) در اهواز. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. دوره ۲۲ شماره ۳، صفحات ۲۷۷-۲۹۳.

شاهسونی عباس، یاراحمدی مریم، جعفرزاده حقیقی‌فرد نعمت الله، نعیم‌آبادی ابوالفضل نعیم آبادی، محمودیان محمدحسن، صاکی حامد، صولت حمدحسین، سلیمانی زهرا، ندافی کاظم (۱۳۸۹)، اثرات طوفان‌های گردوغباری بر سلامت و محیط‌زیست. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. دوره ۲ (شماره۴) صفحات ۴۵- ۵۶.

شمسی‌پور علی، نجیب‌زاده فهیمه، زارعی چقابلکی زهرا (۱۳۹۲)، مدل‌سازی عددی و شبیه‌سازی بادهای روی حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۵، شماره ۱، صفحات ۱۱۹-۱۳۴، بهار ۱۳۹۲.

شهبازی طیبه، سعیدی محسن، نصرتی ایرج، جلالی هنرمند سعید (۱۳۹۵)، بررسی اثر ریزگردها بر خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد ارقام مختلف گندم (Triticum sp.). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. جلد ۵ شماره۱۵، صفحات ۱۹۵-۲۰۴.

صفوت راد نیما، ولی‌زاده کامران خلیل، حجازی اسدالله (۱۳۹۵)، کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در مدلسازی پراکنش ذرات نمک ناشی از خشک‌شدن دریاچه ارومیه در شمال غرب کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

طاهری انالوجه اعظم، عظیم‌زاده حمیدرضا، مصلح آرانی اصغر، سودایی‌زاده حمید (۱۳۹۵)، بررسی برخی واکنش‌های فیزیولوژیکی گونه‌های برگ نو و کاج به تنش ریزگردها. نشریه محیط‌زیست طبیعی (مجله منابع طبیعی ایران). دوره ۶۹، شماره ۴، صفحات ۱۰۲۷-۱۰۳۹.

فعله‌کری حمزه، قبادی محمداقبال، قبادی مختار، جلالی هنرمند سعید، سعیدی محسن (۱۳۹۶)، تأثیر رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود (Cicer arietinum L.) در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم کرمانشاه. بوم‌شناسی کشاورزی، دوره ۹، شماره ۲، صفحات۵۴۴-۵۳۵.

کیانی سمانه، سیادت سید عطاالله ، مشایخی شهلا (۱۳۹۴)، ارزیابی اثر گردوغبار بر خصوصیات موفولوژی و فیزیولوژی رشد گیاهان. اولین کنفرانس بین‌المللی گردوغبار، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، اسفند۱۳۹۴.

گوهردوست اعظم (۱۳۹۴)، بررسی تأثیر ریزگرد بر روند رشد گیاه نیشکر جنوب خوزستان". اولین کنفرانس بین‌المللی گردوغبار، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، اسفند ۱۳۹۴.

محمدی‌نژاد جواد، خداقلی مرتضی (۱۳۹۲)، تحلیل آماری اثرات متقابل خشک‌سالی بر تشدید ریزگردها و عملکرد گندم در سطح اراضی دیم استان لرستان. مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۵، شماره ۳، صفحات ۲۱۴-۲۲۳.

مرادی محمد، رضازاده پرویز (۱۳۹۴)، بررسی فصلی میدان باد و گلماسه در اطراف دریاچه ارومیه. پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم،سازمان هواشناسی، تهران، ایران، بهمن۱۳۹۴.

ناجی حمیدرضا، بازگیر مسعود، نادری مصطفی (۱۳۹۷)، تأثیر گردوغبار در شرایط بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی بلوط ایرانی Quercus brantii Lindl. پژوهش‌های فرسایش محیطی. جلد ۸ شماره ۱ صفحات ۵۹-۷۳.

نوری غلامرضا، آقایی واحد (۱۳۹۱)، ارزیابی خطرات زیست‌محیطی مناطق حاشیه دریاچه ارومیه ناشی از نوسانات مرز پیرامونی طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۰. مخاطرات محیط طبیعی سال اول زمستان ۱۳۹۱ شماره ۲۱: صفحات ۷۹-۹۴.

Abuduwaili, J. and Z. Zhaoyong (2015), The disastrous effects of salt dust deposition on cotton leaf photosynthesis and the cell physiological properties in the Ebinur Basin in Northwest China. PloS one. 10 (5), 1-24. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124546.

Ahmed, S. (2007), Impact of air pollution on plant diseases–a review. Pakistan Journal of Phytopathology. 19,192-198.

Analojeh, A. T., H.-R. Azimzadeh, A. M. Arani and H. Sodaiezadeh (2016), Investigating and comparing short period impact of dust on physiological characteristics of three species of Pinus eldarica, Cupressus sempervirens, and Ligustrum ovalifolium. Arabian Journal of Geosciences. 9(4), 244,1-12. https://doi.org/10.1007/s12517-015-2241-5

Borka, G. (1981), Effect of cement-kiln dust on the maize plant. Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae, Budapest. 30, 289-295.

Bradford, M. M. (1976), A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry.72, 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3

Cabungcag, L., M. H. Madroñal, J. B. A. Olila, D. P. Quilatan and V. R. K. R. Galarpe (2017), Dust and chlorophyll contents of selected plant species along the highway in cagayan de oro city, philippines. Advanced Science, Engineering and Medicine. 9, 725-730. https://doi.org/10.1166/asem.2017.2062

Farmer, A. M. (1993), The effects of dust on vegetation-a review. Environmental pollution, 79(1): 63-75. https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90179-R

Hirano, T., Kiyota, M., Kitaya Y. and Aiga I., (1990), The physical effects of dust on photosynthetic rate of plant leaves. Journal of Agricultural Meteorology. 46, 1-7. https://doi.org/10.2480/agrmet.46.1

Irwe, R., S. Sontakke, S. Sheikh and M. Darade (2017), Study of dust deposition on leaves of some plant species in GVISH. Campus of Amravati (MS) India. International Journal of Life Sciences. 5, 639-643.

Joseph, H. and H. Roe (1955), The determination of sugar in blood and spinal fluid with anthrone reagent. Journal of Biological Chemistry. 212, 335-343.

Kameswaran, S., Y. Gunavathi and P. G. Krishna (2019), Dust pollution and its influence on vegetation–a critical analysis. Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences, 5(1), 341-363. https://doi.org/10.26479/2019.0501.31

Kumar, S. R., T. Arumugam, C. Anandakumar, S. Balakrishnan and D. Rajavel (2013), Use of plant species in controlling environmental pollution. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 2, 52-63. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.113

Lichtenthaler, H. K. (1987), Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology: Elsevier, 34, 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1

Ram, S., S. Majumder, P. Chaudhuri, S. Chanda, S. Santra, A. Chakraborty and M. Sudarshan (2015), A review on air pollution monitoring and management using plants with special reference to foliar dust adsorption and physiological stress responses. Critical reviews in environmental science and technology. 45, 2489-2522. https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1046775

Ranjbar, A. and E. Zandi Esfahan (2017), Effects of atmospheric dust deposition on leaf chlorophyll fluorescence parameters of cow-tail shrubs (Smirnovia iranica) in the desert regions of Kashan, Iran. Environmental Resources Research, 5, 135-142. https://doi.org/10.22069/IJERR.2016.3871

Saberi, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., Zare, R., Ghomi, H., (2019), Improvement of photosynthesis and photosynthetic productivity of winter wheat by cold plasma treatment under haze condition. Journal of Agricultural Science and Technology. 21, 1889-1904. http://jast.modares.ac.ir/article-23-18761-en.html

Sarma, B., S. K. Chanda and M. Bhuyan (2017), Impact of dust accumulation on three roadside plants and their adaptive responses at National Highway 37, Assam, India. Tropical Plant Research. 4,161-167. https://doi.org/10.22271/tpr.2017.v4.i1.023

Seyyednejad, S., M. Niknejad and H. Koochak (2011), A review of some different effects of air pollution on plants. Research Journal of Environmental Sciences. 5, 302-309. https://doi.org/10.3923/rjes.2011.302.309

Sharifi, Z., M. Saeidi, I. Nosrati and H. Heidary, (2019), The effect of dust particles on grain yield and some of the physiological and biochemical characteristics of wheat in west of Iran. Plant Productions. 42 (2), 149-164. https://doi.org/10.22055/PPD.2019.21856.1470

Sundar, S. and R. Naresh (2017), Modeling the effect of dust pollutants on plant biomass and their abatement from the near earth atmosphere. Modeling Earth Systems and Environment. 3, 1-13. https://doi.org/10.1007/s40808-017-0302-3

Ulrichs, C., B. Welke, T. Mucha-Pelzer, A. Goswami and I. Mewis (2008), Effect of solid particulate matter deposits on vegetation: a review. Function Plant Science and Biotechnology. 2, 56-62.

Zia-Khan, S., W. Spreer, Y. Pengnian, X. Zhao, H. Othmanli, X. He and J. Müller (2015), Effect of dust deposition on stomatal conductance and leaf temperature of cotton in northwest China. Water. 7, 116-131. https://doi.org/10.3390/w7010116.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Ahmadi, K., Golizadeh, H.A., Ebadzadeh, H.R., Hosseinpour, R., Abdshah, H., Kazemian, A., Rafiei, M., (2016), Agricultural Statistics 94- 95. Volume One: Crops. ISSN: 9789644670787. [In Persian]

Arvin, A. A., Cheraghi S. and Cheraghi S., (2013), Evaluation of Dust Effect on the Quantitative and Qualitative Growth of Sugarcane Varieties CP57-614. Physical Geography Research Quarterly, 45(3), 95-106. [In Persian].

https://doi.org/10.22059/JPHGR.2013.35837

Bahrami, H.A., Mirzaei, S., Darvishi Blourani, A., Darvishzadeh, R., Alavipanah, S. K., (2015), Investigation of dust effects on the spectral reflectance of wheat canopy. Remote Sensing and GIS of Iran, 7(4), 13-25. [In Persian]

Bayat, R., Jafari, S., Ghermezcheshmeh B. and Charkhabi A. H., (2016), Studying the effect of dust on vegetation changes (Case study: Shadegan wetland, Khuzestan), Journal of RS and GIS for natural Resources, 7(2), 17-32. [In Persian]

Felegari, H., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., Jalali Honarmand, S., Saidi, M., (2017), Effect of dust deposition on yield and yield components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rain fed and supplemental irrigation conditions in Kermanshah. Agroecology, 9 (2), 535-544. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/jag.v9i2.54549

Gohardost, A., (2016), Investigation of the effect of fine dust on the growth trend of sugarcane in southern Khuzestan, The first international conference on dust, Ahvaz, Iran. [In Persian]Hamdaleh Kazemi A., Rahimzadeh Khoei F., (1986), Changes in the pore density of chickpea leaves in dry and irrigated conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 3 and 4, number 0 - consecutive number 1257, 1-11. [In Persian]

Kiani, S., Siadat S. A., and Mashayekhi Sh., (2016), Evaluation of the effect of dust on the morphology and physiology characteristics of plant growth, The first international conference on dust, Ahvaz, Iran. [In Persian]

Mohammadi nejad, J. and Khodagholi M., (2013), The statistical analysis of the drought mutual effects on micro dust intensification and wheat production performance in Lorestan dry farming lands. Watershed Engineering and Management, 5(3), 214-223. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/IJWMSE.2013.101845

Moradi, M., Rezazadeh, P., (2016), Seasonal study of wind and mud fields around Lake Urmia, 5th Regional conference on climate change, Tehran, Iran. [In Persian]

Noori G., Aghaei V., (2012), Assessment of the Environmental Risks of the Urmia Lake Peripheral Parts Due to the Lake's Border Fluctuations During 1985 to 2010, Journal of Natural Environmental Hazards, 1(2), 79-94. [In Persian]. https://doi.org/10.22111/jneh.2013.2457

Roohani L., Zamani M., Fotovat R., (2015), Variation in stomatal size and density of barley genotypes under drought stress and normal conditions. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 28(5), 986-994. [In Persian]

Roushani Nia, F., Naji, H., Bazgir M. and Naderi M., (2018), Effect of Simulated Dust Storm on some Bio-chemical features of Persian Oak (*Quercus brantii Lindl.*), Quarterly Journal of Environmental Erosion Research, 8(1), 59-73. (in Persian)

Saee, Kh., (2017), Impact of dust in Lake Urmia up to a radius of 500 km, 6 November 2017, News code: 744720. [In Persian]

Safwat Rad, N., Valizadeh K., Hejazi A., (2016), Application of remote sensing and GIS in modeling the distribution of salt particles due to the drying of Lake Urmia in the northwest of the country, Master Thesis, Department of Geomophology, Faculty of Geography and Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran. [In Persian]

Sayyahi, N., Meskarbashee, M., Hassibi, P., SHomeili, M., (2015), Effect of dust on chlorophyll fluorescence parameters and photosynthetic characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Ahvaz. Journal of Plant Production Research, 22(3), 277-293. [In Persian]

Shahbazi, T., Saiedi, M., Nosratti I. and alali Honarmand S. J., (2016), Evaluation the Effect of airborne dust on physiological characteristics and yield of different wheat varieties (*Triticum* sp.), Journal of plant process and function, 5(15), 195-204. [In Persian]

Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Jafarzade Haghighifard, N., Naimabadie, A., Mahmoudian, M. H., Saki, H., Sowlat, M. H., Soleimani Z. and Naddafi K., (2011), Dust Storms: Environmental and Health impacts. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences, 2 (4), 45-56. [In Persian]. http://journal.nkums.ac.ir/article-1-458-fa.html

Shamsipour, A., Najibzadeh , F., Zarei Chaghabalki Z., (2013), The Numerical Modeling and Simulating of Winds Over Urmia Lake Basin, Physical Geography Research, 45(1), 119-134. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/JPHGR.2013.30439

Taheri Analojeh, A., Azimzadeh, H. R., Arani A. M. and Sodaiezadeh H., (2017), Investigation some of the physiological reactions of *Pinus eldarica* and *Ligusrum ovalifolium* to dust stresses. Journal of Natural Environment, 69 (4), 1027-1039. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/JNE.2017.118581.866

Torahi, A. and Arzani K., (2017), Study on the effects of dust on date palm (*Phoenix dactylifera* L.) pollination and fruit set. Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture), 40(2), 63-74. [In Persian]. https://doi.org/10.22055/PPD.2017.19084.1374.

References (in English)

Abuduwaili, J. and Z. Zhaoyong (2015), The disastrous effects of salt dust deposition on cotton leaf photosynthesis and the cell physiological properties in the Ebinur Basin in Northwest China. PloS one. 10 (5), 1-24. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124546.

Ahmed, S. (2007), Impact of air pollution on plant diseases–a review. Pakistan Journal of Phytopathology. 19,192-198.
Analojeh, A. T., H.-R. Azimzadeh, A. M. Arani and H. Sodaiezadeh (2016), Investigating and comparing short period impact of dust on physiological characteristics of three species of Pinus eldarica, Cupressus sempervirens, and Ligustrum ovalifolium. Arabian Journal of Geosciences. 9(4), 244,1-12. https://doi.org/10.1007/s12517-015-2241-5
Borka, G. (1981), Effect of cement-kiln dust on the maize plant. Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae, Budapest. 30, 289-295.
Bradford, M. M. (1976), A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry.72, 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3
Cabungcag, L., M. H. Madroñal, J. B. A. Olila, D. P. Quilatan and V. R. K. R. Galarpe (2017), Dust and chlorophyll contents of selected plant species along the highway in cagayan de oro city, philippines. Advanced Science, Engineering and Medicine. 9, 725-730. https://doi.org/10.1166/asem.2017.2062
Farmer, A. M. (1993), The effects of dust on vegetation-a review. Environmental pollution, 79(1): 63-75. https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90179-R
Hirano, T., Kiyota, M., Kitaya Y. and Aiga I., (1990), The physical effects of dust on photosynthetic rate of plant leaves. Journal of Agricultural Meteorology. 46, 1-7. https://doi.org/10.2480/agrmet.46.1
Irwe, R., S. Sontakke, S. Sheikh and M. Darade (2017), Study of dust deposition on leaves of some plant species in GVISH. Campus of Amravati (MS) India. International Journal of Life Sciences. 5, 639-643.
Joseph, H. and H. Roe (1955), The determination of sugar in blood and spinal fluid with anthrone reagent. Journal of Biological Chemistry. 212, 335-343.
Kameswaran, S., Y. Gunavathi and P. G. Krishna (2019), Dust pollution and its influence on vegetation–a critical analysis. Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences, 5(1), 341-363. https://doi.org/10.26479/2019.0501.31
Kumar, S. R., T. Arumugam, C. Anandakumar, S. Balakrishnan and D. Rajavel (2013), Use of plant species in controlling environmental pollution. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 2, 52-63. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.113
Lichtenthaler, H. K. (1987), Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology: Elsevier, 34, 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1
Ram, S., S. Majumder, P. Chaudhuri, S. Chanda, S. Santra, A. Chakraborty and M. Sudarshan (2015), A review on air pollution monitoring and management using plants with special reference to foliar dust adsorption and physiological stress responses. Critical reviews in environmental science and technology. 45, 2489-2522.
https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1046775
Ranjbar, A. and E. Zandi Esfahan (2017), Effects of atmospheric dust deposition on leaf chlorophyll fluorescence parameters of cow-tail shrubs (Smirnovia iranica) in the desert regions of Kashan, Iran. Environmental Resources Research, 5, 135-142. https://doi.org/10.22069/IJERR.2016.3871
Saberi, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., Zare, R., Ghomi, H., (2019), Improvement of photosynthesis and photosynthetic productivity of winter wheat by cold plasma treatment under haze condition. Journal of Agricultural Science and Technology. 21, 1889-1904. http://jast.modares.ac.ir/article-23-18761-en.html
Sarma, B., S. K. Chanda and M. Bhuyan (2017), Impact of dust accumulation on three roadside plants and their adaptive responses at National Highway 37, Assam, India. Tropical Plant Research. 4,161-167.
https://doi.org/10.22271/tpr.2017.v4.i1.023
Seyyednejad, S., M. Niknejad and H. Koochak (2011), A review of some different effects of air pollution on plants. Research Journal of Environmental Sciences. 5, 302-309. https://doi.org/10.3923/rjes.2011.302.309
Sharifi, Z., M. Saeidi, I. Nosrati and H. Heidary, (2019), The effect of dust particles on grain yield and some of the physiological and biochemical characteristics of wheat in west of Iran. Plant Productions. 42 (2), 149-164. https://doi.org/10.22055/PPD.2019.21856.1470
Sundar, S. and R. Naresh (2017), Modeling the effect of dust pollutants on plant biomass and their abatement from the near earth atmosphere. Modeling Earth Systems and Environment. 3, 1-13. https://doi.org/10.1007/s40808-017-0302-3
Ulrichs, C., B. Welke, T. Mucha-Pelzer, A. Goswami and I. Mewis (2008), Effect of solid particulate matter deposits on vegetation: a review. Function Plant Science and Biotechnology. 2, 56-62.
Zia-Khan, S., W. Spreer, Y. Pengnian, X. Zhao, H. Othmanli, X. He and J. Müller (2015), Effect of dust deposition on stomatal conductance and leaf temperature of cotton in northwest China. Water. 7, 116-131. https://doi.org/10.3390/w7010116.