

## پیامدهای ریختاری و فیزیولوژیکی ذرات معلق کوره سیمان بر گونه کنار (*Ziziphus spina-christi* L.)

صفی‌الله سجادی نیا<sup>۱</sup>، رضا بصیری<sup>۲\*</sup>، پیام فیاض<sup>۳</sup> و مصطفی مرادی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

<sup>۲</sup> دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

<sup>۳</sup> استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یاسوج

<sup>۴</sup> استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۳۰)

### چکیده

امروزه اطلاعات زیادی در مورد آثار منفی گرد کارخانه‌های سیمان بر پوشش‌های گیاهی وجود دارد، اما تاکنون تأثیر این آلودگی‌ها بر درختان کنار (*Ziziphus spina-christi*) بررسی نشده است. در این مطالعه، تأثیر ترسیب ذرات معلق نیمه‌خشک حضور دارد و دارای ارزش اکولوژیکی و دارویی فراوانی است. در این مطالعه، تأثیر ترسیب ذرات معلق کارخانه سیمان بهبهان بر ویژگی‌های ریختاری و فیزیولوژیکی درختان کنار در فواصل ۰/۵، ۲، ۵ و ۷ کیلومتری شمال غربی کارخانه در یک فصل رویش بررسی شد. نتایج نشان داد که با نزدیک شدن به کارخانه میزان ترسیب ذرات معلق بر برگ درختان کنار افزایش یافت و از مساحت برگ‌ها کاسته شد، اما وزن خشک آنها تغییری نشان نداد. فراوانی روزنه‌ها در دو سمت برگ تحت تأثیر ترسیب ذرات معلق کاهش یافت، اما این کاهش در قسمت فوقانی برگ بیشتر از قسمت تحتانی بود. همچنین از محتوای کلروفیل a و کاروتنوئیدهای برگ کاسته شد، اما تغییر معنی‌داری در محتوای کلروفیل b مشاهده نشد. نرخ برگ‌زایی درختان کنار نیز تحت تأثیر ذرات معلق قرار نگرفت. اما رشد طولی شاخه‌های رو به کارخانه از فاصله ۵ کیلومتری کارخانه کاهش یافت. نتایج نشان داد که فعالیت کارخانه سیمان بهبهان با نرخ تولید فعلی (یک میلیون تن سیمان در سال) موجب بروز محدودیت‌هایی در فتوسنتز و فعالیت مریستم انتهایی ساقه در درختان کنار شده است.

**واژه‌های کلیدی:** برگ، ذرات معلق، روزنه، رویش سالیانه، کنار.

## مقدمه و هدف

صنایع سیمان به عنوان یکی از صنایع مهم آلاینده صنایع مختلف مانند دی کسید گوگرد، ناکس ها<sup>۱</sup> (اکسیدهای مختلف نیتروژن)، ازن و غبار که به طور معمول حاوی فلزات سنگین هستند، سلامت محیط زیست گیاهی و جانوری را با خطر مواجه می کنند (Larcher, 1995). سیمان از ترکیبات مختلفی چون سیلیسیم، کلسیم، گوگرد، آلومینیوم، آهن، منیزیم، نیکل، کبالت و کروم تشکیل شده است (Green, 2004) (Ade-ademilua and Umebese, 2007). این ذرات با قطر کمی که دارند (حدود ۱۰ میکرون) به راحتی از طریق روزنه (قطر حدود ۳۰ میکرون) وارد گیاه می شوند و تأثیرات منفی بر جوامع گیاهی می گذارند (مجنونیان، ۱۳۶۹). این تأثیرات بسته به فاصله گیاه از منبع آلوده کننده (Prajapati and Tripathi, 2008) ممکن است متفاوت باشد و شامل بسته شدن روزنه های برگ، کاهش رشد گیاه (Raajasubramanian et al., 2011)، تغییرات ریختاری (Larcher, 1995)، کاهش باروری و تغییر در مواد معدنی برگ ها (Farmer, 1993) است. در میان اکوسیستم های مختلف، گیاهان موجود در اکوسیستم های خشک و نیمه خشک که قسمت وسیعی از کشور ما را فرا گرفته است، مقاومت کمتری در برابر تأثیرات آلاینده ها دارند و چنانچه این اکوسیستم ها در غلظتی خارج از آستانه آسیب قرار گیرند، به شکل مضاعفی تخریب می شوند (مجنونیان، ۱۳۶۹). گونه کنار از خانواده *Rahamnaceae* از جمله مقاوم ترین درختان میوه به شرایط سخت محیطی به ویژه شرایط خشکی، کم آبی، شوری و دمای زیاد به شمار می رود و به خوبی تحت شرایط مختلف آب و هوایی، از سطح دریا تا ارتفاع ۱۰۰۰ متری آن می تواند رشد کند (Pandey et al., 1990). با توجه به گستردگی توده های کنار در منطقه و نیز عدم اطلاع

از شدت خسارات مستقیم ناشی از ریزگردهای کارخانه سیمان بر درختان کنار، در این مطالعه به بررسی تأثیر گردوغبار ناشی از کارخانه سیمان بر گونه کنار، پرداخته می شود. این کارخانه در سال ۱۳۵۷ تاسیس شد و تا کنون بیش از سه دهه از فعالیت آن می گذرد.

## مواد و روش ها

### موقعیت جغرافیایی منطقه

این تحقیق در استان خوزستان - شهرستان بهبهان در یک توده طبیعی کنار در مجاورت کارخانه سیمان بهبهان (۳۰°۳۹'۳۹" شمالی و ۵۰°۱۸'۲۶" شرقی) واقع در ۳۶ کیلومتری جاده دهدشت انجام گرفت. این کارخانه از سال ۱۳۵۷ فعالیت خود را شروع کرده است و براساس آمار ایستگاه هواشناسی بهبهان (۳۰°۳۶' شمالی و ۵۰°۱۴' شرقی، ۳۱۳ متر ارتفاع از سطح دریا)، میانگین بارش این منطقه ۳۵۰ میلی متر و میانگین دمای سالیانه ۲۴/۵ درجه سانتی گراد است. متوسط سرعت باد در این منطقه ۶ متر بر ثانیه است. از لحاظ اقلیمی این منطقه براساس روش دومارتن با ضریب خشکی برابر با ۱۰/۴ دارای اقلیمی نیمه خشک است و براساس روش آمبرژه با ضریبی برابر با ۳۱/۷۲ در محدوده اقلیم خشک (پوررضایی و همکاران، ۱۳۸۹) قرار گرفته است. همچنین ۶۳ درصد بادهای آرام و در تمام جهات است (اداره هواشناسی بهبهان) و جهت بادهای غالب (۱۵ درصد) نیز شمال غرب است.

### روش نمونه برداری

برای این تحقیق چهار منطقه نمونه برداری در فواصل ۰/۵، ۲، ۵ و ۷ کیلومتری در شمال غرب کارخانه سیمان بهبهان (سال تأسیس ۱۳۵۷) مشخص شد. در هر منطقه نمونه برداری، ۱۰ گونه درختی کنار با متوسط ارتفاع ۶ متر و متوسط قطر ۳۵ سانتی متر مشخص شدند و تمام نمونه برداری ها از

<sup>1</sup> Naxha

(Ferretti et al., 2002). همچنین نرخ برگ‌زایی با ۱۰ تکرار از دو سمت (رو به کارخانه و پشت به کارخانه) در سه ماه از فصل رویش (۲۰ فروردین، ۲۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد) اندازه‌گیری شد (Chaurasia et al., 2013). همراه با نرخ برگ‌زایی، نرخ رویش طولی شاخه‌ها با دقت سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (Uysal et al., 2011).

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های برگ، میزان جذب نور در عصاره‌های استونی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۴ نانومتر با استفاده از اسپکتروفوتومتر (Lambda، آلمان) قرائت گردید و غلظت رنگدانه‌ها تعیین شد (Lichtenthaler, 2000).

### آنالیزهای آماری

تأثیر فاصله از کارخانه سیمان (۵/۰، ۲، ۵ و ۷ کیلومتری) بر پارامترهای رویشی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی با استفاده از تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) بررسی و به‌کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در ۱۰ تکرار مقایسه شد. قبل از تحلیل تجزیه واریانس یکطرفه، کلیه داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد تا از نرمال بودن آنها اطمینان حاصل شود. همچنین آزمون همگنی واریانس‌ها، نیز با استفاده از آزمون لیون بررسی شد تا از همگنی واریانس‌ها اطمینان حاصل شود.

### نتایج

#### اثر فاصله از کارخانه بر ذرات معلق

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه به‌منظور بررسی تأثیر فاصله از کارخانه بر میزان ذرات معلق ترسیب‌شده بر روی برگ‌های یکساله کنار نشان داد که فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتر تأثیر معنی‌داری بر ترسیب ذرات معلق داشت ( $P < 0.001$ ).  $F_{3,36} = 28.95$  در این مطالعه، اختلاف معنی‌داری در ترسیب ذرات معلق در فاصله ۵۰۰ متری تا ۵

سمت رو به کارخانه صورت گرفت، به‌جز نرخ برگ‌زایی و رشد طولی جوانه‌ها که از هر دو سمت رو پشت به کارخانه انجام گرفت. نمونه‌های برداشت‌شده در یخ خشک قرار داده شدند و برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، میکرومورفولوژیک و فیزیولوژیک به‌شرح زیر به آزمایشگاه منتقل شدند.

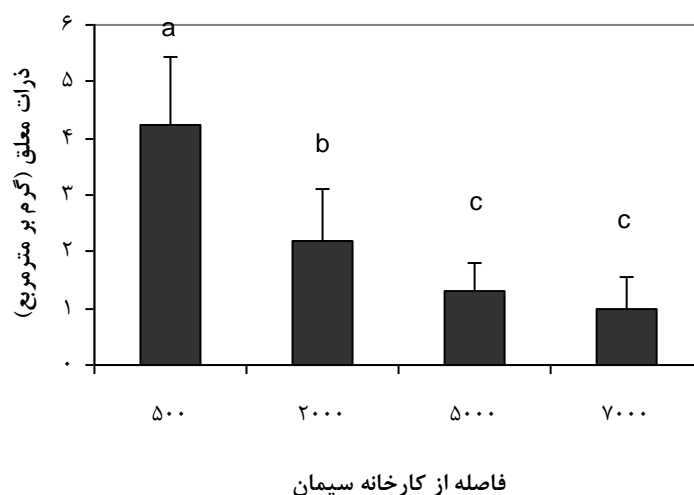
برای اندازه‌گیری نرخ ترسیب غبار بر برگ درختان کنار، ۵۰ برگ بالغ کاملاً توسعه‌یافته در آبان ۱۳۹۲ از هر درخت به‌صورت تصادفی انتخاب شد و پس از شست‌وشو با آب مقطر، وزن ذرات باقی‌مانده پس از تبخیر آب بر حسب گرم بر متر مربع محاسبه شد (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۰). برای اندازه‌گیری وزن خشک برگ نمونه‌ها در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس وزن شد (Agarwal, 2005)، سطح مخصوص برگ با تقسیم سطح برگ‌ها به وزن خشک آنها محاسبه شد (Sheweta, 2012) و همچنین با تقسیم وزن خشک برگ‌ها بر سطح آنها، وزن مخصوص برگ‌ها محاسبه شد (Nosa and Ilias, 2007).

برای مشاهده روزنه‌های برگ، سطح رویی و پشتی برگ‌ها به لاک بی‌رنگ آغشته شد و پس از خشک شدن پوسته لاک از سطح برگ جدا شد و بر روی لام قرار گرفت. ابعاد روزنه‌های برگ با استفاده از پردازش تصاویر با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر به‌کمک نرم‌افزار Image J اندازه‌گیری شد. تعداد روزنه‌ها از روی تصاویر تهیه‌شده با بزرگنمایی ۱۰۰ تعیین شد. همچنین قطبیت روزنه‌ها با تقسیم تعداد روزنه‌های روی برگ به زیر برگ محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری شعاع دواير سالیانه از هر منطقه نمونه‌برداری با هفت تکرار با مت‌سال سنج از درختان نمونه گرفته شد و برای مشخص شدن دواير سالیانه، با سمباده نمونه‌ها به‌صورت طولی و در جهت عمود بر آوندها ساییده شد تا دواير سالیانه آنها مشخص شود؛ و پس از اسکن نمونه‌ها، با نرم‌افزار Image J شعاع دواير سالیانه با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد

افزایش فاصله از ۵ تا ۷ کیلومتری تفاوت معنی‌داری در میزان ترسیب ذرات معلق مشاهده نشد (شکل ۱) (جدول ۱).

کیلومتری از کارخانه وجود داشت، به‌نحوی که با افزایش فاصله از کارخانه سیمان از ۵۰۰ متری تا ۵ کیلومتر، ترسیب ذرات معلق کاهش یافت، اما با



شکل ۱- میانگین ترسیب ذرات معلق بر روی برگ کنار در فواصل مختلف از کارخانه سیمان به‌همراه انحراف حروف مشابه نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح خطای ۵ درصد است.

جدول ۱- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای پارامتر ذرات معلق

| انحراف معیار ± میانگین |          |          |           | P     | صفت                  |
|------------------------|----------|----------|-----------|-------|----------------------|
| ۷۰۰۰                   | ۵۰۰۰     | ۲۰۰۰     | ۵۰۰       |       |                      |
|                        |          |          |           |       | فاصله از کارخانه (m) |
| ۰/۹۹±۰/۵۵c             | ۱/۳±۰/۵c | ۲/۲±۰/۹b | ۴/۲۵±۱/۲a | ۰/۰۰۱ | ذرات معلق            |

کارخانه سیمان از ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتری تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ‌های کنار نداشت. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه به‌منظور بررسی تأثیر فاصله از کارخانه بر وزن مخصوص برگ‌ها نشان داد که فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متر تا کیلومتر، تأثیر معنی‌داری بر وزن مخصوص برگ درخت کنار داشت ( $F_{3,36}=6/8, P<0/005$ ). در این مطالعه اختلاف معنی‌داری در وزن مخصوص برگ در فاصله ۵۰۰ متری نسبت به ۲ کیلومتری از کارخانه وجود داشت، به‌نحوی که با افزایش فاصله تا ۲ کیلومتر وزن

#### پارامترهای مورفولوژیک

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه به‌منظور بررسی تأثیر فاصله از کارخانه بر میزان سطح برگ‌ها (جدول ۲) نشان داد که فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتر تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ و سطح مخصوص برگ داشت. به‌نحوی که با افزایش فاصله از ۵۰۰ متر تا ۲ کیلومتر مساحت برگ‌ها و تا ۷ کیلومتری سطح مخصوص برگ‌ها افزایش یافت و با افزایش فاصله تا ۵ کیلومتری تأثیر معنی‌داری در اندازه سطح برگ‌ها مشاهده نشد. اما افزایش فاصله از

مخصوص برگ کاهش یافت، اما با افزایش فاصله از ۲ تا ۷ کیلومتر، تأثیر معنی‌داری در وزن مخصوص برگ‌ها مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون چنددامنه دانکن برای پارامترهای مورفولوژیک

| صفت                                      | p      | انحراف معیار $\pm$ میانگین |                   |                    |                   |
|--|--------|----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|  |        | ۷۰۰۰                       | ۵۰۰۰              | ۲۰۰۰               | ۵۰۰               |
| فاصله از کارخانه (m)                     |        |                            |                   |                    |                   |
| سطح برگ ( $\text{cm}^2$ )                | ۰/۰۰۷  | ۰/۹۷ $\pm$ ۰/۲۷a           | ۱/۰۹ $\pm$ ۰/۴۷a  | ۰/۹۵ $\pm$ ۰/۲۵a   | ۰/۶ $\pm$ ۰/۱a    |
| وزن خشک برگ (g)                          | ۰/۳۹۴  | ۰/۴۲ $\pm$ ۰/۰۱۶a          | ۰/۴۲ $\pm$ ۰/۰۱۷a | ۰/۴۳ $\pm$ ۰/۰۱۴a  | ۰/۳۵ $\pm$ ۰/۰۰۷a |
| سطح مخصوص برگ ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ) | <۰/۰۰۱ | ۲۳/۳ $\pm$ ۲/۴ab           | ۲۶ $\pm$ ۴/۵a     | ۲۲/۴ $\pm$ ۳/۹b    | ۱۷/۴ $\pm$ ۱/۷c   |
| وزن مخصوص برگ ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) | <۰/۰۰۱ | ۰/۰۴ $\pm$ ۰/۰۰۵b          | ۰/۰۴ $\pm$ ۰/۰۰۷b | ۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰۱۳b | ۰/۰۶ $\pm$ ۰/۰۰۷a |

حروف مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار با حدود اطمینان ۹۵ درصد است.

شد. فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتر تأثیر معنی‌داری بر مساحت روزنه‌های سطح رویی و زیرین برگ درختان کنار در منطقه مورد مطالعه نداشت، اما مساحت حفره روزنه‌ها در هر دو سمت تحت تأثیر فاصله از کارخانه بود (جدول ۳)، به نحوی که مساحت حفره روزنه‌های سطح روی برگ در ۷ کیلومتری و مساحت روزنه‌های سطح زیر برگ از ۵ کیلومتری کارخانه افزایش یافت.

#### پارامترهای میکرومورفولوژیک

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه به منظور بررسی تأثیر فاصله از کارخانه بر تعداد روزنه‌های برگ (جدول ۳) نشان داد که فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتر تأثیر معنی‌داری بر تعداد روزنه‌های سطح رویی و زیرین برگ داشت، به نحوی که تا فاصله ۲ کیلومتری از کارخانه، فراوانی روزنه‌ها در هر دو سمت برگ کم بود و پس از آن افزایش یافت، اما این روند افزایش در روزنه‌های زیرین بیشتر از روزنه‌های رویی بود، به نحوی که موجب افزایش قطبیت روزنه‌ها

جدول ۳- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون چنددامنه دانکن برای پارامترهای میکرومورفولوژی

| صفت  | p      | انحراف معیار $\pm$ میانگین |                     |                    |                   |
|--|--------|----------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  |        | ۷۰۰۰                       | ۵۰۰۰                | ۲۰۰۰               | ۵۰۰               |
| فاصله از کارخانه سیمان (m)                       |        |                            |                     |                    |                   |
| فراوانی روزنه‌های روی برگ (N)                    | <۰/۰۰۱ | ۵۲ $\pm$ ۱۴a               | ۳۸ $\pm$ ۱۵b        | ۳۰ $\pm$ ۱۰bc      | ۲۱ $\pm$ ۷c       |
| فراوانی روزنه‌های زیر برگ (n)                    | <۰/۰۰۱ | ۴۸۴ $\pm$ ۲۷a              | ۴۱۴ $\pm$ ۴۲b       | ۳۶۴ $\pm$ ۵۵c      | ۳۴۴ $\pm$ ۶۱c     |
| مساحت روزنه‌های روی برگ ( $\mu\text{m}^2$ )      | ۰/۱۴   | ۸۹۵ $\pm$ ۱۳۳a             | ۷۷۱ $\pm$ ۲۱۳ab     | ۷۶۵ $\pm$ ۱۶۰ab    | ۷۱۸ $\pm$ ۱۷۸b    |
| مساحت روزنه‌های زیر برگ ( $\mu\text{m}^2$ )      | ۰/۱۱   | ۴۹۳ $\pm$ ۹۲a              | ۴۷۵ $\pm$ ۸۲ab      | ۴۵۲ $\pm$ ۵۷ab     | ۴۱۵ $\pm$ ۵۶b     |
| مساحت حفره روزنه‌های روی برگ ( $\mu\text{m}^2$ ) | ۰/۰۰۵  | ۲۳۴ $\pm$ ۶۰a              | ۱۵۴ $\pm$ ۵۱b       | ۱۹۱ $\pm$ ۳۸ab     | ۱۶۶ $\pm$ ۴۶b     |
| مساحت حفره روزنه‌های زیر برگ ( $\mu\text{m}^2$ ) | ۰/۰۴۷  | ۱۴۲ $\pm$ ۴۴a              | ۱۴۱ $\pm$ ۳۷a       | ۱۲۶ $\pm$ ۳۴ab     | ۹۸ $\pm$ ۳۲b      |
| قطبیت روزنه‌ها (N/n)                             | ۰/۰۳۳  | ۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰۸a          | ۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۰۱۱ab | ۰/۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۱ab | ۰/۰۷ $\pm$ ۰/۰۰۹b |

حروف مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

## پارامترهای رویشی

با افزایش فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متری تا ۷ کیلومتری تأثیر معنی‌داری بر نرخ برگزایی شاخه‌ها در دو سمت رو به کارخانه و پشت به کارخانه مشاهده نشد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس نشان داد که رویش طولی شاخه‌های رو به کارخانه، تحت تأثیر فاصله از کارخانه قرار گرفت، به نحوی که با افزایش فاصله از کارخانه تا ۲ کیلومتر، مقدار رشد شاخه‌های رو به

کارخانه کم بود و با افزایش فاصله به ۵ کیلومتر رشد آن افزایش و مجدداً در ۷ کیلومتری کاهش یافت (جدول ۴). فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتر تأثیر معنی‌داری بر شعاع دواپر سالیانه دو دوره پنج‌ساله اخیر درختان کنار در منطقه مورد مطالعه نداشت (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون چنددامنه دانکن برای پارامترهای رویشی ماه دوم رویش

| انحراف معیار $\pm$ میانگین |                  |                  |                  | P     | صفت                                     |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|-------|---|
| ۷۰۰۰                       | ۵۰۰۰             | ۲۰۰۰             | ۵۰۰              |       |   |
| فاصله از کارخانه سیمان (m) |                  |                  |                  |       |   |
| ۱۶/۶ $\pm$ ۱۲/۵a           | ۲۷/۴ $\pm$ ۱۹/۵a | ۱۷/۴ $\pm$ ۱۲/۵a | ۱۳/۹ $\pm$ ۱۰a   | ۰/۱۶  | نرخ برگزایی رو به کارخانه (n)           |
| ۷/۸ $\pm$ ۴/۵a             | ۱۲ $\pm$ ۸a      | ۱۴/۸ $\pm$ ۹a    | ۱۰/۷ $\pm$ ۷a    | ۰/۲۷  | نرخ برگزایی پشت به کارخانه (n)          |
| ۱۴/۴ $\pm$ ۱۱b             | ۲۵/۴ $\pm$ ۱۵a   | ۱۷/۲ $\pm$ ۱۰ab  | ۱۳/۳ $\pm$ ۱۰/۵b | ۰/۰۸  | نرخ رویش طولی جوانه رو به کارخانه (cm)  |
| ۷ $\pm$ ۴/۳a               | ۱۲/۷ $\pm$ ۶/۶a  | ۱۳/۳ $\pm$ ۷/۳a  | ۹/۲ $\pm$ ۷a     | ۰/۱۳  | نرخ رویش طولی جوانه پشت به کارخانه (cm) |
| ۳/۹۵ $\pm$ ۱/۶a            | ۳/۱۶ $\pm$ ۰/۵۱a | ۳/۱۶ $\pm$ ۰/۷۰a | ۳/۷ $\pm$ ۰/۹۶a  | ۰/۳۵۲ | رویش شعاعی سال‌های ۹۳-۸۸ (mm)           |
| ۳/۲ $\pm$ ۱/۵a             | ۳/۱ $\pm$ ۰/۹a   | ۳/۴ $\pm$ ۰/۸۵a  | ۳/۹ $\pm$ ۰/۵۶a  | ۰/۳۷۷ | رویش شعاعی سال‌های ۸۸-۸۳ (mm)           |

حروف مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

## پارامترهای فیزیولوژیک

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه به منظور بررسی تأثیر فاصله از کارخانه بر میزان کلروفیل a نشان داد که فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتر تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل a داشت، اما محتوای کلروفیل b تحت تأثیر فاصله از کارخانه قرار نگرفت. در این مطالعه کلروفیل a در فاصله ۵ و ۷ کیلومتری نسبت به فاصله ۵۰۰ متری از کارخانه

افزایش یافت (جدول ۵). فاصله از کارخانه از ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتر تأثیر معنی‌داری بر کاروتنوئیدها داشت ( $F_{۳, ۳۶} = ۱۱/۷۴, P < ۰/۰۰۱$ )، به نحوی که با افزایش فاصله از کارخانه تا ۲ کیلومتر مقدار کاروتنوئیدها افزایش یافت، اما با افزایش فاصله از ۲ تا ۷ کیلومتر، تأثیر معنی‌داری در مقدار کاروتنوئیدها مشاهده نشد (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون چنددامنه دانکن برای پارامترهای فیزیولوژیک

| انحراف معیار $\pm$ میانگین |                 |                   |                  | P       | صفت        |
|----------------------------|-----------------|-------------------|------------------|---------|------------|
| ۷۰۰۰                       | ۵۰۰۰            | ۲۰۰۰              | ۵۰۰              |         |            |
| فاصله از کارخانه سیمان (m) |                 |                   |                  |         |            |
| ۲ $\pm$ ۰/۳۹a              | ۲/۱ $\pm$ ۰/۴۷a | ۱/۸ $\pm$ ۰/۴۶ab  | ۱/۴۸ $\pm$ ۰/۳۸b | ۰/۰۲    | کلروفیل a  |
| ۰/۷۶ $\pm$ ۰/۲۴ab          | ۰/۸ $\pm$ ۰/۳۲a | ۰/۶۴ $\pm$ ۰/۲۱ab | ۰/۵۵ $\pm$ ۰/۱۵b | ۰/۰۸    | کلروفیل b  |
| ۲/۳۳ $\pm$ ۰/۳۸a           | ۲/۵ $\pm$ ۰/۴۳a | ۲ $\pm$ ۰/۲۸a     | ۱/۴۵ $\pm$ ۰/۳۴b | < ۰/۰۰۱ | کاروتنوئید |

حروف مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

## بحث

ذرات معلق سیمان دارای ترکیبات مختلفی از جمله فلوراید، منیزیم، بریلیم، اسیدسولفوریک، هیدروکسید و غیره است که به آسیب‌های زیادی به گیاهان اطراف کارخانه منجر می‌شود (Andrzej, 1987). علاوه بر آن، قطر این ذرات معلق در حدود ۱۰ میکرون است، در حالی که قطر روزه‌های گیاهی در حدود ۳۰ میکرون است (مجنونیان، ۱۳۶۹)، به همین دلیل ذرات معلق سیمان به راحتی وارد برگ گیاهان می‌شوند (Tirapathi and Gautam, 2007). برگ از مهم‌ترین اندام‌های رویشی است که مستقیماً با فضای اطراف در ارتباط است (Lata et al., 2010). ذرات معلق اطراف برگ با ورود به آن به دلیل آسیب به بافت‌های داخلی برگ (Rahman and Mohamad, 2012). موجب کاهش اندازه برگ در گیاهان می‌شوند (Agbarie and Esiefariehrhe, 2009). به همین دلیل ساختار برگ برای به حداقل رساندن تخریب سلول‌ها و بافت‌ها کاهش می‌یابد (Sarkar et al., 1986). در این مطالعه با وجود کاهش سطح برگ در درختان کنار مجاور کارخانه سیمان، وزن خشک آنها با توجه به افزایش وزن مخصوص برگ تغییری نکرد. افزایش وزن مخصوص و کاهش سطح برگ تحت تأثیر آلودگی ذرات معلق و غبارهای صنعتی توسط افراد مختلفی از جمله (Maletsika and Nanos, 2011) نیز گزارش شده است. وزن خشک و وزن مخصوص شاخص‌هایی برای میزان چوبی شدن محسوب می‌شوند (Bacelar et al., 2004). بر این اساس برگ‌های کنار در مجاورت کارخانه سیمان نسبت به فواصل دورتر به میزان بیشتری چوبی شده بودند.

در مطالعه حاضر، فراوانی روزه‌های سطح رویی و زیری برگ، قطبیت روزه‌ها و همچنین مساحت حفره روزه‌های سطح رویی و زیری برگ در درختان کنار مجاور کارخانه سیمان کاهش یافتند، اما مساحت روزه‌های سطح رویی و زیری برگ تغییری نکرد. فراوانی روزه‌های روی برگ در درختان کنار با شدت

بیشتری تحت تأثیر ذرات معلق کارخانه سیمان به‌بهان نسبت به روزه‌های زیرین برگ قرار گرفت و از این جهت قطبیت روزه‌ها نیز در مجاورت کارخانه سیمان کاهش یافت. تغییر در فراوانی روزه‌ها تحت عواملی چون تبدلات گازی، هدایت روزه‌ای، مصرف لحظه‌ای آب و دیگر عوامل محیطی است (Pompelli et al., 2010) از آنجا که برگ مستقیماً با فضای اطراف در ارتباط است (Lata et al., 2010) سطح رویی برگ بیشتر تحت تأثیر این ذرات معلق قرار گرفت و به همین دلیل قطبیت روزه‌ها کاهش یافت. کاهش فراوانی روزه‌ها، قطبیت روزه‌ها و مساحت حفره روزه‌ها تحت تأثیر آلودگی ذرات معلق و غبارهای صنعتی توسط افراد مختلفی از جمله (Verma et al., 2006) نیز گزارش شده است. ذرات معلق هوا به دلیل تماس مستقیم با برگ (Oliva, 2000) از طریق روزه‌ها یا پوست یا هر دو، وارد برگ می‌شوند و در آن تجمع می‌یابند (Abdulrahman and Fatoba, 2013) و با تأثیر بر فتوسنتز و کاهش نرخ آن (Gostin, 2008) و نیز افزایش از دست دادن آب برگ (Raina and Bala, 2011)، موجب بسته شدن روزه‌ها و کاهش تعداد روزه‌های برگ گیاهان می‌شوند (Sibeka and Gulyase, 1990). همچنین این کاهش می‌تواند به خاطر استرس محیطی و استراتژی کنترل آلودگی‌ها در هنگام ورود به روزه‌ها (Loganathan and Ilyas, 2012; Sheweta, 2012) و تأثیر فلزات سمی در ذرات معلق سیمان باشد (Zafar and shafiq, 2001). اما عدم تغییر مساحت روزه‌ها، احتمالاً به دلیل مقاومت گونه کنار در برابر ذرات معلق سیمان است.

ذرات معلق که از طریق روزه‌ها وارد گیاهان می‌شوند، سبب تخریب بخشی از کلروپلاست و کاهش محتوای رنگدانه‌ها در گیاهان می‌شوند (Tripathi and Gautam, 2007). در واقع کلروپلاست اولین مکانی است که توسط آلاینده‌هایی مثل دی‌اکسید سولفور، دی‌اکسید نیتروژن و ازن

کنار باشد.

تحقیقات روی درخت کنار در چهار فاصله مختلف از کارخانه سیمان انجام گرفت. طبق نتایج، پارامترهای مورفولوژیکی، میکرومورفولوژیکی و فیزیولوژیکی درختان کنار مجاور کارخانه سیمان تحت تأثیر ذرات معلق سیمان مختل شد، اما کاهش عملکرد چندانی در صفات رویشی درخت مشاهده نشد. با توجه به تأثیرات نامطلوب گرد سیمان بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی درختان کنار نشان داده شد که تحلیل تدریجی توان رویشگاه‌های مجاور کارخانه در درازمدت دور از انتظار نیست.

### سپاسگزاری

از دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیای بهبهان که حمایت مالی این تحقیق را بر عهده داشت تشکر و قدردانی می‌شود.

### منابع

پوررضایی، جواد، فرج‌الله ترنیان، جهانبخش پاپرنج و معصومه دیفرخش، ۱۳۸۹. بررسی فلورستیک و جغرافیایی گیاهی حوضه آبخیز تنگ‌بن بهبهان، مجله جنگل ایران، ۱: ۳۷-۴۹.

مجنونیان، هنریک، ۱۳۶۹. درختان و محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست. ۵۸۳ ص.

مهرابی، شهباز، مجتبی جوکار، علی یزدی‌زاده و میثم کاظمی، ۱۳۹۰. اثرات زیست‌محیطی ذرات معلق ناشی از کارخانه سیمان مبارکه اصفهان؛ اولین کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۱-۷.

Abdulrahman, A.A., and P.O. Fatoba, 2013. Influence of cement dust pollution on leaf epidermal features of *Pennisetum purpureum* and *Sida acuta*, *Environmental and Experimental Biology*, 11: 73-79.

آسیب‌پذیر است (Joshi and Swami, 2009). از آنجا که کلروپلاست حاوی مقدار زیادی کلروفیل است، آسیب به کلروپلاست سبب کاهش کلروفیل می‌شود (Czaja, 1962). علت تأثیر منفی ذرات معلق سیمان بر محتوای کلروفیل a و کاروتنوئیدها می‌تواند ناشی از افزایش بازتاب نور از سطح برگ (Nunes et al., 2004)، آسیب به فتوسیستم، تغییر در فیزیولوژی برگ (Proietti and Famiani, 2002)، و فلزات سمی موجود در ذرات معلق سیمان (Farmer, 1993) باشد. در مطالعه انجام‌گرفته، آلودگی سیمان تأثیر منفی بر مقدار کلروفیل a و کاروتنوئیدها داشت که این یافته مشابه نتایج دیگر محققان است (Tripathi and Gautam, 2007; Nosa and Ilyas, 2007; Amale et al., 2012; Shewet, 2012; Amale et al., 2014). طبق مطالعات کلروفیل b با افزایش فاصله تغییری نکرد؛ در واقع کلروفیل a نسبت به کلروفیل b افزایش پیدا کرد که بیانگر سازوکار حفاظت از کلروپلاست در مقابل ذرات معلق است (Kumar and Thambavani, 2011)؛ همچنین تغییر در ترکیب این رنگدانه‌ها مربوط به نور خورشید است (Lichtenthaler et al., 2000).

با ورود ذرات معلق به گیاهان، نفوذپذیری غشا کاهش می‌یابد که عاملی برای کاهش رشد گیاهان است (Tiwari et al., 2006). همچنین با ورود این ذرات معلق به گیاهان pH برگ افزایش می‌یابد. افزایش pH سبب کاهش کلروفیل می‌شود که نتیجه آن کاهش رشد گیاه است (Choi et al., 2006). همچنین کاهش دی‌اکسید کربن در گیاه به دلیل کمبود مواد غذایی موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (Ernest and damme, 1989). در این مطالعه پارامترهای رویشی از جمله نرخ برگ‌زایی رو به کارخانه و پشت به کارخانه، رویش طولی جوانه رو به کارخانه و پشت به کارخانه و شعاع دوایر سالیانه در پنج سال آخر و پنج سال مانده به پنج سال آخر تغییری نکردند که ممکن است به دلیل مقاومت گونه



- Ade-Ademilua, O.E., and C.E. Umebese, 2007. The growth of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Ife Brown (Leguminosae) in a cement site rich in heavy metals, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10:182-185.
- Agarwal S.K., 2005. Environmental monitoring, A.H.P.Publishing crporation. 204-205.
- Agbarie, P.O., and E. Esiefarienrhe, 2009. Air pollution tolerance indices (apti) of some plants around Erhoike-Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeri, *International Journal of Physical Science*, 4(6):366-368.
- Andrzej, J., 1987. Bees and their products as indicators of environment pollution, *Medycyna Weterynaryjna*, 3(6): 352-356.
- Bacelar, E.A., C.M. Correia, J. M. Moutinho-Pereira, B.C. Gonçalves, J.I. Lopes, and J.M.G. Torres-Pereira, 2004. Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions, *Tree Physiology*, 24: 233-239.
- Chaurasia, S. Karwaria, A., and Dev Gupta, A. 2013. Cement Dust Pollution and Morphological Attributes of Groundnut (*Arachis hypogaea*), Kodinar, Gujrat, India. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 20-25.
- Choi, D.S., M. Kayama, H.O. Jin, C.H. Lee, T. Izuta, and T. Koike, 2006. Growth and photosynthetic responses of two pine species (*Pinus koraiensis* and *Pinus rigida*) in a polluted industrial region in Korea, *Environmental Pollution*, 139(3): 421-432.
- Czaja, A.T., 1962. Über das problem der zementstaubwirkungen auf Pflanzen von zementofenstaub auf pflanzen, *Angewandte Botanik*, 40: 106-120.
- Farmer, A.M., 1993. The effects of dust on vegetation a review, *Environmental Pollution*, 79: 63-75.
- Gostin, I., 2008. Histological changes in leaves of *Salix alba* under air pollution effect. International Conference on heat transfer. In: proceeding of 6<sup>th</sup> IASME/WSEAS international conference on heat ransfer, thermal engineering and environment (HTE'08), August 20-22, Rhodes, Greece, 333-337.
- Green N., 2004. Planning application for concrete batching plant, Cranford way, Hornsey, Application No. HGY/2004/1265. New York: John Wiley and Sons, 395-424pp.
- Iqbal, M.Z., and M. Shafiq, 2001. Periodical effect of cement dust pollution on the growth of some plant species, *Turkish Journal of Botany*, 25: 19-24.
- Joshi, P.C., and A., Swami, 2009. Air pollution induces changes in photosynthetic pigments of selected plant species, *Journal of Environmental Biology*, 30: 295-298.
- Kumar, S.R., and D.S. Thambavani, 2011. Effect of cement dust deposition on physiological behaviors of some selected plant species, *International Journal of Scientific and Technology Research*, 1(9): 98-105.
- Larcher, W., 1995. Physiological plant ecology. Springer-Verlag, Berlin, 517 pp.
- Lata, S., D. Shah, and A. Poonam, 2010. Comparative ecomorphological studies on *Datura alba* linn. plants growing Alon roadsides and railway tracks, *Environment and We: an International Journal Science and Technology*, 5: 155-162.
- Lichtenthaler, H.K., F. Babani, G. Langsdorf, and C. Bushmann, 2000. Measurement of differences in red chlorophyll fluorescence and photosynthetic activity between sun and shade leaves by fluorescence imaging, *Photosynthetica*, 38(4): 521-529.
- Loganathan, M., and M. Ilyas, 2012. Impact of cement dust pollution on morphology and histology in some medicinally significant plants, *Pharmacie Globale International Journal of Comprehensive Pharmacy*, 11(2): 1-3.
- Maletsika, P.A., and G.D. Nanos, 2011. Effects of particulate matter contamination on apple, peach and olive tree leaf characteristics and olive leaf inorganic element composition, *Annals of Agriculture of Valahia University*, 6: 9-14.
- Nosa, G., and D.I. Ilyas, 2007. Effect of inert dust on olive leaf physiological parameters, *Environmental Science and Pollution Research*, 14(3): 212-214.

- Nunes, A., E.B. rugnoli, C. Maguas, and O. Correia 2004. Effect of dust deposition on foliar absorbance of Mediterranean species, *Revista de biologia, lisboa*, 22: 143-151
- Oliva, M.A., 2000. Flúor em chuva simulada: sintomatologia e efeitos sobre a estrutura foliar e o crescimento de plantas arbóreas, *Revista Brasileira de Botânica*, 23(4): 385-393.
- Pandey, R.C., R.A. Pathak, and R.K. Pathak, 1990. Physico-chemical changes associated with growth and development of fruits in ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.), *Indian Journal of Horticulture*, 47(3): 270-286.
- Pompelli, M.F., S.C.V. Martins, E.F. Celin, M.C. Ventrella, and F.M. DaMatta, 2010. What is the influence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions, *Brazilian Journal of Biology*, 70(4):1083-1088
- Prajapati, S.K., and B.D. Tripathi, 2008. Seasonal variation of leaf dust accumulation and pigment content in plant species exposed to urban particulates pollution, *Journal of Environmental Quality*, 37(3): 865-875.
- Proietti, P., and F. Famiani, 2002. Diurnal and seasonal changes in photosynthetic characteristics in different olive (*Olea europaea* L.) cultivars, *Photosynthetica*, 40(2): 171-176.
- Raajasubramanian, D., P. Sundaramoorthy, L. Baskaran, K. Sankar Ganesh, A. Chidambaram, and M. Jeganathan, 2011. Cement dust pollution on growth and yield attributes of groundnut (*Arachis hypogaea* L.), *International Multidisciplinary Research Journal*, 1(1):31-36.
- Rahman, A.M., and M.I. Mohamed, 2012. Effect of cement dust deposition on physiological behaviors of some halophytes in the salt marshes of red sea, *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 3(1): 1-11.
- Raina, A., and C. Bala, 2011. Effect of vehicular pollution on *Duranta repens* L. in Jammu City, *Journal of Applied and Natural Science*, 3 (2): 211-218.
- Sarkar, R.M., A. Banerjee, and S. Mukerjj, 1986. Acceleration of peroxidase and catalase activities in leaves of wild dicotyledonous plants as an indicator of automobile exhaust pollution, *Environmental Pollution*, 42: 289-295.
- Sheweta, T., 2012. Foliar response of two species of *Cassia* to heavy air pollution load at Indore city, India, *Research Journal of Recent Sciences*, 1: 329-332.
- Sibeka, S., and S. Gulyas, 1990. Leaf anatomical changes in perishing acaluous oak, *Acta Boilogy*, 36: 23-52.
- Tiwari, S., M. Agarwal and F. Marhall, 2006. Evaluation of ambient air pollution impact on carrot plants at a sub urban site using open top chambers, *Environmental Monitoring and Assessment*, 119:15-30.
- Tripathi, A.K., and M. Gautam, 2007. Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution, *Journal of Environmental Biology*, 28 (1): 127-132.
- Uysal, I., H. Ozdilk, and M. Ozturk, 2011. Effect of kiln dust from a cement factory on growth of *Vicia faba* L, *Journal of Environmental Biology*, 32: 525-530
- Verma, R., B. Mahmooduzzafar, T.O. Siddiqi, and M. Iqbal, 2006. Foliar response of *Ipomea pes-tigridis* L. to coal-smoke pollution, *Turkish Journal of Botany*, 30: 413-417.
- Zafar, M., and M. Shafiq, 2001. Periodical effect of cement dust Pollution on the growth of some plant species, *Turkish Journal of Botany*, 19-24.

## Morphological and physiological impacts of cement kiln particle on *Ziziphus spina-christi* L.

S. Sajadinia<sup>1</sup>, R. Basiri<sup>2\*</sup>, P. Fayyaz<sup>3</sup>, and M. Moradi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> M. Sc., Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I. R. Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I. R. Iran

<sup>3</sup> Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Yasouj, I. R. Iran

<sup>4</sup> Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I. R. Iran

(Received: 13 June 2015; Accepted: 21 December 2015)

### Abstract

Today, a lot of information about the negative effects of cement kiln particle on vegetation exists, but so far the impact of this pollutant on species are poorly investigated. *Ziziphus spina-christi* L. is present in a wide range of semi-arid areas and has high ecological value and widespread use in folkloric medicine. In this study, the effect of particle depot of Behbahan cement factory on morphological and physiological characteristics of Christ's thorn jujube trees at 0.5, 2, 5 and 7 kilometers northwest of the factory during growing season was evaluated. The results showed that with decreasing distance from the factory from five km the amount of particle depot on the leaves was significantly increased and the amount of leaf area reduced but no changes in leaf dry weight was observed. The frequency of stomata diminished due to cement particle depot in both sides, but this change in adaxial surface was greater than abaxial surface. Content of leaves chlorophyll a and carotenoids also decreased, but there was no significant change in the content of chlorophyll b. Leaf initiation rate of the trees also was not affected by cement depot. The longitudinal growth of the branches of the plant facing to the factory decreased from five km of factory. The results showed that Behbahan cement factory with current production rate (one million tons of cement per year) causes limitations in photosynthesis and activities of the shoot apical meristem in the trees.

**Keywords:** Annual growth, Cement particle load, Leaf attributes, Stomatal attributes, *Ziziphus spina-christi*.

