

اثر باران اسیدی بر پاسخ‌های رشدی و فیزیولوژیکی گندم

رامین عزتی و گلاره ربانی*

دریافت: ۱۳۹۲/۶/۳۱ / پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۳

گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران

* مسئول مکاتبات: glarekhu@yahoo.com

چکیده. باران اسیدی که شکل مرتقب آلاینده‌های گازی تلقی می‌شود، دراثر ترکیب آلاینده‌های مانند CO_2 , SO_2 و NO_2 در اتمسفر با بخار آب در ابرها تشکیل می‌شود. با افزایش غلظت این آلاینده‌ها در اتمسفر میزان باران اسیدی نیز روبروی افزایش است. باران اسیدی، که مخلوطی از اسیدهای سولفوریک، نیتریک و کربنیک است، در خاک موجب تغییراتی مانند کاهش pH، زدایش عناصر غذایی، افزایش آزادسازی فلزات سمی و کاهش حاصل خیزی خاک می‌شود، که نتیجه آن اعمال اثرات منفی بر گیاهان است. در مطالعه حاضر طی یک دوره ۳۲ روزه، گیاهان گندم تحت آبیاری و برگ‌پاشی با ۴ تیمار باران اسیدی حاوی اسیدسولفوریک و اسیدنیتریک با pHهای ۲/۵ و ۳/۵ و ۴/۵ و ۵/۶ قرار گرفتند، درحالی که گیاهان شاهد با آب معمولی با $\text{pH} = ۷/۴$ آبیاری شدند. طبق نتایج، گیاهان شاهد در تمام شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی بهتر از گیاهان تیمار باران اسیدی با pHهای ۲/۵ و ۳/۵ بودند. همچنین گیاهان تیمار شده با باران اسیدی در pHهای ۵/۶ و ۴/۵، به غیر از شدت فتوسترن، محتوای رنگبازهای و قندهای محلول در دیگر فاکتورها در سطح پایین تری از گیاهان شاهد قرار داشتند. همچنین در pHهای ۳/۵ و ۲/۵ ایجاد لکه‌های سفید در هردو سطح برگ، خشک شدن رأس و کنارهای برگ نیز مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی. pH، شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی، آسیب برگی

Effect of acid rain on growth and physiological responses of wheat

Ramin Ezzati and Gelareh Rabbani*

Received 22.09.2013/ Accepted 24.06.2014

Department of Plant Biology, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

* Correspondent author: glarekhu@yahoo.com

Abstract. Acid rain, which is a wet form of gaseous air pollutants, is formed when air pollutants such as SO_2 , NO_2 , CO_2 in the atmosphere combine with water vapor of clouds. With the increase of concentration of these pollutants, the amount of acid rain increases. Acid rain, which is the mixture of sulphuric, nitric and carbonic acids, results in some changes in the soil such as decrease in pH, uncommon nutrient liberation, increase of release of toxic metals and the decline in the fertility of soil. These impacts have negative effects on plants. In the present work wheat plants were irrigated and leaf sprayed with four treatments of acid rain which contain sulphuric and nitrates acids with the pH of 2.5, 3.5, 4.5, 5.6 for a period of 32 days, whereas, control plants were irrigated and leaf sprayed by normal water with a pH of 7.4. According to the results we have obtained, control plants in whole growth and physiological indexes were better than those plants treated by acid rains with the pH of 2.5 and 3.5. Moreover, the plants treated by acid rain with the pH of 4.5 and 5.6, were lower in other factors except photosynthetic rate, pigment content and carbohydrate content than control plants. Also acid rains with the pH of 2.5 and 3.5 caused white spots in both surfaces of leaf and tip and border atrophy.

Keywords. pH, growth and physiological indexes, leaf damage

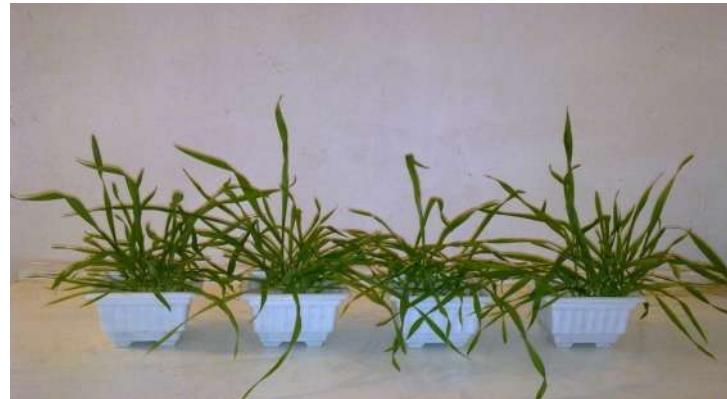
وزن تر و خشک، سطح برگ، محتوای کلروفیل، فعالیت کاتالاز، ایجاد نشانه های آسیب و کاهش در میزان pH= ۳ (Shou-Quing, 2011). در میزان آستانه آسیب به پهنک برگ مشاهده می شود (Shou-Quing, 2011).

مواد و روش ها

در ابتدا با استفاده از اسید سولفوریک ۹۶٪، اسید نیتریک WTW pH ۰/۶۵ آب مقطر و pH ۰/۴۵ متر دیجیتالی مدل pH ۰/۴۵ با الکترود شیشه ای، باران اسیدی با pH های ۰/۵ و ۰/۳/۵ و ۰/۴/۵ و ۰/۵/۶ تهیه شد و بذرها گندم از ابتدای کشت در پر لیت، تحت آبیاری و اسپری برگی با باران اسیدی در pH های مختلف قرار گرفتند. گیاهان شاهد با آب معمولی با pH= ۷/۴ آبیاری شدند. به منظور بررسی انحصاری تأثیر باران اسیدی بر گیاهان تمام نمونه های شاهد و تیمار باران اسیدی در فضایی پاک و دور از هر گونه وسایل نقلیه متواری جهت جلوگیری از اثر آلودگی جاده ای و ایجاد خطا رشد یافتند. گیاهان شاهد و تیمار باران اسیدی تحت تابش نور خورشید قرار داشتند و در شرایط کشت بدون خاک در محیط پر لیت با محلول غذایی هویت (Hewitt) (تغذیه شدن و در پایان دوره شاخص های رشدی مانند طول، وزن تر برگ و وزن خشک برگ و سطح برگ اندازه گیری شدند. در ادامه فاکتورهای بیوشیمیایی مانند سنجش فلزات سنگین، اندازه گیری رنگیزه ها مانند کلروفیل a, b, کل و کاروتینید و محتوای قندهای محلول و شدت فتوسترن سنجش شدند. تمام گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی در شرایط بدون خاک در محیط پر لیت با محلول غذایی هویت کشت شدند. در شکل های ۱ و ۲ به ترتیب تصویر گیاهان شاهد و گیاهان تحت تیمار باران اسیدی با pH های مختلف مشاهده می شود، همچنین شکل ۳ تصویری از برگ گیاهان تیمار باران اسیدی pH= ۰/۵ را نشان می دهد.

مقدمه

pH باران معمولی تقریباً ۵/۵ است (Kumari & Tomar, 2009). اما افزایش میزان آلاینده های NO₂ و SO₂ که با تشکیل اسیدهای سولفوریک و نیتریک همراه هستند، سبب کاهش اسیدیت باران می شود، که اثر مضری بر محصولات کشاورزی دارد (Shou-Quing, 2011). این اثرات شامل کاهش فتوسترن مرتبط با کاهش محتوای کلروفیل برگ ها، کاهش رشد، افزایش حساسیت گیاه به خشکی و افزایش بیماری های کلروزیز و نکروزیز هستند. در وضعیت اسیدی تحرک فلز سنگین سمی آلمینیم در خاک زیاد می شود و به گیاهان آسیب می رساند (Verma et al., 2010). افزایش اثرات باران اسیدی با افزایش دوره در معرض بودن، مقدار باران اسیدی و افزایش اسیدیت می شود (Shou-Quing, 2011). این اثرات شامل کاهش محصول، آسیب به برگ و سمیت در اثر آزادسازی آلمینیم و کاهش دریافت عنصر پر مصرف مانند فسفر و پتاسیم هستند و نیز دانه رست ها نسبت به گیاهان مسن به سمیت آلمینیم حساس تر هستند (Susilawati et al., 2011). پاسخ فتوسترنی برگ ها به باران اسیدی بین گونه ها متفاوت است. اثرات باران اسیدی بر برگ ها شامل کاهش فتوسترن، کاهش رشد، افزایش حساسیت به خشکی و افزایش بیماری است. اسیدی شدن خاک موجب کاهش رشد ریشه می شود و سمیت آلمینیم سبب کاهش فسفر (بیشترین عنصر پر مصرف مهم برای رشد گیاه) می شود. اثر باران اسیدی بر خاک در راه های گوناگون است شامل کاهش در تعداد میکرووار گانیسم های مفید. بنابراین کاهش در بیومس و رشد محصول، زدایش تدریجی پتاسیم (ماده غذایی گیاه) و انباستگی عنصر سمی روی از طریق باران اسیدی (Verma et al., 2010). باران اسیدی سبب کاهش محصول، آسیب به برگ و سمیت آلمینیم می شود (Susilawati et al., 2011). باران اسیدی موجب کاهش شاخص هایی مانند



شکل ۱ - تصویر گیاهان شاهد.

Fig. 1. Control plants.



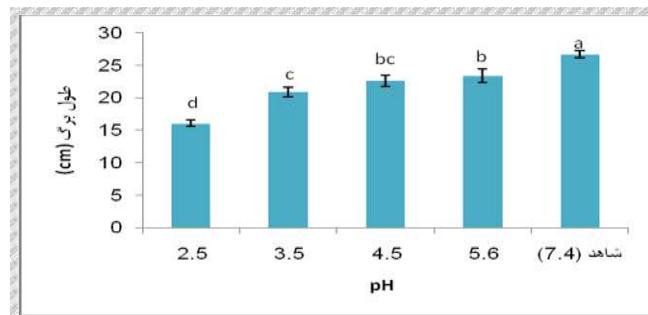
شکل ۲ - تصویر گیاهان تیمار باران اسیدی با pH های مختلف.

Fig. 2. Acid rain treated plants at different pH.



شکل ۳ - برگ گیاهان تیمار باران اسیدی با $pH = 2/5$.

Fig. 3. Acid rain treated plant's leaves at $pH = 2.5$.



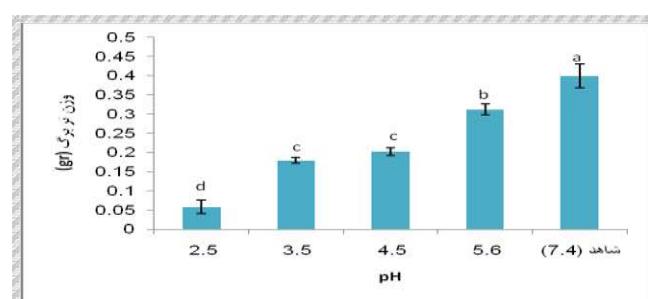
شکل ۴- طول برگ گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 4. Leaf length of control plants and acid rain treated plants.

نتایج

بیشترین طول برگ را دارد. همچنین دو تیمار $pH=4/5$ و $pH=5/6$ باران اسیدی به لحاظ طول برگ نسبت به سایر تیمارها مشابه هستند.

با توجه به شکل ۴، طول برگ در گیاهان شاهد بیشتر از گیاهان تحت تیمار باران اسیدی است و در تیمارهای باران اسیدی نیز تیمار $pH=2/5$ کمترین طول را دارند و پس از آن به ترتیب از گیاهان تحت تیمار $pH=3/5$ تا تیمار $pH=5/6$ طول برگ در حال افزایش است. به نحوی که تیمار $pH=5/6$ بعد از شاهد



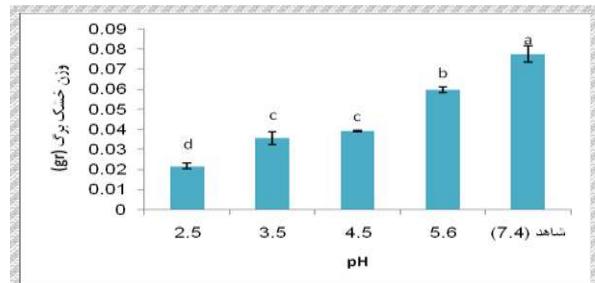
شکل ۵- وزن تر برگ گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 5. Leaf fresh weight of control plants and acid rain treated plants.

بعد از شاهد به ترتیب تیمارهای $pH=4/5$, $pH=5/6$ و $pH=3/5$ باران اسیدی بیشترین وزن تر برگ را

بر اساس شکل ۵ مشخص است که گیاهان شاهد، بیشترین وزن تر برگ را در بین سایر تیمارها داراست و

دارند. گیاهان تیمار $pH=2/5$ باران اسیدی نیز کمترین وزن برگ را دارند، در بین تیمارها دو تیمار $pH=3/5$ و $pH=4/5$ مشابه هستند.

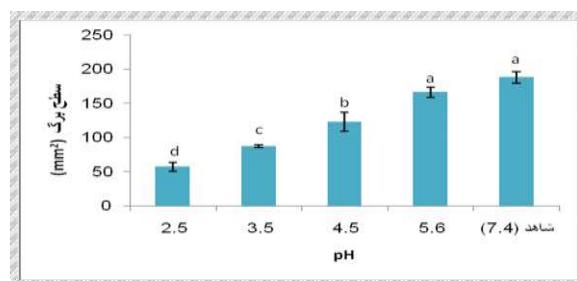


شکل ۶- وزن خشک برگ گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 6. Leaf dry weight of control plants and acid rain treated plants.

گیاهان تحت تیمار $pH=2/5$ باران اسیدی نیز کمترین وزن خشک برگ را دارند، در بین تیمارها دو تیمار $pH=3/5$ و $pH=4/5$ مشابه هستند.

طبق شکل ۶ گیاهان شاهد دارای بیشترین وزن خشک برگ در بین سایر تیمارها هستند و سپس به ترتیب تیمارهای $pH=5/6$ ، $pH=4/5$ و $pH=3/5$ بیشترین وزن خشک برگ را دارند.

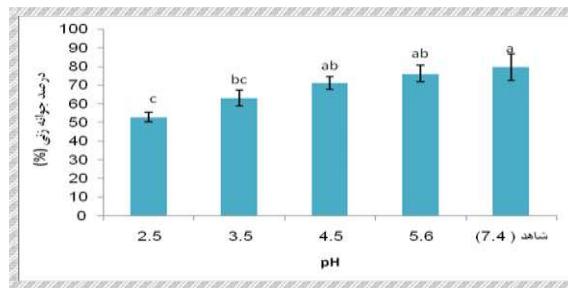


شکل ۷- سطح برگ گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 7. Leaf surface area of control plants and acid rain treated plants.

تیمارهای باران اسیدی به ترتیب تیمار $pH=5/6$ بیشترین و تیمار $pH=2/5$ کمترین سطح برگ را دارا هستند.

طبق شکل ۷ گیاهان شاهد دارای سطح برگ بیشتری در مقایسه با تیمارهای باران اسیدی هستند و بین

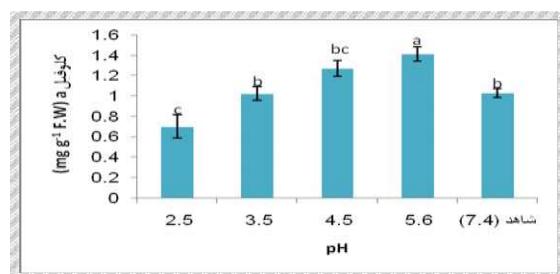


شکل ۸- درصد جوانه‌زنی در گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 8. The percentage of germination in control plants and acid rain treated plants.

تعیین درصد جوانه‌زنی در گیاهان شاهد و تیمارهای باران اسیدی در شکل ۸ نشان می‌دهد که گیاهان شاهد و تحت تیمار pH= ۲/۵ به ترتیب بیشترین و کمترین مشابه هستند.

تعیین درصد جوانه‌زنی در گیاهان شاهد و تیمارهای باران اسیدی pH= ۳/۵ تا تیمار pH= ۵/۶ روبه افزایش است و دو تیمار pH= ۴/۵ و pH= ۵/۶ در درصد جوانه‌زنی مشابه هستند.

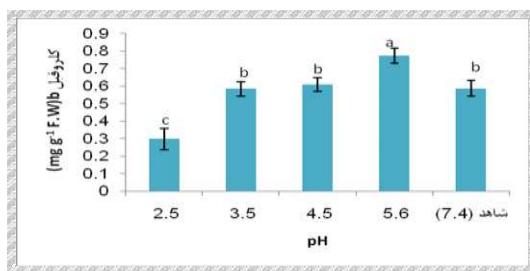


شکل ۹- محتوای کلروفیل a در گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 9. Chlorophyll a content of control plants and acid rain treated plants.

هم شیوه هستند، با توجه به این که کلروفیل a در گیاهان شاهد کمی بیشتر از تیمار pH= ۳/۵ باران اسیدی است.

با توجه به نمودار ۶ تیمارهای باران اسیدی با pH های ۵/۶ و ۴/۵ به ترتیب بیشترین میزان این رنگیزه را دارند، در حالی که تیمار pH= ۲/۵ دارای کمترین محتوای کلروفیل a است. گیاهان شاهد و تیمار

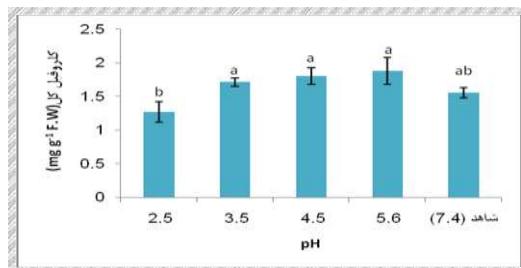


شکل ۱۰- میزان کلروفیل b در گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 10. Chlorophyll b content of control plants and acid rain treated plants.

به تیمارهای دیگر کلروفیل b بالاتری دارند. در تیمار pH= ۲/۵ نیز کمترین میزان از این رنگیزه دیده می شود.

با توجه به شکل ۱۰ در تیمار باران اسیدی با pH= ۳/۵ بیشترین میزان کلروفیل b دیده می شود، و بعد از آن به ترتیب تیمارهای pH= ۴/۵ و شاهد نسبت

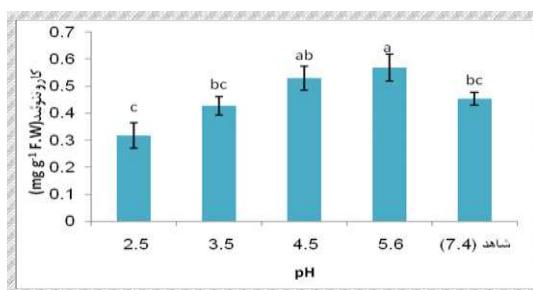


شکل ۱۱- محتوای کلروفیل کل در گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 11. Total Chlorophyll content of control plants and acid rain treated plants.

محتوای این رنگیزه در تیمار باران اسیدی با pH= ۲/۵ دیده می شود. تیمارهای مشابه نیز pH= ۴/۵ و pH= ۳/۵ هستند.

با توجه به شکل ۱۱ محتوای کلروفیل کل در گیاهان تیمار pH= ۵/۶ باران اسیدی بالاتر از دیگر تیمارهاست و پس از آن به ترتیب تیمارهای pH= ۴/۵ و pH= ۳/۵ باران اسیدی کلروفیل کل بیشتری از بقیه تیمارها دارند. بین دو تیمار شاهد و pH= ۲/۵ اسیدی نیز کمترین

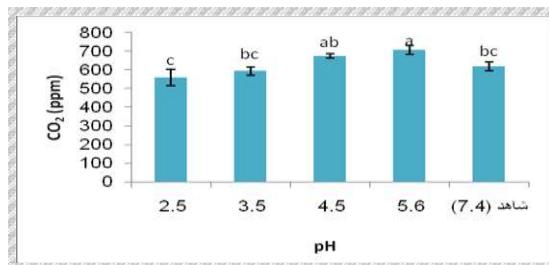


شکل ۱۲- محتوای کاروتونئید در گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 12. Carotenoid content of control plants and acid rain treated plants.

محتوای این رنگیزه در تیمار pH= ۲/۵ باران اسیدی دیده می شود. تیمارهای مشابه نیز شاهد و pH= ۳/۵ هستند، گرچه محتوای کاروتونئید در گیاهان شاهد کمی بیشتر از تیمار pH= ۳/۵ است.

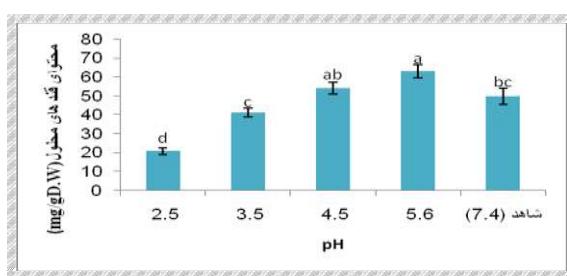
طبق شکل ۱۲ محتوای کاروتونئید در گیاهان تیمار pH= ۵/۶ باران اسیدی بیشتر از دیگر گیاهان است و پس از آن به ترتیب تیمارهای pH= ۴/۵ و قرار دارند. بین دو تیمار pH= ۳/۵ و pH= ۲/۵ نیز کمترین



شکل ۱۳- شدت فتوستتر گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی بر حسب $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$.
Fig. 13. Photosynthetic rate of control plants and acid rain treatment plants.

اسیدی نیز کمترین شدت فتوستتر را در بین تمام تیمارها دارند. دو تیمار مشابه از لحاظ شدت فتوستتر شاهد و $\text{pH}=3/5$ باران اسیدی هستند که شدت فتوستتر در شاهد کمی بیشتر از تیمار $\text{pH}=3/5$ باران اسیدی است.

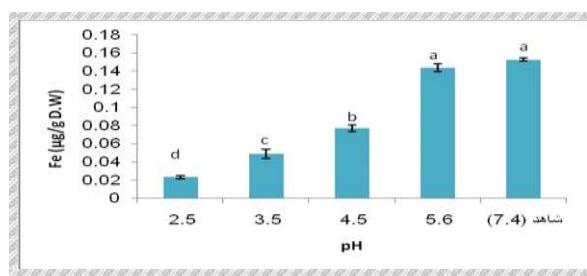
شکل ۱۳ شدت فتوستتر بر حسب CO_2 متصاعد شده از گیاهان در طی تنفس را نشان می‌دهد؛ بعد از گیاهان $\text{pH}=5/6$ باران اسیدی بیشترین شدت فتوستتر به ترتیب در تیمارهای $4/5$ $\text{pH}=4/5$ و شاهد و سپس در تیمار $\text{pH}=3/5$ دیده می‌شود. دو تیمار $\text{pH}=2/5$ باران



شکل ۱۴- محتوای قندهای محلول در گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.
Fig. 14. Soluble sugars content of control plants and acid rain treated plants.

قرار دارند. پایین‌ترین محتوای قند محلول در گیاهان تیمار باران اسیدی با $\text{pH}=2/5$ دیده می‌شود.

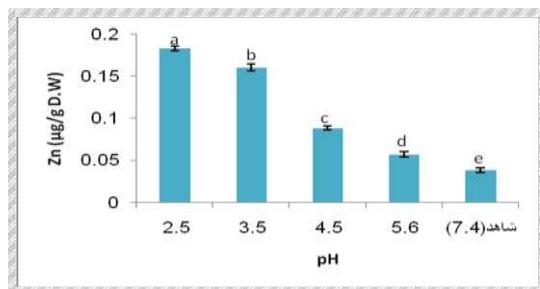
با توجه به شکل ۱۴ محتوای قندهای محلول در گیاهان تیمار $\text{pH}=5/6$ بیشتر از سایر گیاهان است و بعد از آن به ترتیب تیمارهای $4/5$, $\text{pH}=4/5$, شاهد و $\text{pH}=3/5$



شکل ۱۵- محتوای فلز آهن در برگ گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.
Fig. 15. Iron content of control plants and acid rain treated plants.

تیمار $pH=2/5$ کمترین محتوای آهن را دارند. تیمارهای $pH=3/5$ و $pH=4/5$ از نظر محتوای پایین آهن مشابه و دو تیمار شاهد و $pH=5/6$ نیز با محتوای بالای آهن به هم نزدیک هستند.

با توجه به شکل ۱۶ محتوای فلز آهن در گیاهان شاهد کمی بیشتر از گیاهان تیمار $pH=5/6$ باران اسیدی است و با کاهش pH در گیاهان تیمار باران اسیدی محتوای فلز آهن کاهش یافت. گیاهان شاهد بیشترین و

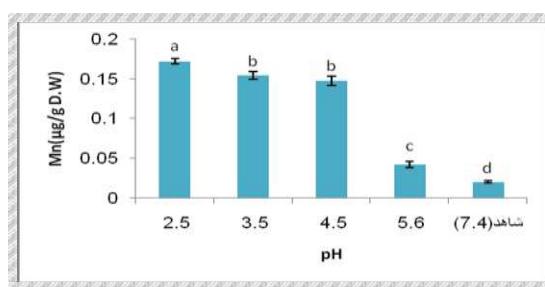


شکل ۱۶- محتوای فلز روی در برگ گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 16. Zinc content of control plants and acid rain treated plants.

محتوای منگنز پایین تری نسبت به تیمارهای دیگر دارند و کمترین محتوای فلز منگنز در گیاهان شاهد دیده می شود.

با توجه به شکل ۱۶ گیاهان تیمار $pH=2/5$ دارای بیشترین محتوای فلز روی هستند و بعد از این گیاهان تیمار $pH=3/5$ قرار دارد، تیمار $pH=5/6$ و شاهد



شکل ۱۷- محتوای فلز منگنز در برگ گیاهان شاهد و تحت تیمار باران اسیدی.

Fig. 17. Manganese content of control plants and acid rain treated plants.

بحث

باران اسیدی بر محتوای کلروفیل و اسیدآسکوربیک برگ ها در pH های $2/5$ و $3/5$ اثرات منفی اعمال می کند که این اثرات با کاهش pH و دوره تیمار تشدید می شوند (Kumari & Tomar, 2009). pH های 3 و 4 باران اسیدی سبب کاهش کلیه شاخص ها در گندم شامل میزان محصول، رنگیزه های

مطابق شکل ۱۷ گیاهان تیمار $pH=2/5$ دارای بیشترین محتوای فلز منگنز هستند و سپس به ترتیب تیمارهای $pH=3/5$ و $pH=4/5$ قرار دارند، تیمار $pH=5/6$ و سپس شاهد محتوای منگنز پایین تری نسبت به تیمارهای دیگر دارند.

متلاشی شدن سلول های اپیدرم و مزوفیل، هیپرتروفی سلول های پارانشیم اسفنجی، ابناشتنگی ترکیبات فنولیک و مشاهده دانه های نشاسته در برگ های در معرض باران اسیدی است (Bruno *et al.*, 2006). باران اسیدی با pH های ۳ و ۴ در گیاه گوجه فرنگی موجب ایجاد خال های سفید تا قهوه ای روی سطح دور از محور برگ و نیز کاهش در خور توجه سنتز رنگیزه ها، وزن خشک ساقه و ریشه، میزان محصول و کاهش در قندهای غیر کاهنده به ویژه در $pH=3$ شد. کاهش در قندهای غیر کاهنده بیشتر از کاهش در قندهای کاهنده بود؛ همچنین باران اسیدی موجب ابناشتنگی فنول های محلول به عنوان سازو کار القایی در برابر تنفس باران اسیدی شد (Shaukat & Alikhan, 2008). در این مطالعه تیمار باران اسیدی به ویژه در pH های پایین ($2/5$ و $3/5$) به کاهش تمامی فاکتورهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و رشد گیاه گندم منجر شد که با توجه به نمودارها کاهش در طول برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، درصد جوانه زنی، محتوای رنگیزه ها، شدت فتوستز و محتوای فلزات سنگین مشاهده شد و نیز موجب آسیب هایی به پهنه ک برگ شد؛ از جمله کلروزیز و نکروزیز که علت این مسئله زدایش عناصر غذایی از خاک، کاهش حاصل خیزی خاک و ابناشتنگی عناصر سمی در خاک است. این عوامل با اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه به کاهش فتوستز در گیاه می انجامد که نتیجه آن کاهش رشد گیاه از جمله در طول و وزن، سپس کاهش در فعالیت های بیوشیمیایی گیاه مانند محتوای رنگیزه ها، شدت فتوستز، جذب فلزات سنگین و نیز درصد جوانه زنی است.

نتیجه گیری

باران اسیدی یکی از مشکلات محیطی در برخی کشورها است که موجب کاهش محصول، آسیب به برگ و سمیت آلومینیم می شود و نیز بر کلسیم قابل تعویض

فتوصیتری، قندهای محلول، پروتئین دانه و ویژگی های اپیدرمی برگ می شوند (Kausar & Khan, 2009). باران اسیدی با اسیدیتۀ ۳ و ۴ بر آیندهای فیزیولوژیکی (رشد جوانه زنی) و بیوشیمیایی (رنگیزه ها، پراکسیداز و کاتالاز) در گیاه *Lolium perenne L.* از تیره گندمیان نسبت به باران اسیدی با $pH=5/7$ اثرات منفی اعمال می کند. درباره دو آنزیم پراکسیداز و کاتالاز به دلیل نقش حفاظتی آنها در برابر تنفس های اکسیداتیو باران اسیدی موجب افزایش فعالیت می شود که در برابر پراکسیداز بیشتر است، زیرا این آنزیم نسبت به تنفس باران اسیدی حساس تر از کاتالاز است (Simona *et al.*, 2009). باران اسیدی با اسیدیتۀ $3/5$ در برنج در مقایسه با باران معمولی موجب کاهش در شاخص های مانند طول گیاه، درصد جوانه زنی، تعداد جوانه و برگ می شود (Zabawi *et al.*, 2008). باران اسیدی در گیاه *Ocimum sanctum L.* موجب کاهش در تعداد سنبله، وزن دانه، کل محصول و میزان قند نواحی برگی به $pH=2/5$ ویژه در $pH=2/5$ می شود و در گیاه *Mentha pipierita* برگ ها در $pH=2/5$ و $3/5$ می شود (Kumari & Tomar, 2009). کاربرد برگی باران اسیدی با اسیدیتۀ $3/5$ در فلفل موجب کاهش در وزن خشک ساقه و برگ، وزن تر میوه، تعداد میوه و نیز توسعه نشانه های بیماری، کاهش رشد و ازدست رفتن محصول در مرحله رشد میوه و دانه رست در مقایسه با گیاهان شاهد تحت باران با $pH=5/5$ شد (Choi *et al.*, 2010). باران اسیدی بر شاخص های فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و میزان محصول گندم اثرات منفی اعمال می کند و ریزمغذی ها به مثابه کاهش دهنده اثر باران اسیدی در گیاه گندم عمل می کنند (Sabir *et al.*, 2012). نتایج حاصل از اعمال باران اسیدی بر آنatomی و *Genipa americana* میکرومorfولوژی برگ گیاه *L.* از تیره روناس شامل نقاط نکروزی بین رگ برگ،

مثبتی بر رشد اعمال کنند که بستگی به وضعیت عناصر غذایی خاک، ظرفیت بافیری، شرایط رشد و نیاز غذایی گیاه دارد (Gibbons, 1984). در این تحقیق مشخص شد با کاهش pH باران اسیدی گیاهان گندم تحت تنفس قرار می‌گیرند و نیز به علت زدایش کاتیون‌های معنی از پرلیت آبیاری شده با محلول غذایی هویت در اثر باران اسیدی کلیه فاکتورهای رشد از جمله طول برگ، وزن - تر برگ، وزن خشک برگ، سطح برگ و نیز درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابند که در شکل‌ها مشخص است. همچنین کاهش در فرایندهای بیوشیمیایی مانند ستر قندهای محلول در گیاه نیز به علت کاهش در محتوای رنگیزه‌های فتوستتری، شدت فتوستتر و نیز کاهش محتوای فلز آهن است.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر تیجه پژوهش‌های است که با حمایت دانشکده علوم زیستی دانشگاه خوارزمی انجام گردید که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

خاک تأثیرگذار است. افزایش باران اسیدی سبب تغییر در ویژگی‌های شیمیایی خاک می‌شود. در کنار باران اسیدی CO_2 حاصل از فعالیت میکروبی نیز موجب پیش‌برد تولید اسید کربنیک می‌شود که نتیجه آن هم کاهش pH خاک است (Susilawati *et al.*, 2011). خاک در شرایط اسیدی شروع به آزادسازی آلومینیم می‌کند که علاوه بر سمی‌بودن برای ریشه گیاه مزاحم دریافت عناصر غذایی به‌ویژه پتاسیم و فسفر می‌شود. رسوب اسید سبب زدایش عناصر غذایی ضروری مانند کلسیم و منیزیم از خاک‌ها و نیز آزادسازی فلزات سمی مانند آلومینیم می‌شود که درنهایت به کاهش محصول و آسیب به محصول آن می‌انجامد. رسوب اسیدهای نیتریک و سولفوریک علاوه بر تغییر در خاک جنگل‌ها، عناصر غذایی ضروری را برای گیاه فراهم می‌کند. اما دو خطر بزرگ رسوب اسید تحرک فلزات سمی مانند آلومینیم و زدایش کلسیم، منیزیم و عناصر غذایی دیگر ضروری برای رشد گیاه از خاک است. مشکل خاک‌های اسیدی، از دست رفت عناصر غذایی خاک و کانوپی گیاه، نیز تجزیه مواد گیاهی است. آسیب بافتی به رویش انواع گونه‌های گیاهی در آستانه pH بین ۲/۶ تا ۳/۶ رخ می‌دهد. نیتروژن و گوگرد باران ممکن است اثرات

References

- Bruno, F., Da Silva, S., Azevedo, A. and Aguiar, R.** 2006. Effects of simulated acid rain on leaf anatomy and micromorphology of *Genipa americana* L. (Rubiaceae). – Brazil Archives of Biology and Technology 49: 313-321.
- Choi, E.U., Moon, J.H., Lee, W., Son, S.H., Lee, S.G. and Cho, I.H.** 2010. The response of antioxidant enzyme activity, growth and yield of pepper and watermelon plants to a single application of simulated acid rain. – J. of Food, Agriculture and Environment 8: 1265-1271.
- Gibbons, J.H.** 1984. Acid rain and transported air pollutants. Washington, D.C. U.S. Congress, Office of Technology Assessment. OTA-O-204.
- Kausar, S. and Khan, A.A.** 2009. Interaction of simulated acid rain and seed gall nematode *Anguina tritici* on wheat. – Biology and Medicine 1: 100-106.
- Kumari, P. and Tomar, Y.S.** 2009. Effect of stimulated acid rain on chlorophyll and ascorbic acid contents of *Mentha piperata* (Peppermint). – Agric. Sci. Digest. 29: 1-6.

- Sabir, S.R., Hussain, M. and Aqeel, M.** 2012. – Morpho physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to stimulated acid rain and micronutrients. Department of Botany, Uni. of Agriculture, Faisalabad.
- Shaukat, S.S. and Alikhan, O.** 2008. Growth and physiological responses of tomato (*Licopersicon esculentum* L.) to stimulated acid rain. – Pak. J. Bot. 40: 2427-2435.
- Shou-Quing, N.** 2011. Effects of simulated acid rain on growth of wheat (*Secale cereal* L.) in north China. – Conference Publications 3: 2282-2291.
- Simona, I., Eugenia, G. and Laslo, V.** 2009. The effects of stimulated acid rain on growth and biochemistry. Process in grass. – Lucrari Scientific 52: 277-283.
- Susilawati, K., Hilimi, M.I., Azira, S., Ahmed, O.H. and Majid, N.M.** 2011. Upmeanet acid deposition project: soil and plant responses simulated acid rain treatments. – Rehabilitation of Tropical Rainforest Ecosystems. 24-25 October. Kuala Lumpur.
- Verma, A., Tewari, A. and Azami, A.** 2010. An impact of simulated acid rain of different pH-levels on some major vegetable plants in India. – Report and Opinion 2: 38-40.
- Zabawi, A.G., Moh Esa, S. and Leong, C.P.** 2008. Effects of simulated acid rain on germination and growth of rice plant. – J. Trop. Agric. and Fd. Sc. 36: 281-286.