

تأثیر زئولیت بر ماده خشک ریشه و خصوصیات عملکردی گندم در خاک‌های آلوده به

سلاح‌های جنگی و شیمیایی

علی آزوغ^۱، سید کیوان مرعشی^{۲*} و تیمور بابائی نژاد^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
- ۲- *نویسنده مسئول: استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران (marashi_47@yahoo.com)
- ۳- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵

چکیده

امروزه با توجه به اثرات نامطلوب جنگ در جهان و به کارگیری سلاح‌های نامتعارف و آلودگی محیط‌زیست و برهم‌زدن روابط خاک و گیاه و از سوی دیگر افزایش روزافزون جمعیت کشور و در نتیجه افزایش نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی، لزوم استفاده از اراضی مناطق جنگی در تولید مواد غذایی ضروری می‌باشد. یکی از راه‌حل‌های مؤثر در مدیریت عملکرد گندم در این گونه مناطق تأمین سلامت گیاه و در نتیجه سلامت جامعه است. استفاده از کانی زئولیت یکی از روش‌های پایش عناصر در خاک‌های آلوده می‌باشد. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح خاک، آلوده و غیر آلوده به سلاح‌های جنگی و چهار سطح زئولیت شامل صفر، ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ درصد وزنی بود. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای زئولیت بر وزن خشک ریشه در خاک آلوده و غیر آلوده معنی‌دار بود. وزن خشک ریشه در خاک آلوده در بیشترین سطح کاربرد زئولیت ۱۱/۱۱ و در خاک غیر آلوده ۶/۹۳ گرم در گلدان بود. همچنین اثر زئولیت بر وزن هزار دانه در خاک آلوده و غیر آلوده معنی‌دار بود. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار زئولیت ۲/۵ درصد خاک آلوده و کم‌ترین مقدار در شرایط عدم کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده حاصل شد. در خاک‌های غیر آلوده اثر تیمار زئولیت بر تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در سنبله غیر معنی‌دار بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر زئولیت بر عملکرد دانه در خاک آلوده و غیر آلوده معنی‌دار است. بیشترین عملکرد دانه در خاک آلوده با کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد (۶۳/۲ گرم در گلدان) و کم‌ترین مقدار در خاک غیر آلوده با عدم کاربرد زئولیت (۸/۸ گرم در گلدان) مشاهده گردید.

کلید واژه‌ها: آلودگی، جنگ، فلزات سنگین، کلروفیل

مقدمه

به جامانده از جنگ در طول ۱۱۰۰ کیلومتر از مرزها در غرب و جنوب غرب ایران با مساحتی حدود ۴ میلیون و ۲۰۰/۰۰۰ هزار هکتار، پراکنده شده و بر اساس منابع معتبر بیش از ۲۰ میلیون مین در خاک جمهوری اسلامی ایران توسط عراق به کار رفته است (Saeshahi, 2008). مواد به جا مانده از بمب‌ها اسیدیته خاک را تغییر می‌دهند و بسته به نوع مواد منفجره، خاک را اسیدی یا

جنگ یکی از منابع عمده آلودگی محیط‌زیست است. استفاده وسیع از سلاح‌های جنگی اعم از گلوله‌های سری، مواد منفجره، بمباران‌های هوایی، گلوله‌های توپ، سلاح‌های شیمیایی، میکروبی و غیره قطعاً اثرات مخرب زیستی را در پی خواهند داشت (Leaniny, 2000). پس از پذیرش قطعنامه ۵۹۸ آلودگی مین و مواد منفجره

نوع زئولیت برای مدیریت عملکرد گندم در خاک‌های آلوده به جنگ افزارها مورد استفاده قرار گیرد. از این رو این پژوهش با هدف تأثیر زئولیت بر صفات مهم زراعی و عملکرد گندم در خاک‌های آلوده و غیر آلوده به سلاح‌های جنگی و شیمیایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار به صورت گلدانی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل زئولیت در مقادیر صفر (a_1)، $0/5$ (a_2)، $1/5$ (a_3) و $2/5$ (a_4) درصد وزنی و تیمار خاک بصورت غیر آلوده (b_1) و آلوده (b_2) اعمال گردید. در این آزمایش از گندم رقم چمران استفاده شد. خاک آلوده در منطقه جنوب دهلران (بین شرفانی و زبیدات عراق) که در جنگ ایران و عراق مناطق وسیعی از آن به سلاح‌های جنگی آلوده شده است انتخاب گردید و از ۵۰ نقطه آن نمونه برداری شد. همچنین بر اساس موقعیت مکانی منطقه، ۵۰ نقطه دیگر خارج از منطقه آلوده به عنوان خاک غیر آلوده انتخاب گردید. نمونه‌های منفرد دو نوع خاک به طور جداگانه با هم مخلوط و نمونه مرکب تهیه و پس از هوا خشک کردن، از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد تحقیق در جدول (۱) ارائه شده است. کانی شناسی زئولیت با استفاده از روش پراش اشعه ایکس تعیین شد و مشخص گردید که بیش از ۷۵ درصد زئولیت مورد استفاده از کلینوپتیلولیت خالص تشکیل شده است. خصوصیات شیمیایی زئولیت مورد استفاده در جدول (۲) نشان داده شده است. تیمارهای آزمایشی زئولیت در مقادیر مورد نظر با خاک آلوده و غیر آلوده مخلوط و به منظور انجام واکنش‌های شیمیایی در دما و رطوبت ثابت به مدت یک ماه نگهداری و جداگانه به گلدان‌ها با وزن ۱۰ کیلوگرم به ارتفاع ۴۰ سانتی متر و قطر ۲۰ سانتی متر وارد گردید. داخل هر گلدان ۱۰ عدد بذر کشت شد و پس از

قلیایی می‌کنند. در خصوص بمب‌های شیمیایی یا رادیواکتیو، ترکیبات پایدار به کار رفته در بمب‌ها تا سال‌ها بلکه تا یک قرن ممکن است در خاک باقی بمانند (Mirzadeh, 2011). گندم به عنوان یک محصول استراتژیک، در بین غلات از نظر سطح زیر کشت و تولید جهانی مقاوم اول را دارد و نزدیک به ۳۰ درصد اراضی زیر کشت را به خود اختصاص داده است (Amiri et al., 2011, 2012). عناصر غذایی یکی از فاکتورهای مهم در رشد و عملکرد گیاهان می‌باشند. استفاده از مواد افزودنی مانند زئولیت به خاک که دارای عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد می‌تواند در حاصلخیزی خاک تأثیر مفیدی داشته باشد (Bahreini et al., 2008). زئولیت‌ها به دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و قرار دادن بعضی کاتیون‌ها در شبکه خود علاوه بر نقش اصلاح کنندگی در خاک، می‌تواند نقش تغذیه‌ای داشته باشند و باعث بهبود رشد گیاه شود. جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی توسط زئولیت باعث می‌شود که در صورت انتخاب صحیح نوع زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به عنوان اصلاح کننده به خاک اضافه می‌شوند از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کند (Polat et al., 2004). زئولیت به عنوان بهترین مکمل غذایی و کود شیمیایی محسوب شده و در بهره‌برداری و تولید بیشتر محصولات کشاورزی نقش مهمی را ایفا می‌کند (Shiranirad et al., 2011). Kavoosi and Rahimi (2003) در تحقیقی روی برنج در دو خاک سبک و سنگین اظهار داشتند، در تیمارهایی که زئولیت و نیتروژن به صورت توأم مصرف می‌شوند عملکرد افزایش می‌یابد. همچنین بیان کردند که مصرف زئولیت در هر دو نوع خاک باعث افزایش عملکرد کاه و کلش و افزایش تعداد پنجه در خاک سنگین شده است. منابع عظیم زئولیت در ایران از نوع کلینوپتیلولیت در مناطق طبرستان، سمنان، میانه، صائین، دژ، طلحه، رودهن، طالقان، کرمان و زاهدان سبب شد تا این

بجا مانده از بمب‌ها، اسیدپته خاک را تغییر می‌دهند و بسته به نوع مواد منفجره خاک را اسیدی یا قلیایی می‌کنند (Fathi and Chorom, 2013). در این تحقیق pH خاک آلوده در مقایسه با غیر آلوده تا حدودی اسیدی است که می‌تواند باعث افزایش قابلیت دسترسی عناصر سنگین خاک و در نتیجه افزایش جذب آن‌ها توسط گیاه گردد. از دلایل اسیدی شدن pH خاک آلوده در این تحقیق می‌توان به ترکیبات نیتروژنه موجود در بمب‌ها و چاشنی‌های انفجاری در سلاح‌های جنگی اشاره نمود که به خاک اضافه شده‌اند. نتایج جدول (۱) نشان داد که عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، کروم، مس و روی در خاک آلوده چندین برابر خاک غیر آلوده است که این امر بیانگر اثر جنگ افزارهایی است که به خاک تحمیل شده و منجر به افزایش قابل توجه این عناصر گردیده است. مطابق جدول (۲) اسیدپته کانی ژئولیت قلیایی ($pH = 8/45$) و CEC آن ۱۷۰ سانتی مول بر کیلوگرم است که باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، جذب و تثبیت برخی از عناصر سنگین در شبکه خود می‌شود.

وزن خشک ریشه

نتایج نشان داد که در سطح ۱ درصد تفاوت ناشی از مقادیر ژئولیت و نوع خاک بر وزن خشک ریشه معنی دار در صورتی که اثر متقابل خاک و ژئولیت بر وزن خشک ریشه معنی دار نبود (جدول ۳). بررسی نتایج مقایسه میانگین در خاک آلوده نشان داد بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار a_4b_2 (کاربرد ۲/۵ درصد ژئولیت در خاک آلوده) با ۱۱/۱۱ گرم در گلدان و کمترین در تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد ژئولیت در خاک آلوده) با ۶/۱۶ گرم در گلدان مشاهده شد. همچنین بیشترین وزن خشک ریشه در خاک غیر آلوده در تیمار a_4b_1 (کاربرد ۲/۵ درصد ژئولیت در خاک غیر آلوده) با ۶/۹۳ گرم در گلدان و کمترین آن با ۳/۵۶ گرم در گلدان در تیمار a_1b_1 (بدون کاربرد ژئولیت در خاک غیر آلوده) مشاهده شد (شکل ۱-۱).

استقرار گیاهان تعداد بوته‌ها به ۵ عدد تنک گردید. عملیات آبیاری با توجه به بارندگی‌های اهواز، هفته‌ای یک بار انجام شد. در طول دوره رشد جهت حفظ شرایط طبیعی خاک، از هر گونه نهاده نظیر سم و حشره کش استفاده نگردید. یکصد و پنجاه روز پس از کشت، عملیات برداشت گیاهان انجام شد. عملکرد دانه از طریق برداشت ۳ گلدان برای هر تیمار و خرم‌ن کوبی هر کدام به‌طور جداگانه تعیین شد. عملکرد زیستی از طریق کف بر نمودن گیاهان در ۳ گلدان برای هر تیمار به‌طور جداگانه تعیین گردید (Fajeria et al., 1999). تعداد سنبلچه در سنبله از طریق شمارش در ۵ سنبله در گلدان مشخص گردید (Ghobadi, 1999). تعداد دانه در سنبله از طریق شمارش تعداد دانه در سنبله در هر گلدان تعیین شد و سپس تعداد دانه در سنبلچه از طریق تقسیم تعداد دانه در سنبله بر تعداد سنبلچه در سنبله محاسبه گردید (Fajeria et al., 1999). وزن هزار دانه از طریق توزین تعداد دانه در ۵ سنبله در هر گلدان و با کمک ترازو با دقت ۰/۰۰۱ تعیین شد (Alidadi, 2008). وزن خشک ریشه و اندام هوایی در گلدان در مرحله آبستنی از طریق خشک کردن در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین گردید (Fathi and Chorom, 2013). اندازه‌گیری کلروفیل در مرحله آبستنی به کمک کلروفیل متر مدل SPAD-502 شرکت Spectrum انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از روش برش‌دهی اثر متقابل در سطح پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات خاک غیر آلوده و آلوده به سلاح‌های جنگی و ژئولیت مورد استفاده

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های غیر آلوده و آلوده به سلاح‌های جنگی در جدول (۱) نشان داده شده است. pH خاک یکی از عوامل کنترل‌کننده قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک می‌باشد. بقایای

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های آلوده و غیر آلوده به سلاح‌های جنگی
Table 1. Physical and chemical characteristics in polluted and unpolluted soil to weapons

| رس clay | لای silt | شن sand | کربنات کلسیم Caco ₃ | کربن آلی OC | ظرفیت تبادل کاتیونی CEC | مس Cu | آهن Fe | روی Zn | کروم Cr | فسفر P | پتاسیم K | نیتروژن N | هدایت الکتریکی EC (دسی زیمنس بر متر dS.m ⁻¹) | اسیدیته pH | خاک soil |
|------------|-------------|------------|-----------------------------------|----------------|--|----------|-----------|---|------------|-----------|-------------|--------------|--|---------------|--|
| | | | درصد (%) | | سانتی مول بر کیلوگرم (Cmol.kg ⁻¹) | | | میلی گرم بر کیلوگرم (mg.kg ⁻¹) | | | | درصد (%) | | | |
| 29 | 30 | 41 | 17.6 | 0.69 | 13.64 | 150 | 9276 | 264.8 | 152.8 | 104 | 539.7 | 0.163 | 4.83 | 6.63 | خاک آلوده به سلاح‌های جنگی Polluted soil to weapons |
| 22 | 37 | 41 | 13.52 | 0.17 | 9.54 | 12.4 | 658.1 | 44.56 | 18.32 | 15.8 | 142.6 | 0.058 | 3.15 | 7.56 | خاک غیر آلوده (شاهد) Unpolluted soil (control) |

جدول ۲- آنالیز عنصری برخی از خصوصیات زئولیت طبیعی مورد استفاده
Table 2. Elemental analysis used some characteristics of natural zeolite

| مقدار Value | واحد Unit | پارامتر Parameter | مقدار Value | واحد Unit | پارامتر Parameter |
|----------------|--------------|--------------------------------|----------------|------------------------|----------------------|
| 66.5 | % | SiO ₂ | 8.45 | - | pH |
| 11.81 | % | Al ₂ O ₃ | 0.097 | dS. m ⁻¹ | EC |
| | | | 170 | Cmol. kg ⁻¹ | CEC |

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات رویشی و عملکردی گندم
Table 3. Results of analysis variance of growth and production characteristics of wheat

| میانگین مربعات Mean square | | | | | | | | منابع تغییر Source of variation | |
|----------------------------------|----------------------------|---|--|------------------------------------|------------------------|--|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| عملکرد زیستی Biological yield | عملکرد دانه Grain yield | تعداد دانه در سنبلیچه Grains number per spikelet | تعداد سنبلیچه در سنبله Spikelets number per spike | وزن هزار دانه 1000-Grain weight | کلروفیل Chlorophyll | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter | وزن خشک ریشه Root dry matter | درجه آزادی df | |
| 3806.398** | 788.524** | 0.21 ^{ns} | 1.981 ^{ns} | 94.026** | 736.142** | 260.79** | 19.627** | 3 | زئولیت Zeolite |
| 16183.465** | 3087.655** | 0.416* | 11.732* | 572.620** | 844.645** | 665.812** | 37.75** | 1 | خاک Soil |
| 1083.971* | 334.645** | 0.038 ^{ns} | 6.809* | 14.008** | 842.1 ^{ns} | 33.198** | 2.186 ^{ns} | 3 | خاک * زئولیت Zeolite* Soil |
| 245.655 | 32.031 | 0.081 | 1.462 | 0.463 | 136.14 | 2.606 | 3.057 | 16 | خطا Error |
| 11.7 | 12.3 | 8.5 | 7.8 | 6 | 8 | 12.3 | 11.1 | | ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%) |

ns, * and ** not significant and significant at the P value of 0.05 and 0.01, respectively.

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد.

گرم در گلدان و کم‌ترین مقدار به تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد زئولیت در خاک آلوده) با $12/28$ گرم در گلدان تعلق گرفت. در تحقیقی مشابه در گیاه سویا مشخص شد که افزودن زئولیت به خاک باعث افزایش غلظت عناصری نظیر ازت، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، مس و روی در اندام گیاهی و ازدیاد وزن خشک ریشه و اندام هوایی می‌گردد (Mahmoodabadi *et al.*, 2008).

شاخص کلروفیل

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تأثیر تیمارهای زئولیت و نوع خاک بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱-C) نشان داد که تأثیر تیمارهای زئولیت در هر دو خاک مثبت و معنی‌دار است. در هر دو خاک تفاوت تأثیر تیمار زئولیت $2/5$ درصد بر کلروفیل نسبت به تیمار زئولیت $0/5$ درصد و شاهد (بدون کاربرد زئولیت) معنی‌دار بود ولی این تفاوت برای تیمار زئولیت $1/5$ درصد نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار نبود. بیشترین میانگین کلروفیل در خاک آلوده به بمب‌ها و جنگ افزایش در تیمار a_4b_2 (کاربرد زئولیت $2/5$ درصد در خاک آلوده) با میانگین کلروفیل $50/56$ و کمترین مقدار مربوط به خاک غیر آلوده در تیمار a_1b_1 (بدون کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده) با $29/9$ بود. از دلایل معنی‌دار شدن افزایش کلروفیل تحت کاربرد زئولیت، فراهمی و دسترسی گیاه به عناصر غذایی موجود در زئولیت و افزایش جذب نیتروژن، فسفر و منیزیم می‌باشد. Pazoki (2010) در بررسی اثر زئولیت در محیط کشت بیان داشت که زئولیت باعث افزایش میزان فتوسنتز، کارایی یاخته مزوفیل و افزایش کلروفیل می‌شود. Fathi and Chorom (2013) بیان داشتند که افزودن لجن فاضلاب به خاک باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش رشد گیاه، فتوسنتز، کلروفیل و جذب نیتروژن، فسفر در گیاه ذرت می‌گردد.

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۳) که اثر زئولیت و نوع خاک و همچنین اثر ترکیبی آن‌ها در سطح

زئولیت به دلیل قدرت جذب کاتیونی بالا و تثبیت عناصر سنگین در بین لایه‌های خود می‌تواند باعث اصلاح خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن نظیر تخلخل، تهویه، نفوذپذیری و افزایش فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی و در نهایت منجر به افزایش توسعه ریشه در خاک گردد (Pazoki, 2010)؛ (Polat *et al.*, 2004). تأثیر مثبت زئولیت بر فراهمی عناصر در خاک آلوده در جدول (۱) ارائه شده است. Mahmoodabadi *et al.* (2008) نیز گزارش کردند که افزودن زئولیت موجب افزایش عناصر غذایی و وزن خشک ریشه می‌گردد. Fathi and Chorom (2013) با بررسی تأثیر زئولیت بر وزن خشک ریشه در تیمار لجن فاضلاب در خاک بیان داشتند که کاربرد زئولیت موجب افزایش وزن خشک ریشه و سبب کاهش سرب و کادمیوم در اندام هوایی ذرت می‌شود.

وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تأثیر تیمارهای زئولیت، خاک و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. نتایج نشان داد که در خاک غیر آلوده بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار a_4b_1 (کاربرد $2/5$ درصد زئولیت در خاک غیر آلوده) با وزن $16/88$ گرم در گلدان و کم‌ترین مقدار در تیمار a_1b_1 (بدون کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده) با وزن $10/96$ گرم در گلدان حاصل شد (شکل ۱-B). دلیل افزایش ماده خشک اندام هوایی در شرایط مصرف مقادیر زیاد زئولیت را می‌توان به گزینش پذیری بالای آن نسبت به عناصر مفیدی نظیر سیلیسیوم ارتباط داد (جدول ۲). زئولیت‌ها همچنین می‌توانند جذب عناصر غذایی از محلول خاک توسط گیاه را بهبود و حاصلخیزی و نگهداشت آب را افزایش دهند (Abrol *et al.*, 2002). مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱-B) نشان داد که زئولیت در خاک آلوده نیز در افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی مؤثر است. بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار a_4b_2 ($2/5$ درصد زئولیت در خاک آلوده) با وزن $32/69$

تعداد سنبلچه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تفاوت بین تعداد سنبلچه در سنبله در تیمارهای مختلف کاربرد زئولیت، معنی دار نبود ولی اثر نوع خاک و اثر متقابل آن در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱-E) نشان داد که در خاک غیر آلوده کاربرد مقادیر متفاوت زئولیت بر تعداد سنبلچه در سنبله اثر معنی داری نداشت ولی در خاک آلوده به سلاح‌های جنگی، تفاوت معنی دار بود. با کاربرد تیمارهای زئولیت صفر، ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ درصد میانگین تعداد سنبلچه در خاک آلوده از ۱۳/۲۸ به ۱۵/۳۷، ۱۵/۶ و ۱۷/۲ افزایش یافت (شکل ۱-E). نتایج نشان داد در خاک آلوده افزایش در تعداد سنبلچه در سنبله در تیمار a_4b_2 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک آلوده) نسبت به تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد زئولیت در خاک آلوده) ۳/۹۲ درصد بود. علت این امر مربوط جلوگیری از هدررفت عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر و جذب تدریجی آن‌ها توسط گیاه است در واقع زئولیت توانسته علاوه بر نقش اصلاح‌کنندگی در خاک، نقش تغذیه‌ای نیز داشته باشد (Polat et al., 2004).

تعداد دانه در سنبلچه

نتایج آزمون تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر نوع خاک در سطح احتمال پنج درصد معنی دار ولی تأثیر تیمار زئولیت و اثر متقابل خاک و زئولیت بر تعداد دانه در سنبلچه معنی دار نبود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱-F) نشان داد که در خاک غیر آلوده تأثیر تیمارهای زئولیت بر تعداد دانه در سنبلچه تفاوت معنی داری ایجاد نکرد ولی در خاک آلوده به جنگ افزارها تفاوت معنی داری بین تیمار a_4b_2 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک آلوده) با تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد زئولیت در خاک آلوده) مشاهده شد. در خاک آلوده بیشترین تعداد دانه در سنبلچه با ۲/۸۷ مربوط به تیمار a_4b_2 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد زئولیت در خاک آلوده) و کم‌ترین تعداد در تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد زئولیت در خاک آلوده) با ۲/۳۶ مشاهده شد. دلیل این امر مربوط به فراهمی بیشتر

احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه معنی دار بود. بیشترین وزن هزار دانه در خاک آلوده در تیمار a_4b_2 (کاربرد ۲/۵ درصد زئولیت در خاک آلوده) با ۵۱/۲۸ گرم و کم‌ترین در تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد زئولیت در خاک آلوده) با ۴۵/۰۷ گرم مشاهده شد (شکل ۱-D). میزان افزایش در وزن هزار دانه در تیمار a_4b_2 در مقایسه با تیمار a_1b_2 ۶/۲۱ درصد بود که علت آن را می‌توان به فراهمی عناصر در خاک آلوده نسبت داد (جدول ۱). همچنین زئولیت با رهاسازی عناصر، کنترل و گزینش عناصر مفید از ورود عناصر سمی به چرخه گیاه جلوگیری کرده و منجر به رشد بهتر گیاه و در نهایت باعث افزایش وزن هزار دانه گردیده است. نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای زئولیت بر وزن هزار دانه در خاک غیر آلوده (شکل ۱-D) نشان داد که اختلاف بین تیمار a_4b_1 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک غیر آلوده) نسبت به سایر تیمارها معنی دار بود. این در حالی بود که در این نوع خاک اختلاف بین تیمارهای a_2b_1 (کاربرد زئولیت ۰/۵ درصد در خاک غیر آلوده) و a_3b_1 (کاربرد زئولیت ۱/۵ درصد در خاک غیر آلوده) معنی دار نبود. در خاک غیر آلوده بیشترین وزن هزار دانه در تیمار a_4b_1 (کاربرد ۲/۵ درصد زئولیت در خاک غیر آلوده) با ۴۲/۵۳ گرم و کم‌ترین در تیمار a_1b_1 (بدون کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده) با ۳۰/۸۹ گرم مشاهده شد. از دلایل تأثیر زئولیت بر وزن هزار دانه در خاک غیر آلوده می‌توان به وجود عناصر ضروری نظیر پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم در زئولیت و تأثیر مثبت این کانی در رهاسازی عناصر و افزایش رشد گیاه اشاره کرد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد زئولیت در خاک آلوده) با ۴۵/۰۷ گرم و کم‌ترین مقدار در تیمار a_1b_1 (بدون کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده) با ۳۰/۸۹ گرم بود که دلیل این امر مربوط به فراهمی عناصر در خاک آلوده در مقایسه با خاک غیر آلوده است. Pazoki (2010) در تحقیقی بیان کرد که کاربرد زئولیت ضمن افزایش ظرفیت تبادل خاک باعث بهبود ظرفیت نگهداری آب و افزایش تخلخل، تهویه، نفوذپذیری و توسعه ریشه در خاک می‌شود.

که در خاک‌های آلوده جنگی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و فلزات سنگین بیش از حد مجاز وجود دارند و هنگامی که زئولیت به خاک اضافه می‌شود به حفظ و نگهداری عناصر غذایی در سیستم‌های کشاورزی کمک کرده و از شستشوی آن‌ها جلوگیری می‌کند.

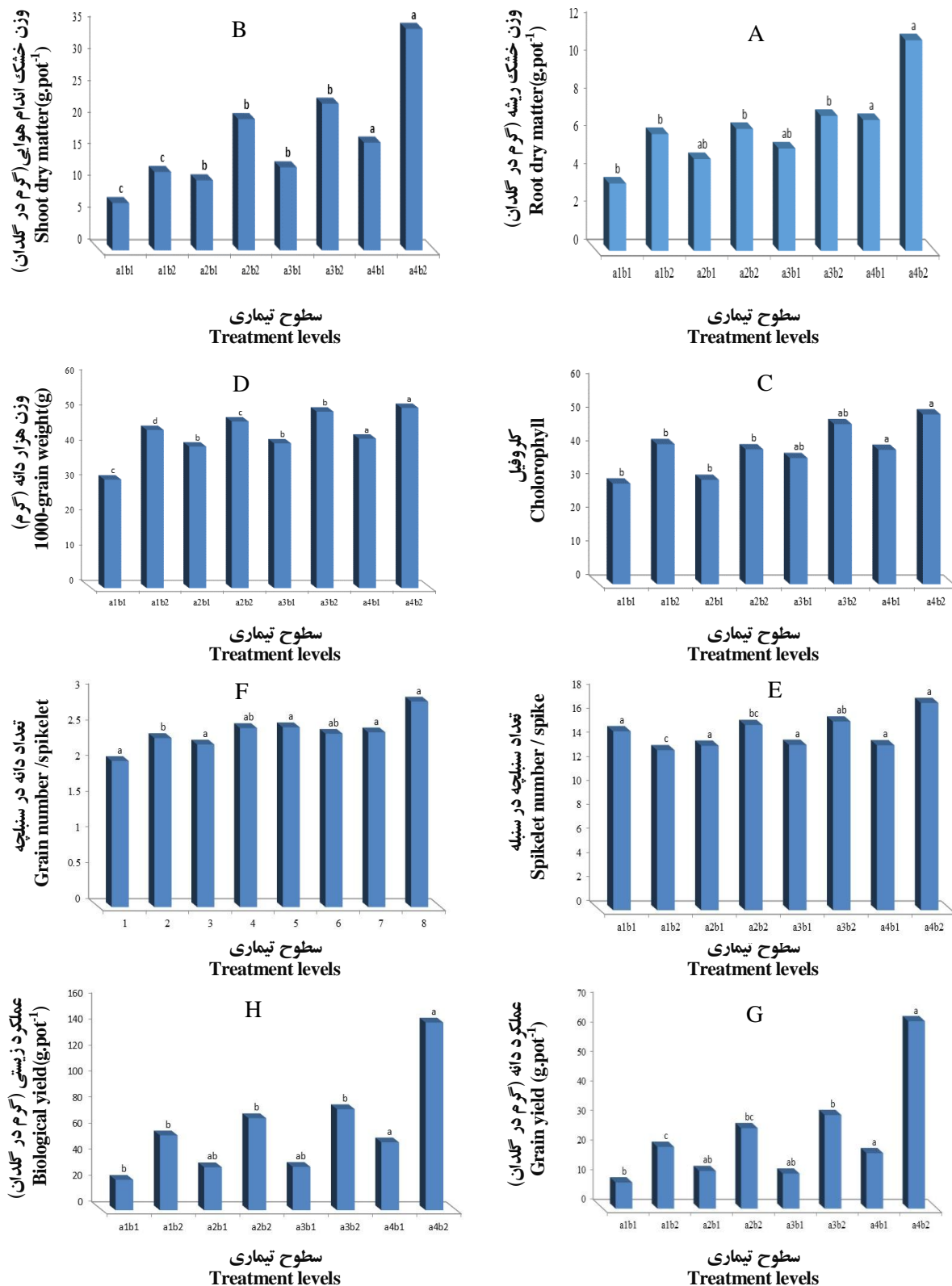
عملکرد زیستی

نتایج تجزیه واریانس مندرج در جدول (۳) نشان داد که تأثیر زئولیت، خاک و اثر متقابل بین آن‌ها بر عملکرد زیستی تفاوت معنی‌دار داشت. بررسی میانگین عملکردهای زیستی (شکل ۱-H) نشان داد در خاک‌های آلوده به جنگ‌افزارها تأثیر زئولیت بر عملکرد زیستی در تیمار a_4b_2 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک آلوده) با سایر سطوح تیماری زئولیت تفاوت معنی‌دار داشت ولی تفاوت بین سایر تیمارها معنی‌دار نبود. در خاک آلوده بیشترین عملکرد زیستی مربوط به تیمار a_4b_2 (کاربرد ۲/۵ درصد زئولیت در خاک آلوده) با $143/7$ گرم در گلدان و کمترین عملکرد مربوط به تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد زئولیت در خاک آلوده) با $57/3$ گرم در گلدان تعلق داشت. در خاک غیر آلوده تفاوت تأثیر زئولیت بر عملکرد زیستی در تیمار a_4b_1 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک غیر آلوده) نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده) معنی‌دار بود ولی بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید. بنابراین افزایش در مصرف زئولیت اثر مثبتی در عملکرد زیستی هر دو خاک داشته است. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد زیستی در تیمار a_4b_2 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک آلوده) با $143/7$ گرم و کمترین مقدار در تیمار a_1b_1 (بدون کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده) با میانگین $23/2$ گرم به دست آمد (شکل ۱-H) که این امر به دلیل فراهمی عناصر در خاک آلوده به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود. استفاده از زئولیت به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و تمایل زیاد برای جذب و نگهداری یون آمونیم می‌تواند نقش مؤثری در کاهش آلودگی عناصر غذایی داشته باشد (Madani et al., 2009).

عناصر در خاک آلوده جنگی و تثبیت این عناصر توسط زئولیت و در اختیار قرار دادن تدریجی آن‌ها برای رشد گیاه می‌باشد (Fathi and Chorom, 2013).

عملکرد دانه

نتایج آنالیز واریانس تأثیر زئولیت و نوع خاک بر عملکرد دانه در جدول (۳) نشان داده شده است. مطابق این جدول در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه بواسطه مقادیر مختلف زئولیت مصرفی، نوع خاک و اثر متقابل بین دو تیمار مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱-G) نشان داد که در خاک غیر آلوده تأثیر معنی‌دار زئولیت بر عملکرد دانه مربوط به تفاوت عملکرد دانه بین تیمار a_4b_1 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک غیر آلوده) و تیمار a_1b_1 (بدون کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده) است و اختلافات بین سایر مقادیر زئولیت مصرفی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در خاک غیر آلوده بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار a_4b_1 (کاربرد ۲/۵ درصد زئولیت در خاک غیر آلوده) با $18/74$ گرم و کمترین مقدار مربوط به تیمار a_1b_1 (بدون کاربرد زئولیت در خاک غیر آلوده) با $8/8$ گرم مشاهده شد. همچنین نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱-G) نشان داد در خاک آلوده به سلاح‌های جنگی، تفاوت تأثیر تیمار زئولیت بر عملکرد دانه ناشی از تیمار a_4b_2 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک آلوده) و a_3b_2 (کاربرد زئولیت ۱/۵ درصد در خاک آلوده) با سایر سطوح تیماری زئولیت است. در خاک آلوده به جنگ‌افزارها بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار a_4b_2 (کاربرد زئولیت ۲/۵ درصد در خاک آلوده) با $64/2$ گرم در گلدان و کمترین مقدار مربوط به تیمار a_1b_2 (بدون کاربرد زئولیت در خاک آلوده) با وزن $20/8$ گرم در گلدان بود (شکل ۱-G). تأثیر مثبت و معنی‌دار زئولیت بر عملکرد دانه در خاک آلوده مربوط به گزینش و انتخاب‌پذیری این کانی جهت ممانعت از ورود عناصر سمی به گیاه و رها سازی عناصر غذایی مفید برای جذب توسط گیاه می‌باشد. از جمله دلایل دیگر زیاد بودن میزان عملکرد دانه در خاک‌های آلوده، فراهمی زیاد عناصر در این خاک‌ها است. Abrol et al. (2002) نیز بیان کردند



شکل ۱- اثر تیمارهای خاک (b₁: غیر آلوده و b₂: آلوده) و زئولیت (a₁: عدم مصرف، a₂: ۰/۵ درصد، a₃: ۱/۵ درصد و a₄: ۲/۵ درصد) بر ماده خشک ریشه (A)، ماده خشک اندام هوایی (B)، کلروفیل (C)، وزن هزاردانه (D)، تعداد سنبلیچه در سنبله (E)، تعداد دانه در سنبلیچه (F)، عملکرد دانه (G) و عملکرد زیستی (H) (در سطح احتمال ۵ درصد)

Figure 1. Effect of soil (b₁: unpolluted and b₂: polluted) and zeolite treatments (a₁: zero, a₂: 0.5%, a₃: 1.5% and a₄: 2.5%) on root dry matter (A), shoot dry matter (B), chlorophyll (C), 1000-grain weight (D), spikelet number per spike (E), grain number per spikelet (F), grain yield (G) and biological yield (H) (P ≤ 0.05)

نتیجه گیری

فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی بر صفات زراعی و عملکردی گیاه در هردو خاک آلوده و غیرآلوده اثر مثبت و معنی دار داشت. همچنین کاربرد زئولیت سبب به دام انداختن فلزات سنگین ناشی از بمب ها و جنگ افزارها و کاهش اثرات منفی عناصر مذکور در خاک می شود. این عمل باعث حفظ سلامت گیاه و درنهایت محیط زیست و جامعه خواهد شد.

نتایج تحقیق نشان داد که در خاک های آلوده به سلاح های جنگی به دلیل بالا بودن عناصر سنگین در مقایسه با خاک های غیرآلوده تغییراتی در پارامترهای رشد و عملکردی گیاه ایجاد می شود که نتیجه آن تهدید سلامت انسان و جامعه است. زئولیت به دلیل داشتن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مطلوب نظیر تخلخل، تهویه، نفوذپذیری، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش

References

- Abrol, I. P., Bronson, K. F., Duxbury, J. M. and Gupta, R. K. (2002). Long-term soil fertility experiment in rice- wheat cropping system. Rice-Wheat consortium for the Indo-Gangetic plains, New Delhi, India.
- Alidadi, H. (2008). Investigation and selection of a suitable medium for preparation of vermicomposte. Presented at the 3th Congress of Application of Recycled Resources in Agriculture, Islamic Azad University of Khorasgan, Khorasgan. [In Farsi]
- Amiri, A., Tohidi, A. A., Javaheri, M. A. and Mohamadin Nezhad, Gh. (2011). Investigation of the effect of cultivation date, cultivar and azetobacter on wheat yield in cold Bardsir region. Journal of Crop Improvement, 12(1), 11-19.
- Bahreini, T. M., Rezaei, M. and Movahedi Naeini, S. A. (2008). Effect of zeolite on physical and fertility characteristics of soil. Tehran: Amirkabir University of Technology Tehran. [In Farsi]
- Fajerria, N. K., Baligar, V. S. and Jones, H. A. (1999). Plant growth and nutrition. Translated by Ghodrattollah Fathi. Mashhad: Jahad Daneshgahi of Mashhad Publication. [In Farsi]
- Fathi, M. and Chorom, M. (2013). The effect of zeolite on heavy metals in soils treated with sewage sludge and corn growth. M.Sc. Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz. [In Farsi]
- Ghobadi, M. (1999). Effect of shrub diversity on tillering and its relationship with the yield and yield components of four different wheat species at Ahvaz weather conditions. M.Sc. Thesis, of Agronomy, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz. [In Farsi]
- Karimi, H. (2002). Weeds of Iran. Tehran: Center of Publication of Tehran.
- Kavoosi, M. and Rahimi, M. (2003). Effect of application of zeolite on rice yield. Presented at the 8th Congress of Soil Science, University of Gilan, Gilan. [In Farsi]

- Leaniny, J. (2000). Environmental and health: Lsimpact of war. Centre for Advanced Materials Joining (CAMJ), 163(9), 1157-1161.
- Madani, H., Farhadi, A., Pazoki, A. R. and Changizi, M. (2009). Effect of different amount of nitrogen and zeolite on quality and quantity of potato in Arak, Iran. The Innovative Findings in Agriculture, 3(4), 379-391.
- Mahmoodabadi, M. R., Abdi, F., Adhami, E. and Hadarbadi, G. H. (2008). Effects of zeolite application cadmium toxicity, growth, nodulation and chemical composition of soybean. Iran International Zeolite Conference. Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
- Mirzadeh, H. (2011). War and some wounds on earth. Etemad New spaper 9th year of publication, Tehran. [In Farsi]
- Pazoki, A. (2010). Effect of different amount of zeolite and low water tension on yield components and harvest index of *Brassica napus* L. in shahrerey district. Agronomy and Plant Breeding, 6(1), 1-16.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Onus, A. N. (2004). Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit Oman and Plant Research Special, 12, 183-189.
- Saeeshahi, R. (2008). Iran is surrounded by 16 million mines. Institute of Education Sciences Sacred Defense, National Defense University, Tehran. [In Farsi]
- Shiranirad, A., Moradiaghdam, A., Taherkhani, T., Eskandari, K. and Nazarigolshan, A. (2011). Evaluation of the reaction of rapeseed on different amount of nitrogen and moisture regimes in both application and lack of application of zeolite. Plant Ecophysiology Journal, 3(4), 296-306.

Effect of Zeolite on Root Dry Matter and Yield Parameters of Wheat in Polluted Soil by Chemical Weapons

A. Azogh¹, S.K. Marashi^{2*} and T. Babaeinejad³

- 1- M.Sc. Student Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran (marashi_47@yahoo.com)
- 3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Received: 5 September, 2016

Accepted: 5 July, 2017

Abstract

Background and Objectives

Nowadays, regarding the adverse effect of war and use of military weapons in the environment and also its limitations against cereal cultivation and population growth, the use of lands affected by military weapons in order to produce foods for human is a critical necessity. One of the most effective factors on wheat yield management is the application of zeolite as a source of manure and monitoring heavy metal concentrations affected by this mineral. The best option is to use zeolites as inorganic fertilizers and also for monitoring polluted by the mineral elements. So, studying the effect of zeolite on yield characteristics of wheat in polluted soil with chemical weapons seems to be necessary.

Materials and Methods

This experiment was carried out in a completely randomized factorial design with three replications where the treatments were polluted and non-polluted soil samples and four amounts of zeolite (0, 0.5, 1.5 and 2.5 % w/w).

Results

The results showed that the effect of zeolite on root dry matter was significant in polluted and non-polluted soils. The most amount of applied zeolite led to increasing dry matter to 11.11 g/pot in polluted soil and 6.93 g/pot in non-polluted soil. Also, the effect of zeolite on 1000-grain weight in polluted and non-polluted soils was significant. The maximum 1000-grain weight was observed in 2.5 % zeolite in polluted soil and the minimum was observed in non-used zeolite treatment in non-polluted soil. Effect of zeolite treatment on number of grains per spikelet and number of spikelet per spike was not significant in non-polluted soil. Results of this experiment showed that the effect of zeolite on grain yield in polluted and non-polluted soil was significant. The maximum grain yield was observed in 2.5% zeolite treatment with 63.2 g/pot and the minimum was obtained in non-used zeolite treatment in non-polluted soil with 8.8 g/pot.

Discussion

In general, the zeolite has a significant effect on agronomic traits and yield of wheat. That was due to favorable physical and chemical properties, such as porosity, air permeability, cation exchange capacity, enhancing the long-term availability of nutrients and trapping heavy metals of bombs and weapons and reducing the negative impact of these elements in the soil, which lead to plant health.

Keywords: *Heavy metals, Pollution, Warchlorophyll*