**محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای**

# تأثیر اصلاح‌کننده‌های آلی و معدنی مختلف بر رشد و عملکرد گندم تحت تنش شوری در یک خاک شور-سدیمی

ملیحه فولادی دورهانی[۱*]، محمد شایان نژاد[۲]، حسین شریعتمداری[۳]، محمد رضا مصدقی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۲] دانشیار گروه علوم مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۳] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## چکیده

شوری و سدیمی بودن خاک یکی از مشکلات جهانی است که در زمین‌های فاریاب در نواحی خشک و نیمه‌خشک بوجود می‌آید. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر اصلاح‌کننده‌های آلی و معدنی بر عملکرد گندم در یک خاک شور-سدیمی اجرا گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی، با در نظر گرفتن دو فاکتور اصلاح‌کننده و درصد آبشویی در شرایط گلخانه انجام شد. اصلاح‌کننده‌ها شامل بیوچار، بیوچار+کود، سوپرجاذب، زئولیت اصلاح‌شده با کلرید کلسیم و شاهد با در نظر گرفتن دو سطح آبشویی ۱۵ و ۳۰٪ بود. نتایج نشان داد اثر کاربرد اصلاح‌کننده بر اجزاء عملکرد گندم معنی‌دار بود ($P<۰/۰۰۱$). میزان عملکرد گندم در تیمارهای سوپرجاذب، بیوچار و بیوچار+کود در مقایسه با شاهد افزایش یافت. بیشترین عملکرد کاه ($۳۳/۱۸ g\ column^{-1}$) در تیمار سوپرجاذب و کمترین مقدار آن ($۱۵/۴۳\ g\ column^{-1}$) در شاهد مشاهده گردید. بین سطوح آبشویی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد اصلاح‌کننده های بیوچار، بیوچار+کود و سوپرجاذب روشی مناسب برای افزایش عملکرد گندم و اصلاح خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک است.

**کلمات کلیدی**: خاک شور-سدیمی، بیوچار، سوپرجاذب، زئولیت، عملکرد.

## مقدمه

شوری و سدیمی بودن خاک یکی از مشکلات جهانی است که در زمین‌های فاریاب در نواحی خشک و نیمه‌خشک بوجود می‌آید (David و Dimitrios، 2002). مطالعه‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای زیادی برای اصلاح خاک‌های شور–سدیمی انجام شده است. از جمله اصلاح‌کننده‌های خاک می‌توان به اصلاح‌کننده‌های معدنی (مانند گچ، سوپرجاذب، و زئولیت) و اصلاح‌کننده‌های آلی (مانند کود، بیوچار و بقایای گیاهان) اشاره نمود ( Mahmodabadi و همکاران2013 ، Chaganti و همکاران 2015، Akhtar و همکاران 2015 ). بیوچار یک ماده بسیار متخلخل غنی از کربن است، که در طی فرآیند پیرولیز زیست‌توده در دمای کمتر از ۷۰۰ درجه سلسیوس در شرایط بدون اکسیژن یا کمبود اکسیژن تولید می‌شود.

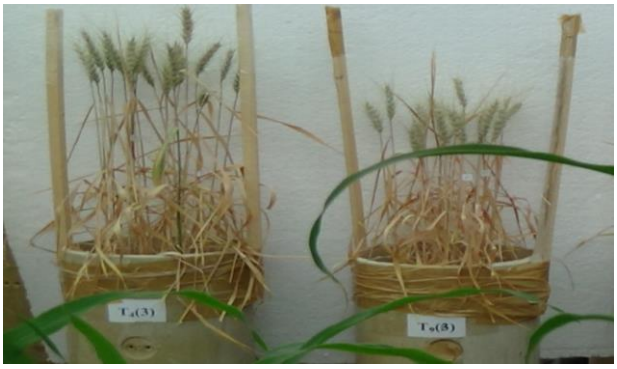
اخیراً بیوچار به عنوان اصلاح‌کننده، کود کندرها و بهبوددهنده حاصلخیزی خاک و رشد گیاه در خاک‌های با محدودیت استفاده می‌شود. در این راستا، Xu و همکاران (۲۰۱۶) اثر بیوچار را بر حاصلخیزی خاک و رشد گندم در یک خاک شور–سدیمی بررسی نمودند. آنان به این نتیجه رسیدند که دمای کمتر پیرولیز، مقدار فسفر قابل‌دسترس بیشتری برای گیاه فراهم می‌کند و عملکرد افزایش می‌یابد. همچنین در پژوهشی دیگر، سطوح مختلف شوری و بیوچار بر رشد و عملکرد لوبیا در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. در کل با افزایش سطوح بیوچار و شوری تا حد معینی، عملکرد دانه نسبت به شاهد (بدون بیوچار) افزایش یافت (Rezaei و همکاران 2019). در مطالعه‌ای دیگر، کاربرد بیوچار در کاهش آثار منفی تنش شوری در گندم در شرایط گلخانه‌ای با دو سطح ۱ و ۲ درصد بررسی شد. جوانه‌زنی و رشد تحت تأثیر بیوچار بهبود یافت. بیشترین تأثیر در سطح ۲ درصد مشاهده گردید. Al-Busaidi و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر همزمان زئولیت و آب شور بر رشد جو را بررسی نمودند. کاربرد همزمان زئولیت کلسیمی و آب شور، آثار مضر شوری تقلیل را می‌دهد و عملکرد را افزایش داد. ویژگی‌های فیزیکی نامناسب خاک‌های شور-سدیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث محدودکردن رشد ریشه و کاهش عملکرد محصول می‌شود. گندم مهمترین محصول زراعی تحت کشت است. بنابراین برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، روش‌های مدیریتی مختلفی از جمله کاربرد اصلاح‌کننده‌ها استفاده می‌شود.

* ایمیل نویسنده مسئول: malihe_foladi@yahoo.com

با توجه به شورشدن منابع آبی، باید یک راه حل برای استفاده همزمان آب شور و جلوگیری از شورشدن خاک اتخاذ نمود. بنابراین بررسی اثر استفاده همزمان از آب با کیفیت پایین همراه با اصلاح‌کننده‌ها برای اصلاح خاک‌های شور–سدیمی ضروری است. لذا پژوهش حاضر با بررسی اثرات اصلاح-کننده‌های مختلف بر عملکرد گندم تحت شرایط شوری-سدیمی یک خاک انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با دو فاکتور اصلاح‌کننده و درصد آبشویی (آرایش فاکتوریل) در گلخانه دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان با مختصات جغرافیایی ۴۳ °۵۱ طول شرقی و ۳۹ °۳۲ عرض شمالی در سال ۹۷-۱۳۹۶ به اجرا در آمد. تیمارها شامل؛ بیوچار (۲٪ )، بیوچار+کود گاوی (۲٪)، زئولیت اصلاح‌شده با کلرید کلسیم (۲٪)، سوپر جاذب استاکوزورب (۱٪) و شاهد (بدون اصلاح‌کننده) بود. دو سطح آبشویی ۱۵ و ۳۰ درصد نیز در نظر گرفته شد. بیوچار از مخلوط باگاس، چوب درخت کاج و شلتوک برنج در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس تهیه شد. ابتدا اصلاح‌کننده‌ها با خاک مخلوط شده و به مدت ۴۰ روز انکوبه شد. پس از آن خاک‌های تیمارشده در داخل ستون‌های GRP به قطر ۲۳/۵ و طول ۶۰ سانتی‌متر پر شد. قبل از کشت، ستون‌ها برای کاهش شوری و SAR به مقدار ۲ برابر حجم آب منفذی (Pore volume) آبشویی شدند. پس از آن گندم بهاره افق در عمق ۲ سانتی‌متر کشت شد و پس از استقرار، به ۲۰ بوته در هر ستون تنک شد. ستون‌ها در هر بار آبیاری به مقدار ظرفیت نگهداشت به اضافه درصد آبشویی آبیاری شدند. رطوبت خاک در طول دوره کشت با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج SM-150 در سه عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ و ۴۵-۳۰ سانتی‌متری در هر ستون اندازه‌گیری شد. گیاهان پس از رسیدن فیزیولوژیک دانه‌ها برداشت شدند (شکل ۱). پس از برداشت؛ پارامترهای گیاهی شامل طول ساقه، طول خوشه، وزن دانه، وزن هزار دانه و وزن تازه اندازه‌گیری شدند. به منظور تعیین وزن خشک، گیاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شد. بافت به روش پیپت، هدایت الکتریکی و pH در عصاره گل اشباع با دستگاه مولتی pH و EC متر HACH اندازه گیری شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ و تجزیه آماری با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید. تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در جدول ۱ و شوری و pH تیمارهای مختلف نیز پیش از کاشت در جدول ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱. نمایی از ستون‌های کشت‌شده در گلخانه

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مورد مطالعه

| بافت خاک | رس | سیلت | شن | چگالی ظاهری | ماده آلی |
|---|---|---|---|---|---|
| | (در صد) | (در صد) | (در صد) | $(g\ cm)^{-3}$ | درصد |
| لوم سیلتی | ۲۰/۷ | ۶۰/۸ | ۱۸/۴ | ۱/۱۵ | ۱/۵۶ |

جدول ۲. میانگین چگالی ظاهری، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم، شوری و pH خاک در تیمارهای مختلف پس از 2PV آبشویی و پیش از کشت

| پارامتر | Ctrl | SA | ZC | BM | B |
|---|---|---|---|---|---|
| $EC_e$ (dS $m^{-1}$) | ۱۲/۸۹ | ۱۰/۶۸ | ۱۲/۰۹ | ۱۱/۲۵ | ۱۰/۸۴ |
| pH | ۶/۷۶ | ۷/۳۸ | ۷/۳۰ | ۷/۲۵ | ۷/۲۶ |
| BD (g $cm^{-3}$) | ۱/۲۹ | ۱/۰۵ | ۱/۳٦ | ۱/۱۵ | ۱/۱۱ |
| FC (g $g^{-1}$) | ۲۸/۸ | ۳٦/۸ | ۲۸//۷ | ۲۹/٤ | ۲۹/۲ |
| PWP (g $g^{-1}$) | ۲۰/۵ | ۲۰/۰ | ۲۰/۸ | ۲۱/۰ | ۲۰/۳ |

B : بیوچار ، BM : بیوچار + کود گاوی ZC : زئولیت اصلاح‌شده با کلرید کلسیم، SA : سوپرجاذب Ctrl : شاهد

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر اصلاح‌کننده و درصد آبشویی و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد گندم در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، کاربرد اصلاح‌کننده اثر معنی‌داری بر عملکرد کاه و کلش گندم داشت ($P<0.001$). نتایج نشان داد که درصد آبشویی و اثر برهم‌کنش آن‌ها از لحاظ آماری اثر معنی‌داری بر عملکرد گندم نداشت. همه اجزاء عملکرد گندم تحت تأثیر اصلاح‌کننده‌ها قرار گرفت. در حالت کلی با افزایش سطح آبشویی، مقدار عملکرد گندم افزایش یافت.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر برهم کنش تیمارهای اصلاح‌کننده و آبشویی بر عملکرد گندم

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منبع تغییرات | درجه آزادی | طول خوشه (cm) | طول ساقه (cm) | وزن هزار دانه (g) | وزن دانه (g $column^{-1}$) | وزن خشک کاه (g $column^{-1}$) |
| اصلاح‌کننده | ۴ | ۱/۴۰۰$^{***}$ | ۹۷/۱۲۷$^{***}$ | ۲۱۷/۱۳۲$^{***}$ | ۸۸/۲۳۴$^{***}$ | ۱۶۸/۶۳۷$^{***}$ |
| درصد آبشویی | ۱ | ۱۱/۶۸۳$^{ns}$ | ۰/۴۳۲$^{ns}$ | ۰/۰۱۰$^{ns}$ | ۱۰۶/۱۵۰$^{ns}$ | ۲۱/۲۱۸$^{ns}$ |
| اصلاح‌کننده × درصد آبشویی | ۴ | ۰/۰۸۶$^{ns}$ | ۱۱/۱۰۳$^{ns}$ | ۵/۲۳۸$^{ns}$ | ۸/۰۹۶$^{ns}$ | ۸/۵۸۱$^{ns}$ |
| خطای آزمایشی | ۲۰ | ۰/۲۶۶ | ۸/۰۲۰ | ۹/۲۳۸ | ۶/۷۴۵ | ۹/۱۶۶ |

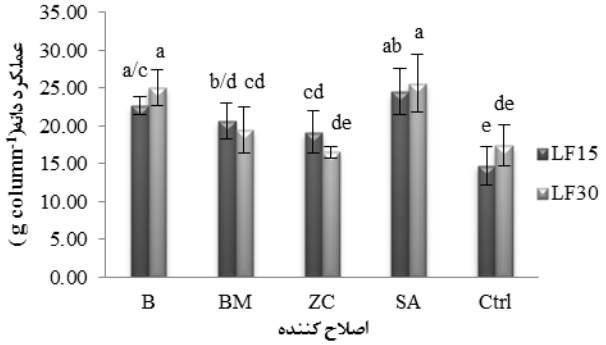
$^{ns}$ و $^{***}$: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

بیشترین و کمترین عملکرد دانه، برابر با ۲۵/۶۱ گرم در ستون در تیمار سوپرجاذب با آبشویی ۳۰٪ و ۱۴/۷۴ گرم در ستون در شاهد با آبشویی ۱۵٪ مشاهده شد (شکل ۲). تیمار بیوچار، بیوچار+کود و سوپرجاذب نسبت به شاهد، افزایش عملکرد دانه نشان دادند. Rezaei و همکاران (۲۰۱۹) و Akhtar و همکاران (۲۰۱۵) به نتیجه مشابهی دست یافتند. آن‌ها مشاهده کردند که ترکیب بیوچار به همراه کود (BM) و بدون کود (B) تفاوت قابل توجهی در عملکرد دانه نسبت به شاهد نشان داد. ترکیب بیوچار با کود گاوی (BM) تأثیر قابل‌توجهی بر وزن هزار دانه نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۴)

عملکرد کاه از ۳۳/۱۸ گرم در ستون برای تیمار سوپرجاذب به ۱۵/۴۳ گرم در ستون در شاهد کاهش یافت (جدول ۴). تیمار سوپرجاذب افزایش قابل-توجهی در مقدار عملکرد کاه نسبت به شاهد و زئولیت نشان داد ($P<0.05$). همچنین کاربرد بیوچار افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد نشان داد. این با نتایج به دست آمده از پژوهش Rezaei و همکاران (۲۰۱۹) و Neguyen و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی داشت. تیمارهای کود و بیوچار و بیوچار، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند. این با نتیجه به دست آمده از پژوهش Neguyen و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد. آن‌ها گزارش نمودند که ترکیب بیوچار و کود گاوی (BM) اثر قابل توجهی بر عملکرد کاه نسبت به بیوچار نداشت. با افزایش سطح آبشویی، عملکرد کاه به جزء در تیمار زئولیت، افزایش یافت.

بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه، برابر با ۵۲/۸۰ سانتی‌متر در تیمار سوپرجاذب با آبشویی ۳۰٪ و ۴۰/۴۴ سانتی‌متر در شاهد با آبشویی ۱۵٪ مشاهده شد. بیشترین و کمترین طول خوشه، برابر با ۸/۵۸ سانتی‌متر در تیمار سوپرجاذب با آبشویی ۱۵٪ و ۶/۵۱ سانتی‌متر در شاهد با آبشویی ۱۵٪ مشاهده شد (جدول ۴). بیوچار و سوپرجاذب، افزایش قابل‌توجهی در طول خوشه و ارتفاع گیاه نسبت به شاهد ایجاد کردند. این با نتیجه به دست آمده از پژوهش Akhtar و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی ندارد. آن‌ها مشاهده کردند که بیوچار تأثیر قابل توجهی نسبت به شاهد نداشت. ارتفاع گیاه و طول خوشه در تیمارهای مختلف به صورت زیر بود :

شاهد <زئولیت اصلاح شده < بیوچار+کود گاوی <بیوچار < سوپرجاذب




شکل ۲- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش اصلاح‌کننده و آبشویی بر عملکرد دانه (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD است).

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش اصلاح‌کننده و درصد آبشویی بر مقدار عملکرد گندم

| درصد آبشویی | اجزاء عملکرد | تیمار اصلاح‌کننده | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ctrl | SA | ZC | BM | B |
| | وزن خشک کاه | | | | | |
| ۱۵ | | ۱۵/۴۳ f | ۲۸/۷۶ ab | ۲۰/۱۶ d/f | ۲۳/۲۴ c/e | ۲۴/۰۰ b/d |
| ۳۰ | | ۱۹/۰۶ d/f | ۳۳/۱۸ a | ۱۶/۶۸ ef | ۲۳/۷۱ b/e | ۲۵/۳۵ bc |
| | وزن هزار دانه | | | | | |
| ۱۵ | | ۲۵/۲۸ c | ۳۷/۶۸ a | ۲۸/۶۵ bc | ۲۶/۳۲ a | ۲۷/۶۸ b |
| ۳۰ | | ۲۴/۲۳ c | ۳۹/۸۳ a | ۲۶/۰۵ bc | ۳۷/۵۳ a | ۳۹/۸۳ b |
| | طول ساقه | | | | | |
| ۱۵ | | ۴۰/۴۴ c | ۵۲/۵۱ ab | ۴۷/۷۸ bc | ۴۷/۸۱ bc | ۵۱/۶۹ ab |
| ۳۰ | | ۴۴/۶۷ cd | ۵۲/۸۰ a | ۴۴/۵۸ cd | ۴۸/۶۶ a/c | ۵۰/۷۰ ab |
| | طول خوشه | | | | | |
| ۱۵ | | ۶/۵۱ c | ۸/۵۸ a | ۷/۵۰ b | ۸/۰۶ ab | ۸/۳۹ a |
| ۳۰ | | ۷/۲۷ bc | ۸/۵۲ a | ۷/۳۶ bc | ۷/۹۸ ab | ۸/۴۶ a |

B : بیوچار، BM : بیوچار + کود گاوی، ZC : زئولیت اصلاح‌شده با کلرید کلسیم، SA : سوپرجاذب استکازوب و Ctrl : شاهد.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار است.

## نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد کاربرد اصلاح‌کننده (به ویژه سوپرجاذب) باعث افزایش عملکرد کاه و دانه در مقایسه با تیمار شاهد گردید. تفاوت معنی‌داری بین سطوح آبشویی مشاهده نگردید. بنابراین می‌توان با مصرف آب کمتر، به عملکرد قابل قبول دست یافت. به طور کلی، برتری اجزاء عملکرد گندم در اصلاح‌کننده‌های مختلف به صورت زیر بود:

شاهد <زئولیت اصلاح شده < بیوچار+کود گاوی <بیوچار < سوپرجاذب

در بین اصلاح‌کننده‌ها، زئولیت روندی مشابه با شاهد از خود نشان داد و دلیل آن را می‌توان به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (شوری، چگالی ظاهری و ظرفیت زراعی ) پس از ترکیب این مواد با خاک نسبت داد (جدول ۲). با توجه به اینکه، شوری و سدیمی بودن یکی از مشکلات اساسی در زمین‌های فاریاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، لذا می‌توان کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی (بیوچار، بیوچار+کود) و معدنی (سوپرجاذب) مورد آزمایش را در بهبود عملکرد و اصلاح خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک پیشنهاد داد.

**منابع**

Akhtar, S. S., Andersen, M.N., and Liu, F. 2015. Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. Agricultural Water Management, 158, 61–68.

Al-Busaidi, A., Yamamoto, T., Inoue, M., Eneji, A. E., Mori, Y. and Irshad, M., 2008. Effects of zeolite on soil nutrients and growth of barley following irrigation with saline water. Journal of Plant Nutrition, 31(7),1159–1173.

Chaganti, V. N., Crohn, D. M., L and Simunek, J. 2015. Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline–sodic soil with moderate SAR reclaimed water. Agricultural Water Management, 158, 255–265.

David, R. and Dimitrios.P. 2002. Diffusion and cation exchange during the reclamation of saline structured soils. Geoderma, 107, 271–279.

Mahmoodabadi, M., Yazdanpanah, N., Rodriguez Sinobas, L and Pazira, E. 2013. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (I): Redistribution of soluble cations within the soil profile. Agricultural Water Management, 120, 30–38.

Rezaei, N., Razzaghi, F. and Sepaskhah, A.R. 2019. Different levels of irrigation water salinity and biochar influence of faba bean yield, water productivity, and ions uptake. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 50 (5), 1-16.

Xu, G., Zhang, Y., Sun, J., and Shao, H. 2016. Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. Total Science of Environment, 568, 910–915

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

**Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation**

# The effect of different organic and mineral amendments on wheat growth and yield under salinity stress in a saline-sodic soil

Fooladi dorhani[*1], M., Shayannejad[2], M., Shariatmadari, H.[3] Mosaddeghi, M.R. [3]

[1] PhD Student, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

[2] Assoc. Prof., Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

[3] Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

**Abstract**

Soil salinization and sodification are global problems occurring in irrigated fields in arid and semi-arid areas. This study was conducted to investigate the effects of some organic and mineral amendments on wheat yield in a saline-sodic soil. The experiment was carried out in a completely randomized design with two factors (amendment and leaching fraction) in greenhouse conditions. The amendments were biochar, biochar+manure, superabsorbent, zeolite modified with $CaCl_2$ and control with considering two levels of leaching fraction of 15 and 30%. The results showed that the effect of the amendments on the yield components of wheat was significant ($P$<0.001). The yield increased in super absorbent, biochar and biochar + manure treatments as compared to control. The highest (33.18 g column$^{-1}$) and the lowest straw yield (15.43 g column$^{-1}$) were recorded in superabsorbent treatment and control, respectively. The leaching levels were not significantly different. In general, this study suggested that the use of amendments including biochar, biochar+manure and superabsorbent is a suitable method for increasing wheat yield and soil improvement in arid and semi-arid regions

**Keywords**: Saline-sodic soil, Biochar, Superabsorbent, Zeolite, Yield

[*] Corresponding author, Email :malihe_foladi@yahoo.com