



## Distribution of Soil Salt and Pollution of Nitrate and Boron at Different Depths Affecting Wheat and Rice Yields in the Khuzestan Province

Moslem Tahmasebi Shamansouri<sup>1</sup>, Ali Gholami<sup>2\*</sup>, Teimour Babaeinejad<sup>1</sup>, Khoshnaz Payandeh<sup>1</sup>, Mohiaddin Goosheh<sup>1,3</sup>

1. Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2. Department of Agriculture, Shahin Shahr Branch, Islamic Azad University, Shahin Shahr, Iran.

3. Agriculture and Natural Resources, Research Centre of Khuzestan, Ahvaz, Iran.

\*Corresponding Author: [a.gholami@iauahvaz.ac.ir](mailto:a.gholami@iauahvaz.ac.ir)

### Keywords:

Balanced fertilization, Soil leaching, Soil specifications, Water quality, Wheat and rice genotype

### Received:

25 Jun 2023

### Revised:

20 Aug 2023

### Accepted:

26 Aug 2023

### Extended Abstract

#### Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) are two important sources of food for people worldwide. Soil macro- and micro-nutrients can significantly affect wheat and rice tolerance in salt stressed conditions. The province of Khuzestan, Iran is one of the most important agricultural regions in the country. Wheat and rice are largely planted in the province especially in the areas near the Karun River. However, planting such crop plants in the region is subjected to stresses such as salinity and soil pollution with nitrate and boron, which is mainly due to high evaporation and excess chemical fertilization. Accordingly, investigating the distribution of salt, nitrate and boron in the region is of economic and environmental significance, because it may be useful for finding methods, which reduce salinity stress and provide an optimum rate of fertilization for wheat and rice production. The objective was to investigate salt distribution and pollution of nitrate and boron, resulting from chemical fertilization, in the non-alkaline and arid area of Khuzestan province, affecting wheat (Chamran genotype) and rice (Anbarbou genotype) yields.

#### Materials and methods

The research was conducted in the regions of Arab Asad (region 1) and Veis (region 2) and soil samples were collected from five different stations, in four different seasons and from the depths of 0-30, 30-60, 60-90, and 90-120, and their salinity, and concentrations of nitrate and boron were determined. Soil samples were collected from agricultural re-

#### How to cite this article:

Gholami, A., Tahmasebi Shamansouri, M., Babaeinejad, T., Payandeh, Kh., & Goosheh, M. (2023). Distribution of soil salt and pollution of nitrate and boron of different depths affecting wheat and rice yields in the Khuzestan province. *Journal of Drought and Climate change Research*, 1(3), 105- 124. [10.22077/JDCR.2023.6523.1030](https://doi.org/10.22077/JDCR.2023.6523.1030).



gions planted with wheat and rice. Soil samples were analyzed for physicochemical properties. Wheat and rice relative yields were determined according to the control region. The experimental design was factorial on a complete randomized block design. Excel software was used for arranging data and drawing graphs. Data were subjected to analysis of variance and means were compared using least significant differences at  $P \leq 0.05$ .

### **Results and discussion**

According to the results, for region 1, the soil salinity at different depths was 1.96-5.16 dS/m. For region 2 it was in the range of 1.90-4.92 dS/m. The highest nitrate concentrations at different depths were 13.5, 18, 8.5, and 9 ppm (region 1) and 12.5, 16, 10, and 7 ppm (region 2). The corresponding values for boron were 37, 49, 27 and 23.5 (region 1), and 37.5, 48, 28, and 24 (region 2). Increased salinity decreased wheat and rice yields as wheat yield decreased by 17.8% (region 1) and 15.9% (region 2), and rice yield decreased by 12.9% (region 1), and 14.4% (region 2). The higher level of salinity at the soil surface is due to high evaporation and the upward movement of salt to the soil surface. The lower rainfall level in the region is also another important reason for salt accumulation on the soil surface. Additionally, nitrate and boron were leached to 30-60 cm depth indicating the high susceptibility of such nutrients to leaching. Accordingly, the farmers must use more efficient fertilization methods in the region, which result in less leaching of nitrate and boron and higher uptake of such nutrients by plants. Investigating the distribution of salt, nitrate and boron in wheat and rice fields can be beneficial in helping farmers use the present resources for optimum yield production.

### **Conclusion**

In the present research applicable analyses were used to investigate the distribution of salt, nitrate and boron in some agricultural regions of Khuzestan province, Iran. Collecting soil samples to 120 cm in different seasons and different research stations indicated the high accumulation of salt on the soil surface and of nitrate and boron in the 30-60-cm depths. Accordingly, it is of significance to analyze such depths before planting wheat and rice in the region, so that proper leaching and fertilization methods may be suggested.



## اثرات توزیع نمک، و آلودگی نیترات و بور در عمق‌های مختلف خاک بر میزان محصول گندم و برنج در منطقه خوزستان

مسلم طهماسبی شامنصوری<sup>۱</sup>، علی غلامی<sup>۲\*</sup>، تیمور بابایی نژاد<sup>۱</sup>، خوشناز پاینده<sup>۱</sup>، محی‌الدین گوشه‌آدا<sup>۳</sup>

۱. گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲. گروه کشاورزی، واحد شاهین شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهین شهر، ایران.

۳. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

\*نویسنده مسئول: a.gholami@iauahvaz.ac.ir

### چکیده

### واژه‌های کلیدی:

از مهمترین عوامل مؤثر بر مقاومت گندم و برنج در شرایط تنش شوری، عناصر غذایی زیاد و ریز مغذی خاک هستند. این پژوهش با هدف بررسی توزیع نمک، و آلودگی نیترات و بور حاصل از کودهای شیمیایی موجود در یک منطقه غیربازی استان خوزستان و اثر بر میزان محصول گندم (رقم چمران) و برنج (رقم عنبربو) انجام گردید. آزمایش در مناطق عرب اسد (منطقه ۱) و ویس (منطقه ۲) انجام و نمونه‌های خاک در پنج ایستگاه مختلف، در چهار فصل و از اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰، ۹۰-۱۲۰ و ۱۲۰-۹۰ برای تعیین میزان شوری، نیترات و بور تهیه گردیدند. میزان شوری نواحی اعماق مختلف خاک در منطقه ۱ در بازه ۵/۱۶-۱/۹۶ dS/m و برای منطقه ۲ در بازه ۴/۹۲-۱/۹۰ dS/m بود. حداکثر غلظت نیترات در چهار عمق مختلف (صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متر) به ترتیب ۱۳/۵ ppm، ۱۸، ۸/۵ و ۹ در منطقه ۱ و ۱۶، ۱۰، ۷ در منطقه ۲ به ثبت رسید. این نتایج برای بور به ترتیب برابر با ۳۷ ppm، ۴۹، ۲۷ و ۲۳/۵ در منطقه ۱ و برابر با ۳۷/۵ ppm، ۴۸، ۲۸ و ۲۴ در منطقه ۲ بودند. با افزایش میزان شوری خاک روند کاهش عملکرد هر دو گیاه کاملاً مشخص بود، بصورتیکه عملکرد گندم تا حد ۱۷/۸٪ در منطقه ۱ و ۱۵/۹٪ در منطقه ۲، و عملکرد برنج تا حد ۱۲/۹٪ در منطقه ۱ و ۱۴/۴٪ در منطقه ۲ کاهش داشت. بررسی نحوه توزیع نمک، نیترات و بور در مناطق تحت کاشت گندم و برنج کمک شایانی به کشاورزان برای استفاده مناسب از منابع موجود برای تولید محصول می‌نماید.

آبشویی خاک، خصوصیات خاک، رقم گندم و برنج، کودهی متعادل، کیفیت آب

### تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۴/۰۴

### تاریخ ویرایش:

۱۴۰۲/۰۵/۲۹

### تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۶/۰۴

## مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) دو منبع مهم غذایی برای تغذیه مردم دنیا هستند. اگر چه این دو محصول در مناطق مختلف دنیا کاشت می‌گردند، در مناطق خشک و نیمه خشک در معرض تنش‌های مختلف همچون شوری هستند. استان خوزستان از نظر کشاورزی یکی از مهمترین استان‌های کشور است. این استان به دلیل وضعیت اقلیمی خصوصاً نزدیکی به منابع آبی توانسته است نقش بسیار مهمی در حوزه کشاورزی ایفاء نماید. این استان دارای شرایط اقلیمی بسیار مناسبی برای کشت اکثر محصولات کشاورزی است (Moradi-Majd et al., 2022). یکی از مهمترین محصولات که در این منطقه کشت می‌شود، گندم است که هر ساله سطح بسیار بالایی از زمین‌های کشاورزی این استان را بخود اختصاص می‌دهد. برنج یکی دیگر از محصولات است که کشت آن در این منطقه طی سال‌های گذشته رواج یافته است، این محصول بیشتر در مناطق پر آب، در اهواز و در نقاط پیرامونی رودخانه کارون کشت می‌شود. شوری شدن و آلودگی به نیترات و بور، ایجاد آلودگی در آب و همچنین بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی منطقه از مهمترین پیامدهای کوتاه مدت و تغییر ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک، انباشت مخرب نمک و بور و فقر خاک از نظر دیگر مواد معدنی، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش بازدهی، شیوع بسیاری از بیماری‌ها، آفات و قارچ‌ها در خاک و در نهایت تخریب اراضی از مهمترین پیامدهای بلندمدتی است که آب و خاک این منطقه را با مشکلات شدیدی مواجه نموده است (Khordebin and Landi, 2011; Sabzghabaei et al., 2021).

در نتیجه شوری شدن زمین، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک تقلیل یافته و در نتیجه اثرات نامطلوب فیزیولوژیکی همچون افزایش غلظت سدیم و کلر در گیاه که موجب افزایش پتانسیل اسمزی گیاه نیز می‌گردد، میزان محصول بشدت کاهش می‌یابد (Miransari and Smith, 2019). در بین ترکیباتی که موجب آلوده گردیدن خاک می‌گردد، و در نتیجه اثرات نامطلوب زیست محیطی را به دنبال

خواهد داشت، ترکیبات حاوی نیترات و بور هستند. علت افزایش غلظت این ترکیبات عمدتاً به علت استفاده از کودهای شیمیایی با حلالیت فراوان می‌باشد، که در نتیجه آبشویی موجب آلودگی محیط زیست می‌گردند (Miransari and Mackenzie, 2015; Farooq et al., 2018). ازت و بور دو عنصر مهم برای رشد و تولید محصول گندم و برنج هستند و بنابراین لازم است، که به میزان مناسب برای گیاه مهیا گردند. با توجه به خصوصیات شیمیایی این دو عنصر، هر دو در معرض آبشویی هستند و بنابراین بایستی با استفاده از روش‌های مناسب کوددهی مانع از آبشویی این عناصر و در نتیجه آلودگی محیط زیست گردید. کودهای ازته معمولاً بصورت اوره، نیترات پتاسیم و غیره و کودهای بوراته نیز برای تأمین بور مورد نیاز گیاه استفاده می‌شوند (Shi et al., 2022; Li et al., 2023; Songsriin et al., 2023). بنابراین به تعادل رساندن نمک خاک، همراه با میزان مناسب نیترات و بور برای رشد مناسب گندم و برنج و همچنین برای سلامت محیط زیست حائز اهمیت فراوان می‌باشد.

یک نکته مهم که شایسته توجه فراوان است، تحقیق در مورد اثرات توزیع نمک و آلودگی نیترات و بور بر میزان محصول دو گیاه استراتژیک گندم و برنج می‌باشد. چنین بررسی‌هایی رفتار نمک در خاک‌های منطقه در یک بازه زمانی را مشخص می‌نماید، و در نتیجه ارائه روش‌های کنترل مناسب برای کاهش اثرات نامطلوب نمک در خاک و کاهش آبشویی و آلودگی نیترات و بور را میسر می‌سازد. اگرچه در ایران، شوری یک مسئله فراگیر و محدود کننده تولید پایدار کشاورزی محسوب می‌گردد و بخش وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، به ویژه در فلات مرکزی و دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان با درجات مختلف مبتلا به شوری‌اند، اما این روند در منطقه مورد مطالعه با شدت بیشتری در حال وقوع است. با توجه به اهمیت این موضوع، پژوهش حاضر درصدد است تا به بررسی و تعیین رابطه شوری و میزان آلودگی خاک به نیترات و بور در اراضی تحت کشت گندم و برنج در منطقه حاصلخیز بخش شمالی حوضه آبریز کارون (به ویژه دو منطقه

هر کدام از دو منطقه مورد مطالعه، ۵ ایستگاه یا نقطه تهیه نمونه S1 (غرب)، S2 (جنوب)، S3 (شمال)، S4 (مرکز) و S5 (شرق) به ترتیب در غرب، جنوب، شمال مرکز و شرق انتخاب شد. به منظور بررسی الگوی توزیع شوری، نیترات و بور، در هر یک از مناطق مورد مطالعه نمونه‌های خاک در چهار مرحله از ۴ عمق (به ازای هر ۳۰ سانتی‌متر تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر)، در ۵ ایستگاه (نقاط S1 تا S5) تهیه گردیدند. در حقیقت برای هر کدام از مناطق عرب اسد و ویس ۸۰ نمونه و در مجموع ۱۶۰ نمونه تهیه شد.

### آنالیز نمونه‌ها

نمونه‌های استخراج شده از دو منطقه به منظور بررسی، آنالیز و شناسایی و سنجش میزان عناصر موجود به آزمایشگاه منتقل و مطابق با جزییات ذیل مطابق با روش‌های استاندارد تجزیه و تحلیل گردیدند (Miransa-ri et al., 2008). به منظور سنجش میزان شوری خاک پس از خشک شدن و آماده سازی خاک، خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن با دستگاه سنجش هدایت الکتریکی یا هدایت سنج (EC متر) در واحد اندازه‌گیری دسی‌زیمنس بر متر ( $\text{dSm}^{-1}$ ) مشخص گردید. در این راستا با بهره‌گیری از روش‌های معمول، خصوصیات خاک شامل قابلیت هدایت الکتریکی (شوری) و واکنش خاک (pH) مطابق با Gregorich and Carter (2007) با استفاده از تهیه عصاره خاک، بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1979) با استفاده از کالگون و مجزا نمودن ذرات خاک، درصد کربنات کلسیم معادل با روش کلسیمتری (Loeppert and Su-arez, 1996)، میزان کربن آلی خاک به روش (Walkley and Black, 1934) با استفاده از اکسیداسیون نمونه‌های خاک با اسید سولفوریک و بیکرومات، فسفر خاک به روش اولسن (Olsen and Sommers, 1982) با استفاده از بی‌کربنات سدیم و هیدروکسید، و تعیین فسفر مجزا گردیده از ذرات خاک با روش رنگ‌سنجی، و پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم (Helmke and Sparks, 1996) و جایگزینی پتاسیم ذرات خاک با آمونیوم، برای اندازه گرفتن پتاسیم تبادلی و محلول خاک با استفاده از فلیم فتومتر، بور به روش استخراج با آب داغ و کلرید کلسیم و روش رنگ‌سنجی

عرب اسد و ویس) پردازد. با توجه به جزییات بالا، پیش فرضیه این تحقیق عبارتست از اینکه، با بررسی تغییرات غلظت نمک و آلودگی نیترات و بور در عمق‌های مختلف خاک، می‌توان روش‌های مناسب برای کنترل افزایش غلظت این پارامترها را در اعماق مختلف خاک ارائه نمود. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر تغییرات نمک و آلودگی نیترات و بور بر میزان دو محصول مهم گندم و برنج در مناطق مورد مطالعه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در مناطق عرب اسد (منطقه ۱) و ویس (منطقه ۲) در بخش شمالی حوضه آبریز رودخانه کارون واقع در استان خوزستان انجام گردید. میزان بارندگی سالانه استان ۲۵۰ میلی‌متر، و میزان تبخیر سالانه بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر متغیر می‌باشد (Meteo-ology Bureau of Khuzestan). منطقه ۱ تحقیق در ۲۳ کیلومتر دورتر از شهرستان شوشتر و منطقه ۲ تحقیق در ۳۱ کیلومتر دورتر از شهرستان اهواز واقع گردیده است. این دو منطقه در قسمت شرقی رودخانه کارون واقع گردیده و جزء نزدیکترین مناطق به این رودخانه می‌باشند.

### تهیه نمونه‌ها

ابتدا موقعیت دو منطقه با استفاده از GIS مشخص و بعد محل‌های تهیه نمونه نیز تعیین گردیدند. مناطق تعیین شده برای تهیه نمونه از بخش‌هایی که کاربری آن‌ها کشاورزی و به ویژه کشت برنج و گندم بود، انتخاب شد و ریز نقاط جهت تهیه نمونه نیز به صورتی تعیین گردید، که نمونه‌ها همه‌ی بخش‌های مناطق تحت مطالعه را پوشش دهند. در این راستا در هر کدام از دو منطقه، ۵ نقطه (ایستگاه) جهت نمونه‌گیری انتخاب شد. نمونه‌های خاک در چهار مقطع زمانی ابتدای پاییز (قبل از کاشت گندم)، ابتدای زمستان (مرحله توسعه رشد گندم)، ابتدای بهار (مراحل رشد زایشی-پرشدن دانه گندم)، و ابتدای تابستان (بعد از برداشت گندم و شروع آیش تابستانه) تهیه گردیدند. از آنجا که لازم بود کل نواحی این دو منطقه بررسی شود، این ۵ نقطه در جهات مختلف جغرافیایی تعیین شدند. به بیان کامل‌تر برای

نسبت به منطقه کنترل محاسبه و نمودارهای تغییرات نمک، نیترات و بور برای مناطق و اعماق مختلف رسم گردید.

### نتایج و بحث

#### تجزیه و تحلیل واریانس

نتیجه آزمون تجزیه و تحلیل واریانس نشان داد که در سطح احتمال پنج درصد تفاوت‌های میان عمق‌های مختلف از نظر میزان نمک خاک معنی دار است (جدول ۱). برای مقایسه میزان شوری نقاط مختلف تهیه نمونه (S1 تا S5) در لایه‌های مختلف، از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس استفاده شد تا وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در هر لایه مشخص شود. (جدول ۲) نتایج تجزیه و تحلیل واریانس صورت گرفته برای مقایسه هر لایه را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌گردد، نتایج حاصل از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس حاکی از وجود اختلاف معنی دار میان نقاط مختلف در همه لایه‌ها می‌باشد. یا به عبارت دیگر در هر لایه حداقل نتایج یک نقطه نسبت به سایر نقاط متفاوت بوده است.

(Dible et al., 1954) و نیترات با آب استخراج و به روش رنگ‌سنجی و با واکنش با دیسولفونیک اسید تعیین گردید.

#### آنالیز عملکرد گندم و برنج

برای مشخص نمودن میزان نسبی عملکرد گندم و برنج، ناحیه با شوری کمتر ایستگاه S1 به عنوان مبنا در نظر گرفته شده و عملکرد سایر نواحی منطقه براساس آن مشخص گردیده است.

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

از طرح فاکتوریل برای انجام آزمایش و آنالیز نتایج استفاده گردید. از نرم افزار Excel برای مرتب نمودن داده‌ها، ارائه نتایج و رسم نمودارها استفاده گردید. برای تجزیه و تحلیل و محاسبه واریانس داده‌ها بصورت بین گروهی و درون گروهی برای اعماق مختلف و مقایسه میانگین داده‌ها از نرم افزار SAS و آزمون حداقل اختلاف معنی دار-Least significant difference (LSD) استفاده گردید. میزان نسبی کاهش محصول گندم و برنج در مناطق مختلف

جدول ۱. آنالیز واریانس عمق‌های مختلف از نظر میزان نمک

Table 1. Analysis of variance for the amounts of salt in different depths

P	F	میانگین مربعات Mean of squares	درجه آزادی Degree of freedom	مجموعه مربعات Sum of squares	
منطقه ۱, Region 1					
*0.000	39.51	2.97	3	8.93	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.074	55	4.21	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			59	13.15	کل Total
منطقه ۲, Region 2					
*0.000	302.544	7.867	3	23.56	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.025	55	1.455	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			60	25.024	کل Total

\*معنی دار در سطح ۵ درصد

جدول ۲. آنالیز واریانس مقایسه عمق‌های مختلف از نظر میزان نمک  
 Table 2. Analysis of variance for the amounts of salt in different depths

P	F	میانگین مربعات Mean of squares	درجه آزادی Degree of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	عمق (سانتی متر) Depth (cm)
منطقه ۱، Region 1					
*0.000	60.52	0.86	4	3.48	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.02	10	0.13	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			15	3.62	کل Total
*0.000	40.01	1.48	4	5.98	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.03	10	0.36	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			15	6.37	کل Total
*0.000	14.82	0.93	4	3.76	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.05	10	0.62	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			15	4.37	کل Total
*0.000	18.18	0.13	4	0.49	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.008	10	0.08	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			15	0.56	کل Total
منطقه ۲، Region 2					
*0.000	47.88	0.68	4	2.67	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.013	10	0.13	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			15	2.81	کل Total
*0.000	24.22	0.96	4	3.87	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.03	10	0.41	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			15	4.27	کل Total
*0.000	19.47	0.84	4	3.2	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.041	10	0.41	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			15	3.72	کل Total
*0.000	11.34	0.127	4	0.51	مقایسه بین گروهی Between-group comparison
		0.012	10	0.12	مقایسه درون گروهی In-group comparison
			15	0.64	کل Total

\*معنی دار در سطح پنج درصد

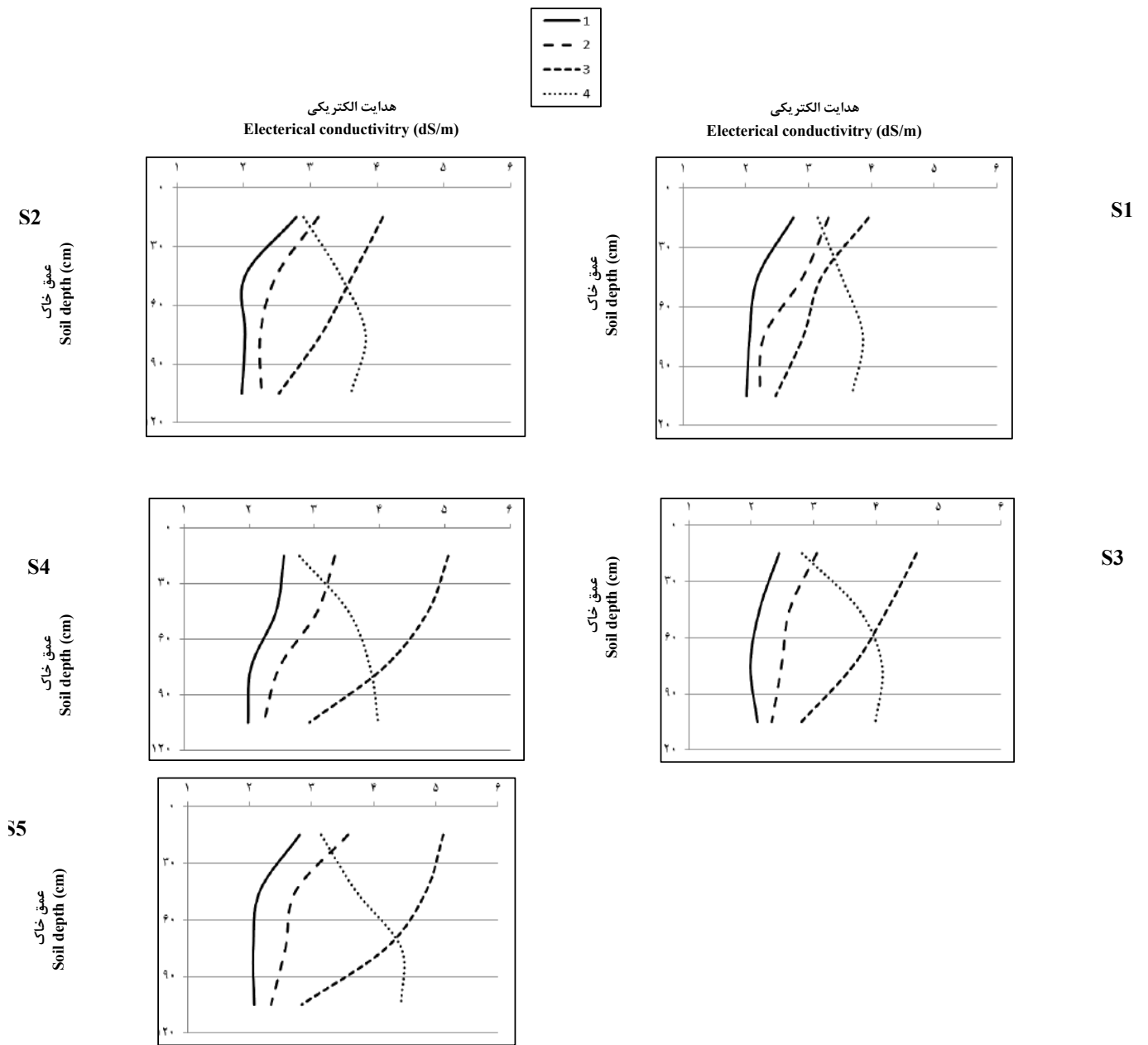
## الگوی توزیع نمک

الگوی توزیع نمک در چهار مرحله تهیه نمونه خاک تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر به ازای هر ۳۰ سانتی‌متر، در ۵ ایستگاه (نقاط S1 تا S5) برای منطقه ۱ مشخص نمود، که میزان نمک در بازه ۵،۱۶ - ۱،۹۶ دسی زیمنس بر متر متغیر می‌باشد، برای منطقه ۲ این میزان در بازه ۵،۱۶ - ۱،۹۰ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۱). در تمامی نقاط (S1 تا S5) متوسط میزان نمک در عمق ۳۰ سانتی‌متر سطح خاک از سایر عمق‌ها بیشتر بود. مطابق با نتایج، بجز در مرحله دوم تهیه نمونه (T2)، در سایر مراحل با افزایش عمق، شوری خاک کاهش یافته است (شکل ۱ و ۲). عمق ۳۰-۶۰ در شکل‌ها دارای شوری کمتر از عمق ۳۰-۶۰ است اما نسبت به سایر عمق‌ها از شوری بالاتری برخوردار است (شکل‌های ۱ و ۲). برای بررسی دقیق‌تر این موضوع و مشخص نمودن اختلافات بین عمق‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده گردید. نتایج این آزمون در جدول ۳ ارائه گردیده است. با توجه به اشکال ۱ و ۲، لایه ۶۰-۹۰ سانتی‌متر نسبت به دو لایه فوقانی خود دارای سطح شوری پایین‌تری است. اما نسبت به لایه ۹۰-۱۲۰ از نظر شوری اختلاف چندانی نشان نمی‌دهد. معنی‌دار نبودن این اختلاف نسبت به لایه ۹۰-۱۲۰ در آزمون LSD مشهود است (جدول ۳). این آزمون میزان نمک در این عمق را نسبت به دو عمق فوقانی معنی‌دار دانسته اما در سطح احتمال ۵ درصد بین این لایه و لایه ۹۰-۱۲۰ اختلاف معنی‌داری نیست. اما عمیق‌ترین لایه (۹۰-۱۲۰) در تمامی نقاط تقریباً دارای مقدار ثابتی از لحاظ سطح شوری است و مقدار آن کمتر از تمامی لایه‌های دیگر می‌باشد. در آزمون LSD تفاوت سطح نمک در این لایه نسبت به لایه‌های ۳۰-۶۰ و ۰-۳۰ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳).

## الگوی توزیع نیترات

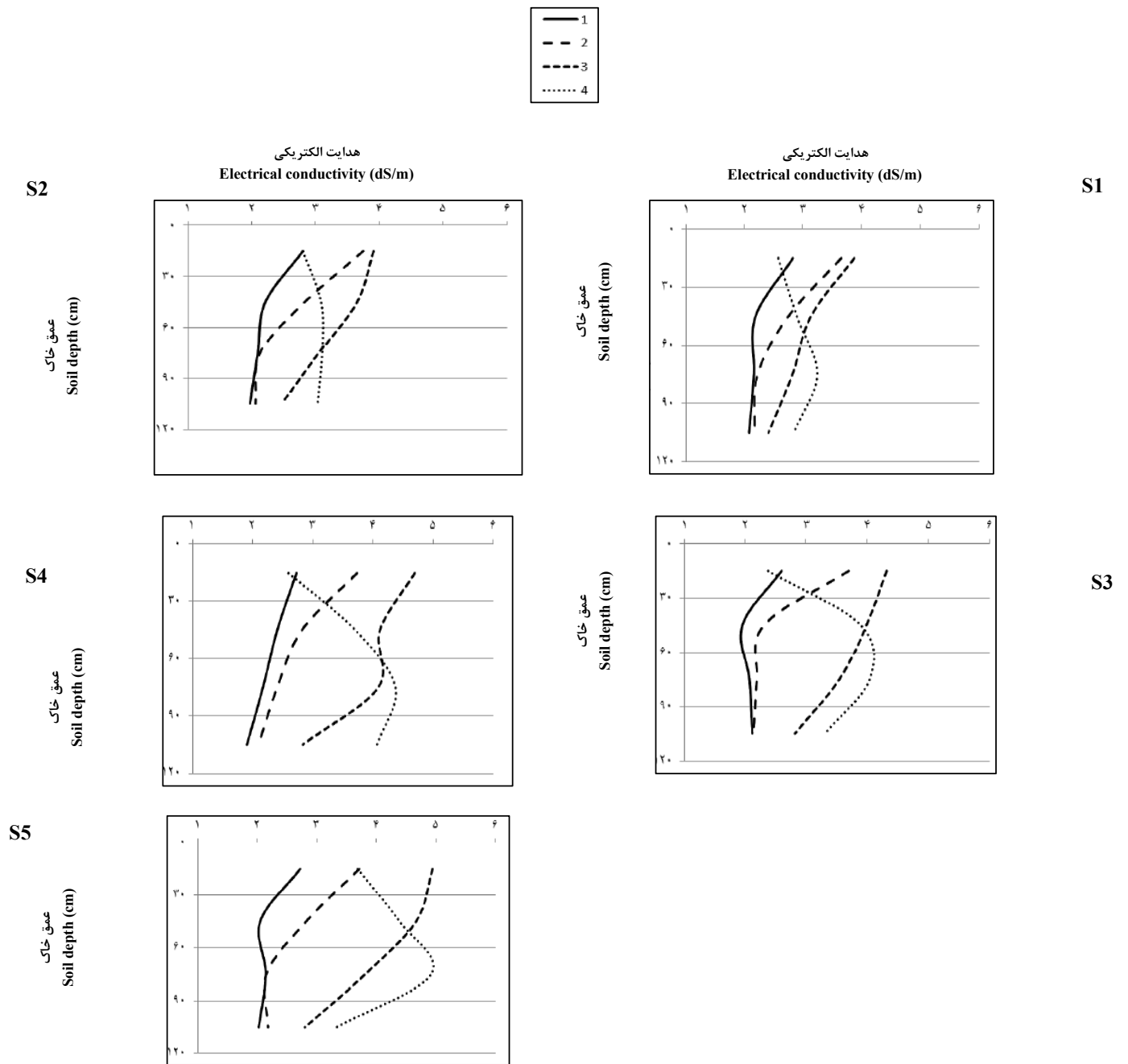
در شکل (۳) میزان نیترات در نقاط مختلف (ایستگاه‌های S1 تا S5)، اعماق مختلف لایه خاک و در زمان‌های مختلف در مناطق ۱ و ۲ دیده می‌شود. در منطقه ۱ با افزایش سطح کود نیتروژن، میزان غلظت نیترات نیز افزایش یافت. همچنین در برخی نقاط به ازای کاهش میزان سطح آب کاربردی، نیترات بیشتر در خاک تجمع یافته است. بیشترین مقدار نیترات در طول مطالعه در ایستگاه S5 و تا حدی S4 به ثبت رسیده است. در نمونه‌های مراحل اول تا چهارم حداکثر غلظت نیترات به ترتیب ۵، ۱۳، ۱۸، ۸، ۵ و ۹ قسمت در میلیون (ppm) در اعماق مختلف (صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متر) به ثبت رسید. شکل (۳) بیانگر این است که به تدریج در طی زمان، نیترات از لایه‌های بالایی شسته شده و به سمت لایه‌های زیرین خاک حرکت نموده است. در شکل ۳ همچنین میزان نیترات در نقاط مختلف (ایستگاه‌های S1 تا S5)، اعماق مختلف لایه خاک و در زمان‌های مختلف در منطقه ۲ دیده می‌شود. با افزایش سطح کود نیتروژن، افزایش در میزان غلظت نیترات مشاهده می‌گردد. همچنین در برخی نقاط به ازای کاهش میزان سطح آب کاربردی، نیترات بیشتر در خاک تجمع یافته است. بیشترین مقدار نیترات در طول مطالعه در ایستگاه (نقطه) S3 به ثبت رسید. در نمونه‌های مراحل اول تا چهارم حداکثر غلظت نیترات به ترتیب ۵، ۱۲، ۱۶، ۱۰ و ۷ قسمت در میلیون (ppm) در اعماق مختلف (صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متر) به ثبت رسید (شکل ۳).





شکل ۱. الگوی توزیع زمانی نمک در عمق‌ها (سانتی‌متر ۰-۱۲۰) و نواحی مختلف (S1-S5) در منطقه ۱

Fig 1. Time distribution trend of salt (T1-T4) in different depths (0-120 cm) and zones (S1-S5) in region 1



شکل ۲. الگوی توزیع زمانی (T1-T4) نمک در عمق‌ها (سانتی‌متر ۰-۱۲۰) و نواحی مختلف (S1-S5) در منطقه ۲  
 Fig 2. Time distribution trend of salt (T1-T4) in different depths (0-120 cm) and zones (S1-S5) in region 2

جدول ۳. نتایج آزمون LSD در مقایسه عمق‌های مختلف از نظر میزان نمک  
 Table 3. LSD comparisons for the salt amounts of different depths

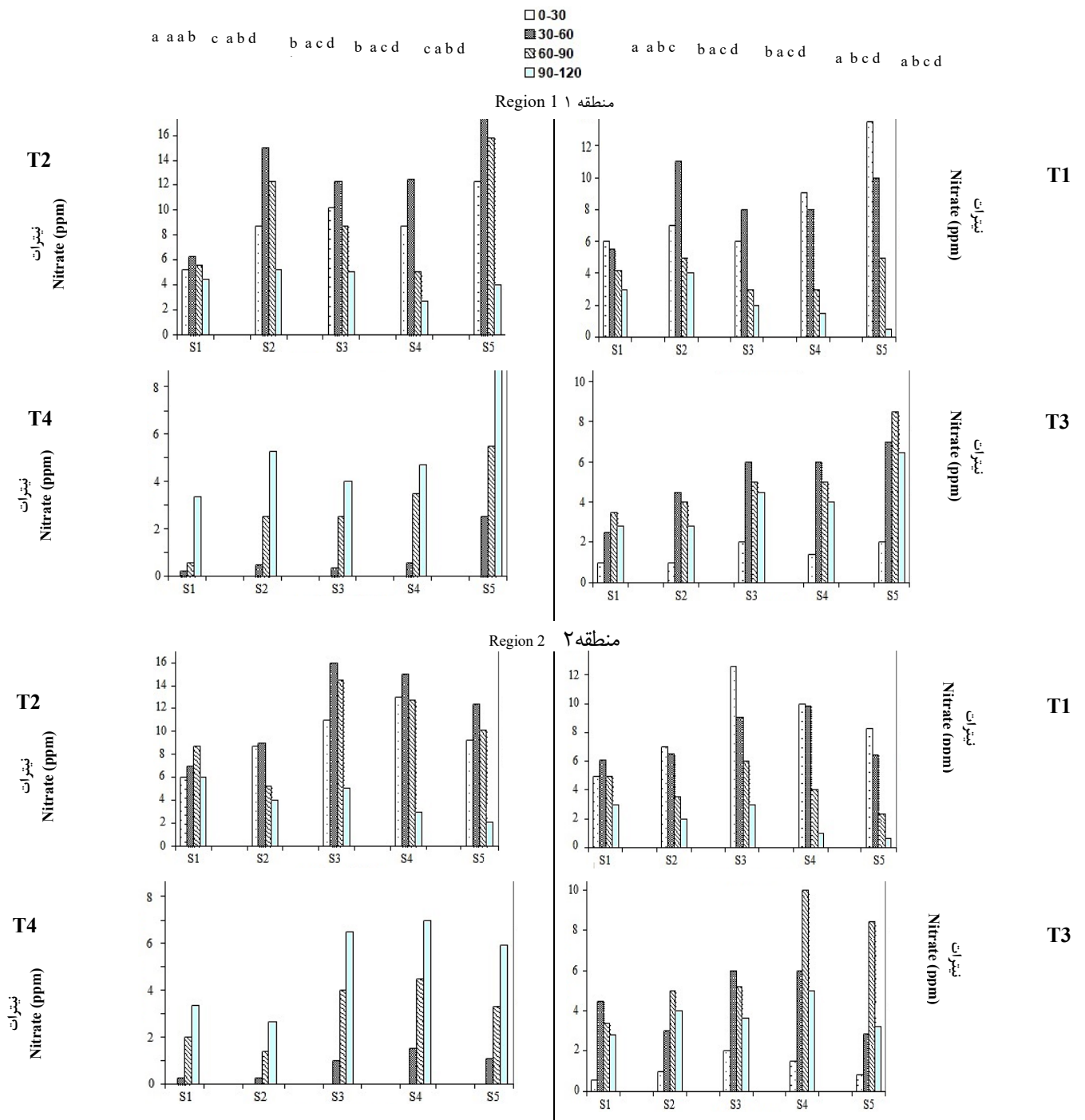
## منطقه ۱، ۱ Region 1

P	خطای استاندارد Standard error	اختلاف میانگین Average difference	عمق (سانتی متر) Depth (cm)	عمق (سانتی متر) Depth (cm)
0.000	0.10027	0.52*	30-60	
0.000	0.10027	0.86*	60-90	0-30
0.000	0.10027	1.00*	90-120	
0.000	0.10027	-0.52*	0-30	
0.001	0.10027	0.35*	60-90	30-60
0.000	0.10027	0.49*	90-120	
0.000	0.10027	-0.86*	0-30	
0.001	0.10027	-0.35*	30-60	60-90
0.178	0.10027	0.14 <sup>ns</sup>	90-120	
0.000	0.10027	-1.00*	0-30	
0.000	0.10027	-0.48*	30-60	90-120
0.178	0.10027	-0.14*	60-90	

\* معنی دار در سطح 5 درصد، ns معنی دار نمی باشد

## منطقه ۲، ۲ Region 2

P	خطای استاندارد Standard error	اختلاف میانگین Average difference	عمق (سانتی متر) Depth (cm)	عمق (سانتی متر) Depth (cm)
0.000	0.05885	1.00*	30-60	
0.000	0.05885	1.49*	60-90	0-30
0.000	0.05885	1.58*	90-120	
0.000	0.05885	-1.00	0-30	
0.000	0.05885	0.48*	60-90	30-60
0.000	0.05885	0.57*	90-120	
0.000	0.05885	-1.49*	0-30	
0.000	0.05885	-0.48*	30-60	60-90
0.120	0.05885	0.093 <sup>ns</sup>	90-120	
0.000	0.05885	-1.58*	0-30	
0.000	0.05885	-0.57*	30-60	90-120
0.120	0.05885	-0.093 <sup>ns</sup>	60-90	



شکل ۳. الگوی توزیع زمانی نیترات (T1-T4) در عمق‌های مختلف خاک (۰-۱۲۰ cm) در نواحی مختلف (S1-S5) در مناطق ۱ و ۲  
 Fig 3. Time distribution trend of nitrate (T1-T4) in different depths (0-120 cm) and zones (S1-S5) in regions 1 & 2

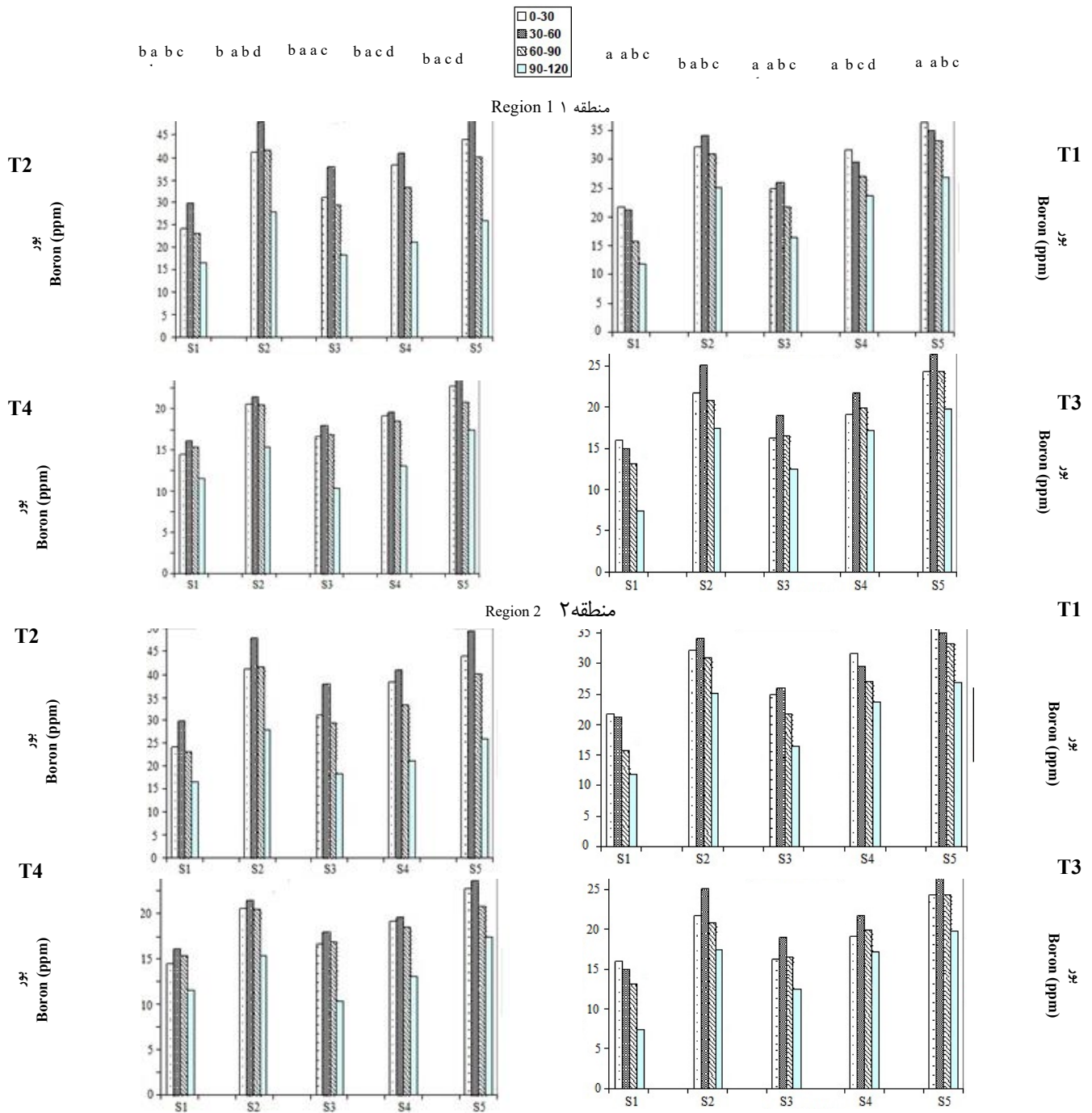
### الگوی توزیع بور

در شکل (۴) میزان بور در نقاط مختلف (ایستگاه‌های S1 تا S5)، اعماق مختلف لایه خاک و در زمان‌های مختلف در مناطق ۱ و ۲ دیده می‌شود. در منطقه ۱ بیشترین میزان بور در ایستگاه‌های S5 و S2 در منطقه ۱ به ثبت رسیده است. ایستگاه S1 نیز دارای کمترین میزان بور در هر ۴ مرحله تهیه نمونه در منطقه ۱ بوده است. در نمونه‌گیری‌های اول تا چهارم حداکثر میزان بور به ترتیب ۳۷، ۴۹، ۲۷ و ۲۳،۵ قسمت در میلیون (ppm) در اعماق مختلف (صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متر) به ثبت رسید. شکل (۴) بیانگر این است که بیشترین میزان بور در لایه‌های عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر نقاط مختلف ثبت شده است. همچنین کمترین میزان بور در لایه‌های عمق ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر در نقاط مختلف ثبت شده است. در شکل ۴ میزان بور در نقاط مختلف (ایستگاه‌های S1 تا S5)، اعماق مختلف لایه خاک و در زمان‌های مختلف در منطقه ۲ دیده می‌شود. بیشترین میزان بور در مدت زمان تهیه نمونه در ایستگاه‌های S5 و S4 به ثبت رسیده است. ایستگاه S2 نیز دارای کمترین میزان بور در هر ۴ مرحله تهیه نمونه در منطقه ۱ بوده است. در نمونه‌های مراحل اول تا چهارم حداکثر میزان بور به ترتیب ۳۷، ۴۸، ۲۸ و ۲۴ قسمت در میلیون (ppm) در اعماق مختلف (صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متر) به ثبت رسید. مشابه منطقه ۱ شکل (۴) بیانگر این است

که بیشترین میزان بور در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر نقاط مختلف ثبت شده است. همچنین کمترین میزان بور در لایه‌های عمق ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر در نقاط مختلف ثبت شده است (شکل ۴).

### تأثیر شوری بر عملکرد گندم و برنج

همانگونه که از نتایج جدول (۴) مشخص است، در منطقه ۱، یک رابطه مستقیم بین افزایش میزان شوری و کاهش عملکرد گندم رقم چمران وجود دارد. با افزایش شوری خاک عملکرد تا حد ۱۷،۸ درصد نسبت به حالت پایه (عملکرد ناحیه S1) کاهش یافته است. در مورد برنج نیز به همین صورت یک رابطه مستقیم بین افزایش میزان شوری و کاهش عملکرد برنج رقم عنبربو وجود دارد. همانطور که ملاحظه می‌شود با افزایش شوری خاک عملکرد تا حد ۱۲/۹ درصد نسبت به حالت پایه (عملکرد ناحیه S1) کاهش یافته است. در منطقه ۲، نیز یک رابطه مستقیم بین افزایش میزان شوری و کاهش عملکرد گندم رقم چمران وجود دارد. با افزایش شوری خاک عملکرد تا حد ۱۵/۹ درصد نسبت به حالت پایه (عملکرد ناحیه S1) کاهش یافته است. یک رابطه مستقیم بین افزایش میزان شوری و کاهش عملکرد برنج رقم عنبربو نیز وجود دارد، صورتیکه با افزایش شوری خاک عملکرد تا حد ۱۴،۴ درصد نسبت به حالت پایه (عملکرد ناحیه S1) کاهش یافته است.



شکل ۴. الگوی توزیع زمانی بور (T1-T4) در عمق‌های مختلف خاک (۰-۱۲۰ cm) در نواحی مختلف (S1-S5) در مناطق ۱ و ۲  
 Fig 4. Time distribution trend of boron (T1-T4) in different depths (0-120 cm) and zones (S1-S5) in regions 1 & 2

جدول ۴. تاثیر میزان شوری نواحی مختلف مناطق ۱ و ۲ بر عملکرد گندم رقم چمران و برنج رقم عنبربو

Table 4. Salt effects of regions 1 and 2 on wheat (Chamran) and rice (Anbarbou) yield

نواحی Region	دامنه شوری (dSm <sup>-1</sup> ) Salinity range	متوسط شوری (dSm <sup>-1</sup> ) Average of salinity	عملکرد (%) Yield
<b>wheat گندم</b>			
<b>منطقه ۱, Region 1</b>			
S1	3.98 – 2.01	2.933	100
S2	4.13 – 1.98	3.008	98.3
S3	4.67- 1.96	3.201	90.2
S4	5.07- 1.99	3.287	86.24
S5	5.16 – 2.07	3.340	82.21
<b>منطقه ۲, Region 2</b>			
S1	3.82 – 2.01	2.753	100
S2	3.93 – 2.12	2.868	99.1
S3	4.32- 1.91	3.025	92.2
S4	4.72- 1.90	3.275	88.4
S5	4.92 – 2.09	3.368	84.1
<b>rice برنج</b>			
<b>منطقه ۱, Region 1</b>			
S1	3.98 – 2.01	2.933	100
S2	4.13 – 1.98	3.008	98.1
S3	4.67- 1.96	3.201	93.3
S4	5.07- 1.99	3.287	89.2
S5	5.16 – 2.07	3.340	87.1
<b>منطقه ۲, Region 2</b>			
S1	3.82 – 2.01	2.753	100
S2	3.93 – 2.12	2.868	97.9
S3	4.32- 1.91	3.025	92.3
S4	4.72- 1.90	3.275	88.2
S5	4.92 – 2.09	3.368	85.6

توزیع متوسط شوری در قالب نمودارهای مجزا برای هر ناحیه ارائه شد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار لایه ۹۰-۱۲۰ با لایه ۶۰-۹۰ نیز همانطور که گفته شد به علت مشابه بودن این دو لایه از نظر شرایط و عوامل تأثیرگذار بر سطح شوری می‌باشد.

همانگونه که در اشکال مشاهده می‌گردد، شوری اعصاره اشباع خاک در سطوح فوقانی خاک بیش از سطوح پایینی تحت تأثیر عوامل مختلف قرار می‌گیرد یا به عبارت دیگر دامنه تغییرات شوری عصاره اشباع خاک در سطح خاک بیشتر از عمق آن می‌باشد که وجود تبخیر از سطح خاک و برجا ماندن نمک‌ها و حتی حرکت رو به بالای املاح بر اثر مکانیسم‌های مختلف را میتوان از دلایل ایجاد این پدیده دانست. مطابق با

در این پژوهش الگوی توزیع شوری، بور و نیترات در دو منطقه عرب اسد و ویس استان خوزستان مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. این پژوهش با هدفی کاربردی و به منظور شناسایی اثرات شوری، نیترات و بور بر عملکرد گیاه گندم و برنج و همچنین بهره‌برداری از نتایج به دست آمده به منظور بهبود عملکرد گندم و برنج در مناطق مورد مطالعه انجام شد. به منظور انجام پژوهش و بررسی فاکتورهای موجود، با استفاده از مشاهده میدانی منطقه مورد مطالعه، بررسی و تحلیل گردید. نمونه‌های خاک از مناطق مورد مطالعه تهیه و با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی عناصر موجود در خاک دو منطقه تجزیه و تحلیل گردید. نتایج حاصل از سنجش هدایت الکتریکی و در نتیجه

گردیده و قسمتی از آن نیز به لایه‌های زیرین (زیر منطقه ریشه) حرکت نموده است. همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌گردد در نمونه مرحله چهارم میزان نیترات در عمق ۰-۳۰ به صفر رسیده است، که برای منطقه ۲ نیز مشهود می‌باشد. این نتایج مشخص می‌نماید، که نیترات در این منطقه و در سطح خاک بشدت در معرض آبشویی بوده و دارای حلالیت حتی بیشتر از نمک‌های خاک می‌باشد. با توجه به این موضوع لازم است، که کشاورزان منطقه بیشتر به نحوه استفاده صحیح از روش‌های کوددهی شامل زمان و میزان مناسب توجه نمایند. از نتایج مهم ارائه گردیده در این تحقیق می‌توان برای اهداف مختلف استفاده نمود. از مهم‌ترین کاربردهای این تحقیق نمایش توزیع نمک در خاک است، که با توجه به خصوصیات فیزیولوژیکی گندم و برنج برای کاشت این دو محصول باید در نظر گرفته شود (Saharan et al., 2022; Pastuszak et al., 2022). به تبع آن می‌توان با استفاده از روش‌های مناسب آبشویی خاک میزان نمک را به سطح مناسب برای رشد گندم و برنج کاهش داد. همانگونه که از نتایج مشخص می‌باشد وجود نمک در خاک موجب کاهش محصول گندم به میزان حداکثر ۱۷,۸ درصد و ۱۴,۴ درصد برای برنج گردیده است. بنابراین رقم برنج کشت شده در مناطق مورد آزمایش تا حدی دارای تحمل بیشتری در برابر نمک خاک نسبت به رقم گندم کشت شده می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه بیشترین نمک خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر تجمع نموده است می‌توان با استفاده از روش‌های آبشویی مناسب و یا استفاده از ارقام مقاوم به شوری، تولید گندم و برنج در مناطق مورد تحقیق و مناطق مشابه را افزایش داد. در تحقیقات خود (Zhang et al., 2022) دریافته‌اند، که استفاده از آب شور موجب کاهش محصول گندم به میزان ۹,۴۳ تا ۱۸,۱۹ درصد در مقایسه با کنترل گردید، که با نتایج این تحقیق مشابه می‌باشد. تحقیقات مختلف کاهش میزان محصول برنج در شرایط شوری را مشخص نموده که تابع عواملی همچون ژنوتیپ، اقلیم و شرایط خاک می‌باشد (Liu et al., 2019). افزایش استفاده از کودهای شیمیایی موجب

نتایج، عمق ۰-۳۰ در همه نقاط دارای بیشترین شوری نسبت به عمق‌های دیگر است. این موضوع در آزمون LSD نیز نمایان گشته است. بدین صورت که اختلاف شوری در لایه ۰-۳۰ با سایر لایه‌ها معنی‌دار گردیده که دلیل آن را میتوان وجود تبخیر از سطح خاک و برجا ماندن نمک‌ها و حرکت و تجمع آن‌ها در سطح خاک دانست که بعلت شرایط حاکم در مناطق خشک همچون بارندگی کمتر از حد لازم برای رشد گیاه و تولید محصول می‌باشد. عمق ۰-۳۰ در نمودارها دارای شوری کمتر از عمق ۰-۳۰ است اما نسبت به سایر عمق‌ها از شوری بالاتری برخوردار است. در آزمون LSD انجام شده نیز این مورد به صورت اختلاف معنی‌دار با سایر عمق‌ها در سطح احتمال ۰,۰۵ بیان گردیده است. این شرایط به علت نزدیکی این عمق به سطح خاک و تأثیرپذیری از تبخیر سطحی زیاد به علت پتانسیل تبخیر از باد منطقه ایجاد می‌گردد. از طرفی، عمق آب اعمال شده زیاد نبوده و قسمت عمده آن در لایه‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری ذخیره می‌گردد، لذا از این جهت معنی‌دار بودن اختلاف شوری در این عمق نسبت به اعماق پایین‌تر طبیعی و موجه به نظر می‌رسد. میزان نمک لایه ۰-۹۰-۶۰ نسبت به دو لایه فوقانی معنی‌دار بوده اما تفاوت آن در سطح احتمال ۰,۰۵ با لایه ۹۰-۱۲۰ معنی‌دار نمی‌باشد. علت این امر وجود فاصله این لایه از سطح خاک می‌باشد که تبخیر از سطح خاک تأثیر بسیار کمی بر تجمع شوری داشته لذا تفاوت بین آن و دو لایه بالایی معنی‌دار گشته است. از سویی مرطوب نشدن زیاد این عمق از خاک به دلیل کم بودن عمق آب آبیاری از دیگر دلایل تفاوت سطح شوری آن با لایه بالایی است. عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین این لایه و لایه زیرین (۹۰-۱۲۰) نیز به علت شرایط مشابه این دو لایه از نظر عدم تأثیرپذیری از تبخیر سطحی و همچنین نرسیدن رطوبت به مقدار زیاد به این دو لایه هنگام آبیاری می‌باشد. در آخرین مرحله نمونه، میزان غلظت نیترات به خصوص در لایه‌های بالایی کاهش یافت، چون قسمتی از نیتروژن خاک به وسیله گیاه جذب و قسمتی از آن بوسیله عمل دنیتریفیکاسیون به صورت گاز نیتروژن از خاک خارج



مختلف تهیه گردند، همانگونه که در این تحقیق نیز انجام گردیده، می‌توان روند تغییرات ازت و بور خاک را بررسی نموده و در زمان مناسب و در مراحل مختلف رشد گیاه با توجه به نیاز گیاه و همچنین خصوصیات خاک و اقلیم از میزان مناسب کودهای ازته و حاوی بور جهت نیل به میزان محصول بهینه استفاده نمود. نکته مهم دیگر در مورد این تحقیق بررسی تغییرات نمک خاک در فصول مختلف مطابق با مراحل رشدی گندم و برنج می‌باشد. همچنین می‌توان میزان آبشویی لازم برای کاهش نمک خاک به میزان مناسب برای تولید محصول را در مراحل مختلف رشد گیاه مشخص نمود. این موضوع همچنین مانع از افزایش نمک خاک با زمان گردیده و در نتیجه کاشت گندم و برنج برای مدت زمان طولانی در منطقه امکان‌پذیر می‌گردد.

#### نتیجه‌گیری

در این تحقیق برخی آنالیزها و تحلیل‌های مهم و مورد استفاده برای کاشت دو محصول استراتژیک و مهم یعنی گندم و برنج ارائه گردید. نمونه‌های خاک از دو منطقه مختلف برای زمان‌ها و اعماق مختلف خاک تهیه و پس از آنالیز توزیع نمک، نیترات و بور در خاک مشخص گردید. مطابق با نتایج بیشترین میزان تجمع نمک، مربوط به عمق ۳۰-۶۰ و نیترات و بور مربوط به عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر بود. این موضوع بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر را قبل از کاشت گندم و برنج در منطقه به وضوح مشخص می‌نماید. در مقایسه با نیترات میزان آبشویی بور به اعماق خاک بیشتر بود. وجود نمک در خاک موجب کاهش محصول گندم و برنج گردید. با استفاده از نتایج این پژوهش می‌توان نحوه حرکت نمک، نیترات و بور را در زمین‌های کشاورزی منطقه تحت کاشت گندم و برنج مشخص نموده و ضمن ارائه روش‌های مناسب آبشویی و همچنین توصیه‌های دقیق کودی سبب افزایش راندمان کودی و کاهش آلودگی زیست محیطی گردید. همچنین استفاده از ارقام مقاوم به شوری، برای افزایش تولید محصول گندم و برنج توصیه می‌گردد. استفاده از روش‌های زمین آمار که بتوانند، بصورت تلفیقی با استفاده از میزان

افزایش غلظت نیترات و بور در زمین‌های کشاورزی تحت کاهش محصولات مختلف همچون گندم و برنج گردیده است (Wlasniewski et al., 2019). همچنین توصیه می‌گردد، که با استفاده از روش‌های کوددهی بیولوژیک همچون افزودن مواد آلی به خاک و استفاده از میکروبیوم‌های مفید خاک موجب تقویت خصوصیات خاک و گیاه و در نتیجه افزایش تولید محصول در منطقه گردید (Miransari et al., 2008; Miransari and Smith, 2019).

با بررسی توزیع نیترات و بور در مناطق تحت کاشت گندم و برنج، راندمان استفاده از کود در منطقه برای کشاورزان مشخص گردیده، و در نتیجه می‌توان ضمن ارائه توصیه‌های مناسب کودی موجب افزایش راندمان استفاده از کود و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی گردید. پارامترهای مختلفی همچون اقلیم، خصوصیات گیاه و خاک، و میزان آبیاری بر آبشویی نیترات و بور در خاک مؤثر هستند (Oveisi et al., 2019; Chen et al., 2019). نتایج مشخص نمود، که بیشترین میزان تجمع نیترات (۱۸ ppm) و بور (۴۹ ppm) در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر خاک می‌باشد. در نتیجه کودهای بور در مقایسه با کودهای ازته در مناطق مورد تحقیق بیشتر در معرض آبشویی هستند، و به میزان کمتر برای استفاده گیاه لازم بوده، و در نتیجه دارای راندمان کمتر می‌باشد. به کشاورزان منطقه توصیه می‌گردد، که از کودهای حاوی بور به میزان مناسب استفاده نمایند، که ضمن افزایش راندمان کود، کمتر موجب آلودگی زیست محیطی گردند. تحقیقات قبلی اهمیت مشخص نمودن میزان نیترات باقیمانده در خاک برای کاشت گندم و ذرت را مشخص نموده است (Miransari and Mackenzie, 2012; 2015). به عبارتی برای اینکه حداکثر راندمان استفاده از کودهای ازته حاصل گردد (Saberli, 2022)، توصیه می‌گردد، که قبل از کاشت گندم و برنج در مناطق مورد تحقیق و مناطق مشابه نمونه‌های خاک تهیه و میزان ازت و بور موجود در نمونه‌ها مشخص گردد. به این صورت می‌توان توصیه‌های دقیق‌تر کودی ارائه نمود، که از نظر اقتصادی و زیست محیطی حائز اهمیت فراوان می‌باشد. در صورتی که نمونه‌های خاک در زمان‌های

Raton, FL, USA.

Helmke, P.A. & Sparks, D.L. (1996). Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. Methods of Soil Analysis: Part 3 chemical methods.

Khordebin, S. & Landi, A. (2011). Comparison of the land qualitative suitability with the use of FAO method and ALES model for major crops in Sardasht of Behbahan Khuzestan Province, Iran. Middle East Journal of Scientific Research, 10, 477-481.

Li, W., Ma, L., Shi, F., Wang, S., Zhao, J., Zheng, W., Li, Z., Li, Z. & Zhai, B. (2023). Regulation of soil water and nitrate by optimizing nitrogen fertilization and the addition of manure based on precipitation: An 8-year field record. Agriculture, Ecosystems & Environment, 354, 108586.

Liu, C., Chen, K., Zhao, X., Wang, X., Shen, C., Zhu, Y., Dai, M., Qiu, X., Yang, R., Xing, D. & Pang, Y. (2019). Identification of genes for salt tolerance and yield-related traits in rice plants grown hydroponically and under saline field conditions by genome-wide association study. Rice, 12, 1-13.

Loeppert, R.H. & Suarez, D.L. (1996). Carbonate and gypsum. Methods of soil analysis: Part 3 chemical methods, 5, 437-474

Miransari, M. & Mackenzie, A.F. (2012). Corn (*Zea mays* L.) grain and stover yield as affected by soil residual mineral nitrogen. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43, 799-810.

Miransari, M. & Mackenzie, A.F. (2015). Development of soil N testing for wheat production using soil residual mineral N. Journal of Plant Nutrition, 38, 1995-2005.

Miransari, M. & Smith, D. (2019). Sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production in saline fields: a review. Critical Reviews in Biotech-

نمک، نیترات و بور بدست آمده، پیش‌بینی‌های لازم برای ارائه توصیه کودی، و زمان‌های مناسب کاشت با توجه به توزیع بارندگی در منطقه را ارائه نمایند نیز برای تحقیقات آینده توصیه می‌گردد. همچنین استفاده از این روش‌ها و نرم‌افزارهای شبیه‌ساز برای تعمیم نتایج حاصل در نقاط منتخب به سایر نقاط دو منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد، که می‌تواند به ایجاد الگوی دقیق شوری، نیترات و بور در نواحی مورد مطالعه کمک کند. همچنین پیشنهاد می‌شود تأثیر شوری بر سایر ارقام برنج و گندم نیز بررسی گردد.

سپاسگزاری: نویسندگان این تحقیق تمایل دارند از شرکت علمی (مشاوره مهندسی) آبتین برکه (<https://Abtinberkeh.com>)، شامل آموزشگاه آبتین برکه (<https://academy.abtinberkeh.com>)، برای اصلاح و ویرایش این تحقیق تشکر کنند.

#### منابع

Chen, L., Li, C., Feng, Q., Wei, Y., Zhao, Y., Zhu, M. & Deo, R.C. (2019). Direct and indirect impacts of ionic components of saline water on irrigated soil chemical and microbial processes. Catena, 172, 581-589.

Dible, W.T., Truog, E. & Berger, K.C. (1954). Boron determination in soils and plants. Analytical Chemistry, 26, 418-421.

Farooq, M., Rashid, A., Nadeem, F., Stuerz, S., Asch, F., Bell, R.W. & Siddique, K.H. (2018). Boron nutrition of rice in different production systems. A review. Agronomy for Sustainable Development, 38, 1-24.

Gee, G.W. & Bauder, J.W. (1979). Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters. Soil Science Society of America Journal, 43, 1004-1007.

Gregorich, E.G. & Carter, M.R. (2007). Soil sampling and methods of analysis. CRC Press, Boca

- Marwaha, S., Rajput, V.D. & Minkina, T. (2022). Molecular and physiological mechanisms to mitigate abiotic stress conditions in plants. *Life*, 12, 634.
- She, Y., Li, P., Du, Z., Qi, X., Zhao, S., Li, T. & Guo, W. (2022). Nitrogen fertilization effects on soil nitrate, water use, growth attributes and yield of winter wheat under shallow groundwater table condition. *Agronomy*, 12, 3048.
- Songsriin, J., Yamuangmorn, S., Lordkaew, S., Jumrus, S., Veeradittakit, J., Jamjod, S. & Promu-thai, C. (2023). Efficacy of soil and foliar boron fertilizer on boron uptake and productivity in rice. *Agronomy*, 13, 692.
- Walkley, A. & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.
- Wlasniewski, S., Hajduk, E., Kaniuczak, J., & Nazarkiewicz, M. (2019). Effect of mineral fertilization on the yield, boron content and bioaccumulation factor in grain of cereals. *Journal of Elementology*, 24(3), 1047-1061.
- Zhang, Z., Zhang, Z., Feng, G., Lu, P., Huang, M. & Zhao, X. (2022). Biochar amendment combined with straw mulching increases winter wheat yield by optimizing soil water-salt condition under saline irrigation. *Agriculture*, 12, 1681
- nology, 39, 999-1014.
- Moradi-Majd, N., Fallah, G. & Chatrenour, M. (2021). Estimation of CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and NO emissions in Khuzestan wheat and rice fields (Case study: Shush and Baghmalek). *Journal of Climate Research*, 1399, 79-90. [In Persian].
- Moradi-Majd, N., Fallah-Ghalhari, G. & Chatrenour, M., 2022. Estimation of greenhouse gas emission flux from agricultural lands of Khuzestan province in Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 811.
- Olsen, S.R. & Sommers, L.E. (1982). Phosphorus. In: Page, A.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, 403-430.
- Oveisi, F., Fattahi Ardakani, A. & Fehresti Sani, M. (2019). Investigation of virtual water and ecological footprints of water in wheat fields of Isfahan province. *Journal of Water and Soil Science*, 23(1), 87-99. [In Persian].
- Pastuszak, J., Dziurka, M., Hornyák, M., Szczerba, A., Kopeć, P. & Płazek, A. (2022). Physiological and biochemical parameters of salinity resistance of three durum wheat genotypes. *International Journal of Molecular Sciences*, 23, 83-97.
- Saberli, S.F. (2022). Response of winter wheat growth and yield to planting date and nitrogen application rate. *Journal of Crop Improvement*, 25, 405-418. [In Persian].
- Sabzghabaei, G., Bohlolzadeh, A. & Dashti, S. (2021). Ecological water footprints and virtual water for wheat and rice products in Khuzestan province in order to manage water resources sustainability. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 15, 329-341.
- Saharan, B.S., Brar, B., Duhan, J.S., Kumar, R.,

