

## The Effect of Applied Magnetics Water on Nutrients Uptake by Bean Plants in Salt Conditions

FATEMEH AGHAMIR<sup>1</sup>, HOSSEINALI BAHRAMI<sup>2\*</sup>, SAEID ESHGHI<sup>3</sup>, MOHAMMAD JAFAR MALAKOUTI<sup>4</sup>

1. Graduated Student, Soil Sciences Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2. Associate Professor, Soil Sciences Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3. Professor, Soil Sciences Department, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz, Iran

4. Associate Professor, Soil Sciences Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received: Feb. 4, 2017- Revised: Jan. 8, 2018- Accepted: Jan. 9, 2018)

### ABSTRACT

Optimal management of water, as one of the main factors of production has an important role in the supply of essential nutrients, increasing yield and reducing leaching. Nowadays, application of magnetic water in many fields including agriculture has been paid attention by many researchers. In order to investigate the effect of magnetic water on plant nutrient uptake, this research was conducted in the controlled environmental conditions in greenhouse of Tarbiat Modares University. Magnetic water was produced using a magnetic device with a magnetic field intensity of 8 to 10 mT. The objective of this study was to investigate the effect of magnetic water on the essential nutrient uptake by bean (*Phaseolus vulgaris*) in saline conditions. The experimental design was two factors factorial (2x3) arranged in a completely randomized design. The combinations of the treatments were two levels of water; non-magnetic (Normal) and magnetic and three levels of salinity; 800, 1300 and 2100 ppm NaCl, with three replicates. The results showed that with increasing salinity, macronutrient uptake and protein percentage reduced, while micronutrient and sodium uptake increased. Moreover, comparisons of treatments means showed that the magnetic water increased all the nutrients uptake and protein percentage in the leaves and seeds, but no significant changes were observed in the roots and shoots of bean plants. Despite these findings, more researches are needed to be done in the field to prove the obvious beneficial effects of magnetic water.

**Key words:** Greenhouse, Macro Nutrients, Micro Nutrients, Uptake.

## اثر کاربرد آب مغناطیسی بر جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه لوبیا در شرایط شور

فاطمه آقامیر<sup>۱</sup>، حسینعلی بهرامی<sup>۲\*</sup>، سعید عشقی<sup>۳</sup>، محمدجعفر ملکوتی<sup>۴</sup>

۱. دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳. دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۴. استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۱۰/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹)

### چکیده

مدیریت بهینه آب به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید در تأمین عناصر غذایی ضروری گیاه، افزایش عملکرد و کاهش آبشویی نقش به‌سزایی دارد. امروزه کاربرد آب مغناطیسی در بسیاری از زمینه‌ها و از جمله کشاورزی مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. به منظور بررسی اثر آب مغناطیسی بر جذب عناصر غذایی گیاه، این پژوهش در شرایط محیطی کنترل شده در گلخانه دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. برای تهیه آب مغناطیسی از دستگاه تولید آب مغناطیسی با شدت میدان ۸ تا ۱۰ میلی‌تسلا استفاده شد. هدف این پژوهش ارزیابی اثر تیمار آب مغناطیسی بر جذب عناصر غذایی ضروری توسط گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط شور بود. این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور آب و شوری اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی از ترکیب دو سطح آب؛ غیر مغناطیسی (نرمال) و مغناطیسی و سه سطح شوری؛ ۸۰۰، ۱۳۰۰ و ۲۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر NaCl، با سه تکرار تشکیل شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، جذب عناصر غذایی پرمصرف و درصد پروتئین کاهش و جذب عناصر غذایی کم‌مصرف و سدیم افزایش یافته است. همچنین مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که آب مغناطیسی جذب تمامی عناصر غذایی و درصد پروتئین را در برگ و دانه لوبیا افزایش داد اما تغییر معنی‌داری در ریشه و ساقه مشاهده نشد. با وجود این یافته‌ها، برای اثبات آشکار این اثرهای سودمند به پژوهش‌های بیشتری در شرایط مزرعه نیاز می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** عناصر غذایی ماکرو، عناصر غذایی میکرو، گلخانه، جذب عناصر توسط ریشه

### مقدمه

در کشورهای در حال توسعه، کشاورزی نقش محوری در رشد اقتصادی و امنیت غذایی دارد و همچنین منبع اصلی زندگی برای سه چهارم از جمعیت فقیر جهان می‌باشد (Wheeler and Kay, 2011). با توجه به رشد جمعیت، بالا رفتن سطح رفاه، افزایش مصرف و توزیع نامتعادل مواد غذایی و کمبود منابع، نیاز جوامع بشری به عملکرد بیشتر با کمترین نهاده افزایش یافته است. از راهکارهای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی، مصرف بهینه کودها است. افزایش تولیدات در جهان در طی چهار دهه گذشته پس از نزولات آسمانی و آبیاری مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است. متأسفانه مصرف بیش از حد کودها در راستای افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، سبب مشکلات زیست‌محیطی شده است؛ بنابراین

پیشنهاد راهکارهای مناسب همراه با مصرف بهینه کودها در راستای افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی امری ضروری می‌باشد. از انواع راهکارها در جهت افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، استفاده از منابع مناسب آب می‌باشد، زیرا که آب با کیفیت نامناسب سبب عدم تعادل عناصر غذایی می‌گردد. به دلیل قرار گرفتن ایران در منطقه با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک، وجود نداشتن منابع کافی آب (کمی و کیفی) و وجود خاک‌های شور و آهکی، تلاش برای ارائه راهکارهایی در جهت ارتقاء کیفیت آب ضرورت دارد. تحقیقات نشان داده است که یکی از راه‌های افزایش برداشت عناصر غذایی توسط گیاه، اعمال تیمار آب مغناطیسی می‌باشد (Mostafazadeh-Fard et al., 2008).

آبی که در اثر عبور از میدان مغناطیسی در ویژگی‌های آن تغییراتی ایجاد می‌گردد آب مغناطیسی نامیده می‌شود که مدت زمان اثر مغناطیس از چند ساعت تا چند روز می‌باشد. آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی، کشش سطحی کمتر و قابلیت

\* نویسنده مسئول: bahramih@modares.ac.ir

بررسی اثر آب مغناطیسی در شوری‌های مختلف ضروری است. در این پژوهش چگونگی اثر آب مغناطیسی بر انتقال و جذب عناصر غذایی در خاک و قابلیت دسترسی آنها توسط گیاه لوبیا مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی اثر آب مغناطیسی بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک و جذب آن توسط گیاه، آزمایش فاکتوریل روی گیاهان لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (کرت‌های چهار مترمربعی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. این آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور آب (دو سطح آب مغناطیسی (M) و غیر مغناطیسی (N)) و شوری (S) (سه سطح ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک NaCl) در سه تکرار انجام شد. به منظور تولید آب مغناطیسی از دستگاه Scale Blaster، مدل SB-150، ساخت شرکت Water Clear آمریکا استفاده شد. چون شعاع سیم‌پیچی لوله این دستگاه در مقایسه با طول کوچک و حلقه‌های آن خیلی به هم نزدیک بوده، میدان مغناطیسی داخل سیم‌پیچی لوله از رابطه (۱) به دست می‌آید.

$$B = \mu \left( \frac{N}{2R} \right) I \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در این رابطه I شدت جریان (A)، N تعداد کل دوره‌های سیم‌پیچی لوله، R شعاع لوله (m)،  $\mu$  ضریب تراوایی مغناطیسی خلأ و برابر با  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$  و B چگالی شار مغناطیسی (T) می‌باشد. بر اساس این رابطه و ویژگی‌های دستگاه تولید آب مغناطیسی، چگالی شار مغناطیسی بین ۸۰ تا ۱۰۰ گوس (۸ تا ۱۰ میلی‌تسلا) محاسبه شد.

در این پژوهش نمونه‌برداری خاک قبل و پس از کشت گیاهان انجام و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آنها با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری بافت خاک با روش هیدرومتری (Page et al., 1996)، کربن آلی خاک به روش والکلی و بلک، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش چاپمن، هدایت‌سنجی و پتانسیومتری در عصاره گل اشباع و نسبت ۱:۱ (Donald, 1996)، کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون، کربنات و بی‌کربنات خاک با روش تیتراسیون اسید و باز و با استفاده از معرف‌های مضاعف فنل فتالین و متیل اورانژ، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم محلول و تبدالی به ترتیب در عصاره اشباع خاک (Gupta, 2009) و عصاره استات آمونیم ۱

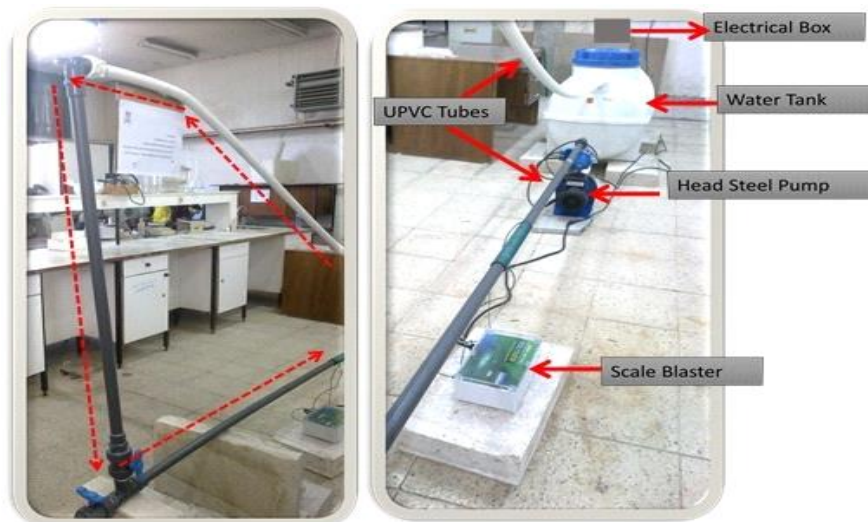
نفوذ و حلالیت بیشتری داشته و سبب افزایش فعالیت آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، کلروفیل، رنگدانه، اسید نوکلئیک و قطبی شدن ملکول‌ها در سلول‌های زنده گیاهان می‌گردد (Sueda et al., 2007; Karimi et al., 2012). نتایج نشان داده که فعالیت عناصر غذایی موجود در خاک در زمان‌ها و فواصل مختلف از منبع آب مغناطیسی متغیر بوده و رفتار آب مغناطیسی نیز در انتقال عناصر غذایی در خاک مانند آب معمولی نمی‌باشد (Al-Khazan et al., 2011). سازوکار اثر سودمند آب مغناطیسی بر رشد گیاهان هنوز مشخص نیست و اثرهای سودمند آن ممکن است مربوط به تغییرهای ساختاری آب و فیزیولوژی گیاه و سلول باشد (Mohamed and Ebead, 2013). به عقیده برخی از پژوهشگران میدان مغناطیسی سبب تضعیف یا شکستگی پیوندهای هیدروژنی شده و مولکول‌های آب تک‌واحدی را تشکیل داده و در سلول‌های زنده بیشتر نفوذ کرده و سبب افزایش رشد گیاهان شده است (Evelyn et al., 2008).

اثر میدان‌های مغناطیسی و الکترومغناطیسی بر سلول‌های زنده، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران از جمله زیست‌شناسان مولکولی، شیمی‌دانان و فیزیک‌دانان می‌باشد (Atak et al., 2003). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که میدان مغناطیسی سبب افزایش انتقال یون‌ها از کانال‌های سلولی، تشکیل رادیکال‌های آزاد در سلول، تغییرات غلظت هورمون‌ها، تغییرات عملکرد آنزیم‌های انتقال‌دهنده یون‌ها از غشای سلولی، تغییر در سنتز و انتقال DNA و کارکرد انتقال یون کلسیم شده است (Piacentini et al., 2001; Starzak, 2003). همچنین اثر آب مغناطیسی در افزایش رشد می‌تواند به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، ایندول و سنتز پروتئین‌ها نسبت داده شود (Celik et al., 2008; Nasher, 2008). برخی دیگر گزارش کرده‌اند که آب مغناطیسی ممکن است سبب افزایش نفوذپذیری غشای سلولی دانه، تغییر pH دو طرف غشای سلولی، افزایش فعالیت یون کلسیم و کاهش فعالیت موجودات ذره‌بینی مضر گردد (Biryukov et al., 2005).

از آنچه گفته شد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با وجود مطالعات گسترده در این زمینه، هنوز نتایج به دست آمده در توصیف عملکرد آب مغناطیسی ناتوان است، زیرا نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اثر میدان مغناطیسی و در نتیجه آب مغناطیسی بر سیستم‌های زنده بسیار پیچیده بوده و دلیلی برای چگونگی اثر آب مغناطیسی بر تغییر غلظت عناصر غذایی ضروری در گیاه گزارش نشده است. از آنجایی که شوری خاک یکی از مشکلات مهم در کشاورزی ایران می‌باشد، بنابراین

شستشو، خشک و آسیاب شده و پس از عبور از الک بسته‌بندی شد. در آزمایشگاه هضم تر نمونه‌های گیاهی با استفاده از اسید سولفوریک و پراکسید هیدروژن و هضم خشک نیز با استفاده از کوره الکتریکی و اسید هیدروکلریک صورت گرفت؛ سپس نیتروژن کل با استفاده از دستگاه کجلدال، فسفر با روش رنگ‌سنجی مولیبدات وانادات زردرنگ و بر با روش رنگ‌سنجی آزومتین H و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد؛ همچنین پتاسیم و سدیم با دستگاه فلیم‌فوتومتر و کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Gupta, 2009). پس از اندازه‌گیری‌های لازم، آنالیز داده‌های به دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، MiniTab و SPSS انجام شد.

نرمال و با استفاده از دستگاه‌های جذب اتمی (انگلستان، PHILIPS PU9100X) و فلیم‌فوتومتری (انگلستان، JENEWAY PFP7) (pH=7) (Benton Jones, 2001)، نیترات خاک با روش رنگ‌سنجی سدیم سالیلات و اسپکتروفوتومتری (Cataldo et al., 1975)، سولفات خاک با روش کدورت سنجی سولفات باریم و اسپکتروفوتومتر، کلر خاک با استفاده از روش تیتراسیون Mohr، فسفر خاک با روش اولسن و رنگ‌سنجی آمونیم مولیبدات-آسکوربیک اسید آبی‌رنگ، بر با روش استخراج آب داغ و روش رنگ‌سنجی آزومتین H و اسپکتروفوتومتری (Gupta, 2009) و آهن، روی، منگنز و مس در عصاره کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و با استفاده از دستگاه جذب اتمی انجام شد (Benton Jones, 2001). طبق اصول نمونه‌برداری گیاهی، نمونه‌ها برداشت،



شکل ۱. سیستم تولید آب مغناطیسی

جذبی سدیم، سختی کل و کربنات سدیم باقیمانده اندازه‌گیری شده و داده‌های به دست آمده پیش و پس از اعمال میدان الکترومغناطیسی به ترتیب در جدول‌های (۱ و ۲) ارائه شده است.

## نتایج و بحث

در این پژوهش برای ارزیابی کیفیت آب آبیاری، pH، غلظت کل یونها و نمک‌های محلول، قابلیت هدایت الکتریکی، نسبت

جدول ۱. تجزیه شیمیایی آب آبیاری پیش از قرار گرفتن در میدان الکترومغناطیسی

$SO_4^{2-}$ (mg L <sup>-1</sup> )	$Mg^{2+}$ (mg L <sup>-1</sup> )	$Ca^{2+}$ (mg L <sup>-1</sup> )	$K^+$ (mg L <sup>-1</sup> )	$Na^+$ (mg L <sup>-1</sup> )	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	ویژگی
۹۶	۴/۸	۴۰	۰/۵	۸۱	۰/۵۹۳	۷/۹۸	مقدار
RSC (mg L <sup>-1</sup> )	SAR	Born (mg L <sup>-1</sup> )	Total Hardness (mg L <sup>-1</sup> )	TDS (mg L <sup>-1</sup> )	$NO_3^-$ (mg L <sup>-1</sup> )	TA (mg L <sup>-1</sup> )	ویژگی
۱/۳	۳/۲	۰/۰۳۴	۱۲۰	۳۸۸	۲۱/۳	۱۲۰	مقدار

جدول ۲. تجزیه شیمیایی آب آبیاری پس از قرار گرفتن در میدان الکترومغناطیسی

SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	EC(dS m <sup>-1</sup> )	pH	ویژگی	
۹۶/۰۲	۴/۸۲	۳۹/۹۸	۰/۵۱	۸۱/۰۳	۰/۶۳۳	۷/۹۶	مقدار	
RSC (mg L <sup>-1</sup> )	SAR	Born (mg L <sup>-1</sup> )	Total Hardness (mg L <sup>-1</sup> )	TDS (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	TA (mg L <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	ویژگی
۱/۳	۳/۲	۰/۰۳۴	۱۱۹	۳۸۷	۲۱/۲	۱۲۰	۴۹/۰۲	مقدار

الکتریکی آب آبیاری افزایش یافت اما این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود. پژوهشگران نشان داده‌اند که تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی در اثر میدان الکترومغناطیسی در دما، فشار و ترکیب شیمیایی ثابت محلول، نشانه تغییر در فعالیت الکتروشیمیایی و ترمودینامیک آبپوشی اختصاصی یون‌ها در محلول و برهم‌کنش‌های آبپوشی یون‌ها و مولکول‌های آب می‌باشد (Schwierz et al., 2010).

همچنین در این پژوهش پیش از کشت گیاهان و اعمال تیمارهای آزمایشی برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک اندازه‌گیری شد که نتیجه آن در جدول (۳) آمده است.

همان‌طور که مشاهده می‌گردد اعمال میدان الکترومغناطیسی بر غلظت کاتیون‌های سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم و آنیون‌های سولفات، کلر، بی‌کربنات و بر در آب اثر نداشته است. این نتایج، یافته‌های پژوهشگران مبنی بر عدم تغییر ویژگی‌های شیمیایی آب چاه در اثر میدان مغناطیسی را تأیید می‌نماید (Ahmad Aali et al., 2009)؛ pH آب به مدت ۱۲ ساعت اندازه‌گیری شده و نتایج نشان داد که pH آب در اثر اعمال میدان الکترومغناطیسی تغییری نداشته است؛ این نتایج با یافته‌های دیگر پژوهشگران نیز مطابقت داشت (McMahon, 2009). با اعمال میدان الکترومغناطیسی قابلیت هدایت

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک پیش از اعمال تیمار آزمایشی

CaCO <sub>3</sub> (%)	SOM(%)	P <sub>ava</sub> (ppm)	K <sub>ava</sub> (ppm)	N <sub>T</sub> (%)	EC(dS m <sup>-1</sup> )	pH	ویژگی	
۱۲/۴	۲/۰۲	۲۵	۲۵۳	۰/۳۵	۲/۵	۷/۶۳	مقدار	
Saturation (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	ویژگی
۴۴	۲۰	۲۸	۵۲	۳/۱	۶/۴	۴/۴	۱/۴۶	مقدار
			Ca (ppm)	S (ppm)	Mg (ppm)	B (ppm)	ویژگی	
			۲۲۰	۱۵/۲	۱۵/۶۴	۰/۳۲	مقدار	

مشخصی مشاهده نشده در صورتی که غلظت سدیم تبادلی روند کاهشی داشته است و این کاهش در سطوح شوری‌های بالاتر بیشتر بوده است. با افزایش شوری بدیهی است که غلظت آنیون کلر افزایش می‌یابد و با اعمال میدان مغناطیسی بر آب، روند افزایش غلظت کلر مشاهده شده و این افزایش در شوری‌های بالاتر بیشتر بوده است. با افزایش شوری و اعمال نوع آب، غلظت کلسیم محلول در خاک روند مشخصی نداشته است؛ علاوه بر این با افزایش شوری غلظت منیزیم محلول افزایش یافته و با اعمال تیمار مغناطیسی در تمام سطوح شوری، روند افزایشی مشاهده شده است.

مطالعه اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت عناصر غذایی ریشه، ساقه، برگ، غلاف و دانه گیاه لوبیا به ترتیب در جدول‌های (۵ تا ۹) نشان می‌دهد که تیمارهای شوری، آب مغناطیسی و اثر متقابل آنها بر جذب عناصر غذایی در غلاف و

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک پیش و پس از اعمال تیمارهای مورد نظر انجام گرفت. جدول (۴) نشان می‌دهد که تیمارهای اعمال شده بر ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل pH، نیترات، فسفر، پتاسیم محلول و تبادلی، کلسیم و منیزیم تبادلی اثر معنی‌دار نداشته است؛ همچنین بر قابلیت هدایت الکتریکی، درصد کربنات کلسیم، بی‌کربنات، سولفات و بر نیز اثر معنی‌دار نداشته است؛ علاوه بر این سطوح شوری و نوع آب بر غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف آهن، منگنز، روی و مس در خاک تأثیر معنی‌دار نداشته است؛ در صورتی که سطوح شوری و نوع آب بر غلظت‌های سدیم محلول و تبادلی، کلر، کلسیم و منیزیم محلول اثر معنی‌دار داشته، اما اثر متقابل آنها بی‌تأثیر بوده است. بدیهی است که با افزایش شوری، غلظت سدیم محلول و تبادلی روند افزایشی داشته باشد. با آبیاری مغناطیسی در شوری‌های یکسان، در غلظت سدیم محلول روند

پرمصرف و درصد پروتئین کاهش و جذب عناصر غذایی کم مصرف و سدیم افزایش یافته است؛ همچنین بررسی مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که آب مغناطیسی جذب تمامی عناصر غذایی و درصد پروتئین را در غلاف و دانه لوبیا افزایش داده است.

دانه لوبیا همگی اثر معنی‌دار داشته، در صورتی که در مورد ریشه، ساقه و برگ آن، اثر معنی‌دار فقط در مورد سدیم مشاهده شده است (شکل ۲). شکل‌های (۳ و ۴) نیز بررسی مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی را در جذب عناصر غذایی در غلاف و دانه لوبیا نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد در تمام تیمارهای آزمایشی با افزایش شوری، جذب عناصر غذایی

جدول ۴. تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت تأثیر آب مغناطیسی و شوری‌های مختلف

میانگین مربعات								منابع	درجه	تغییرات
Mg <sub>sol</sub>	Ca <sub>exch</sub>	Ca <sub>sol</sub>	K <sub>exch</sub>	K <sub>sol</sub>	P	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	آزادی		
۰/۰۴ <sup>**</sup>	۲۳۲/۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>**</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۴۷/۹ <sup>ns</sup>	۳۱۰/۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۲	شوری	
۰/۰۲ <sup>*</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۵۰ <sup>**</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۶۴/۵ <sup>ns</sup>	۸۶۹/۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۱	آب	
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۳۵/۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۸۳/۵ <sup>ns</sup>	۷۵۸/۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۲	شوری×آب	
۰/۰۰۳	۱۰۳/۲	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰۰۳	۱۱۶/۵	۶۸۸/۲	۰/۰۲	۱۲	خطا	
میانگین مربعات								منابع	درجه	تغییرات
Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CEC	Na <sub>exch</sub>	Na <sub>sol</sub>	CaCO <sub>3</sub>	Mg <sub>exch</sub>	آزادی		
۰/۰۲ <sup>**</sup>	۸۶۹۷۵/۰ <sup>ns</sup>	۲/۲۶ <sup>ns</sup>	۹۷/۹ <sup>ns</sup>	۲/۸ <sup>**</sup>	۰/۲۸ <sup>**</sup>	۱/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۵۴ <sup>ns</sup>	۲	شوری	
۰/۱۳ <sup>**</sup>	۵۰۰۲۳/۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۲۳۹/۱ <sup>ns</sup>	۱/۲ <sup>*</sup>	۰/۱۸ <sup>*</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۱/۷ <sup>ns</sup>	۱	آب	
۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۸۱۰۸/۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۲۲۳/۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۴ <sup>ns</sup>	۲	شوری×آب	
۰/۰۰۲	۲۲۸۶۹/۲	۲/۶	۱۹۳/۳	۰/۲	۰/۰۴	۰/۵	۰/۴۴	۱۲	خطا	
میانگین مربعات								منابع	درجه	تغییرات
			EC	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	آزادی	
			۴/۰۹ <sup>**</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۱ <sup>ns</sup>	۲	شوری
			۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۹ <sup>ns</sup>	۱/۸ <sup>ns</sup>	۱	آب
			۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۱/۳ <sup>ns</sup>	۳/۰۱ <sup>ns</sup>	۲	شوری×آب
			۰/۲۴	۰/۰۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۲۸	۵/۶	۱۲	خطا

ns: عدم معنی‌داری، \* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، \*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

جدول ۵. تجزیه واریانس عناصر ریشه گیاه لوبیا تحت تأثیر آب مغناطیسی و شوری‌های مختلف

میانگین مربعات									منابع	درجه	تغییرات
Mn	Zn	Cu	Fe	Mg	Ca	Na	K	N	آزادی		
۵۰/۳ <sup>ns</sup>	۱۲/۵۶ <sup>ns</sup>	۴۵/۵ <sup>ns</sup>	۸۲۱۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۲/۵ <sup>ns</sup>	۲	شوری	
۲۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۹۹ <sup>ns</sup>	۱۸۰۲۶۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>**</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱۲/۴ <sup>ns</sup>	۱	آب	
۱۳۴ <sup>ns</sup>	۹/۹۹ <sup>ns</sup>	۳/۲ <sup>ns</sup>	۸۴۰۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>*</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۹۷ <sup>ns</sup>	۲	شوری×آب	
۹۵	۳/۸۷	۵/۱	۳۷۵۸۱	۰/۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۳	۱/۶۶	۱۲	خطا	

ns: عدم معنی‌داری.

جدول ۶. تجزیه واریانس عناصر ساقه گیاه لوبیا تحت تأثیر آب مغناطیسی و شوری‌های مختلف

میانگین مربعات									منابع	درجه	تغییرات
Mn	Zn	Cu	Fe	Mg	Ca	Na	K	N	آزادی		
۳۴/۶ <sup>ns</sup>	۱۷/۹ <sup>ns</sup>	۱۸/۷ <sup>ns</sup>	۹۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۵ <sup>ns</sup>	۲	شوری	
۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۶۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۳ <sup>ns</sup>	۱	آب	
۱۱/۴ <sup>ns</sup>	۳/۵ <sup>ns</sup>	۱/۹ <sup>ns</sup>	۲۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۴ <sup>ns</sup>	۴/۳×۱۰ <sup>-۵*</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۷ <sup>ns</sup>	۲	شوری×آب	
۲/۷	۱/۱	۱/۲۲	۳۶۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۹	۷/۴×۱۰ <sup>-۶</sup>	۰/۰۳	۰/۴	۱۲	خطا	

ns: عدم معنی‌داری.

جدول ۷. تجزیه واریانس عناصر برگ گیاه لوبیا تحت تاثیر آب مغناطیسی و شوری های مختلف

میانگین مربعات								درجه	منابع
Mn	Cu	Fe	Mg	Ca	K	P	N	آزادی	تغییرات
۴/۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۳ <sup>ns</sup>	۱۶۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۹۴ <sup>ns</sup>	۲	شوری
۴۸/۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۴۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۳ <sup>ns</sup>	۱	آب
۱۹/۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۹۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۵/۹×۱۰ <sup>-۵ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۲	شوری×آب
۲۰/۹	۰/۰۰۳	۴۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۱۴۸	۱۲	خطا
میانگین مربعات								درجه	منابع
								آزادی	تغییرات
								۲	شوری
								۱	آب
								۲	شوری×آب
								۱۲	خطا

ns: عدم معنی داری، \*: معنی دار در سطح ۵ درصد.

جدول ۸. تجزیه واریانس عناصر غلاف گیاه لوبیا تحت تاثیر آب مغناطیسی و شوری های مختلف

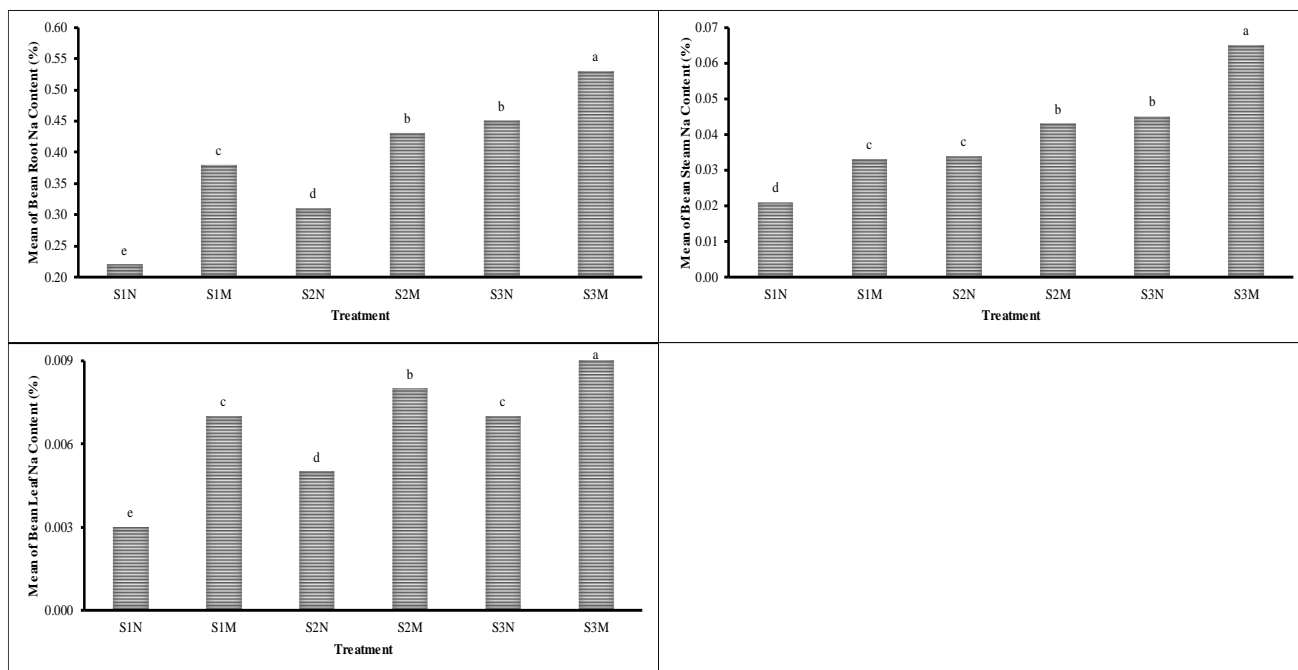
میانگین مربعات								درجه	منابع
Mn	Cu	Fe	Mg	Ca	K	P	N	آزادی	تغییرات
۰/۷۹ <sup>**</sup>	۵۹/۴ <sup>**</sup>	۲۸۷/۳ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۰/۱۶ <sup>**</sup>	۰/۰۰۸ <sup>*</sup>	۰/۰۰۳ <sup>**</sup>	۱/۸ <sup>**</sup>	۲	شوری
۰/۱۶ <sup>**</sup>	۲۲۹/۷ <sup>**</sup>	۲۲۰/۷ <sup>**</sup>	۷/۶×۱۰ <sup>-۵*</sup>	۰/۱۷ <sup>**</sup>	۰/۰۱۴ <sup>**</sup>	۰/۰۰۷ <sup>**</sup>	۱/۸ <sup>**</sup>	۱	آب
۰/۰۴ <sup>*</sup>	۲۶/۸ <sup>**</sup>	۳۲/۴ <sup>**</sup>	۶/۴×۱۰ <sup>-۵**</sup>	۰/۰۳ <sup>*</sup>	۰/۰۰۳ <sup>*</sup>	۰/۰۰۱ <sup>*</sup>	۲/۵ <sup>**</sup>	۲	شوری×آب
۰/۰۰۹	۱/۲	۴/۰۰۶	۸/۴×۱۰ <sup>-۶</sup>	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۱۳	۱۲	خطا
میانگین مربعات								درجه	منابع
								آزادی	تغییرات
								۲	شوری
								۱	آب
								۲	شوری×آب
								۱۲	خطا

ns: عدم معنی داری، \*: معنی دار در سطح ۵ درصد، \*\*: معنی دار در سطح ۱ درصد.

جدول ۹. تجزیه واریانس عناصر دانه گیاه لوبیا تحت تاثیر آب مغناطیسی و شوری های مختلف

میانگین مربعات								درجه	منابع
Mn	Cu	Fe	Mg	Ca	K	P	N	آزادی	تغییرات
۳۹/۳ <sup>**</sup>	۴۱۱/۸ <sup>**</sup>	۱۵۴۰۸۹ <sup>**</sup>	۰/۰۰۴ <sup>**</sup>	۱/۷ <sup>**</sup>	۰/۲ <sup>**</sup>	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۰/۵۱ <sup>**</sup>	۲	شوری
۹۹۸ <sup>**</sup>	۳۶۷/۸ <sup>**</sup>	۱۲۶۳۴۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰۳ <sup>**</sup>	۱/۱ <sup>**</sup>	۰/۹ <sup>**</sup>	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۰/۴۰ <sup>**</sup>	۱	آب
۲۵۶ <sup>**</sup>	۴۶/۹ <sup>**</sup>	۴۷۵۷۰ <sup>*</sup>	۰/۰۰۱ <sup>*</sup>	۰/۲۵ <sup>**</sup>	۰/۲۵ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۰/۱۳ <sup>*</sup>	۲	شوری×آب
۴/۵	۵/۴	۷۴۵۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۱/۱×۱۰ <sup>-۵</sup>	۰/۰۲	۱۲	خطا
میانگین مربعات								درجه	منابع
								آزادی	تغییرات
								۲	شوری
								۱	آب
								۲	شوری×آب
								۱۲	خطا

ns: عدم معنی داری، \*: معنی دار در سطح ۵ درصد، \*\*: معنی دار در سطح ۱ درصد.



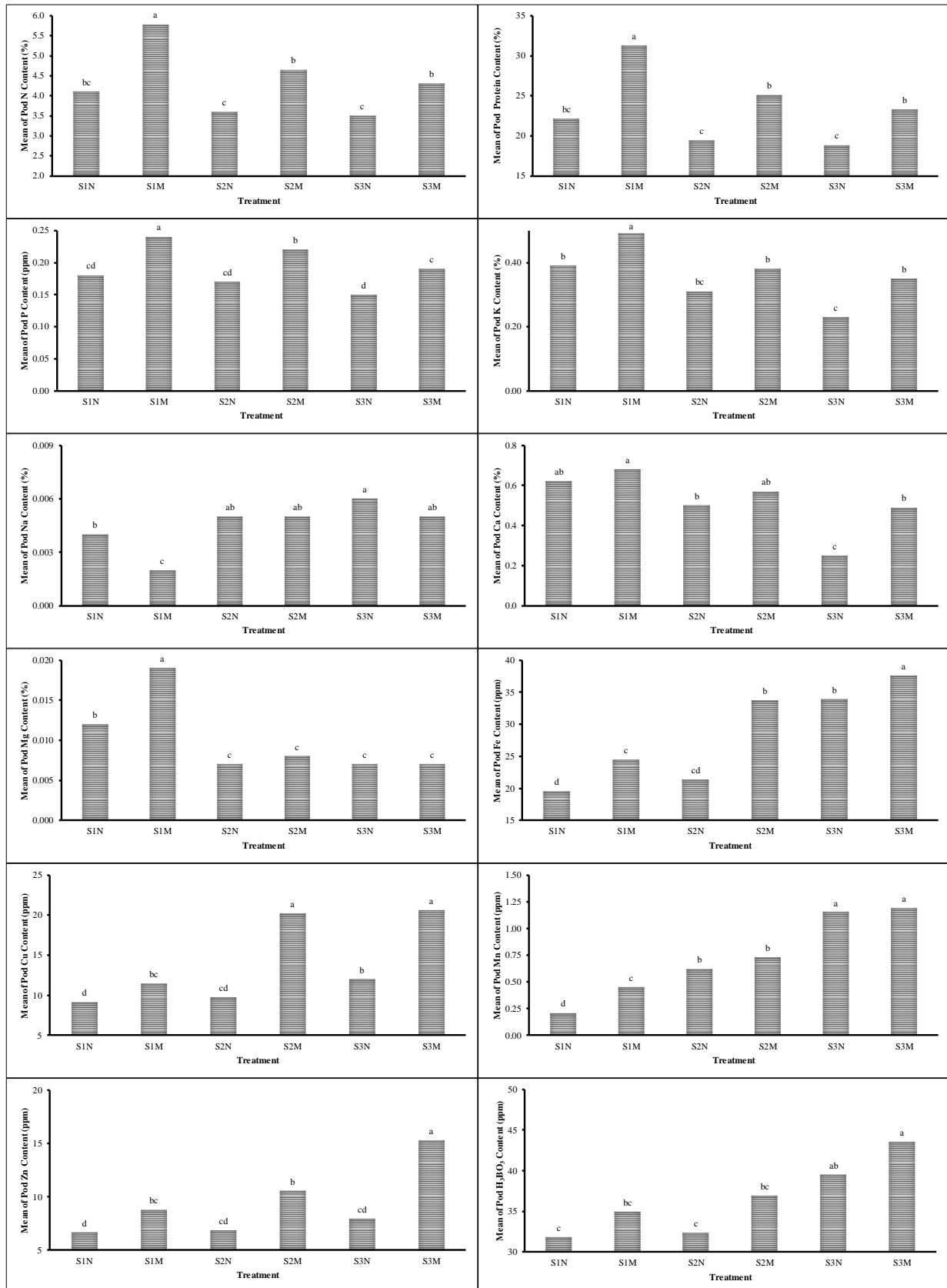
شکل ۲- اثر آب شور مغناطیسی شده بر جذب سدیم در ریشه، ساقه و برگ گیاه لوبیا (S و N, M به ترتیب نشان دهنده تیمار آب مغناطیسی، نرمال و شوری)

در این پژوهش اثر آب مغناطیسی بر تیمارهای مختلف شوری نشان داد که آب مغناطیسی جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم را در اندام‌های زایشی گیاه لوبیا (دانه و غلاف) به طور معنی‌داری افزایش داده است. این یافته با نتایج دیگر پژوهشگران مبنی بر افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم در گندم، گیاهچه‌های دو رقم مختلف لوبیا و اندام هوایی لوبیا در اثر کاربرد آب مغناطیسی مطابقت داشت (Alikamanoglu and Sen, 2011; Grewal and Maheshwari, 2011; Mohamed and Ebead, 2013). همچنین آب مغناطیسی جذب فسفر را در گندم، فلفل شیرین و اندام‌های مختلف باقلا افزایش داده است (Alikamanoglu and Sen, 2011; Ahamed *et al.*, 2013; El Sayed and El Sayed, 2014). در پژوهشی افزایش غلظت فسفر در تیمار آب‌شور مغناطیسی نسبت به آب‌شور غیر مغناطیسی در اندام هوایی لوبیا گزارش شده است (Mohamed and Ebead, 2013). همچنین در پژوهشی آب مغناطیسی، غلظت فسفر را در اندام هوایی کرفس و غلاف لوبیا چشم‌بلبلی به طور معنی‌داری افزایش داده است (Maheshwari and Grewal, 2009).  
 در این پژوهش بررسی غلظت سدیم در اندام گیاه لوبیا نشان داد که تیمارهای شوری، آب مغناطیسی و اثر متقابل آنها بر غلظت سدیم در ریشه، ساقه، برگ، غلاف و دانه لوبیا اثر

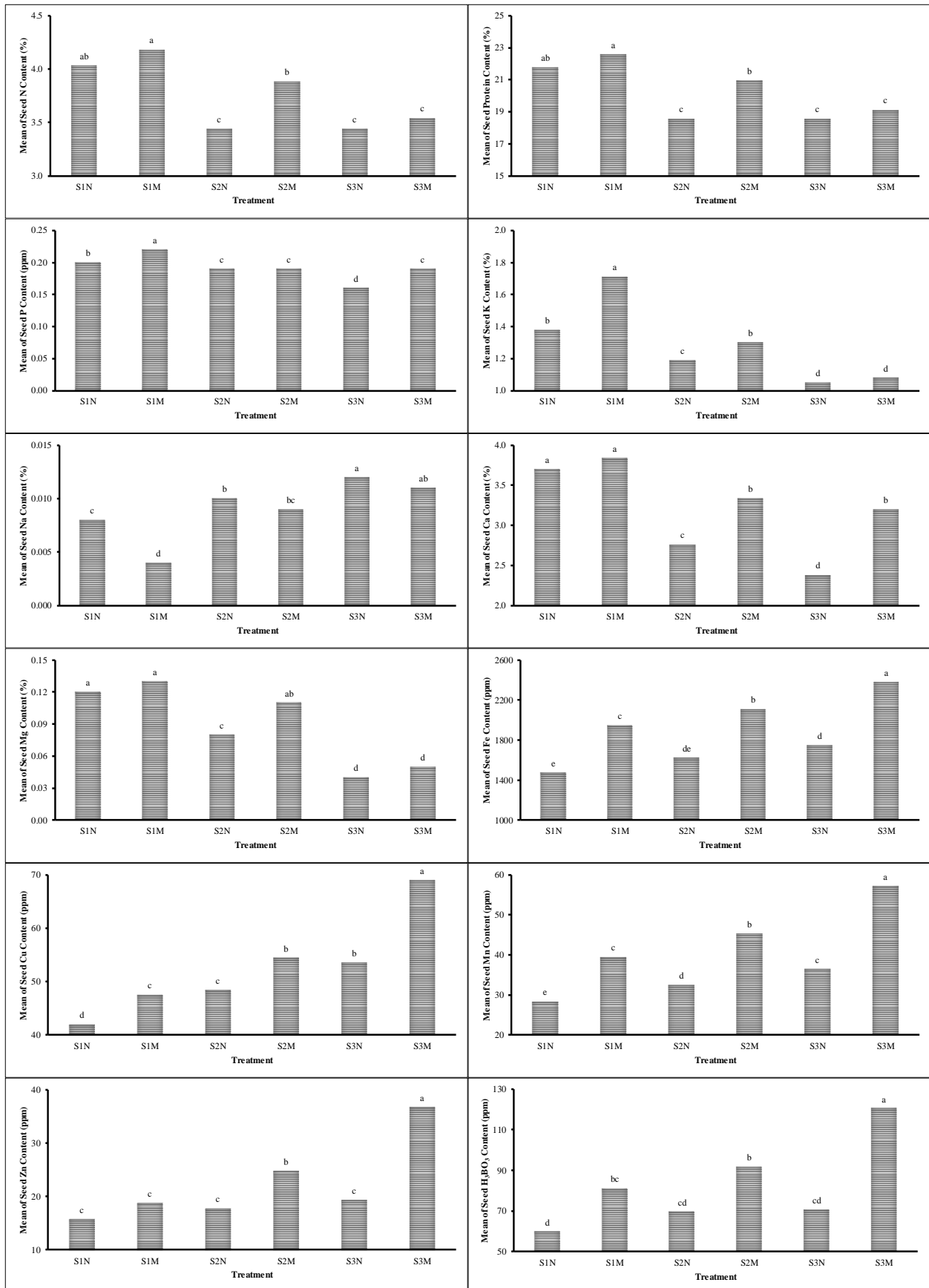
در این پژوهش اثر آب مغناطیسی بر تیمارهای مختلف شوری نشان داد که آب مغناطیسی جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم را در اندام‌های زایشی گیاه لوبیا (دانه و غلاف) به طور معنی‌داری افزایش داده است. این یافته با نتایج دیگر پژوهشگران مبنی بر افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم در گندم، گیاهچه‌های دو رقم مختلف لوبیا و اندام هوایی لوبیا در اثر کاربرد آب مغناطیسی مطابقت داشت (Alikamanoglu and Sen, 2011; Grewal and Maheshwari, 2011; Mohamed and Ebead, 2013). همچنین آب مغناطیسی جذب فسفر را در گندم، فلفل شیرین و اندام‌های مختلف باقلا افزایش داده است (Alikamanoglu and Sen, 2011; Ahamed *et al.*, 2013; El Sayed and El Sayed, 2014). در پژوهشی افزایش غلظت فسفر در تیمار آب‌شور مغناطیسی نسبت به آب‌شور غیر مغناطیسی در اندام هوایی لوبیا گزارش شده است (Mohamed and Ebead, 2013). همچنین در پژوهشی آب مغناطیسی، غلظت فسفر را در اندام هوایی کرفس و غلاف لوبیا چشم‌بلبلی به طور معنی‌داری افزایش داده است (Maheshwari and Grewal, 2009).

پژوهش‌ها نشان داده که آب مغناطیسی سبب افزایش جذب پتاسیم در گیاه نخودفرنگی و اندام هوایی گوجه‌فرنگی شده است (Sadeghipour and Aghaei, 2013; )





شکل ۳- اثر آب شور مغناطیسی شده بر جذب عناصر در غلاب گیاه لوبیا (S و N, M به ترتیب نشان دهنده تیمار آب مغناطیسی، نرمال و شوری)



شکل ۴- اثر آب شور مغناطیسی شده بر جذب عناصر در دانه لوبیا (S و N, M) به ترتیب نشان دهنده تیمار آب مغناطیسی، نرمال و شور

معنی‌داری داشته است. بر اساس مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی، تیمار شوری غلظت سدیم را در تمامی اندام‌های گیاه لوبیا افزایش داده است؛ همچنین تیمار آب مغناطیسی غلظت سدیم را در ریشه، ساقه و برگ گیاه لوبیا افزایش و در دانه و غلاف آن کاهش داده است. از جمله سازوکار ضروری مقاومت به تنش شوری تنظیم انتقال و توزیع عناصر در اندام‌های مختلف گیاه و سلول‌ها است (Patil, 2012). با افزایش سطوح شوری نمک NaCl، غلظت  $Na^+$  در تمام اندام‌های گیاه افزایش یافته و تجمع آن در ریشه بیشتر از ساقه بوده است (Abbas *et al.*, 1991). بر اساس گزارش پژوهشگران در اثر تنش شوری، در ریشه غلظت  $Na^+$  افزایش و در ساقه و دم‌برگ غلظت آن کاهش می‌یابد؛ در نتیجه در برگ‌های جوان  $Na^+$  کمتری تجمع یافته و همچنین از برگ‌های پیرتر  $Na^+$  به ریشه انتقال می‌یابد (Jeschke and Pate, 1991). رقم‌های گیاهان مقاوم به تنش شوری NaCl دارای توانایی بیشتری در تجمع  $Na^+$  در ریشه بوده و سبب کاهش تجمع سدیم در اندام هوایی در حال رشد می‌گردند. گیاهان حساس به تنش شوری غلظت  $Na^+$  بیشتری در برگ و کمتر در ریشه داشته در نتیجه سبب کاهش تعداد برگ و مقدار آب کمتر در برگ شده‌اند (Assimakopoulos *et al.*, 2015). انتقال سدیم از اندام هوایی به ریشه از مهمترین مکانیسم‌های مقاومت به تنش شوری در رقم‌های مقاوم گیاهی می‌باشد (Yasar *et al.*, 2006; Gama *et al.*, 2007). در پژوهشی آب مغناطیسی سبب کاهش غلظت سدیم در دو واریته گیاهچه لوبیا شده است (Grewal and Maheshwari, 2011)؛ همچنین آب مغناطیسی غلظت سدیم را در ریشه، ساقه، برگ و دانه باقلا به طور معنی‌داری کاهش داده است (El Sayed and El Sayed, 2014). گزارش شده که سدیم عنصر پارامغناطیس با بار مثبت و اندازه کوچک بوده و در نتیجه تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد در صورتی که بقیه عناصر دیامغناطیس بوده و از میدان مغناطیسی دفع می‌گردند (Nave, 2008).

در این پژوهش اثر آب مغناطیسی بر تیمارهای مختلف شوری نشان داد که آب مغناطیسی جذب آهن، منگنز، روی و مس را در اندام‌های زایشی گیاه لوبیا (دانه و غلاف) به طور معنی‌داری افزایش داده که این یافته با نتایج دیگر پژوهشگران

در این پژوهش اثر آب مغناطیسی بر تیمارهای مختلف شوری نشان داد که آب مغناطیسی جذب آهن، منگنز، روی و مس را در اندام‌های زایشی گیاه لوبیا (دانه و غلاف) به طور معنی‌داری افزایش داده که این یافته با نتایج دیگر پژوهشگران

### نتیجه‌گیری کلی

تجزیه شیمیایی آب نشان داد که میدان مغناطیسی اثر معنی‌داری روی ویژگی‌های شیمیایی آب ندارد. با توجه به ویژگی‌های خاک پیش و پس از برداشت محصول، آب مغناطیسی فقط بر غلظت‌های سدیم محلول و تبادل، کلر، کلسیم و منیزیم محلول اثر معنی‌دار داشته است. اثر آب مغناطیسی بر تیمارهای مختلف شوری نشان داد که آب مغناطیسی جذب عناصر غذایی در اندام‌های زایشی گیاه لوبیا (غلاف و دانه) را به طور معنی‌داری افزایش داد، در صورتی که در ریشه، ساقه و برگ لوبیا تغییر معنی‌داری (بجز در مورد سدیم) مشاهده نشد. با افزایش شوری، جذب عناصر غذایی پرمصرف و درصد پروتئین در دانه و غلاف لوبیا کاهش و جذب عناصر غذایی کم‌مصرف و سدیم افزایش یافته است؛ اثر متقابل شوری و آب مغناطیسی بر غلظت سدیم در ریشه، برگ و دانه لوبیا اثر معنی‌داری داشته است؛ همچنین تیمار آب مغناطیسی غلظت سدیم را در ریشه، ساقه و برگ لوبیا افزایش و در دانه و غلاف آن کاهش داده است. نتایج این پژوهش نشان داد که آب مغناطیسی در گیاه لوبیا سبب کاهش تجمع و اثرات مخرب سدیم در اندام زایشی شده و با تجمع سدیم در ریشه و ساقه سبب افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری شده است.

### REFERENCES

- Abbas, M.A., Younis, M.E., and Shukry, W.M. (1991). Plant growth, metabolism and adaptation in relation to stress conditions: XIV. Effect of salinity on the internal solute concentrations in *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Plant Physiology*, 138(6), 722-727.
- Ahamed, M.E.M., Elzaawely, A.A., and Bayoumi, Y.A. (2013). Effect of magnetic field on seed germination, growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Asian Journal of Crop Science*, 5(3), 286-294.
- Ahmad Aali, K., Liaghat, A., and Dehghanianij, H.

- (2009). The effect of acidification and magnetic field on emitter clogging under saline water application. *Journal of Agricultural Science*, 1(1), 132-141.
- Alikamanoglu, S., and Sen, A. (2011). Stimulation of growth and some biochemical parameters by magnetic field in wheat (*Triticum aestivum* L.) tissue cultures. *African Journal of Biotechnology*, 10(53), 10957-10963.
- Al-Khazan, M., Mohamed Abdullatif., B., and Al-Assaf N. (2011). Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5(9), 722-731.
- Assimakopoulos, D., Oshri, I., and Pandza, K. (2015). Managing Emerging Technologies for Socio-Economic Impact. Cheltenham: E. Elgar.
- Atak, C., Emiroglu, O., Alikamanoglu, S., Rzakoulieva, A. (2003). Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 2, 113-119.
- Benton Jones Jr, J. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press LLC.
- Biryukov, A.S., Gavrikov, V.F., Nikiforov, L.O., and Shcheglov, V.A. (2005). New physical methods of disinfection of water. *Journal of Russian Laser Research*, 26(1), 1913-1925.
- Cataldo, D.A., Maroon, M., Schrader, L.E., and Youngs, V.L. (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 6(1), 71-80.
- Celik, O., Atak, C., and Rzakoulieva, A. (2008). Stimulation of rapid regeneration by a magnetic field in paulownia node cultures. *Journal of Central European Agriculture*, 9 (2), 297-303.
- Donald, L.S. (1996). Methods of Soil Analysis. Part III. Chemical Methods, ASA. SA, Madison, WI, pp: 961-1010.
- El Sayed, H.A., and El Sayed, A. (2014). Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(4), 476-496.
- Evelyn, J.L.T., Ramalho, T.C., and Magriotis, Z.M. (2008). Influence of magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water: Insights from experimental and theoretical models. *Journal of Molecular Structure*, 888, 409-415.
- Gama, P.B.S., Inanaga, S., Tanaka, K., and Nakazawa, R. (2007). Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 6,79-88.
- Grewal, H.S., and Maheshwar, B.L. (2011). Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Journal of Bioelectromagnet*, 32, 58-65.
- Gupta, P.K. (2009). Soil, plant, water and fertilizer analysis. College of Agriculture, Rajasthan Agricultural University, Bikaner.
- Jeschke, W.D. and Pate, J.S. (1991). Cation and chloride partitioning through xylem and phloem within the whole plant of *Ricinus communis* L. under conditions of salt stress. *Journal of Experimental Botany*, 42, 1105-1116.
- Karimi, S., Hojat, S., Eshghi, S., and Rahimi, N.M. (2012). Magnetic exposure improves tolerance of fig Sabz explants to drought stress induced in vitro. *Scientia Horticulturae*, 137, 95-99.
- Maheshwari, B.L., and Grewal, H.S. (2009). Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management Journal*, 96, 1229-1236.
- McMahon, C.A. (2009). Investigation of the quality of water treated by magnetic fields. Dissertation. University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying. Ph.D. dissertation.
- Mohamed, A.I. (2013). Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, 3(2), 140-147.
- Mohamed, A.I., and Ebead, B.M. (2013). Effect of irrigation with magnetically treated water on faba bean growth and composition. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 1(2), 024-040.
- Mostafazadeh-Fard, B., Heidarpour, M., Aghakhani, A., and Feizi, M. (2008). Effects of leaching on soil desalinization for wheat crop in an arid region. *Plant, Soil and Environment Journal*, 54(1), 20-29.
- Nasher, S.H. (2008). The Effect of magnetic water on growth of chick-pea seeds. *Engineering and Technology Journal*, 26(9), 1125-1130.
- Nave, C.L. (2008). Magnetic Properties of Solids. *Hyper Physics*, 15, 11-23.
- Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. (1996). Methods of Soil Analysis, Part II, Physical properties, ASA, SA, Madison, WI.
- Patil, N.M. (2012). Adaptation in response to salinity in safflower Cv. Bhima. *Asian Journal of Crop Science*, 4(2), 50-62.
- Piacentini, M.P., Fraternali, D., Piatti, E., Ricci, D., Vetrano, F., Dacha, M., and Accorsi, A. (2001). Senescence delay and change of antioxidant enzyme levels in *Cucumis sativus* L. efoliated seedlings by ELF magnetic fields. *Plant Science*, 161: 45-53.
- Sadeghipour, O., and Aghaei, P. (2013). Improving the growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) by magnetized water. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3(1), 37-43.
- Schwierz, N., Horinek, D., and Netz, R.R. (2010). Reversed anionic Hofmeister series: The interplay of surface charge and surface polarity. *Langmuir*,

26(10), 7370-7379.

Selim, M.M., (2008). Application of magnetic technologies in correcting underground brackish water for irrigation in arid and semi-arid ecosystem. The 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments, and the 1st Arab water Forum, pp: 11-21.

Starzak, M. (2003). Cluster composition of liquid water derived from Laser-Raman spectra and molecular simulation data. *Food Chemistry*, 82(1), 3-22.

Sueda, M., Katsuki, A., Nonomura, M., Kobayashi, R., and Tanimoto, Y. (2007). Effects of high

magnetic field on water surface phenomena. *The Journal of Physical Chemistry C*, 111,14389-14393.

Wheeler, T., and Kay, M. (2011). Food crop production, water and climate change in the developing world. *Outlook on Agriculture*, 39(4), 239-244.

Yasar, F., Uzal, O., Tufenkci, S., and Yildiz, K. (2006). Ion accumulation in different organs of green bean genotypes grown under salt stress. *Plant, Soil and Environment*, 52,476-480.