تأثير عدد المجالات المغناطيسية على مياه الري وانعكاساتها على التربة المزروعة بالذرة الصفراء

محمد بنانه، د. زياد عبود، د. محمد العبسي، د. محمد السويد
قسم الهندسة الريفية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة إدلب
https://orcid.org/0009-0009-9635-683X

الملخص:

نفذ البحث عام 2024 لتقييم تأثير زيادة عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على خصائص المياه والتربة المزروعة بالذرة الصفراء. أظهرت نتائج البحث أن زيادة عدد المجالات المغناطيسية أثرت بشكل معنوي على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه إذ ساهمت المغنطة في تقليل اللزوجة تدريجياً من 1.0239 mPa·s في المعاملة غير الممغنطة (NM) إلى 0.9319 mPa·s في المعاملة ذات ثمانية مجالات (M3)، كما انخفض التوتر السطحي من 70.78 إلى 65.46 mN/m، والكثافة من 1.00214 إلى 0.99981 g/cm³. كذلك انخفضت التوصيلية الكهربائية ECi من 4.0167 إلى 3.8978 ds/m، بينما ارتفع تركيز النترات من 29.03 إلى 30.82 ppm مع زيادة المجالات المغناطيسية، ما يدل على تنشيط التحولات الكيميائية.

أدت المغنطة إلى زيادة قيم pH التربة تدريجياً مع زيادة عدد المجالات المغناطيسية من 7.306 في NM إلى 7.536 في M3، كما زادت المادة العضوية من 1.198% إلى 1.363%. وساهمت في تقليل تراكم الأملاح، إذ انخفض تركيز Na من 301 إلى 263 ppm، وCl من 655.9 إلى 603.2 ppm، وECe من 2.733 إلى 2.436 ds/m. تؤكد هذه النتائج أن المعالجة المغناطيسية تُعد أداة فعالة لتحسين جودة المياه وتقليل ملوحة التربة، ما يعزز خصوبة الوسط الزراعي.

الكلمات المفتاحية: مغنطة المياه، المجالات المغناطيسية، الخصائص الفيزيائية للمياه، الخصائص الكيميائية للتربة، ذرة صفراء، أملاح.

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

The Effect of the Number of Magnetic Fields on Irrigation Water and Their Impact on Soil Cultivated with Maize

Mohamad Bananah, Dr. Ziyad Aboud, Dr. Mohammed Al-Absi, Dr. Muhammed Al-Suvaid

Department of Rural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Idlib University

Abstract:

The research was conducted in 2024 to impact of increasing the number of magnetic fields and the type of irrigation water on properties of water and soil cultivated with maize (Zea mays L.) was evaluated. The results showed that increasing the number of magnetic fields significantly affected the physical and chemical properties of water, as magnetization gradually reduced viscosity from 1.0239 mPa·s in the non-magnetized treatment (NM) to 0.9319 mPa·s in the treatment with eight fields (M3). Surface tension decreased from 70.78 to 65.46 mN/m, and density from 1.00214 to 0.99981 g/cm³. Electrical conductivity (ECi) also decreased from 4.0167 to 3.8978 ds/m, while nitrate concentration increased from 29.03 to 30.82 ppm with the increase in fields, indicating enhanced chemical transformations.

In soil, magnetization gradually raised pH from 7.306 in NM to 7.536 in M3, and increased organic matter from 1.198% to 1.363%. It also contributed to reducing salt accumulation, as sodium concentration decreased from 301 to 263 ppm, chloride from 655.9 to 603.2 ppm, and soil electrical conductivity (ECe) from 2.733 to 2.436 ds/m. These results confirm that magnetic treatment is an effective tool for improving water quality and reducing soil salinity, thereby enhancing agricultural soil fertility.

Keywords: Magnetic water, magnetic fields, Physical properties of water, Chemical properties of soil, Maize, Salts.

1- المقدمة:

تُعد المياه عنصـراً أسـاسـياً في الزراعة، لكن تنوّع مصـادرها وتراجع جودتها في المناطق الجافة وشبه الجافة يطرح تحديات كبيرة أمام استعمالها بشكل فعّال. ومع الحاجة المتزايدة لاسـتصـلاح الأراضـي الزراعية، ظهرت تقنيات جديدة لتحسين خصـائص المياه وجعلها أكثر ملاءمة للري. من بين هذه التقنيات، تبرز المعالجة المغناطيســـية كطريقة فيزيائية تعتمد على تعريض المياه لمجالات مغناطيسية مختلفة، مما قد يؤثر على صفاتها الفيزيائية والكيميائية مثل توزيع الأيونات، واللزوجة، والتوصيل الكهربائي.

وتزداد أهمية هذه التقنية عند اســـتعمالها على مياه غير تقليدية مثل مياه الآبار المالحة ومياه الصـــرف المعالجة، لما لها من تأثير محتمل على تفاعل المياه مع التربة، ومن ثَمّ على نجاح الزراعة في الأراضي المستصلحة.

2- أهداف البحث:

معظم الدراسات السابقة حول المعالجة المغناطيسية للمياه ركزت على تغيير شدة المغناطيس أو زيادة عدد مرات مرور المياه ضـــمن جهاز المغنطة، بُغية تعزيز التأثير المغناطيســي على خصــائص المياه ومن ثم انعكاســها على التربة، إلا أن هذه المنهجية تتطلب ضـخ المياه بشـكل متكرر، ما يزيد من التكاليف التشـغيلية ويسـتلزم وجود خزانات إضـــافية لإعادة تدوير المياه. أما في هذا البحث، فقد اعتمد نهجاً مختلفاً يتمثل في اسـتعمال أجهزة مغنطة متعددة، تتسـاوى في شـدة المغناطيسـات لكنها تختلف في عدد الأزواج المغناطيسـية المتقابلة، إذ يشـكّل كل زوج مجالاً مغناطيسـياً ما يؤدي إلى تشـكيل عدد أكبر من المجالات المغناطيســـية داخل مســـار واحد. وبهذا، تمر المياه عبر عدة مجالات مغناطيسية متتالية في عملية واحدة دون الحاجة إلى إعادة الضخ.

وعليه، يهدف هذا البحث إلى:

- دراسة تأثير المغنطة بمجالات مختلفة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأنواع مختلفة من مياه الري ومدى توافقها مع نتائج الأبحاث التي اتبعت نهج مختلف.
- تقييم انعكاسات استعمال هذه المياه في الري على الخصائص الكيميائية للتربة.

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

3- الدراسات المرجعية:

عندما نعرّض الماء لمجال مغناطيسي، لا يتغير شكله الظاهري، لكن داخله يحدث تغيرات كثيرة فالروابط بين جزيئاته تصبح أكثر انتظاماً، وتقل قوة التماسك الداخلي. هذا التغيير ينعكس على خصائص ملموسة مثل التوتر السطحي واللزوجة، ما يجعل الماء أكثر قدرة على التغلغل في التربة. من جهة أخرى، المغنطة تؤثر على حركة الأيونات الذائبة فتقل فرص ترسيبها وتتحسن قابلية امتصاصها من قبل النبات. حتى درجة الحموضة والتوصيل الكهربائي تتغير، ما يدل على أن الماء الممغنط لا يتصرف كالماء العادي، بل يصبح أكثر نشاطاً وتفاعلاً داخل النظام الزراعي (الموصلي، 2013).

أشار (Kochmarsky, 1996) إلى أن الحث المغناطيسي الفعال لمعالجة المياه تراوح من 1000 إلى 6000 G.

استعرض (Zúñiga *et al*, 2016) مزايا المعالجة المغناطيسية لمياه الري في الزراعة، من خلال مراجعة علمية امتدت لثمانين عاماً. أظهرت الدراسة أن الماء الممغنط يُحدث تغيرات على المستوى الجزيئي تؤثر على كفاءة الري وتوزيع الرطوبة في التربة. ورغم النتائج الإيجابية، أشار الباحثون إلى غياب بروتوكول موحد لهذه التقنية بسبب تنوع المنهجيات، مؤكدين الحاجة إلى نمذجة دقيقة لفهم العلاقة بين المجال المغناطيسي والماء والعمليات الحيوية للنبات، بغية الوصول إلى معايير قابلة للتطبيق والتعميم. كما أجرى (Moussa *et al*., 2025) مراجعة منهجية حديثة تناولت الأسس النظرية والتطبيقات العملية لمعالجة المياه المغناطيسية (MWT)، مع تحليل أكثر من 100 دراسة تجريبية في مجالات الزراعة، الصناعة، والصحة البيئية. أكدت المراجعة أن مرور الماء عبر مجال مغناطيسي يُحدث تغييرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء، كما ناقشت المراجعة التحديات المنهجية المرتبطة بتكرار النتائج، وغياب التفسير الميكانيكي الدقيق، ما يُبرز الحاجة إلى دراسات مستقبلية تربط بين التغيرات الجزيئية في الماء والنتائج الزراعية والبيئية. تُوصي الدراسة باستعمال MWT بوصفه بديلاً بيئياً منخفض التكلفة للمعالجات الكيميائية التقليدية.

كما ناقش (Bansal & Kumari, 2025) الأسس النظرية والتطبيقات العملية لمعالجة المياه المغناطيسية، مؤكدين أن هذه التقنية تُحدث تغييرات في البنية الجزيئية للماء،

ما يُقلل من التوتر السطحي ويُعيد ترتيب الروابط الهيدروجينية، ويُحسن من نفاذية الماء داخل التربة والنبات، تحسين امتصاص العناصر الغذائية، تقليل ترسب الأملاح، وزيادة كفاءة استعمال الماء. كما استعرض المؤلفان نتائج تجريبية من دراسات سابقة أظهرت زيادات في إنتاجية المحاصيل، تحسناً في النمو الخضري، وزيادة في محتوى العناصر مثل Ca، K، Fe في الأنسجة النباتية. وقد أشارا إلى الحاجة لمزيد من الدراسات الميدانية لفهم الآليات الدقيقة لتأثير المجال المغناطيسي على الماء والنبات، خاصةً فيما يتعلق بتغيرات اللزوجة، التوتر السطحي.

كما أكد (Alsuvaid & Demir, 2022) أن استعمال الماء المغناطيسي له من تأثير إيجابي في تقليل الإجهاد الملحي.

استعمل كل من (Chang & Weng, 2006) تقنية المحاكاة الديناميكية الجزيئية لفهم كيف يؤثر المجال المغناطيسي على البنية الجزيئية للماء السائل وقد أظهرت النتائج زيادة طفيفة في عدد الروابط الهيدروجينية، وتحسناً في انتظام البنية الجزيئية، وتغير في سلوك الماء وحركته واستقراره البنيوي تحت تأثير المجال المغناطيسي.

أشار (Pang & Deng, 2008) إلى أن الماء المعالج مغناطيسياً يُظهر تغيرات واضحة في الامتصاص الطيفي إذ لوحظ زيادة في شدة الامتصاص، وانزياح في ترددات بعض القمم، وظهور قمم جديدة بعد المغنطة، وانخفاضاً في التوتر السطحي، ما يدل على تغيرات في البنية الجزيئية.

أجرى (Surendran *et al*., 2016) دراسة لتقييم تأثير المعالجة المغناطيسية على خصائص الماء، إذ استعملت مياه ري متنوعة بدرجات ملوحة مختلفة، خضعت لمعالجة مغناطيسية بشدتين (1800 و2000 G) مقارنةً بمياه غير معالجة، أظهرت النتائج انخفاض في التوصيلية الكهربائية (EC)، والمواد الذائبة الكلية (TDS)، مع ارتفاع في قيمة (pH) بعد المعالجة المغناطيسية.

أظهرت دراسة (Douri *et al*., 2021) أن تطبيق المجال المغناطيسي على الماء بثلاث شدات مختلفة (0.10، 0.15، 0.20 T) أدى إلى انخفاض في اللزوجة، المواد

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

الصلبة الذائبة الكلية، الصلابة، والتوصيلية الكهربائية، إضافة إلى انخفاض في التوتر السطحي.

أظهرت الدراسة التي أجراها (Szcześ *et al*., 2020) أن التوتر السطحي للماء انخفض بشكل طفيف بعد تعريضه لمجال مغناطيسي ثابت، سواء بقوة 15 mT أو 0.27 T، ولمدد مختلفة من الزمن. ورغم أن التغيرات كانت صغيرة (لم تتجاوز 0.35 mN/m)، إلا أنها كانت مرتبطة بمدة التعرض للمجال المغناطيسي، إذ زاد الانخفاض مع زيادة زمن المعالجة والشدة.

أظهرت دراسة (Otsuka & Ozeki, 2006) أن تعريض الماء لمجال مغناطيسي أدى إلى انخفاض في التوتر السطحي، وانخفاض في اللزوجة، مع زيادة طفيفة في التوصيل الكهربائي. وقد فسّر الباحثان هذه التغيرات بأنها ناتجة عن إعادة ترتيب الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء، ما يغير من بنيته الداخلية ويؤثر على خصائصه الفيزيائية. كما لوحظ أن بعض هذه التغيرات تستمر لفترة قصيرة بعد إزالة المجال، فيما يُعرف بتأثير "الذاكرة المغناطيسية".

درس (Ahmed, 2013) تأثير المياه منخفضة الجودة بعد تعريضها لمجال مغناطيسي على بعض خصائص التربة ونمو النبات. أظهرت النتائج أن المعالجة المغناطيسية حسّنت من خواص الماء الفيزيائية والكيميائية، مثل تقليل الملوحة والتوصيل الكهربائي، ما انعكس إيجاباً على بنية التربة ونمو النباتات.

وهو ما أكده (Sun *et al*,. 2024) إلى أن التحسن في نمو السبانخ وامتصاص العناصر تحت الري بالماء الممغنط كهربائي قد يرتبط بانخفاض التأثيرات السلبية للملوحة، إذ يُعرف هذا النوع من الماء بقدرته على تحسين حركة الماء داخل المسام الدقيقة للتربة، ما يسهم في تقليل تراكم الأملاح في منطقة الجذور ويعزز من كفاءة امتصاص العناصر الغذائية.

أظهرت المعالجة المغناطيسية للماء للباحثين (Cai *et al*., 2009) تغيراً واضحاً في خصائصه الفيزيائية، إذ انخفض التوتر السطحي بشكل تدريجي مع زيادة مدة التعرض

للمجال المغناطيسي، بينما ارتفعت اللزوجة. تشير هذه التغيرات إلى إعادة ترتيب الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات. كما تُحقِّقَ منه بمطيافية الرنين المغناطيسي النووي.

وقد أظهرت دراسة (Shahin *et al*., 2016) أن المعالجة المغناطيسية بشدات (0.0، 20.0، 40.0، 60.0 mT) لمياه الري وبذور الخيار أدت إلى تغييرات واضحة في الخصائص الكيميائية للماء والتربة. فقد لوحظ انخفاض في التوصيلية الكهربائية (EC)، والمواد الذائبة الكلية (TDS)، والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد والكبريتات في الماء، بينما ارتفع الرقم الهيدروجيني (pH). كما أظهرت التربة بعد الري بالماء المعالج انخفاضاً في ملوحتها ومحتوى الصوديوم، مع تحسن في امتصاص العناصر الغذائية مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والحديد والمنغنيز والزنك والنحاس في نبات الخيار. كما أظهرت المياه المعالجة قدرة على الاحتفاظ بالتأثير المغناطيسي لمدة تصل إلى 16 ساعة.

بينت دراسة (Teixeira da Silva & Dobránszki, 2014) أن الماء الممغنط يطرأ عليه تغيرات فيزيائية وكيميائية مثل انخفاض التوتر السطحي واللزوجة، وتغير في الامتصاص الطيفي للأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء.

أوضح (Abobatta, 2019) أن استعمال الماء المعالج مغناطيسياً (MTW) في الري يمكن أن يسهم بشكل فعال في تطوير القطاع الزراعي، خصوصاً في المناطق التي تعاني من ملوحة التربة والمياه أو شح الموارد المائية. فقد أظهرت الدراسة أن الماء الممغنط يؤدي إلى انخفاض التوتر السطحي وزيادة قدرة الماء على النفاذ داخل التربة.

أظهرت نتائج (Khudiar & Ali, 2012) أن تعريض الماء لمجال مغناطيسي بقوة 450–500 G يُحدث تغييرات واضحة في خصائصه الفيزيائية، ما يُعزز من كفاءته الحيوية. إذ سجل الماء الممغنط انخفاضاً في التوتر السطحي من 66.56 إلى 58.89 mN/m، وانخفاضاً طفيفاً في اللزوجة، وارتفع الرقم الهيدروجيني من 7.53 إلى 7.68، ما يُشير إلى ميل نحو القلوية. كذلك انخفضت الناقلية الكهربائية من 503 إلى 498 µS/cm، وتركيز الكلوريد من 61.24 إلى 52.12 ppm.

تشير دراسة (Khoshravesh & Pourgholam-Amiji, 2024) إلى أن استعمال المياه العادمة المعالجة مغناطيسياً في ري الذرة أدى إلى تحسينات ملحوظة في الإنتاجية

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

وتقليل تراكم المعادن الثقيلة في التربة والنبات. فقد سجلت زيادة في الغلة البيولوجية بنسبة 10.63%، وانخفاضاً في تركيز الرصاص والكادميوم في الأجزاء الهوائية للنبات بنسبة 17.99% و23.25% على التوالي، مقارنة بالمعالجة غير المغناطيسية.

في دراسة أجراها (Abdelsalam *et al*., 2025) إذ اختبر تأثير مجالين مغناطيسيين (1600، 14500 G) على مياه بثلاثة مستويات من الملوحة (219، 1000، 2000 ppm). أظهرت النتائج أن المعالجة المغناطيسية أدت إلى: انخفاض اللزوجة بنسبة 5.1% عند 1600 G و10.2% عند 14500 G، مع تناقص التأثير كلما زادت الملوحة. انخفاض الكثافة من 0.97 إلى 0.94 g/cm^3 عند أعلى شدة مغناطيسية، ما يدل على تغير في بنية الماء. انخفاض التوتر السطحي بنسبة 4% عند 1600 G و5.7% عند 14500 G، مع زيادة التأثير عند الملوحة العالية. ارتفاع الأس الهيدروجيني (pH) بنسبة تصل إلى 10.8% عند 14500 G. زيادة التوصيلية الكهربائية (EC) بنسبة 24.2% مباشرة بعد المعالجة عند 14500 G، وبلغت 37% بعد 48 ساعة، ما يعكس تغيراً في توزيع الأيونات. (كل القراءات المعروضة عند 219 ppm).

أظهرت نتائج دراسة (Alsuvaid *et al*., 2021) أن المعالجة المغناطيسية للمياه (MT) أدت إلى تغيّرات واضحة في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء والتربة مقارنة بالمياه غير المغنطة (NMT)، وذلك عند جميع مستويات الملوحة المدروسة. إذ ارتفعت قيم pH في المياه والتربة تحت المعاملة المغناطيسية مقارنة بغير الممغنطة، كما انخفضت تراكيز العناصر الذائبة في مياه الري الممغنطة (الصوديوم، الكلور، البوتاسيوم، الكالسيوم، الكبريتات) مقارنة بغير الممغنطة، إضافة إلى انخفاض ملوحة الماء. كذلك انخفضت ملوحة التربة المشبعة (ECe) تحت المعاملة المغناطيسية.

كما أظهرت نتائج دراسة (Alsuvaid, 2021) أن المعالجة المغناطيسية للمياه: (بدون مغنطة، مغنطة مرة واحدة، مغنطة ثلاث مرات) أدت إلى تغيّرات واضحة في الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء والتربة، وذلك تحت سبعة مستويات من ملوحة مياه الري (0.38، 1، 2، 3، 5، 7، 10 dS/m)، إذ ارتفعت قيم pH في المياه والتربة في جميع معاملات المغنطة مقارنة بغير المغنطة. كما انخفضت ملوحة مياه الري (ECiw) ومياه الصرف

(ECdw) والتربة المشبعة (ECe) بشكل ملحوظ عند استعمال المياه الممغنطة، كذلك انخفضت تراكيز العناصر الذائبة في مياه الري الممغنطة (الصوديوم، الكلور، البوتاسيوم، الكالسيوم، الكبريتات)، وقد ساهمت المعالجة المغناطيسية في تقليل تراكم هذه العناصر في التربة، ما انعكس إيجاباً على خصائصها الكيميائية.

تُعد الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه الطبيعية، مثل التوتر السطحي واللزوجة والرقم الهيدروجيني، مؤشرات أساسية لتقييم جودة المياه. تؤدي زيادة الملوحة الناتجة عن ارتفاع تركيز الأملاح المنحلة إلى ارتفاع التوتر السطحي نتيجة تعزيز قوى التجاذب بين الجزيئات، كما تساهم في زيادة اللزوجة. أما في حالة مياه الصرف، فإن وجود المواد العضوية والمنظفات يؤدي إلى انخفاض واضح في التوتر السطحي، وارتفاع في اللزوجة، مما يؤثر على كفاءة المعالجة. من جهة أخرى، يتأثر الرقم الهيدروجيني (pH) بنوع الملوثات، فمياه الصرف الصناعية قد ترفعه نتيجة وجود مركبات قلوية، في حين أن الصرف العضوي غالباً ما يخفضه بسبب تحلل المواد العضوية (الحايك، 2017).

أشارت دراسة (الموسوي & بشير، 2019) إلى أن المغنطة لا تؤدي بالضرورة إلى زيادة مباشرة في تركيز المادة العضوية داخل التربة، إلا أنها تؤدي وظيفة محفزة في تنشيطها وتحسين كفاءتها الحيوية والكيميائية. ويتجلى هذا التأثير من خلال تعزيز نشاط الكائنات الحية الدقيقة، وتحسين حركة المركبات العضوية في الوسط الترابي، إضافة إلى تقليل التثبيت الكيميائي للعناصر الغذائية المرتبطة بالمادة العضوية. وتنعكس هذه التفاعلات إيجابيا على خصوبة التربة، ما يُحسّن من استجابة النبات للنمو والإنتاج.

4- مواد وطرائق البحث:

4-1- موقع تنفيذ البحث: نفذ البحث في عام 2024 في مركز البحوث العلمية الزراعية في كفريحمول الواقعة في 36.051705° شمالاً و36.704358° شرقاً، في شمال غربي سوريا، وأجريت التحاليل الكيميائية والفيزيائية للتربة والمياه في مخابر كلية الهندسة الزراعية (جامعة ادلب)، وفي المديرية العامة للمخابر، عُرضت نتائج تحليل التربة التي خضعت للتجربة في الجدول (1)، وذلك بعد أخذ عينة متجانسة حتى عمق 45 cm

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

باستعمال أداة الأوكر لتحليل جميع العناصر المدروسة. أما الكثافة الظاهرية فقد قيست باستعمال أسطوانة الكثافة على عمقين 20 cm و40 cm.

الجدول (1): نتائج التحليل المخبري للتربة قبل الزراعة

العنصر	النتيجة	العنصر	التركيز ppm
طين	% 47	N	15.2
سلت	% 34	P	11.7
رمل	% 19	K	486
نوع التربة	طينية	OM	%1.14
السعة الحقلية حجما	% 42.2	Cl	37.48
الكثافة الظاهرية	gr/cm^3 1.34	Na	43.32
pH	7.28	Ece	ds/m 0.67

4-2- المادة النباتية: نبات الذرة الصفراء صنف (NK FAMOSO).

4-3- الأجهزة المستعملة:

- استعملت ثلاثة أجهزة لمغنطة مياه الري وصفَت في الجدول رقم (2).

الجدول (2): مواصفات أجهزة المغنطة المستعملة بالتجربة

* رمز الجهاز	القطر (in)	عدد المجالات المغناطيسية	عدد المغناطيسات	طول الجهاز (cm)	الوزن (gr)
MK24S	3/4	2	4	12.5	384
MK24G	3/4	4	8	21	630
MK37S	3/4	8	16	37	1222

* نوع المغناطيس المستعمل: نيوديميوم N52 NdFeB مقاس 25 × 25 mm بشدة 4800 G.

4-4- المعاملات المدروسة:

نوع مياه الري: استعملت ثلاث أنواع من المياه وهي:

1- مياه البئر الموجود في محطة بحوث كفر يحمول بتركيز (S1) 0.7 ds/m.

2- مياه مالحة بتركيز (S2) 10 ds/m بإضافة (كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم وكبريتات المغنيزيوم لمياه البئر بنسبه 50%، 25%، 25%) والتأكد من وصول تركيز الأملاح في المياه الى التركيز المطلوب باستعمال جهاز قياس الملوحة.

3- مياه صرف صحي معالج من محطة معالجة كفر يحمول بتركيز (S3) 1.33 ds/m.

المجالات المغناطيسية: استعملت أربع معاملات متباينة في عدد المجالات المغناطيسية وهي:

1- بدون مغنطة NM، 2- مجالين مغناطيسيين M1، 3- أربع مجالات مغناطيسية M2، 4- ثماني مجالات مغناطيسية M3.

4-5- القراءات المدروسة:

1- الخصائص الفيزيائية للمياه:

- اللزوجة: بطريقه اوستوالد (فلازي، 1997).
- التوتر السطحي: بطريقة عدد القطرات (الستالاغمومترية) (فلازي، 1997).
- الوزن النوعي للماء: بوزن عينة المياه بميزان حساس وقياس الحجم بواسطة أسطوانة مدرجة (فلازي، 1997).

2- الخصائص الكيميائية للمياه:

- الرقم الهيدروجيني (pH): بجهاز pH meter (APHA, 1998; Buurman *et al*., 1996).
- التوصيل الكهربائي (ECi): بجهاز pH meter وجهاز EC-8801 (Dhyan *et al*., 1999; APHA, 1998; Buurman *et al*., 1996)
- تقدير الازوت النتراتي: بجهاز قياس الطيف الضوئي (Spectrophotometer). عند طول موجي 206 نانومتر والطريقة المذكورة في (APHA, 1998; Navone, 1964)
- تقدير الفوسفور: بالتفاعل مع مولبيدات الامونيوم والقراءة على جهاز Spectrophotometer عند طول موجه 880 نانومتر والطريقة المذكورة في (Boltz & Mellon, 1948).
- البوتاسيوم: بجهاز Flame Photometer وفق الطريقة المذكورة في (APHA, 1998; Buurman *et al*., 1996).
- الكالسيوم والمغنزيوم: باستعمال محلول EDTA فيرسينات 0.01 نظامي والطريقة المذكورة في (APHA, 1998; Buurman *et al*., 1996; Richards, 1954).
- الصوديوم: بجهاز Flame Photometer والطريقة المذكورة في (APHA, 1998; Buurman *et al*., 1996).

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

- الكلور: طريقة مور المذكورة في (Dhyan *et al*., 1999).
- الكبريتات: بجهاز Spectrophotometer عند طول موجي 492 نانومتر والطريقة المذكورة في (Ramesh, 1996) بعد تحويل النتيجة من كبريت لكبريتات.

3- الخصائص الكيميائية للتربة:

- الرقم الهيدروجيني pH: معلق 1:2.5 بجهاز pH meter (Peech, 1965).
- التوصيل الكهربائي ECe: مستخلص 1:1 حسب الطريقة الواردة في (Jones, 2001)، وبجهاز EC-8801.
- المادة العضوية: بطريقة Walkley and Black المذكورة في (Jackson, 1985; Walkley & Black, 1934)
- تقدير الصوديوم القابل للاستخلاص: باستات الامونيوم وباستعمال جهاز Flame Photometry حسب طريقة (Jackson, 1956).
- تقدير الكلور: بطريقة مور (Richards, 1954).
- رسم منحني ملوحة التربة مع الزمن بعد كل رية على عمق عشرين cm باستخدام جهاز EC-8801.

4-6- تصميم التجربة:

اعتُمِدَ تصميم القطع المنشقة إذ توزعت معاملات نوعية المياه في القطع الرئيسة ومعاملات عدد المجالات المغناطيسية في القطع الثانوية، (3 أنواع للمياه بالإضافة لـ 3 معاملات للمغنطة ومعاملة بدون مغنطة) بواقع 3 مكررات لكل معاملة. عدد القطع التجريبية 4*3*3= 36 قطعة، زرعت القطع بنبات الذرة الصفراء على خطوط.

4-7- العمليات الزراعة وتنفيذ التجربة:

أجري تحليل كيميائي للتربة إذ قيست (الازوت الكلي: بطريقة كلداهل الواردة في (Bremner, 1996)، الفوسفور المتاح: طريقة أولسن بجهاز Spectrophotometer بطول موجه 660 نانو متر (Olsen *et al*., 1954)، البوتاسيوم المتاح: بجهاز Flame Photometer والطريقة الواردة في (Jackson, 1958; Helmke & Sparks, 1996)،

التحليل الميكانيكي للتربة: بطريقة الهيدروميتر (Gupta, 2000)، الكثافة الظاهرية للتربة: بأسطوانة الكثافة (Blake & Hartge, 1986).

وأضيفت الأسمدة بمعدل (130.4 kg يوريا 46% و217.3 kg سوبر فوسفات 46%) /ha قبل الزراعة، وأعيد اضافة 130.4 kg/ha يوريا 46% بعد 30 يوماً من الزراعة. زرعت التجربة بتاريخ 26 / 6/ 2024 بوضع 48 حبة في القطعة التجريبية وبعد 15 يوماً من الزراعة تم الخف وترك 24 نبات في القطعة، بمعدل 14.4 kg/ha حبوب.

رُوِيت أرض التجربة برية الإنبات بتاريخ 2024/6/27 بكمية مياه بلغت 65.6 mm، تلتها رية المحاياة بتاريخ 2024/7/6 بكمية 25.2 mm، بمياه البئر وبدأ تطبيق معاملات الري التجريبية عند وصول مستوى السعة الحقلية في القطعة التجريبية إلى 70% ورفعها لـ 100% من السعة الحقلية وذلك بتاريخ 2024/7/17. واستمرت عمليات الري للمعاملات التجريبية حتى 2024/9/21 موعد الفطام بمعدل 13 رية. أخذت قراءة ملوحة التربة على عمق عشرين cm بشكل دوري في اليوم التالي بعد كل عملية ري، أُخِذَت عينات التربة حتى عمق 45 cm بالأوكر بتاريخ 2024/10/14 من أجل إجراء التحاليل الكيميائية المطلوبة.

أما فيما يخص التحاليل الكيميائية والفيزيائية للمياه، فقد أخذت عينات المياه مباشرة من الحقل (اخذت العينات من المياه الواصلة للقطع التجريبية)، وذلك بعد مرور المياه عبر شبكة الري وجهاز المغنطة المطلوب.

4-8- التحليل الاحصائي: أجري التحليل الإحصائي ببرنامج GenstatV12، إذ طُبِّقَ اختبار تحليل التباين (ANOVA) لاختبار معنوية الفروق بين المعاملات، ومن ثم تقدير أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%.

5- النتائج والمناقشة:

5-1- تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على الخواص الفيزيائية للمياه:

يتضح من الشكل (1I) وجود تأثير معنوي لمعاملات عدد المجالات المغناطيسية في صفة اللزوجة، إذ ساهمت المغنطة في تقليل اللزوجة تدريجياً. إذ سجلت أعلى المتوسطات معاملة NM، تلتها M1 ثم M2، وأقلها M3، بمتوسطات بلغت على التوالي:

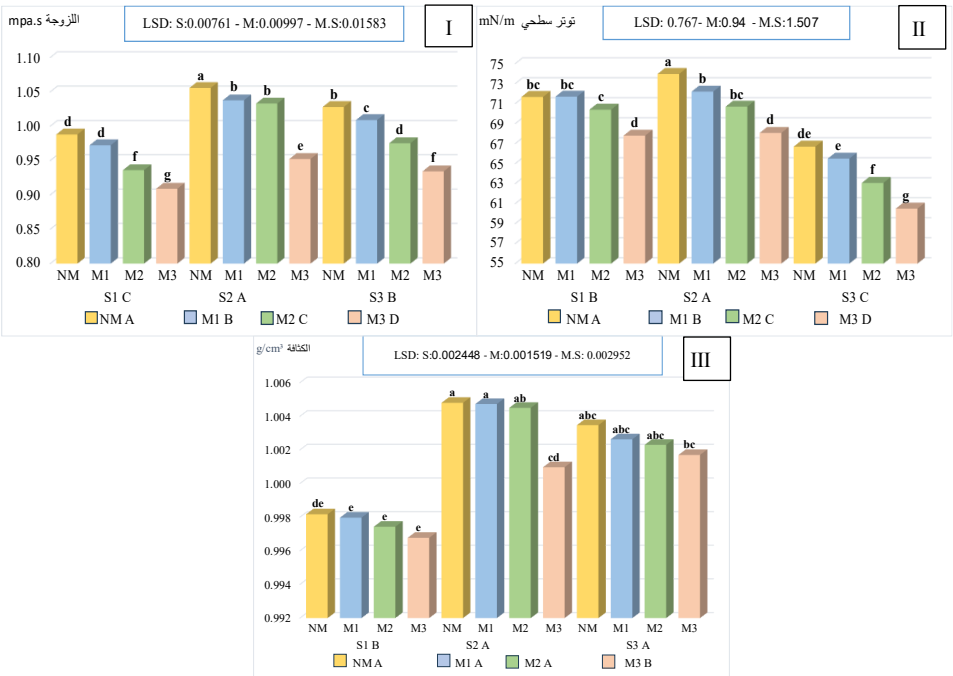
تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

(1.0239، 1.0063، 0.9814، 0.9319 mPa·s). ويُعزى سبب هذا الانخفاض إلى قدرة المجال المغناطيسي على تفكيك التجمعات الجزيئية للماء إلى وحدات أصغر، نتيجة إضعاف الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات. تتفق هذه النتائج مع ما ورد في: (Douri *et al*., 2021; Teixeira da Silva & Dobránszki, 2014; Abdelsalam *et al*., 2025)، وتختلف مع نتائج (Cai *et al*., 2009). كما أظهرت النتائج فروقاً معنوية بين أنواع المياه في صفة اللزوجة، إذ سجلت معاملة S2 أعلى القيم، تلتها S3، وأقلها S1، بمتوسط: (1.0197، 0.9867، 0.9513 mPa·s). وتُعزى هذه الفروق إلى اختلاف تركيبة المياه من حيث الأملاح والمواد العضوية. تتوافق هذه النتائج مع ما ورد في (الحايك، 2017). عند دراسة التفاعل بين عدد المجالات المغناطيسية ونوع المياه، ظهرت فروق معنوية بين المتوسطات، إذ سجلت أعلى قيمة عند معاملة S2/NM، وأدنى قيمة عند S1/M3، بمتوسط: (1.0557، 0.909 mPa·s).

ويظهر الشكل رقم (1II) وجود تأثير معنوي لمعاملات عدد المجالات المغناطيسية في صفة التوتر السطحي، إذ ساهمت المغنطة في تقليل التوتر السطحي تدريجياً. سجلت أعلى المتوسطات معاملة NM، تلتها M1 ثم M2، وأقلها M3، بمتوسط: (70.78، 69.80، 68.06، 65.46 mN/m). ويُعزى هذا الانخفاض إلى تقليل قوة التماسك بين الجزيئات السطحية، ما يُضعف مقاومة سطح الماء للتمزق. تتفق هذه النتائج مع: (Bansal & Kumari, 2025; Szcześ *et al*., 2020; Douri *et al*., 2021; Abobatta, 2019; Abdelsalam *et al*., 2025). ولوحظ وجود فروق معنوية بين أنواع المياه في صفة التوتر السطحي، إذ سجلت معاملة S2 أعلى القيم، تلتها S1، وأقلها S3، بمتوسط: (71.23، 70.39، 63.94 mN/m). وتتوافق هذه النتائج مع ما ورد في (الحايك، 2017). وعند دراسة الأثر المشترك بين عدد المجالات المغناطيسية ونوع المياه في التوتر السطحي للمياه أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين المتوسطات إذ سجلت أعلى قيمة للتوتر السطحي عند معاملة S2/NM، وأدنى قيمة عند S3/M3، بمتوسطات: (73.97، 60.5 mN/m).

أظهر الشكل رقم (1III) أن معاملات عدد المجالات المغناطيسية أثرت في خفض الكثافة، وكان هذا التأثير معنوياً فقط عند معاملة M3. سجلت أعلى المتوسطات

معاملة NM، تلتها M1 ثم M2، وأقلها M3، بمتوسط: (1.00214، 1.00178، 1.00141، 0.99981 g/cm³). ويُعزى هذا الانخفاض إلى زيادة حجم الماء نتيجة تكسير الروابط الهيدروجينية. تتفق هذه النتائج مع (Abdelsalam *et al.*, 2025). لوحظ أيضاً وجود زيادة غير معنوية لمعاملة نوع المياه S2 على S3، وتفوق معنوي لكلا النوعين على S1، بمتوسط: (1.00375، 1.00252، 0.99758 g/cm³). ويُعزى هذا التفوق إلى اختلاف محتوى الأملاح والمواد المعلقة في المياه. وعند دراسة الأثر المشترك بين عدد المجالات المغناطيسية ونوع المياه في كثافة المياه أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين المتوسطات إذ سجلت أعلى قيمة عند معاملة S2/NM، وأدنى قيمة عند S1/M3، بمتوسط: (1.00480، 0.99677 g/cm³).



الشكل (1): تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على:

I: لزوجة المياه، II: التوتر السطحي للمياه، III: كثافة المياه.

S3, S2, S1: أنواع مياه الري.

M3, M2, M1, NM: عدد المجالات المغناطيسية.

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

2-5- تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على الخواص الكيميائية للمياه:

من الجدول (3 و4) نجد أن لزيادة عدد المجالات المغناطيسية تأثيراً معنوياً على قيمة الأس الهيدروجيني (pH) للمياه، إذ سجلت المتوسطات ارتفاع طفيف في القيم مع زيادة عدد المجالات لكن هذا الارتفاع لم يكن معنوياً إلا بين معاملتي M3 وNM، إذ سجلت أعلى قيمة عند المعاملة M3 بمتوسط 7.6589، وأدناها عند المعاملة غير الممغنطة NM بمتوسط 7.64. ورغم غياب تفسير مؤكد لهذا الارتفاع، إلا أن بعض الدراسات تشير إلى أن المغنطة قد ترفع قابلية الماء للتحليل الكهربائي، ما يؤثر على توازن الأيونات الهيدروجينية (H^+) والهيدروكسيدية (OH^-)، أو أن الماء الممغنط يصبح أكثر نشاطاً كيميائياً، ما يسرّع التفاعلات التي تستهلك H^+ أو تنتج OH^-، ومن ثم ترتفع قيمة pH هذه النتائج تتفق مع (Shahin *et al*., 2016؛ Surendran *et al*., 2016؛ Abdelsalam *et al*., 2025؛ Alsuvaid *et al*., 2021؛ Alsuvaid, 2021).

أما بالنسبة للتوصيلية الكهربائية (ECi) وتركيز النترات ($NO3^-$)، فقد أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً واضحاً لعدد المجالات المغناطيسية، إذ ساهمت المغنطة في تخفيض قيمة ECi، خاصة عند المعاملة M3، إذ كانت القيم: 4.0167 ds/m في NM، و3.9667 ds/m في M1، و3.9322 ds/m في M2، و3.8978 ds/m في M3، هذه النتيجة تتوافق مع نتائج (Shahin *et al*., 2016؛ Surendran *et al*., 2016؛ Alsuvaid *et al*., 2021؛ Alsuvaid, 2021) وتختلف مع نتائج (Otsuka & Ozeki, 2006؛ Abdelsalam *et al*., 2025). في المقابل، ارتفعت قيم $NO3^-$ مع زيادة عدد المجالات المغناطيسية نتيجة لتحول بعض أشكال الآزوت إلى نترات، إذ سجلت متوسط: 29.03 ppm في NM، و29.66 ppm في M1، و29.98 ppm في M2، و30.82 ppm في M3.

أما العناصر الأخرى مثل الفوسفات $PO4^{-3}$، والبوتاسيوم K، والكالسيوم Ca، والمغنيسيوم Mg، والصوديوم Na، والكلور Cl، والكبريتات $SO4^{-2}$، فلم تُظهر معاملات المغنطة تأثيراً معنوياً عليها، مع ملاحظة وجود تذبذب غير منتظم في القيم مع زيادة عدد المجالات المغناطيسية.

وفيما يتعلق بتأثير نوع مياه الري، فقد أظهرت النتائج فروقاً معنوية واضحة بين المعاملات. إذ تفوقت معاملة S2 في معظم المؤشرات الكيميائية، إذ سجلت أعلى القيم في الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية وتركيز الكالسيوم، والمغنيسيوم، والصوديوم، والكلور، والكبريتات، بمتوسطات بلغت على التوالي: 7.8625، 9.8842 ds/m، (601.8، 325.6، 1211.5، 2815.4، و1227.2) ppm، ويُعزى هذا التفوق إلى إضافة الأملاح لهذه المياه. في المقابل، كانت معاملة S3 الأعلى من حيث تركيز النترات، والفوسفات، والبوتاسيوم، إذ سجلت القيم:(43.84، 3.652، 21.99) ppm على التوالي، ويعود ذلك إلى غنى مياه الصرف الصحي المعالج بهذه العناصر. أما معاملة S1 فقد كانت الأدنى في جميع القيم المدروسة باستثناء الـ pH، ما يعكس ضعف محتواها المعدني مقارنةً بباقي المعاملات.

الجدول (3): تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على K, $PO4^{-3}$, $NO3^{-}$, ECi, pH في المياه

نوع المياه	مجال المغنطة	pH	ds/m ECi	ppm $NO3^{-}$	ppm $PO4^{-3}$	ppm K
S1	NM	7.6567b	0.7033h	22.41d	0.16b	6.68b
	M1	7.66b	0.7h	22.47d	0.156b	6.63b
	M2	7.6667b	0.69h	22.76d	0.161b	6.72b
	M3	7.6767b	0.6867h	23.02d	0.159b	6.55b
متوسط S1		7.665 b	0.695c	22.66b	0.159b	6.64b
S2	NM	7.8533a	10.0133a	22.53d	0.161b	6.88b
	M1	7.86a	9.91b	23.12d	0.163b	6.61b
	M2	7.8601a	9.84c	23.04d	0.153b	6.69b
	M3	7.8767a	9.7733d	23.75d	0.162b	6.65b
متوسط S2		7.8625 a	9.8842a	23.11b	0.16b	6.71b
S3	NM	7.41c	1.3333e	42.15c	3.674a	22.12a
	M1	7.4133c	1.29ef	43.39bc	3.6a	21.98a
	M2	7.4267c	1.2667fg	44.14ab	3.64a	22.34a
	M3	7.4233c	1.2333g	45.67a	3.692a	21.5a
متوسط S3		7.4183 c	1.2808b	43.84a	3.652a	21.99a
متوسط	NM	7.64b	4.0167a	29.03b	1.332a	11.89a
	M1	7.6444ab	3.9667b	29.66b	1.306a	11.74a
	M2	7.6511ab	3.9322c	29.98ab	1.318a	11.92a

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

11.57a	1.338a	30.82a	3.8978d	7.6589a	M3	
11.7800	1.3240	29.8700	3.9533	7.6486	المتوسط العام	
6	10.2	3.8	0.8	0.2	CV%	
0.667	0.0716	0.796	0.01936	0.01772	S	LSD
0.699	0.1332	1.126	0.03024	0.01569	M	
1.149	0.2054	1.774	0.0472	0.02678	S.M	

الجدول (4): تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على Ca, Mg, Na, Cl, $SO4^{-2}$ في المياه

ppm $SO4^{-2}$	ppm Cl^{-}	ppm Na	ppm Mg	ppm Ca	مجال المغنطة	نوع المياه
34.5c	39.7c	38c	16.9b	57.7c	NM	S1
34.5c	38.9c	37.4c	17.1b	57.6c	M1	
32.8c	38.5c	36.7c	17b	56.1c	M2	
33.6c	39.2c	37c	16.3b	55.3c	M3	
33.8c	39.1c	37.3c	16.8c	56.7c	متوسط S1	
1232a	2816.4a	1212.6a	326.6a	604.7a	NM	S2
1229.4a	2814.6a	1215.4a	324.1a	606.1a	M1	
1221.9a	2815.8a	1211.6a	326a	601.5a	M2	
1225.7a	2814.9a	1206.3a	325.5a	594.7a	M3	
1227.2a	2815.4a	1211.5a	325.6a	601.8a	متوسط S2	
80b	124.4b	98.3b	29.8b	71.5b	NM	S3
79.7b	124.3b	98.6b	29b	71.3b	M1	
79.1b	124.6b	98.4b	29.3b	71.4b	M2	
78.4b	122.2b	97.6b	28.6b	70b	M3	
79.3b	123.9b	98.2b	29.2b	71.1b	متوسط S3	
448.8a	993.5a	449.6a	124.4a	244.6a	NM	متوسط
447.8a	992.6a	450.5a	123.4a	245a	M1	
444.6a	993a	448.9a	124.1a	243a	M2	
445.9a	992.1a	446.9a	123.5a	240a	M3	
446.8	992.8	449	123.9	243.2	المتوسط العام	
2.2	1.2	2.5	8.4	3.3	CV%	
9.91	7.83	7.94	8.44	4.25	S	LSD
9.69	11.58	11.32	10.28	7.96	M	
16.15	18.15	17.82	16.48	12.26	S.M	

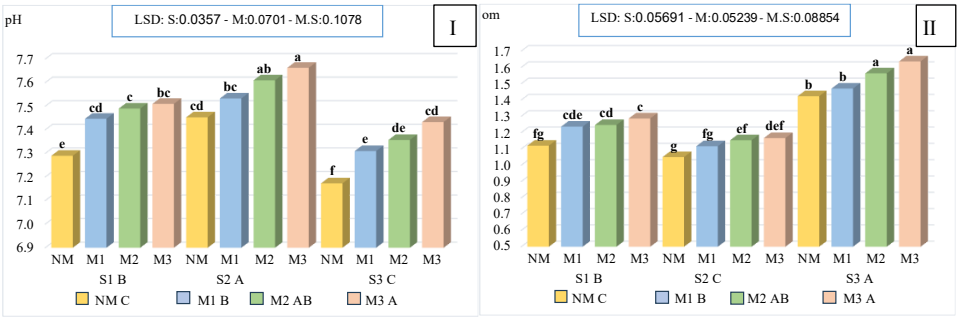
5-3- تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على الخواص الكيميائية للتربة المزروعة بنبات الذرة الصفراء:

أظهر الشكل (2I) وجود تأثيرات معنوية واضحة لكل من عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري، وكذلك التفاعل بينهما، على صفة pH للتربة المزروعة بالذرة الصفراء. إذ بيّنت النتائج أن زيادة عدد المجالات المغناطيسية أدت إلى ارتفاع تدريجي في قيمة pH التربة. وقد سجلت المعاملة M3 أعلى متوسط لقيمة pH بمتوسط 7.536، تلتها المعاملة M2 بمتوسط 7.486، ثم المعاملة M1 بمتوسط 7.43، في حين سجلت المعاملة غير الممغنطة NM أدنى قيمة بمتوسط 7.306. تشير هذه النتائج إلى أن المغنطة تسهم في تعديل التفاعل الكيميائي للتربة نحو القلوية بشكل تدريجي، وهي نتائج تتفق مع ما ورد في دراسة (Alsuvaid *et al*., 2021؛ Alsuvaid, 2021). وأظهرت البيانات وجود فروق معنوية بين أنواع المياه المستعملة في الري من حيث تأثيرها على قيمة pH التربة. فقد سجلت المعاملة S2 أعلى متوسط بلغ 7.565، تلتها المعاملة S1 بمتوسط 7.434، في حين سجلت المعاملة S3 أدنى قيمة بمتوسط 7.318. ويُعزى انخفاض قيمة pH في التربة المروية بمياه المعاملة S3 إلى احتوائها على مركبات عضوية حمضية، ما أدى إلى خفض pH التربة، خاصة في الترب الطينية التي تتأثر بسرعة بهذه المركبات. بالنسبة للأثر التفاعلي بين عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري، ظهرت فروق معنوية بين المعاملات المشتركة. وقد سجلت المعاملة S2/M3 أعلى قيمة لـ pH بلغت 7.663، في حين سجلت المعاملة S3/NM أدنى قيمة 7.173.

وجد من الشكل (2II) تأثير لعدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على المادة العضوية (OM) في التربة المزروعة بالذرة الصفراء، إذ أظهرت النتائج أن زيادة عدد المجالات المغناطيسية أدت إلى ارتفاع تدريجي في محتوى المادة العضوية في التربة. وقد سجلت المعاملة M3 أعلى متوسط لقيمة OM بـــ 1.363%، تلتها المعاملة M2 بمتوسط 1.321%، ثم المعاملة M1 بمتوسط 1.274%، في حين سجلت المعاملة غير الممغنطة NM أدنى قيمة بمتوسط 1.198%. تشير هذه النتائج إلى أن المغنطة قد تُسهم في تحفيز النشاط الحيوي والكيميائي للمادة العضوية، وهي نتائج تتفق جزئياً مع ما

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

ورد في دراسة (الموسوي وبشير، 2019)، التي أشارت إلى دور المغنطة في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة وتعزيز فعالية المادة العضوية. كما أظهرت البيانات وجود فروق معنوية بين أنواع المياه المستعملة في الري من حيث تأثيرها على محتوى المادة العضوية في التربة. فقد سجلت المعاملة S3 أعلى متوسط بلغ 1.523%، تلتها المعاملة S1 بمتوسط 1.223%، في حين سجلت المعاملة S2 أدنى قيمة بمتوسط 1.122%. ويُعزى ارتفاع قيمة OM في التربة المروية بمياه المعاملة S3 إلى غناها بالمركبات العضوية، ما ساهم في رفع محتوى المادة العضوية في التربة، خاصة في البيئات الطينية التي تستجيب بشكل أكبر لهذه المركبات. وعند تحليل التفاعل بين عدد المجالات المغناطيسية وأنواع المياه، ظهرت فروق معنوية بين المعاملات المشتركة. وقد سجلت المعاملة S3/M3 أعلى قيمة لمحتوى المادة العضوية بمتوسط 1.637%، في حين سجلت المعاملة S2/NM أدنى قيمة بمتوسط 1.05%. تعكس هذه النتائج أهمية التفاعل بين نوع الماء وعدد المجالات المغنطيسية في تعزيز تراكم المادة العضوية وتحسين خصوبة التربة، ما يُسهم في تحسين بيئة نمو النبات وزيادة إنتاجيته.



الشكل (2): تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على:

I: pH التربة، II: OM للتربة.

S3, S2, S1: أنواع مياه الري.

M3, M2, M1, NM: عدد المجالات المغناطيسية.

أظهرت نتائج الجدول (5) وجود تأثير معنوي لعدد المجالات المغناطيسية على تركيز الصوديوم (Na)، والكلور (Cl)، والتوصيلية الكهربائية (ECe) في التربة، إذ ساهمت زيادة عدد المجالات في تقليل تراكم هذه العناصر. فقد سجلت أعلى القيم عند

المعاملة غير الممغنطة (NM)، تلتها المعاملة M1، ثم M2، وأخيراً M3، إذ بلغ متوسط تركيز Na (301، 283.1، 275.9، و263) ppm على التوالي، بينما بلغ تركيز Cl (655.9، 629.8، 608.3، و603.2) ppm، وسجلت قيم ECe متوسطات بلغت (2.733، 2.68، 2.562، 2.436) ds/m. هذا الانخفاض التدريجي يشير إلى أن المعالجة المغناطيسية قد ساهمت في تحسين خصائص الماء المستعملة في الري، ما أدى إلى زيادة حركة الأيونات وتقليل تراكمها في التربة. كما أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين أنواع المياه، إذ سجلت المياه من النوع S2 أعلى تركيزات لكل من Na وCl وECe، تلتها S3، ثم S1 التي سجلت أدنى القيم. فقد بلغ متوسط تركيز Na في التربة 739.5، 74.9، و27.9 ppm لكل من S2 وS3 وS1 على التوالي، بينما سجل تركيز Cl متوسطات بلغت 1750.1، 94.9، و27.9 ppm، وبلغت قيم الـ ECe 6.239، 1.027، 0.542 ds/m. هذه النتائج تعكس تأثير نوعية المياه على ملوحة التربة، إذ إن المياه من النوع S2 كانت ذات ملوحة أولية مرتفعة، ما أدى إلى زيادة تراكم الأملاح بعد الري. وعند دراسة التفاعل بين عدد المجالات المغناطيسية ونوع المياه، تبين أن أعلى القيم سجلت عند المعاملة S2/NM، وأدناها عند S1/M3، إذ بلغ أعلى تركيز لـ Na 789 وأقل تركيز 24.1 ppm، وسجل أعلى تركيز لـ Cl 1831.9 وأقلها 25.5 ppm، وبلغت قيم ECe 6.513 مقابل 0.52 ds/m. هذا التفاعل يوضح أن التأثير التراكمي للعوامل المدروسة ليس مستقلاً، بل يتداخل بشكل يؤثر على النتائج النهائية، ما يعزز أهمية استعمال المعالجة المغناطيسية كأداة لتحسين جودة الري، خاصة عند استعمال مياه ذات ملوحة مرتفعة هذه النتائج تتفق مع نتائج (Ahmed, 2013؛ Sun *et al*., 2024؛ Shahin *et al*., 2016؛ Alsuvaid *et al*., 2021؛ Alsuvaid, 2021).

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

الجدول (5): تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على Na, Cl, ECe في التربة بعد الحصاد

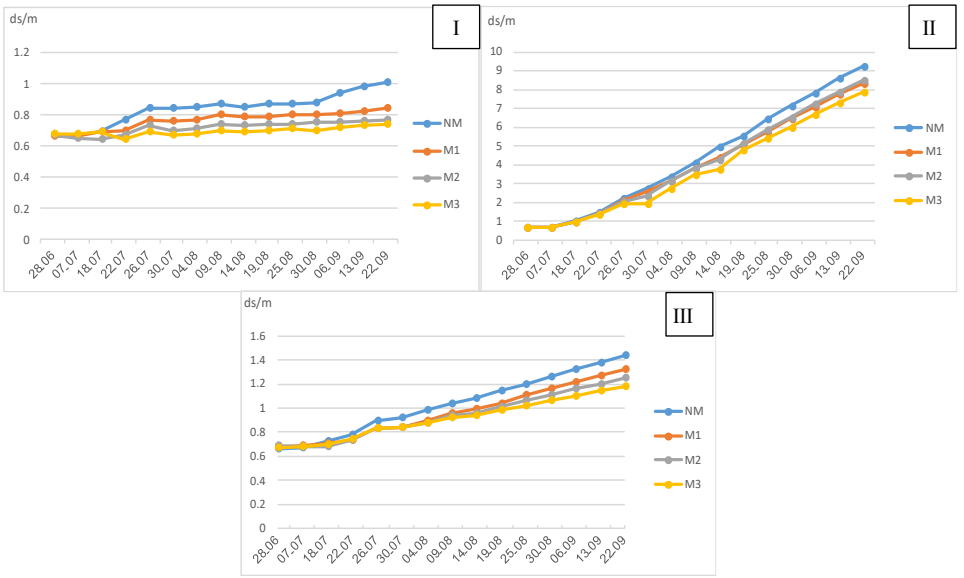
ds/m ECe	ppm Cl	ppm Na	مجال المغنطة	نوع المياه
0.573e	32.3e	30.9e	NM	S1
0.553e	27.7e	29.2e	M1	
0.523e	26.3e	27.3e	M2	
0.52e	25.5e	24.1e	M3	
c0.542	c27.9	c27.9	متوسط S1	
6.513a	1831.9a	789a	NM	S2
6.45a	1764.7b	744.4b	M1	
6.17b	1705.3c	729.5b	M2	
5.823c	1698.7c	695.1c	M3	
a6.239	a1750.1	a739.5	متوسط S2	
1.113d	103.5d	83.2d	NM	S3
1.037d	97.1d	75.8d	M1	
0.993d	93.3d	70.9d	M2	
0.963d	85.4d	69.9d	M3	
b1.027	b94.9	b74.9	متوسط S3	
2.733a	655.9a	301a	NM	متوسط
2.68ab	629.8ab	283.1b	M1	
2.562bc	608.3b	275.9bc	M2	
2.436c	603.2b	263c	M3	
2.603	624.3	280.8	المتوسط العام	
5.3	4.4	5.9	CV%	
0.1984	38.58	14.73	S	LSD
0.1366	27.33	16.51	M	
0.2535	50.15	26.81	S.M	

5-4- تأثير عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري على نتائج التوصيلية الكهربائية (ECe) للتربة المزروعة بالذرة الصفراء مع الزمن:

من الشكل (3) نجد أن التوصيلية الكهربائية (ECe) للتربة المزروعة بالذرة الصفراء تزداد تدريجياً مع مرور الوقت في جميع المعاملات المغناطيسية (NM، MT1، MT2، MT3)، ما يدل على أن تراكم الأملاح في التربة يحدث بشكل طبيعي نتيجة الري

المتكرر، بغض النظر عن نوع المعاملة. ومع ذلك، فإن معدل هذا التراكم تأثر بشـــكل واضـــح بكل من عدد المجالات المغناطيســية ونوع مياه الري. فيما يتعلق بعدد المجالات المغناطيسـية، سـجلت المعاملة غير الممغنطة (NM) أعلى قيم التوصـيلية الكهربائية في جميع المخططات، تلتها المعاملة MT1، ثم MT2، وأقلها MT3، ما يشـير إلى أن زيادة عدد المجالات المغناطيســية ســاهمت في تقليل تراكم الأملاح في التربة. وقد ظهر هذا التأثير بشـكل واضـح في جميع أنواع المياه المسـتعملة، إذ كانت الفروق بين المعاملات المغناطيسـية متسـقة، ما يعزز فرضـية أن المعالجة المغناطيسـية تُحسـن من خصـائص الماء الفيزيائية وتُقلل من ترسـيب الأملاح. أما بالنسـبة لنوع مياه الري، فقد سـجلت المياه ذات الملوحة العالية أعلى قيم التوصـيلية الكهربائية، كما هو موضـح في الشـكل 3II، إذ تراوحت القيم بين 0.66 و9.26 ds/m. هذا يؤكد أن نوعية المياه تؤدي مَهمة حاسـمة في تحديد ملوحة التربة، وأن اســتخدام مياه مالحة دون معالجة فعالة يؤدي إلى تراكم ســريع للأملاح. في المقابل، سـجلت مياه الصـرف الصـحي المعالجة قيماً متوسـطة تراوحت بين 0.66 و1.44 ds/m، بينما ســجلت مياه البئر أدنى القيم، إذ تراوحت بين 0.66 و1.01 ds/m، كما هو موضح في الشكل 3I. وبشكل عام سجلت المعاملة MT3 أدنى القيم في جميع المخططات، ما يدل على أن زيادة عدد المجالات المغناطيسية يُعد عاملاً فعالاً في الحد من تراكم الأملاح، خاصة في الظروف التي تُستعمل فيها مياه ري ذات ملوحة عالية

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14



الشكل (3): منحنيات ملوحة التربة بعد مرور 24 ساعة بعد كل عملية ري

I: مياه البئر S1، II: مياه 10 ds/m S2، III: مياه صرف صحي معالج S3.

M3, M2, M1, NM: عدد المجالات المغناطيسية.

*هذه القيم لا تمثل تركيز الملوحة الحقيقي في التربة بل تعبر عن سلوك الاملاح على عمق 20 cm بعد 24 ساعة من الري بقياس مباشر بالحقل باستعمال جهاز EC-8801.

6- الاستنتاجات:

1- أثبتت المعالجة المغناطيسية فعاليتها في تعديل الخصائص الفيزيائية للمياه، إذ ساهمت في تقليل اللزوجة والتوتر السطحي والكثافة، ما يُحسن من خصائص الماء الفيزيائية ويُعزز كفاءته في عمليات الامتصاص والنقل داخل النبات.

2- أثرت المجالات المغناطيسية على الخصائص الكيميائية للمياه، من خلال خفض التوصيلية الكهربائية وزيادة pH وتركيز النترات، وهو ما يشير إلى تنشيط التفاعلات الكيميائية وتحسين جاهزية بعض العناصر الغذائية.

3- أظهرت المغنطة تأثيراً تدريجياً على تفاعل التربة الكيميائي، إذ ساهمت في رفع قيمة الأس الهيدروجيني للتربة، ما يدل على تعديل التفاعل نحو القلوية، وهو أمر مفيد في بعض أنواع الترب الحامضية.

4- عززت المعالجة المغناطيسية تراكم المادة العضوية في التربة، ما يُشير إلى تحفيز النشاط الحيوي وتحسين خصوبة التربة، وهو ما ينعكس إيجاباً على بيئة نمو النبات.

5- ساهمت المجالات المغناطيسية في تقليل تراكم الأملاح الضارة في التربة، مثل الصوديوم والكلور، وخفض التوصيلية الكهربائية، مما يُقلل من ملوحة التربة ويُحسن من خواصها الكيميائية.

6- أظهر التفاعل بين عدد المجالات المغناطيسية ونوع مياه الري تأثيراً مركباً على معظم الصفات المدروسة، مما يُبرز أهمية التكامل بين تقنيات المعالجة الفيزيائية وإدارة نوعية المياه لتحقيق أفضل النتائج الزراعية.

7- التوصيات:

1- يُوصى باعتماد تقنية المعالجة المغناطيسية للمياه، خاصة عند استعمال مصادر مياه غير تقليدية أو ذات ملوحة مرتفعة، لما لها من دور فعّال في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه.

2- يُفضل استعمال مستويات عالية من المجالات المغناطيسية لتحقيق أفضل نتائج في تقليل اللزوجة والتوتر السطحي والكثافة، ما يُسهم في رفع كفاءة الامتصاص وتحسين جودة الري.

3- تُظهر المعالجة المغناطيسية قدرة على تعديل تفاعل التربة وزيادة محتواها من المادة العضوية، ما يُعزز من خصوبة التربة ويُحسن بيئة نمو النبات، لذا يُنصح بتطبيقها في الأراضي المستصلحة أو ضعيفة الخصوبة.

4- يُوصى بالمغنطة بوصفها أداةً مساعدة للحد من تراكم الأملاح في التربة، خاصة عند الري بمياه مالحة، لما لها من تأثير في تقليل تركيز الصوديوم والكلور والتوصيلية الكهربائية في التربة.

5- يُنصح بإجراء دراسات طويلة الأمد لتقييم الأثر التراكمي للمغنطة على إنتاجية المحاصيل وجودة التربة، مع التوسع في اختبار أنواع مختلفة من المياه والترب.

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

8- المراجع:

1. الموسوي، كوثر حميد زيزع، بشير، وسام حسن مهدي. (2019). تأثير نظام المغنطة والتسميد العضوي في بعض الخصائص الفيزيائية للتربة ونمو نبات الباميا (Hibiscus esculentus L.). مجلة الزراعة العراقية، 24(1)، 70.

2. الموصلي مظفر أحمد. (2013)، "الماء الممغنط". دار اليازوري العالمية. العراق.

3. الحايك، نصر. (2017). مدخل إلى كيمياء المياه: تلوث – معالجة – تحليل. دمشق: المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

4. فلازي بهجت، (1997). "الكيمياء الفيزيائية (2)". منشورات جامعة حلب، كلية العلوم، 319 صفحة.

5. Abdelsalam, H., Mostafa, H., El-Ansary, M., Awad, M., & Sultan, W. (2025). Magnetization treatment effect on some physical and biological characteristics of saline irrigation water. Scientific Reports, 15, Article 19803. https://doi.org/10.1038/s41598-025-04297-6

6. Abobatta, W. F. (2019). Overview of Role of Magnetizing Treated Water in Agricultural Sector Development. Advances in Agricultural Technology & Plant Sciences, 2(1), Article 180023

7. Ahmed, M. (2013). Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(2), 123–134.

8. Al-Douri, Y., Hassan, S. M., Batoo, K. M., & Raslan, E. H. (2021). Surface tension under magnetic field effect for nanoscaled water. The European Physical Journal Plus, 136(295). https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-021-01287-1

9. Alsuvaid, M. (2021). The effects of irrigation water salinity and different magnetic treatment on evapotranspiration, yield, quality parameters of red pepper (Capsicum Annum Cv. Kapija) and soil salinity. (Ph.D. Thesis) Ondokuz Mayıs University, Graduate Education Institute, Samsun, Turkey.

10. Alsuvaid, M., & Demir, Y. (2022). The effect of salinity (NaCl) stress and different magnetic applications on the germination of cucumber seeds (Cucumis sativus L.). Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 19(3), 529–540. https://doi.org/10.33462/jotaf.1007342

11. Alsuvaid, M., Demir, Y., Kiremit, M. S., & Arslan, H. (2021). Interaction effect of water magnetization and water salinity on yield, water productivity and morpho-physiological of Balkız bean (Phaseolus vulgaris). Gesunde Pflanzen. https://doi.org/10.1007/s10343-021-00606-x

12. APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHAAWWA- WEF, Washington, DC .

13. Bansal, K. K., & Kumari, M. (2025, May). Magnetic water. In Recent Advances in Environmental Engineering and Sustainable Technologies [Book chapter]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/391436381

14. Blake, G.R., and K.H. Hartge. 1986. Bulk Density. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. (Ed. Klute A.), American Society of Agronomy, Inc., and Soil Science Society of America, Madison, Wis., pp. 363-376.
15. Boltz, D.F. and M.G. Mellon. 1948. Spectrophotometric determination of phosphate as molydiphosphoric acid. Analytical chemistry, 20(8): 749-751.
16. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen—total. In: Methods of Soils Analysis: Chemical Methods (Ed. Sparks, D. L.), American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI. pp.1085-1121.
17. Buurman, P., B. Van Langer and E.J. Velthrost. 1996. Manual for soil and water analysis. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
18. Cai, R., Yang, H., He, J., & Zhu, W. (2009). The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. Journal of Molecular Structure, 938(1–3), 15–19. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2009.08.037
19. Chang, K.-T., & Weng, C.-I. (2006). The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water using molecular dynamics simulation. Journal of Applied Physics, 100(4), 043917. https://doi.org/10.1063/1.2335971
20. Corwin, D.I. and J.D. Rhoades. 1982. An improved technique for determining soil electrical conductivity-depth relations from aboveground electromagnetic measurements. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 517–520 .
21. Corwin, D.L. and S.M. Lesch. 2003. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. Agron. J. 95: 455–471 .
22. Dhyan, S., P.K. Chhonkar and R.N. Pandey. 1999. Soil, plant & water analysis – a method manual. IARI, New Delhi.
23. FAO 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi arid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy .
24. FAO. 1980. Soil testing and plant analysis. Bull. No. 38/1, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy .
25. Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios (India), Jodhpur, New Delhi, India. p.438.
26. Helmke, P.A. and Sparks D.L. (1996). (Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium). p. 551-574. In: Methods of Soil Analysis: Part 3, (eds. Sparks, D.L. *et al*.), SSSA and ASA, Madison, WI
27. Jackson, M.L. 1956. Soil Chemical Analysis—Advanced Course. Publ. by author, Dept. of Soils, Univ. of Wisconsin, Madison.
28. Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. Helmke, P.A. and D.L. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. p. 551-574. In: Methods of Soil Analysis: Part 3, (eds. Sparks, D.L. *et al*.), SSSA and ASA, Madison, WI .
29. Jackson, M.L. 1985. Soil chemical analysis - advanced course, 2nd edn., Madison, WI, USA
30. Jones, J.B., Jr. 2001. Laboratory guide for conducting soils tests and plant analysis. CRC Press, Boca Raton Florida, USA.

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14

31. Khoshravesh, M., & Pourgholam-Amiji, M. (2024). The effect of irrigation with magnetized wastewater on soil heavy metals, water productivity and heavy metals in aerial parts and grains of maize. Applied Water Science, 14(182). https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-024-02244-w
32. Khudiar, K. K., & Ali, A. M. (2012). Effect of magnetic water on some physiological aspects of adult male rabbits. In Proceedings of the Eleventh Veterinary Scientific Conference (pp. 120–126). University of Baghdad.
33. Kochmarsky, V. (1996). Magnetic treatment of water: Possible mechanisms and conditions for applications. Magnetic and Electrical Separation, 7(2), 77–107. https://doi.org/10.1155/1996/89312
34. Moussa, M., Zarai, B., & Hachicha, M. (2025). Magnetic Water Treatment: Theory and Effects on Treated Water—A Systematic Review. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, 10, 2323–2342. https://doi.org/10.1007/s41207-024-00722-w
35. Navone, R. 1964. Proposed method for nitrate in potable water. J. American Water Works Ass. 56: 781-783.
36. Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available
37. Otsuka, I., & Ozeki, S. (2006). Magnetic field effects on water properties. Journal of Physical Chemistry B, 110(4), 1509–1512. https://doi.org/10.1021/jp054088m
38. Pang, X. F., & Deng, B. (2008). Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. Science in China Series G: Physics, Mechanics and Astronomy, 51(11), 1621–1632. https://doi.org/10.1007/s11433-008-0182-7
39. Peech, M. 1965. Hydrogen-ion activity. In: Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and Microbiological Properties (Ed. Black, C.A.). American Society of Agron., Madison, WI. pp. 914-926 .
40. Ramesh, R. and M. Anbu. 1996. Chemical methods for environmental analysis- water and sediment. McMillan Ltd., Chennai, India. p.161.
41. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.
42. Shahin, M. M., Mashhour, A. M. A., & Abd-Elhady, E. S. E. (2016). Effect of Magnetized Irrigation Water and Seeds on Some Water Properties, Growth Parameter and Yield Productivity of Cucumber Plants. Current Science International, 5(2), 152–164
43. Sun, Y., Wang, C., Wang, Q., Wang, J., Wang, Y., Li, M., Liu, Y., & Guo, Y. (2024). Effects of magnetoelectric water irrigation combined with foliar iron fertilizer on the growth characteristics and iron absorption of spinach. Scientia Horticulturae, 327, 112824. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112824
44. Surendran, U., Sandeep, O., & Joseph, E. J. (2016). The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. Agricultural Water Management, 178, 21–29. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.016

45. Szcześ, A., Chibowski, E., & Rzeźnik, E. (2020). Magnetic field effect on water surface tension in aspect of glass and mica wettability. Colloids and Interfaces, 4(3), 37. https://doi.org/10.3390/colloids4030037
46. Teixeira da Silva, J. A., & Dobránszki, J. (2014). Impact of magnetic water on plant growth. Environmental and Experimental Biology, 12(1), 137–142.
47. Walkley, A. and A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29–38.
48. Zúñiga, O., Benavides, J. A., Ospina-Salazar, D. I., Jiménez, C. O., & Gutiérrez, M. A. (2016). Magnetic treatment of irrigation water and seeds in agriculture. Ingeniería y Competitividad, 18(2), 217–232. https://doi.org/10.25100/iyc.v18i2.2170

تاريخ إيداع البحث :2025/11/19
تاريخ قبول النشر:2026/01/14