MENOUFIA JOURNAL OF SOIL SCIENCE

https://mjss.journals.ekb.eg

Title of Thesis	**:**	Studying the effect of using some modern irrigation systems on clay soils properties and plant growth in Nile Delta – Egypt
Name of Applicant	**:**	Mohamed Helmy Abou-Zied Saleh
Scientific Degree	**:**	Ph.D. Ph.D.
Department	**:**	Soil Science
Field of study	**:**	Soil Science
Date of Conferment	**:**	Jul. 20, 2025

Supervision Committee:

- Dr. S. A. Radwan : Prof. of Soil Chemistry, Faculty of Agriculture, Menoufia Univ.
- Dr. E. A. Abou Hussien : Prof. of Soil Chemistry, Faculty of Agriculture, Menoufia Univ.
- Dr. A. A. M. Nassar : Prof. of Water Management Research Institute, National Water Research Center, Ministry of Water Resources and Irrigation

SUMMARY

Due to population growth, limited water resources, and increased demand for water, the Arab Republic of Egypt faces challenges in managing its water resources, particularly in areas with intensive agricultural production in the Nile Valley and Delta. These challenges, compounded by climate change, have led farmers to continue using primitive irrigation methods. This requires adjusting the management of available water in both new and existing lands to increase crop production, achieve food security, and achieve sustainable development. Implementing more efficient irrigation technologies is an important approach in this regard. Therefore, the importance of studying ways to rationalize water use in Egypt is evident.

This study aims to evaluate three different irrigation systems applied to clay soils in Menoufia Governorate, Egypt. These systems are flood irrigation (FI), surface drip irrigation (SDI), and subsurface drip irrigation (SSDI), used for growing wheat (winter) and maize (summer).

1- Study the effects of different irrigation systems, irrigation water quantities, available water quantity, and productivity.
2- Studying the effect of different irrigation systems on some physical and chemical properties of clay soil and plant growth under clay soil conditions in Menoufia Governorate.

Two field experiments were conducted in the experimental greenhouse of the Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shebin El-Kom, Menoufia University, Egypt, testing winter wheat and summer maize as test plants during the two consecutive growing seasons (winter 2020/2021 and summer 2021). Three different irrigation systems were used: FI, SDI, and SSDI. Each experiment consisted of three experimental plots. The experimental plot area was 30 square meters. Each treatment was repeated three times.

The results obtained from the experiments showed the following:

The results obtained showed that the drip irrigation system performed efficiently according to the design. It was found that the largest amount of irrigation water was applied under the FI, and SSDI provided the least amount of irrigation water used compared to both FI and SDI. SSDI resulted in higher plant heights compared to SDI and FI. However, it was found that SDI achieved the highest grain and water productivity of wheat and maize compared to the FI and SSDI. Furthermore, the SDI significantly enhanced the biological yield of wheat and maize crops compared to FI and SSDI. Important results include the following:

- **Wheat Yield**

1- SDI saved 364.0 (m^3/fed), a 21.41% decrease compared to FI.
2- SDI produced a 6.46% higher yield, at 180.6 kg/fed, compared to FI.
3- SSDI saved 377.0 (m^3/fed), a 22.18% decrease compared to FI.
4- SDI achieved the highest water use efficiency, at 2.23 kg/m^3, followed by SSDI, which achieved an efficiency of 1.97 kg/m^3. FI had the lowest water use efficiency, at 1.64 kg/m^3.
5- From a statistical analysis perspective, the criteria show SDI generally produced the highest values for all growth and yield traits, often significantly outperforming both FI and SSDI. For example, SDI achieves the highest straw yield (4471.00 kg/fed) and grain yield (2976.4 kg/fed), both significantly higher than FI and SSDI. FI typically comes in second, with values significantly higher than SSDI and lower than SDI. SSDI consistently exhibits the lowest values and often differs significantly from the other two systems. This trend is evident in several key characteristics, including plant height, spike length, number of stalks and spikes per square meter, number of grains per plant, thousand-grain weight, biological yield, and harvest index.

- **Maize Yield**

1- SDI saved 594.6 (m^3/fed), a 21.43% decrease compared to FI.
2- SDI produced a 13.14% higher yield, at 423 kg/fed, compared to FI.
3- SSDI saved 614.4 (m^3/fed), a 22.14% decrease compared to FI.
4- SDI achieved the highest water use efficiency of 1.67 kg/m^3, followed by SSDI with an efficiency of 1.38 kg/m^3, while the FI had the lowest efficiency of 1.16 kg/m^3.
5- From a statistical analysis perspective, the parameters reveal that SDI generally produces the highest values for all growth and productivity traits, often significantly outperforming both FI and SSDI. For example, SDI achieved the highest straw yield (4815.67 kg/fed) and grain yield (3642.80 kg/fed), both of which were significantly higher than both FI and SSDI. FI typically came in second, with values significantly higher than SSDI and lower than SDI. SSDI consistently shows the lowest values and often differs significantly from the other two systems. This trend is evident in plant height, ear length (cm), number of grains/rows, number of grains/cups, thousand-grain weight, biological yield, and harvest index.

Statistical analysis using LSD at 0.05 clearly shows that the irrigation system significantly affects nutrient uptake by wheat and maize straw in clay soils. SDI consistently results in the highest uptake levels for nitrogen, phosphorus, potassium, iron, zinc, and manganese, and is the only system that significantly improves copper uptake compared to FI and SSDI. LSD values serve as critical thresholds that ensure that the observed differences are robust and not due to random variation.

The slight positive correlation with zinc and copper may be related to the effects of stress on nutrient access to the roots, but in general, these properties play a secondary role in nutrient dynamics compared to texture, pH, and organic matter.

The interaction between soil texture, pH, organic matter, CEC, calcium carbonate, and other factors control nutrient availability in complex ways. Clay and organic matter content enhance nutrient retention, while pH regulates solubility, particularly for phosphorus and micronutrients. The distinctive behavior of manganese underscores the need for specialized management in soils with unique conditions, such as high salinity or poor drainage. These findings underscore the importance of understanding specific soil properties to optimize nutrient management and enhance agricultural productivity. Future research should focus on elucidating the causal mechanisms behind these associations to guide tailored soil management practices.

This study demonstrates that drip irrigation outperforms conventional methods in terms of water savings, increased yield, and water use efficiency. Therefore, farmers are recommended to adopt drip irrigation systems as an alternative to conventional irrigation methods. However, modern irrigation

systems can pose challenges, including variations in soil water redistribution based on soil type and characteristics, nutrient availability, and varying crop responses, as well as concerns related to system installation and maintenance. To overcome these challenges, it is essential to regularly monitor soil characteristics and plant growth to ensure optimal system performance and sustainability.

Recommendations

1- Prioritize SDI as the preferred irrigation technology for both wheat and maize on clay soils in Menoufia, Egypt. SDI offers greater water-use efficiency and higher yields compared to flood irrigation, significantly reducing water costs while increasing crop revenues. This dual benefit is critical given the high value of water in arid regions.
2- Policymakers and farm managers should encourage investments in surface drip irrigation by considering the long-term economic returns from reduced water consumption and increased crop yields, despite the potential high initial capital costs. Over time, lower operational water costs, coupled with improved yields, can offset these initial investments.
3- Although SSDI technology shows slightly better water savings, its low yields, particularly in wheat, indicate the need for further optimization or context-specific cost-benefit analysis before its widespread adoption. Further research may be necessary to fine-tune SSDI technology to maximize yields, ensuring that water savings do not come at the expense of productivity.
4- In addition to adopting SDI technology, improving lateral spacing and system management can improve water savings and water use efficiency, as noted in several studies in this context. This will help maximize the agronomic and economic performance of irrigation systems in water-constrained areas.

These results highlight the significant potential of drip irrigation systems for water savings, as well as their positive impact on maize growth and yield on clay soils, demonstrating their effectiveness in addressing the challenges of water scarcity in Egypt.

Therefore, the use of a drip irrigation system is highly recommended to improve yield and water productivity in clay soil conditions, and the necessity of periodic monitoring of soil properties and plants growing in the area under study.

عنوان الرسالة: دراسة تأثير إستخدام بعض نظم الرى الحديثة على خواص الأراضى الطينية ونمو النبات بدلتا النيل – مصر

اسم الباحث: محمد حلمي أبوزيد صالح

الدرجة العلمية: دكتور الفلسفة فى العلوم الزراعية

القسم العلمى : علوم الأراضى

تاريخ موافقة مجلس الكلية : ٢٠٢٥/٧/٢٠

لجنة الإشراف: أ.د/ صلاح عبد المجيد رضـــــوان أستاذ كيمياء الأراضي، كلية الزراعة، جامعة المنوفية

أ.د/ الحسينى عبد الغفار أبو حسيـــن أستاذ كيمياء الأراضي، كلية الزراعة، جامعة المنوفية

أ.د/ عاطف عبد الغفار محمد نصار أستاذ باحث بمعهد بحوث إدارة المياه المركز القومي لبحوث المياه - وزارة الموارد المائية والري – مصر

الملخص العربي

نظراً للزيادة السكانية ومحدودية الموارد المائية وزيادة الطلب على المياه والتحديات التى تواجه الموارد المائية في جمهورية مصر العربية بسبب الإنتاج الزراعي المكثف في العديد من مناطق وادي النيل والدلتا والتغيرات المناخية ولا يزال المزارعون يستخدمون طرقًا بدائية للري، يتطلب ذلك تعديل إدارة المياه المتاحة في كل من الأراضي الجديدة والقديمة، لزيادة إنتاج المحاصيل وتحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة، وإن تطبيق تقنيات ري أكثر كفاءة يعتبر أحد السبل الهامة في هذا المجال. لذا تتضح أهمية دراسة سبل ترشيد إستخدام المياه في مصر.

وتهدف هذه الدراسة لتقييم ثلاثة أنظمة ري مختلفة مطبقة على التربة الطينية في محافظة المنوفية، مصر، وهي نظام الري بالغمر، ونظام الري بالتنقيط السطحي، ونظام الري بالتنقيط تحت السطحي، المستخدمة في زراعة محصول القمح (الشتوي) ومحصول الذرة (الصيفي).

1- دراسة تاثير نظم الرى المختلفة، كميات مياه الري، كمية المياه المتوفرة والانتاجية.
2- دراسة تاثير نظم الرى المختلفة على بعض خصائص التربة الطينية الفيزيائية والكيميائية، ونمو النباتات تحت ظروف الأراضي الطينية بمحافظة المنوفية.

أُجريت تجربتان حقليتان لإختبار القمح الشتوي والذرة الصيفية كنباتات تجريبية خلال موسمي النمو المتتاليين شتاء (٢٠٢٠ /٢٠٢١) وصيف (٢٠٢١) في الصوبة الزراعية التجريبية التابعة لقسم علوم الأراضي، كلية الزراعة بشبين الكوم، جامعة المنوفية، مصر، باستخدام ثلاثة أنظمة ري مختلفة: الري بالغمر، والري بالتنقيط السطحي، والري تحت السطحي، تتكون كل تجربة من ثلاث قطع تجريبية. بلغت مساحة القطعة التجريبية ٣٠ مترًا مربعًا. تكررت كل معاملة ثلاث مرات.

أظهرت النتائج المتحصل عليها من التجارب التي تم إجراؤها الآتي: من النتائج المتحصل عليها أن نظام الري بالتنقيط عمل بكفاءة وفقًا للتصميم، وجد أن أكبر كمية مياه رى مضافة كانت تحت نظام الرى بالغمر وأن نظام الري تحت السطحى أعطى أقل كمية مياه رى مستخدمه بالمقارنة بكلا من أنظمة الرى بالغمر التنقيط السطحي، أدى الري بالتنقيط تحت السطحي إلى ارتفاع أعلى للنباتات مقارنة بأنظمة الري بالتنقيط السطحي والري بالغمر. ومع ذلك، وجد أن نظام الري بالتنقيط السطحي حقق أعلى إنتاجية لحبوب القمح والذرة وإنتاجية مياه مقارنةً بأنظمة الري بالغمر والتنقيط تحت السطحي، علاوة على ذلك، عزز نظام الري بالتنقيط السطحي بشكل كبير الغلة البيولوجية لمحصولي القمح والذرة مقارنة بأنظمة الري بالغمر والتنقيط تحت السطحي وتشمل النتائج المهمة ما يلي:

- **محصول القمح:**

1- وفر نظام الري بالتنقيط السطحي 364.0 متر مكعب لكل فدان، أي بانخفاض قدره ٢١,٤١٪ مقارنة بالري بالغمر.
2- أنتج نظام الري بالتنقيط السطحي محصولًا أعلى بنسبة ٦,٤٦% بمعدل ١٨٠,٦ كجم/فدان مقارنة بالري بالغمر.
3- وفر نظام الري بالتنقيط تحت السطحي 377.0 متر مكعب لكل فدان، أي بانخفاض قدره ٢٢,١٨٪ مقارنة بالري بالغمر.
4- حقق نظام الري بالتنقيط السطحي كفاءة إستخدام مياه أعلى بلغت ٢,٢٣ كجم/م^3 يليه نظام التنقيط تحت سطحي بكفاءة بلغت 1.97 كجم/م^3 ، بينما كانت كفاءة الري بالغمر أقل حيث بلغت ١,٦٤ كجم/م^3.
5- من منظور التحليل الإحصائي، تُظهر المعايير أن نظام SDI يُنتج عمومًا أعلى القيم لجميع صفات النمو والإنتاجية، متفوقًا في كثير من الأحيان بشكل ملحوظ على نظامي FI و .SSDIعلى سبيل المثال، يُحقق نظام SDI أعلى إنتاجية للقش (٤٤٧١,٠٠ كجم/فدان) وأعلى إنتاجية للحبوب (٢٩٧٦,٤ كجم/فدان)، وكلاهما أعلى بكثير من نظامي FI و .SSDIعادةً ما يأتي نظام FI في المرتبة الثانية، بقيم أعلى بكثير من نظام SSDI وأقل من نظام .SDIيُظهر نظام SSDI باستمرار أدنى القيم، وغالبًا ما يختلف اختلافًا كبيرًا عن النظامين الآخرين. يتجلى هذا الاتجاه في ارتفاع النبات، وطول السنبلة، وعدد السيقان والسنابل لكل متر مربع، وعدد الحبوب لكل نبتة، ووزن الألف حبة، والعائد البيولوجي، ومؤشر الحصاد.

- **محصول الذرة:**

1- وفر نظام الري بالتنقيط السطحي ٥٩٤,٦ متر مكعب لكل فدان، أي بانخفاض قدره ٢١,٤٣٪ مقارنة بالري بالغمر.
2- أنتج نظام الري بالتنقيط السطحي محصولًا أعلى بنسبة ١٣,١٤% بمعدل ٤٢٣ كجم/فدان مقارنة بالري بالغمر.
3- وفر نظام الري بالتنقيط تحت السطحي ٦١٤,٤ متر مكعب لكل فدان، أي بانخفاض قدره ٢٢,١٤٪ مقارنة بالري بالغمر.
4- حقق نظام الري بالتنقيط السطحي كفاءة استخدام مياه أعلى بلغت 1.67كجم/م^3 يليه نظام التنقيط تحت سطحي بكفاءة بلغت 1.38كجم/م^3 ، بينما كانت كفاءة الري بالغمر أقل حيث بلغت 1.16 كجم/م^3.
5- من منظور التحليل الإحصائي، تكشف المعلمات أن نظام SDI يُنتج عمومًا أعلى القيم لجميع صفات النمو والإنتاجية، متفوقًا في كثير من الأحيان بشكل ملحوظ على نظامي FI و .SSDIعلى سبيل المثال، يُحقق نظام SDI أعلى إنتاجية للقش (٤٨١٥,٦٧ كجم/فدان) وأعلى إنتاجية للحبوب (٣٦٤٢,٨٠ كجم/فدان)، وكلاهما أعلى بكثير من نظامي FI وSSDI عادةً ما يأتي نظام FI في المرتبة الثانية، بقيم أعلى بكثير من نظام SSDI وأقل من نظام SDI يُظهر نظام SSDI باستمرار أدنى القيم، وغالبًا ما يختلف اختلافًا كبيرًا عن النظامين الآخرين. يتضح هذا الاتجاه في ارتفاع النبات، وطول الكوز (سم)، وعدد الحبوب/الصف وعدد الحبوب/الكوب، ووزن الألف حبة، والعائد البيولوجي، ومؤشر الحصاد.

يُظهر التحليل الإحصائي باستخدام LSD عند ٠,٠٥ بوضوح أن نظام الري يؤثر بشكل كبير على امتصاص قش القمح والذرة للمغذيات في التربة الطينية. يؤدي SDI باستمرار إلى أعلى مستويات امتصاص للنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والحديد والزنك والمنجنيز، وهو النظام الوحيد الذي يُحسّن امتصاص النحاس بشكل ملحوظ مقارنةً بـ FI وSSDI تعمل قيم LSD كعتبات حرجة تضمن أن تكون الاختلافات الملحوظة قوية وليست ناتجة عن تباين عشوائي.

قد يكون الارتباط الإيجابي الطفيف مع الزنك والنحاس مرتبطًا بتأثيرات الضغط على وصول العناصر الغذائية إلى الجذور، ولكن بشكل عام، تلعب هذه الخصائص دورًا ثانويًا في ديناميكيات العناصر الغذائية مقارنةً بالملمس، والرقم الهيدروجيني، والمحتوى العضوي.

يتحكم التفاعل بين ملمس التربة، والرقم الهيدروجيني، والمحتوى العضوي، CEC، وكربونات الكالسيوم، والمحتوى العضوي في توافر العناصر الغذائية بطرق معقدة. يعزز محتوى الطين والمحتوى العضوي الاحتفاظ بالعناصر الغذائية، بينما ينظم الرقم الهيدروجيني قابلية الذوبان، وخاصةً للفوسفور والعناصر الغذائية الدقيقة. يؤكد السلوك المميز للمنغنيز على الحاجة

إلى إدارة متخصصة في التربة ذات الظروف الفريدة، مثل الملوحة العالية أو سوء الصرف. تؤكد هذه النتائج على أهمية فهم خصائص التربة الخاصة لتحسين إدارة العناصر الغذائية وتعزيز الإنتاجية الزراعية. ينبغي أن تركز الأبحاث المستقبلية على توضيح الآليات السببية وراء هذه الارتباطات لتوجيه ممارسات إدارة التربة المصممة خصيصًا.

تُظهر هذه الدراسة أن الري بالتنقيط يتفوق على الطرق التقليدية من حيث توفير المياه، وزيادة الغلة، وكفاءة استخدام المياه. لذلك، يُوصى المزارعون بإعتماد أنظمة الري بالتنقيط بديلًا عن أساليب الري التقليدية. ومع ذلك، قد تُشكّل أنظمة الري الحديثة تحديات، تشمل إختلافات في إعادة توزيع مياه التربة بناءً على نوعها وخصائصها، وتوافر العناصر الغذائية، وتفاوت إستجابات المحاصيل، بالإضافة إلى مخاوف تتعلق بتركيب النظام وصيانته. وللتغلب على هذه التحديات، من الضروري مراقبة خصائص التربة ونمو النباتات بإنتظام لضمان الأداء الأمثل للنظام وإستدامته.

التوصيات:

1- إعطاء الأولوية لـ SDI كتقنية ري مفضلة لكل من القمح والذرة في التربة الطينية في المنوفية، مصر. يوفر SDI كفاءة أعلى في استخدام المياه وعوائد أعلى مقارنةً بالري بالغمر، مما يقلل تكاليف المياه بشكل كبير مع زيادة إيرادات المحاصيل. تُعد هذه الفائدة المزدوجة بالغة الأهمية نظرًا لارتفاع قيمة المياه في المناطق القاحلة.

2- ينبغي على صانعي السياسات ومديري المزارع تشجيع الاستثمارات في الري بالتنقيط السطحي من خلال مراعاة العوائد الاقتصادية طويلة الأجل من انخفاض استهلاك المياه وزيادة إنتاجية المحاصيل، على الرغم من ارتفاع تكاليف رأس المال الأولية المحتملة. بمرور الوقت، يمكن لانخفاض تكاليف المياه التشغيلية، إلى جانب تحسين الإنتاجية، أن يعوض هذه الاستثمارات الأولية.

3- على الرغم من أن تقنية SSDI تُظهر نسب توفير مياه أفضل قليلاً، إلا أن انخفاض إنتاجيتها، لا سيما في القمح، يشير إلى ضرورة إجراء مزيد من التحسين أو تحليل التكلفة والفائدة حسب السياق قبل إعتمادها على نطاق واسع. قد يكون من الضروري إجراء المزيد من الأبحاث لضبط تقنية SSDI بدقة لتحقيق أقصى غلة، مما يضمن ألا يكون توفير المياه على حساب الإنتاجية.

4- بالإضافة إلى اعتماد تقنية SDI، فإن تحسين التباعد الجانبي وتحسين إدارة النظام يمكن أن يُحسّن من توفير المياه وكفاءة استخدام المياه، كما هو مذكور في العديد من الدراسات في هذا السياق. وسيساعد هذا على تعظيم الأداء الزراعي والاقتصادي لأنظمة الري في المناطق التي تواجه قيودًا على المياه.

تسلط هذه النتائج الضوء على الإمكانات الكبيرة لأنظمة الري بالتنقيط في توفير المياه، بالإضافة إلى تأثيرها الإيجابي على نمو وإنتاجية الذرة في التربة الطينية، مما يُظهر فعاليتها في مواجهة تحديات ندرة المياه في مصر.

لذلك، يُوصى بشدة بإستخدام نظام الري بالتنقيط لتحسين المحصول وإنتاجية المياه في ظروف التربة الطينية وضرورة المراقبة الدورية لخواص التربة والنباتات النامية في المنطقة قيد الدراسة.