



العدد : ٢٦
التاريخ : ٢٥ / ٢ / ٢٠٢٦

إلى / أ.د. حسين علي عبد الحسين المحترم
جامعة القادسية / كلية الآداب
م.م. أحمد كاظم عبد الله المحترم
جامعة القادسية / كلية الآداب

م / قبول نشر

تحية طيبة

يسر هيئة تحرير مجلة القادسية في الآداب والعلوم التربوية أن تعلمكم بقبول نشر بحثكم الموسوم
بـ (تقييم مستوى الملاءمة بين نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) ومؤشرات التغير المناخي في محافظتي
النجف والقادسية للمدة (١٩٨٠ – ٢٠٢٣))، وسيتم نشره في الأعداد القادمة، مع التقدير.

أ.د. سرحان جفات سلمان
رئيس التحرير
٢٠٢٦ / ٢ / ٢٥

السيد

أ.م.د. عصام عدنان الياسري
مدير التحرير
٢٠٢٦ / ٢ / ٢٥



نسخة منه إلى:

- أمانة التحرير .
- الصادرة .
- وحدة الرقابة .

تقييم مستوى الملازمة بين نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) ومؤشرات التغير المناخي في
محافظة النجف والقادسية للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٣)

أ.د. حسين علي عبد الحسين العابدي / قسم الجغرافية / كلية الآداب / جامعة القادسية

Hussain.abdulhussein@qu.edu.iq

رقم الهاتف (٠٧٨٦٩٢٧٧٧٣٢)

م.م احمد كاظم عبد الله الخالدي / قسم الجغرافية / كلية الآداب / جامعة القادسية

@gmail.com22ahmedalkahlidyr

رقم الهاتف (٠٧٨٠٣٤٤٧٧٤٨)

المستخلص

يهدف هذا البحث إلى تقييم مستوى الملازمة بين مؤشرات التغير المناخي و نظام تكثيف زراعة الرز (System of Rice Intensification – SRI) في محافظتي النجف الأشرف، والقادسية، بوصفهما من أهم مناطق زراعة الرز في إقليم الفرات الأوسط من العراق، واعتمدت الدراسة على تحليل بيانات مناخية طويلة الأمد للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٣)، شملت عناصر الحرارة (الصغرى والعظمى والوحدات الحرارية المتجمعة)، والأمطار، والرطوبة النسبية، والتبخر-النتح الكامن (ETO)، وذلك باستعمال المنهج التحليلي الكمي والمكاني.

أظهرت نتائج البحث تزايد في درجات الحرارة خلال موسم النمو الصيفي لمحصول الرز، وتراكم كبير للوحدات الحرارية، يقترن مع انخفاض ملحوظ في الرطوبة النسبية وارتفاع قيم التبخر-النتح، في ظل شح شبه تام للأمطار خلال أشهر زراعة الرز. وأسهم هذا التفاعل المناخي المركب في زيادة مستويات الإجهاد الحراري والمائي للمحصول، مما يحدّ من كفاءة أساليب الزراعة التقليدية المعتمدة على الغمر المستمر. وقد كشفت النتائج عن فروق مكانية محدودة بين المحافظتين، إلا أن الاتجاه العام يشير إلى تصاعد الضغوط المناخية ضمن منطقة الدراسة.

وأوضحت الدراسة أن نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) يُعد خيارًا ملائمًا للتكيف مع هذه الظروف المناخية، لما يوفره من كفاءة عالية في إدارة المياه من خلال تقليل الغمر المستمر، وتحسين تهوية التربة، وتعزيز نمو الجذور، بما يساهم في خفض الفاقد المائي والتقليل من آثار الإجهاد الحراري. وتخلص الدراسة إلى أن تبني نظام SRI يمثل توجهًا عمليًا ومستدامًا لتعزيز إنتاجية الرز وتحسين كفاءة استعمال الموارد المائية في محافظتي النجف الأشرف والقادسية في ظل التغيرات المناخية المتزايدة.

الكلمات المفتاحية:

التغير المناخي، نظام SRI، الإجهاد المائي.

Abstract

This study aims to analyze the interaction between key climatic elements and to assess their role in determining the suitability of applying the System of Rice Intensification (SRI) in Najaf Al-Ashraf and Al-Qadisiyah governorates, which represent important rice-growing areas in the Middle Euphrates region of Iraq. The research is based on the analysis of long-term climatic data covering the period ١٩٨٠-٢٠٢٣, including temperature variables (minimum, maximum, and accumulated heat units), rainfall, relative humidity, and reference evapotranspiration (ET_o). A quantitative and spatial analytical approach was adopted to evaluate climatic trends and their agricultural implications.

The results indicate a clear increase in temperatures during the summer growing season, accompanied by high accumulated heat units, low relative humidity levels, and elevated evapotranspiration rates, while rainfall is almost absent during the rice cultivation period. This combined climatic interaction leads to intensified thermal and water stress on rice crops, reducing the efficiency of conventional flooded cultivation practices. Although limited spatial differences were observed between the two governorates, the overall trend reflects increasing climatic pressure on rice production in both areas.

The study demonstrates that the System of Rice Intensification (SRI) represents a suitable adaptive approach to these climatic conditions, as it enhances water use efficiency by reducing continuous flooding, improving soil aeration, and promoting stronger root development. These practices contribute to minimizing water losses and mitigating the impacts of thermal and water stress. The study concludes that

adopting the SRI system provides a practical and sustainable strategy to improve rice productivity and ensure efficient water resource management in Najaf Al-Ashraf and Al-Qadisiyah governorates under ongoing climate change conditions.

Keywords:

Climate Change, SRI System, Water Stress.

أولاً: المقدمة

أصبحت التغيرات المناخية من أبرز التحديات البيئية التي تواجه النظم الزراعية في العراق، ولا سيما في البيئات الجافة وشبه الجافة التي تتسم بارتفاع درجات الحرارة، وتذبذب كميات الأمطار، وتزايد معدلات التبخر-النتح، الأمر الذي انعكس بشكل مباشر على كفاءة الإنتاج الزراعي واستدامته. وتعد زراعة الرز من أكثر الأنشطة الزراعية تأثراً بهذه المتغيرات المناخية، نظراً لاحتياجاتها العالية من المياه وحساسيتها للتغيرات الحرارية خلال مراحل النمو المختلفة.

وفي هذا السياق، تبرز محافظتا النجف والقادسية بوصفهما من المناطق الزراعية المهمة في وسط وجنوب العراق، إذ تمثلان نطاقاً مناخياً شبه جاف يتأثر بشكل واضح بتقلبات المناخ الإقليمي، لا سيما خلال العقود الأخيرة. وقد أدت هذه التغيرات إلى زيادة الضغوط على الموارد المائية، وتراجع كفاءة الأساليب التقليدية في زراعة الرز، مما استدعى البحث عن بدائل زراعية أكثر تكيفاً مع الواقع المناخي المتغير.

ومن بين هذه البدائل، يبرز نظام تكثيف زراعة الرز (System of Rice Intensification – SRI) كأحد النظم الزراعية الحديثة التي تهدف إلى تحسين كفاءة استعمال المياه، وتعزيز الإنتاجية، وتقليل الأثر البيئي، من خلال ممارسات زراعية تتلاءم مع ظروف الإجهاد المناخي. وقد أظهرت دراسات عديدة إمكانية اعتماد هذا النظام في البيئات شبه الجافة، إلا أن مدى ملاءمته المناخية يختلف مكانياً وزمانياً تبعاً لطبيعة المتغيرات المناخية السائدة. وانطلاقاً من ذلك، تأتي هذه الدراسة لتقييم مؤشرات التغير المناخي وتحليل أثرها على ملاءمة نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) في محافظتي النجف والقادسية، اعتماداً على تحليل البيانات المناخية طويلة الأمد، وباستعمال أدوات التحليل الجغرافي والمناخي، لتقديم رؤية علمية تسهم في دعم التوجه نحو زراعة أكثر استدامة في منطقة الدراسة.

ثانيًا: مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في التساؤل الرئيس الآتي:

إلى أي مدى أثرت التغيرات المناخية في محافظتي النجف والقادسية على ملائمة زراعة الرز، وما مدى قدرة نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) على التكيف مع هذه التغيرات مقارنة بالأساليب التقليدية؟

ويتفرع عن هذا التساؤل عدد من الإشكاليات الفرعية، من أبرزها:

- ١- ما طبيعة التغيرات المناخية التي شهدتها منطقة الدراسة خلال المدة الزمنية المعتمدة؟
 - ٢- كيف انعكست مؤشرات التغير المناخي (الحرارة، الأمطار، التبخر-النتح، الرطوبة النسبية) على البيئة الزراعية في النجف والقادسية؟
 - ٣- هل يحقق نظام SRI مستوى أعلى من الملاءمة المناخية في ظل ظروف الإجهاد المائي والحراري السائدة في المنطقة؟
- وتنبع أهمية هذه المشكلة من كونها ترتبط بشكل مباشر بالأمن الغذائي المحلي، وإدارة الموارد المائية المحدودة، وبالتوجهات الحديثة نحو الزراعة الذكية مناخيًا في العراق.

ثالثًا: فرضيات البحث

انطلاقًا من مشكلة البحث، تقوم الدراسة على مجموعة من الفرضيات العلمية، أبرزها:

١. توجد علاقة ذات دلالة بين التغيرات المناخية في محافظتي النجف والقادسية وبين تراجع كفاءة زراعة الرز بالأساليب التقليدية.
٢. يُظهر نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) ملائمة مناخية أعلى مقارنة بالنظام التقليدي، ولاسيما في ظل ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر-النتح في منطقة الدراسة.
٣. تتباين درجة ملائمة نظام SRI مكانيًا بين محافظتي النجف والقادسية تبعًا لاختلاف خصائص المناخ المحلي ومؤشرات التغير المناخي السائدة في كل محافظة.
٤. يسهم اعتماد مؤشرات التغير المناخي في توفير أساس علمي لتقييم كفاءة النظم الزراعية البديلة وتعزيز استدامة زراعة الرز في البيئات شبه الجافة.

رابعًا: حدود منطقة الدراسة

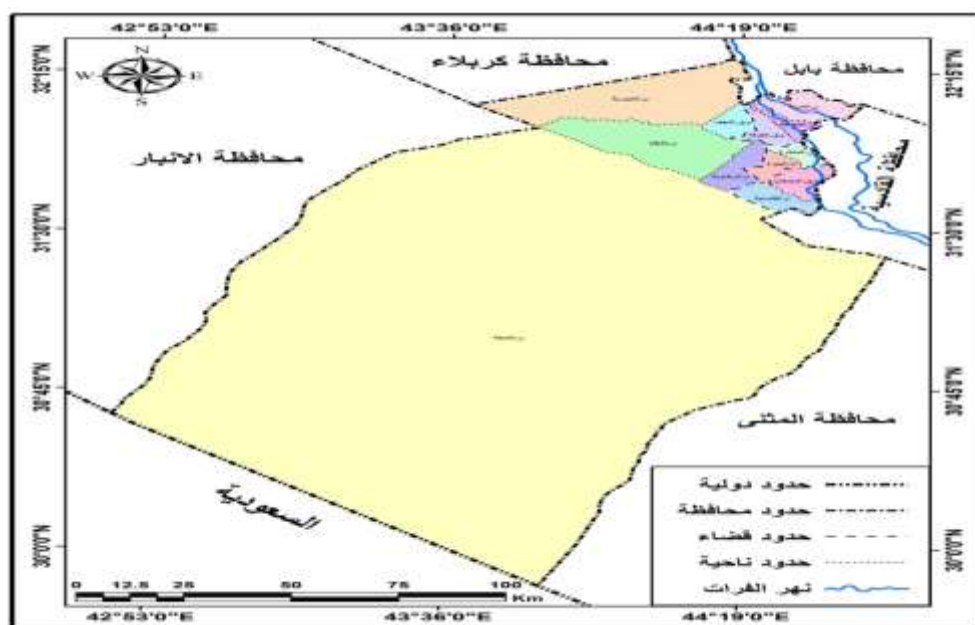
الحدود المكانية

تحددت الحدود المكانية للبحث بمحافظتي النجف الأشرف والقادسية الواقعتين ضمن إقليم الفرات الأوسط من العراق، واللتين تقعان ضمن النطاق المناخي شبه الجاف، الذي يتميز بارتفاع

درجات الحرارة، وشدة الإشعاع الشمسي، وتذبذب كميات الأمطار، وهي خصائص ذات تأثير مباشر في النشاط الزراعي ولا سيما زراعة محصول الرز. وقد شملت الدراسة عددًا من الأقضية والنواحي الزراعية في كلتا المحافظتين بما يحقق تمثيلًا مكانيًا مناسبًا للتباين البيئي والزراعي، ويُوضَّح موقع منطقة البحث من خلال الخريطة (١) لمحافظة النجف الأشرف والخريطة (٢) لمحافظة القادسية.

الحدود الزمانية

تحددت الحدود الزمانية للدراسة بالمدة الممتدة بين ٢٠٢٣-١٩٨٠، وهي مدة زمنية كافية لرصد وتحليل اتجاهات التغير المناخي طويل الأمد في منطقة البحث. وقد أُتيح من خلالها تتبع التغيرات في عناصر المناخ الرئيسة، مثل درجات الحرارة، والإشعاع الشمسي، والأمطار، والرطوبة النسبية، والتبخر-النتح، وربطها بالتحويلات الزراعية، ولا سيما تقييم ملائمة تطبيق نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) في محافظتي النجف الأشرف والقادسية.



خريطة (١) الوحدات الادارية لمحافظة النجف الاشرف

المصدر: وزارة الموارد المائية ، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية، بغداد ، ٢٠٢٠،
بمقياس (١:١٠٠٠٠٠).



خريطة (٢) الوحدات الادارية لمحافظة القادسية

المصدر: وزارة الموارد المائية ، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية، بغداد ، ٢٠٢٠ ،
بمقياس (١:١٠٠٠٠٠).

خامساً: مؤشرات التغير المناخي المعتمدة في الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على مجموعة من مؤشرات التغير المناخي الأساسية التي تُعد من أكثر العناصر المناخية تأثيراً في النشاط الزراعي، ولا سيما زراعة الرز، وذلك بهدف تقييم طبيعة التغيرات المناخية وانعكاساتها على ملائمة نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) في محافظتي النجف والقادسية. وتم اختيار هذه المؤشرات لكونها تعكس بصورة مباشرة حالة الإجهاد الحراري والمائي السائد في البيئات شبه الجافة ^(١).

وتشمل المؤشرات المعتمدة درجات الحرارة (العظمى والصغرى)، التي تمثل عنصراً حاسماً في تحديد طول موسم النمو وكفاءة العمليات الفسيولوجية للمحاصيل الزراعية. إذ يؤدي الارتفاع المتكرر في درجات الحرارة العظمى خلال فصل الصيف إلى زيادة معدلات التبخر وفقدان الرطوبة من التربة، في حين يؤثر تذبذب درجات الحرارة الصغرى في انتظام النمو النباتي، ولا سيما خلال المراحل الحساسة لمحصول الرز ^(٢).

و تم اعتماد الأمطار بوصفها مؤشراً مناخياً مكملًا، على الرغم من محدودية أثرها المباشر في تغطية الاحتياجات المائية للمحاصيل الصيفية في منطقة الدراسة. وتكتسب الأمطار أهميتها من

حيث انتظامها الزمني وكمياتها السنوية، لما لذلك من تأثير في تغذية التربة بالرطوبة وتقليل الضغط على الموارد المائية السطحية، خاصة في مواسم الجفاف المتكررة .

ويُعد التبخر-النتح المرجعي (ETO) من أهم المؤشرات المناخية المعتمدة في هذه الدراسة، لكونه يمثل مقدار الفاقد المائي الناتج عن التفاعل بين عناصر المناخ المختلفة، ولا سيما درجات الحرارة، والإشعاع الشمسي، وسرعة الرياح. وتؤدي القيم المرتفعة للتبخر-النتح في محافظتي النجف والقادسية إلى اتساع الفجوة المائية، مما يجعل هذا المؤشر أساساً في تقييم كفاءة نظم الزراعة البديلة وقدرتها على التكيف مع ظروف الندرة المائية^(٣)

وقد جرى تحليل هذه المؤشرات ضمن إطار زمني طويل نسبياً، بما يتيح الكشف عن الاتجاهات المناخية العامة، وتقييم أثرها التراكمي على الزراعة، وبالأخص على مدى ملائمة تطبيق نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) في منطقة الدراسة.

سادساً: منهجية تحليل المؤشرات المناخية

اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي الزمني في معالجة المؤشرات المناخية المختارة لمحافظتي النجف والقادسية، لملاءمته في تتبع اتجاهات التغير المناخي طويلة الأمد. وتم تحليل البيانات المناخية الشهرية والسنوية لمحطات الرصد ضمن منطقة الدراسة بعد تنظيمها وفق المدة الزمنية المعتمدة. وشمل التحليل احتساب المتوسطات والقيم العظمى والصغرى وإظهار التباين الزمني بين الفترات. كما استعملت الأساليب الإحصائية الوصفية والتمثيل البياني والمكاني لتوضيح أنماط التغير المناخي والفروق المكانية بين المحافظتين. وأسهمت هذه المنهجية في تقييم أثر التغير المناخي وتحديد مدى ملائمة تطبيق نظام تكثيف زراعة الرز (SRI). (SRI) في ظل الظروف المناخية السائدة.

سابعاً: خصائص اتجاهات ساعات السطوع الشمسي الفعلي وملاءمتها لنظام تكثيف زراعة الرز (SRI) في منطقة الدراسة

يُظهر جدول (١) المعدلات الشهرية لساعات السطوع الشمسي الفعلي في محافظتي النجف والقادسية وجود اتجاه زمني موسمي واضح يتمثل بارتفاع تدريجي في ساعات السطوع من فصل الشتاء باتجاه فصل الصيف، مع فروق مكانية محدودة بين المحطتين المناخيتين. فقد سجلت أدنى القيم خلال أشهر الشتاء، إذ بلغت في كانون الثاني (٦.٣) ساعة في النجف و(٦.٢) ساعة في القادسية، ثم ارتفعت تدريجياً خلال فصل الربيع لتصل إلى (٩.٤) ساعة في شهر أيار في كلتا المحافظتين، وهو ما يعكس ازدياد الإشعاع الشمسي مع تقدم الموسم الزراعي^(٤)

وتسجل أعلى قيم السطوع الشمسي خلال فصل الصيف، إذ بلغت في حزيران (١١.٥) ساعة في النجف و(١١.١) ساعة في القادسية، وارتفعت في تموز إلى (١١.٦) ساعة و(١١.٤) ساعة على التوالي، واستمرت مرتفعة في شهر آب. ويمثل هذا الارتفاع شدة الإشعاع الشمسي وزيادة الحمل الحراري خلال موسم النمو الصيفي لمحصول الرز، مما يسهم في ارتفاع معدلات التبخر-النتح وتعظيم الإجهاد المائي للنبات في البيئات شبه الجافة^(٥)

ومع بداية فصل الخريف، تبدأ ساعات السطوع الشمسي بالانخفاض التدريجي وصولاً إلى أدنى مستوياتها في فصل الشتاء. ويُلاحظ أن محافظة النجف تسجل ساعات سطوع شمسي أعلى نسبياً من محافظة القادسية بفارق محدود يتراوح بين (٠.١-٠.٥) ساعة يومياً، وهو فارق ذو دلالة مناخية يسهم في زيادة شدة الإجهاد الحراري خلال موسم الزراعة. وفي ضوء هذه الخصائص، تتضح ملائمة نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) في منطقة الدراسة، إذ يسهم في التكيف مع ارتفاع السطوع الشمسي من خلال تقليل الغمر المستمر، وتحسين تهوية التربة، ورفع كفاءة استعمال المياه، مما يساعد على تقليل الفاقد المائي خلال مراحل النمو الحساسة لمحصول الرز

جدول (١) المعدلات الشهرية لساعات السطوع الشمسي الفعلي (ساعة/يوم) في محافظتي النجف والقادسية

الشهر	النجف	القادسية
كانون الثاني	٦.٣	٦.٢
شباط	٧.٢	٧.١
أذار	٧.٩	٧.٩
نيسان	٨.٤	٨.٣
أيار	٩.٤	٩.٤
حزيران	١١.٥	١١.١
تموز	١١.٦	١١.٤
آب	١١.٣	١٠.٨
أيلول	١٠.٣	٩.٩
تشرين الأول	٨.٤	٨.١
تشرين الثاني	٧.٠	٦.٩
كانون الأول	٦.٤	٥.٨

المصدر: الباحث بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

ثامناً: خصائص اتجاهات درجات الحرارة الصغرى وملاءمتها لنظام تكثيف زراعة الرز (SRI)

يُبين جدول (٢) المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة الصغرى في محافظتي النجف والقادسية وجود تدرج حراري موسمي واضح خلال أشهر السنة، وهو عامل مناخي مؤثر بصورة مباشرة في كفاءة تطبيق نظام تكثيف زراعة الرز (SRI). فقد سجلت درجات الحرارة الصغرى خلال أشهر الشتاء قيمةً منخفضة بلغت في كانون الثاني (٥.٦°م) في النجف و(٦.٢°م) في القادسية، لترتفع تدريجياً في شباط إلى (٧.٦°م) و(٨.٣°م)، وهي قيم تمثل مرحلة انتقالية تسبق بدء النشاط الفسيولوجي للنبات في البيئات شبه الجافة^(٦)

وخلال فصل الربيع، تُظهر القيم الشهرية ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة الصغرى، إذ بلغت في آذار (١٢.١°م) في النجف و(١٢.٧°م) في القادسية، وارتفعت في نيسان إلى (١٧.٩°م) و(١٨.٢°م)، ثم وصلت في أيار إلى (٢٣.٤°م) و(٢٣.٩°م) على التوالي. وتُعد هذه المرحلة مناخياً مناسبة لتطبيق ممارسات نظام SRI، ولا سيما ما يتعلق بنبات الشتلات المبكر وتعزيز نمو الجذور في ظروف حرارية معتدلة تقلل من الإجهاد الحراري الليلي^(٧)

وتسجل أعلى درجات الحرارة الصغرى خلال فصل الصيف، إذ بلغت ذروتها في تموز مسجلة (٢٩.٨°م) في النجف و(٢٩.١°م) في القادسية، تلتها قيم مرتفعة في آب. وتمثل هذه القيم مؤشراً على ارتفاع حرارة الليالي الصيفية، الأمر الذي يزيد من الإجهاد الحراري ويؤثر في كفاءة العمليات الفسيولوجية لمحصول الرز. وهنا تبرز أهمية نظام SRI في الحد من هذه الآثار من خلال تحسين تهوية التربة، وتقليل الغمر المستمر، ورفع كفاءة الجذور في امتصاص الماء والعناصر الغذائية تحت ظروف حرارية مرتفعة^(٨)

ومع بداية فصل الخريف، تبدأ درجات الحرارة الصغرى بالانخفاض التدريجي، مما يؤدي إلى تراجع النشاط الفسيولوجي للنبات، ويستدعي مواءمة مواعيد الزراعة والحصاد مع الخصائص الحرارية الشهرية لضمان كفاءة تطبيق نظام SRI. ويُلاحظ من خلال التحليل أن محافظة القادسية تسجل قيمةً أعلى قليلاً لدرجات الحرارة الصغرى مقارنة بمحافظة النجف خلال معظم أشهر السنة، في حين تسجل النجف قيمةً أعلى خلال أشهر الصيف، وهذا يمثل تبايناً مكانياً دقيقاً يؤكد ضرورة الإدارة الحرارية والمائية المتكيفة مع كل محافظة.

جدول (٢) المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة الصغرى (م°) في محافظتي النجف والقادسية

الشهر	النجف	القادسية
كانون الثاني	٥.٦	٦.٢
شباط	٧.٦	٨.٣
آذار	١٢.١	١٢.٧
نيسان	١٧.٩	١٨.٢
أيار	٢٣.٤	٢٣.٩
حزيران	٢٧.٣	٢٦.٩
تموز	٢٩.٨	٢٩.١
آب	٢٩.٣	٢٨.٤
أيلول	٢٥.٣	٢٥.٠
تشرين الأول	١٩.٨	٢٠.١
تشرين الثاني	١٢.٣	١٢.٩
كانون الأول	٧.٣	٧.٨

المصدر: الباحث بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

تاسعاً: خصائص اتجاهات درجات الحرارة العظمى وعلاقتها بإجهاد الرز ونظام تكثيف زراعة الرز (SRI)

يبين جدول (٣) المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى في محافظتي النجف والقادسية وجود ارتفاع حراري واضح خلال أشهر موسم النمو الزراعي، وهو ما يُعد من أهم العوامل

المسببة لإجهاد محصول الرز في منطقة الدراسة. فقد سجلت درجات الحرارة العظمى في شهر نيسان (٣١.٣ م°) في النجف و(٣١.٧ م°) في القادسية، لترتفع في شهر أيار إلى (٣٧.٣ م°) و(٣٨.٥ م°) على التوالي، وهي قيم تقترب من العتبات الحرارية المؤثرة في كفاءة العمليات الفسيولوجية للرز.

وتصل درجات الحرارة العظمى إلى ذروتها خلال أشهر الصيف، إذ سجل شهر حزيران (٤٢.٨ م°) في كلتا المحافظتين، وارتفعت في شهر تموز إلى (٤٤.٨ م°) في النجف و(٤٤.٩ م°) في القادسية، وهي أعلى القيم المسجلة خلال السنة. كما استمرت القيم المرتفعة في شهر آب، مسجلة (٤٤.٤ م°) في النجف و(٤٤.٨ م°) في القادسية. وتمثل هذه القيم مؤشراً واضحاً على شدة الإجهاد الحراري الذي يتعرض له محصول الرز، ولا سيما خلال مرحلتي الإزهار وامتلاء الحبوب، إذ تؤدي الحرارة المرتفعة إلى انخفاض كفاءة التمثيل الضوئي وزيادة فقدان الماء.

جدول (٣) المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى (°م) في محافظتي النجف والقادسية

الشهر	النجف	القادسية
كانون الثاني	١٦.٦	١٧.٣
شباط	١٩.٨	٢٠.٣
آذار	٢٥.٢	٢٥.٦
نيسان	٣١.٣	٣١.٧
أيار	٣٧.٣	٣٨.٥
حزيران	٤٢.٨	٤٢.٨
تموز	٤٤.٨	٤٤.٩
آب	٤٤.٤	٤٤.٨
أيلول	٤٠.٤	٤١.٠
تشرين الأول	٣٤.١	٣٤.٩
تشرين الثاني	٢٤.٨	٢٥.١
كانون الأول	١٨.٨	١٩.١

المصدر: الباحث بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

ومع بداية فصل الخريف، تبدأ درجات الحرارة العظمى بالانخفاض التدريجي، إذ سجل شهر أيلول (٤٠.٤°م) في النجف و(٤١.٠°م) في القادسية، ثم انخفضت في تشرين الأول إلى (٣٤.١°م) و(٣٤.٩°م)، واستمر الانخفاض في تشرين الثاني ليسجل (٢٤.٨°م) و(٢٥.١°م)، وصولاً إلى أدنى القيم في فصل الشتاء، إذ بلغت في كانون الثاني (١٦.٦°م) في النجف و(١٧.٣°م) في القادسية. ويمثل هذا التباين الموسمي الحاد طبيعة الإجهاد الحراري الذي يرافق موسم النمو الصيفي.

ويلاحظ من خلال التحليل المكاني أن محافظة القادسية تسجل درجات حرارة عظمى أعلى قليلاً من محافظة النجف خلال معظم أشهر السنة، وبفارق يتراوح بين (٠.٣-١.٢°م)، وهو ما يشير إلى تفاوت في شدة الإجهاد الحراري بين المحافظتين. وتزداد أهمية هذا التباين عند تطبيق نظام تكتيف زراعة الرز (SRI)، إذ يتطلب النظام إدارة دقيقة لمواعيد الزراعة والرّي لتقليل تعرض النبات لساعات الذروة الحرارية.

وتبرز أهمية نظام SRI في مواجهة هذا الإجهاد الحراري من خلال تقليل الغمر المستمر، وتحسين تهوية التربة، وتعزيز نمو الجذور، مما يساعد النبات على تحمل درجات الحرارة العظمى المرتفعة وتقليل فقدان الماء تحت الظروف المناخية القاسية السائدة في منطقة الدراسة. وتؤكد هذه النتائج أن نجاح زراعة الرز في محافظتي النجف والقادسية أصبح مرتبطاً بشكل متزايد بمدى كفاءة تطبيق نظم زراعية متكيفة مع الارتفاع الحراري، وفي مقدمتها نظام تكتيف زراعة الرز (SRI).

عاشراً: خصائص الوحدات الحرارية المتجمعة وعلاقتها بمراحل نمو الرز ونظام تكثيف زراعة الرز(SRI)

يُبين جدول (٤) أن الوحدات الحرارية المتجمعة خلال موسم زراعة الرز في محافظتي النجف والقادسية بلغت (٣٩٢٨) درجة/يوم في النجف و(٣٩٠٧) درجة/يوم في القادسية، وهذا يعطي تقارباً حرارياً عاماً مع تفوق نسبي لمحافظة النجف. وتتركز أعلى القيم خلال شهري تموز وآب، إذ تمثل هذه المدة ذروة التراكم الحراري المتزامن مع مرحلتي النمو الخضري وبداية التزهير، وهما من أكثر مراحل نمو الرز حساسية للإجهاد الحراري، إذ يؤدي تجاوز الحدود الحرارية المثلى إلى انخفاض كفاءة الإزهار وزيادة فقدان الرطوبة^(٩)

أما خلال شهر حزيران، فقد سجلت الوحدات الحرارية المتجمعة قيمة مرتفعة نسبياً تعكس مرحلة التفريع والنمو المبكر، إذ تسهم الحرارة في تسريع النمو النباتي، لكنها قد تتحول إلى عامل ضغط في حال عدم كفاءة إدارة المياه. ومع الانتقال إلى شهري أيلول وتشرين الأول، تنخفض الوحدات الحرارية المتجمعة، بما يتوافق مع مرحلتي امتلاء الحبوب والنضج،

جدول (٤) المعدلات الشهرية للوحدات الحرارية المتجمعة لموسم زراعة الرز (درجة/يوم) في محافظتي النجف والقادسية

الشهر	النجف	القادسية
حزيران	٧٥٨.٥	٧٥٣.٠
تموز	٨٦٥.٠	٨٤٠.١
آب	٨٤٥.٢	٨٢٤.٦
أيلول	٧١٢.٦	٧٠٦.٨
تشرين الأول	٥١١.٥	٥٢٧.٠
تشرين الثاني	٢٣٥.٠	٢٥٥.٠
المجموع	٣٩٢٨	٣٩٠٧

المصدر: الباحث بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

إذ يُعد الانخفاض النسبي في التراكم الحراري عاملاً مساعداً على تحسين نوعية الحبوب وتقليل الإجهاد الحراري المتأخر^(١٠)

وتُظهر البيانات وجود فروق مكانية محدودة بين المحافظتين، إذ سجلت القادسية امتداداً حرارياً نسبياً خلال نهاية الموسم مقارنة بمحافظة النجف، وهو ما يؤثر في توقيت النضج والحصاد. وفي هذا السياق، يبرز نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) بوصفه نظاماً زراعياً ملائماً لإدارة التراكم الحراري من خلال تحسين تهوية التربة، وتقليل الغمر المستمر، وضبط مواعيد الزراعة بما

ينسجم مع الذروة الحرارية، مما يسمح بالاستفادة المثلى من الوحدات الحرارية المتجمعة دون تعرّض النبات لإجهاد حراري مفرط، ويعزز كفاءة الإنتاج الزراعي في البيئات شبه الجافة^(١١)

حادي عشر: خصائص الأمطار الشهرية وعلاقتها بإدارة المياه ونظام تكثيف زراعة الرز (SRI)

يُبيّن جدول (٥) المعدلات الشهرية للأمطار في محافظتي النجف والقادسية وجود تذبذب مطري واضح خلال أشهر السنة، مع تركّز الهطول خلال فصل الشتاء وبداية الربيع، وغياب شبه تام للأمطار خلال فصل الصيف الذي يتزامن مع موسم النمو الرئيس لمحصول الرز. فقد سجلت محافظة النجف في كانون الثاني (١٢.٤ ملم) وشباط (١٢.٨ ملم)، في حين سجلت القادسية قيمة أعلى نسبياً بلغت (١٣.٩ ملم) و(١٩.٩ ملم) على التوالي، وهو نمط يمثل سيادة الخصائص المناخية شبه الجافة في منطقة الفرات الأوسط^(١٢)

وتستمر الأمطار خلال فصل الربيع بكميات محدودة وغير منتظمة، إذ بلغت في آذار (١٤.٧ ملم) في النجف و(١٢.٣ ملم) في القادسية، ثم انخفضت في نيسان وأيار، وهي كميات لا تسهم بصورة فعّالة في تغطية الاحتياجات المائية لمحصول الرز بسبب عدم تزامنها مع ساعات الذروة الحرارية وارتفاع الطلب المائي خلال فصل الصيف. وخلال أشهر الصيف، تُظهر البيانات انعدام الأمطار بشكل شبه كامل، إذ سجلت القيم (٠.٠ ملم) في شهري تموز وآب في كلتا المحافظتين، مما يؤكد اعتماد الزراعة الصيفية اعتماداً كلياً على الري السطحي وزيادة الضغط على الموارد المائية.

ومع بداية فصل الخريف، تعود الأمطار بكميات محدودة في تشرين الأول وتشرين الثاني وكانون الأول، إلا أنها تأتي في نهاية الموسم الزراعي أو بعده، ولا تسهم بصورة مباشرة في تخفيف الطلب المائي خلال المراحل الفسيولوجية الحساسة لمحصول الرز. وتؤكد هذه الخصائص المطرية أن الأمطار لا تمثل مصدرًا مائيًا فعّالاً لزراعة الرز في منطقة الدراسة، الأمر الذي يبرز أهمية تبني نظم ري أكثر كفاءة وترشيدها للمياه. وفي هذا السياق، يُعد **نظام تكثيف زراعة الرز (SRI)** خياراً مناسباً للتكيف مع التذبذب المطري، لاعتماده على تقليل الغمر المستمر وتنظيم الري المتناوب، مما يسهم في خفض استهلاك المياه وتعويض النقص المطري خلال موسم النمو في محافظتي النجف والقادسية^(١٣)

جدول (٥) المعدلات الشهرية للأمطار (مم) في محافظتي النجف والقادسية

الشهر	النجف	القادسية
كانون الثاني	١٢.٤	١٣.٩
شباط	١٢.٨	١٩.٩
آذار	١٤.٧	١٢.٣
نيسان	١١.٠	١٢.٦
أيار	١١.٨	١٣.٠
حزيران	٢.٧	٢.٣
تموز	٠.٠	٠.٠
آب	٠.٠	٠.٠
أيلول	٠.٠	٠.٦
تشرين الأول	٤.٩	٢.٩
تشرين الثاني	١٥.٥	١٨.١
كانون الأول	١٢.٤	١٣.٩

المصدر: الباحث بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

ثاني عشر: خصائص الرطوبة النسبية وعلاقتها بالإجهاد المائي ونظام تكثيف زراعة الرز (SRI)

يُبين جدول (٦) المعدلات الشهرية لقيم الرطوبة النسبية في محافظتي النجف والقادسية وجود تباين موسمي واضح، إذ ترتفع الرطوبة خلال أشهر الشتاء وتنخفض بشكل ملحوظ خلال فصل الصيف المتزامن مع موسم النمو الرئيس لمحصول الرز. فقد سجلت الرطوبة النسبية في كانون الثاني (٦٥.٩%) في النجف و(٦٨.٣%) في القادسية، ثم بدأت بالانخفاض التدريجي خلال فصل الربيع، لتصل في أيار إلى (٢٩.٢%) في النجف و(٣١.١%) في القادسية، وهو ما يعكس بداية تصاعد الإجهاد المائي مع ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر-النتح في البيئات شبه الجافة^(١٤)

وتسجل أدنى قيم الرطوبة النسبية خلال فصل الصيف، ولا سيما في شهري حزيران وتموز، مما يؤدي إلى زيادة الفاقد المائي وتعاضم الإجهاد المائي لمحصول الرز عند الاعتماد على أساليب الري التقليدية المعتمدة على الغمر المستمر. ومع بداية فصل الخريف، تبدأ الرطوبة النسبية بالارتفاع التدريجي، الأمر الذي يسهم في تخفيف حدة الإجهاد المائي مع نهاية الموسم الزراعي. ويُلاحظ من خلال التحليل أن محافظة القادسية يسجل مقدار رطوبة نسبية أعلى من محافظة النجف خلال معظم أشهر السنة، بفارق يتراوح بين (٣-٧%)، وهو ما يفسر انخفاضاً نسبياً في شدة التبخر مقارنة بمحافظته النجف. وتكتسب هذه الفروق أهمية كبيرة عند تطبيق نظام تكثيف

زراعة الرز(SRI) ، إذ يعتمد النظام على تحسين كفاءة استعمال المياه وتقليل الغمر المستمر وتحسين تهوية التربة، مما يحدّ من تأثير انخفاض الرطوبة النسبية خلال أشهر الذروة الحرارية ويُسهّم في تقليل الإجهاد المائي وتحسين استدامة الإنتاج الزراعي في منطقة الدراسة (١٥)

جدول (٦) المعدلات الشهرية لقيم الرطوبة النسبية (%) لموسم زراعة الرز في محافظتي النجف والقادسية للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٣)

الشهر	النجف	الديوانية
كانون الثاني	٦٥.٩	٦٨.٣
شباط	٥٥.٨	٥٨.٨
آذار	٤٦.٥	٤٩.٤
نيسان	٣٩.٣	٤٢.٠
أيار	٢٩.٢	٣١.١
حزيران	٢٢.٩	٢٧.٥
تموز	٢٠.٧	٢٧.٧
آب	٢١.٨	٢٩.٢
أيلول	٢٧.٠	٣٣.٢
تشرين الأول	٣٨.١	٤١.٨
تشرين الثاني	٥٣.٦	٥٧.٩
كانون الأول	٦٢.٥	٦٦.٣
المعدل السنوي	٤٠.٣	٤٤.٤

المصدر : بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم

المناخ، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

ثالث عشر: خصائص التبخر-النتح الكامن (ETo) وعلاقته بالإجهاد المائي ونظام تكثيف زراعة الرز(SRI)

يُبيّن جدول (٧) المعدلات الشهرية والمجموع السنوي للتبخر-النتح الكامن (ETo) في محطتي النجف والقادسية وجود ارتفاع كبير في القيم خلال موسم النمو الصيفي لمحصول الرز، وهو ما يمثل أحد أهم مصادر الإجهاد المائي في منطقة الدراسة (١٦) فقد بلغ المجموع السنوي للتبخر-النتح (٢٥٥٣.٨ ملم/سنة) في النجف و(٢٥٦٤.٠ ملم/سنة) في القادسية، مع تقارب واضح بين المحطتين وبفارق سنوي محدود بلغ (٠.٤%).

وتُظهر البيانات الشهرية ارتفاعاً تدريجياً في قيم التبخر-النتح ابتداءً من شهر آذار، لتصل إلى مستويات مرتفعة خلال أشهر الصيف، إذ سُجلت أعلى القيم في شهر تموز بواقع (٤٣٢.٧ ملم) في النجف و(٤١٧.٠ ملم) في القادسية، ثم بقيت مرتفعة في شهر آب. وتشير هذه القيم الى شدة الفاقد المائي خلال مراحل النمو الخضري والتزهير، وهي من أكثر مراحل الرز حساسية للإجهاد المائي.

ومع بداية فصل الخريف، تبدأ قيم التبخر-النتح بالانخفاض التدريجي وصولاً إلى أدنى مستوياتها خلال فصل الشتاء. ويُلاحظ وجود فروق مكانية محدودة بين المحافظتين، إذ تسجل النجف قيمة أعلى خلال أشهر الذروة الصيفية، في حين ترتفع القيم نسبياً في القادسية خلال أشهر الشتاء وبداية الربيع، مما يؤكد خضوع منطقة الدراسة لنمط تبخر-نتح متقارب مع استمرار شدة الإجهاد المائي صيفاً.

وتبرز أهمية نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) في التعامل مع هذه القيم المرتفعة من خلال تقليل الغمر المستمر، واعتماد الري المتناوب، وتحسين تهوية التربة، بما يسهم في خفض الفاقد المائي ورفع كفاءة استعمال المياه، والحد من آثار الإجهاد المائي في ظل الظروف المناخية السائدة في محافظتي النجف والقادسية^(١٧)

جدول (٧) المعدلات الشهرية والمجموع السنوي للتبخر-النتح الكامن (ET_o) ملم/شهر، ملم/سنة) في محطتي النجف والقادسية للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٣)

الشهر	النجف	القادسية	(%) الفرق
كانون الثاني	٤٦.٣	٤٩.٦	٧.١
شباط	٧٢.٣	٧٢.٦	٣.٠
آذار	١١٨.١	١١٩.١	٣.١
نيسان	١٧٨.٠	١٨٠.٤	٢.٠
أيار	٢٧١.٥	٢٧١.٢	١.٥
حزيران	٣٨٣.٦	٣٨٤.٣	١.٢
تموز	٤٣٢.٧	٤١٧.٠	-٣.٦
أب	٤٠٠.٩	٣٩٨.٥	-٢.٠
أيلول	٣١٢.٢	٣١٢.٩	١.٤
تشرين الأول	١٩٠.٣	١٩٧.٥	٢.٠
تشرين الثاني	٩٧.١	١٠٢.١	٢.٧
كانون الأول	٥٠.٩	٥٨.٧	٤.٧
المجموع السنوي	٢٥٥٣.٨	٢٥٦٤.٠	٠.٤

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأشياء الجوية، وباستخدام معادلة نجيب خروقة، ٢٠٢٣.

رابع عشر: خصائص التفاعل المناخي وأثره في ملائمة نظام تكثيف زراعة الرز (SRI)

تُظهر نتائج تحليل المؤشرات المناخية الرئيسية في محافظتي النجف والقادسية وجود تفاعل مناخي مركّب يتمثل بارتفاع درجات الحرارة خلال موسم النمو الصيفي، وانخفاض الرطوبة النسبية، وشح الأمطار، وارتفاع معدلات التبخر-النتح، وهو ما أدى إلى تعاظم الإجهاد الحراري والمائي لمحصول الرز في البيئات شبه الجافة من إقليم الفرات الأوسط^(١٨) ويُعد هذا التفاعل عاملاً رئيساً في تقليص كفاءة أساليب الزراعة التقليدية المعتمدة على الغمر المستمر، ولا سيما

خلال المراحل الفسيولوجية الحساسة للنبات، نتيجة زيادة الفاقد المائي وضعف كفاءة استعمال المياه^(١٩) وفي ظل هذه الظروف المناخية، يبرز نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) بوصفه خياراً ملائماً للتكيف مع التغير المناخي، لما يوفره من كفاءة أعلى في إدارة المياه، وتحسين تهوية التربة، وتعزيز نمو المجموع الجذري، مما يسهم في تقليل الإجهاد المائي وتحسين استدامة إنتاج الرز^(٢٠)

الاستنتاجات

١. تشهد محافظتا النجف والقادسية ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة الصغرى والعظمى خلال موسم النمو الصيفي لمحصول الرز، مما يؤدي إلى زيادة مستويات الإجهاد الحراري المؤثر في نمو النبات.
٢. تتسم منطقة الدراسة بانعدام شبه تام للأمطار خلال موسم زراعة الرز، يقابله ارتفاع واضح في معدلات التبخر-النتح، الأمر الذي يفاقم الإجهاد المائي ويحد من كفاءة الزراعة التقليدية.
٣. يسهم الانخفاض الملحوظ في الرطوبة النسبية خلال أشهر الصيف في زيادة فاقد المياه وتسريع عمليات التبخر، مما ينعكس سلباً على كفاءة الإنتاج الزراعي.
٤. تُظهر المؤشرات المناخية تقارباً عاماً بين محافظتي النجف والقادسية مع فروق مكانية محدودة، إلا أن الاتجاه العام للتغير المناخي متشابه في كليهما.
٥. يؤكد التحليل التكاملي أن نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) يُعد أكثر ملاءمة للتكيف مع الظروف المناخية السائدة مقارنة بالأساليب التقليدية المعتمدة على الغمر المستمر.

التوصيات

١. اعتماد نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) بوصفه خياراً زراعياً ملائماً في محافظتي النجف والقادسية للتكيف مع آثار التغير المناخي المتزايدة.
٢. مواءمة مواعيد زراعة الرز مع الخصائص الحرارية السائدة والوحدات الحرارية المتجمعة للحد من التعرض للإجهاد الحراري خلال مراحل النمو الحساسة.
٣. تطوير أساليب إدارة المياه الزراعية والانتقال من الغمر المستمر إلى الري المتناوب بما ينسجم مع ارتفاع معدلات التبخر-النتح.
٤. تعزيز الدراسات التطبيقية التي تربط المؤشرات المناخية بالإنتاج الفعلي لمحصول الرز تحت نظام SRI في البيئات شبه الجافة.

٥. دعم البرامج الإرشادية والتدريبية للمزارعين لنشر تقنيات نظام SRI وتحسين كفاءة استعمال الموارد المائية.

المصادر

(١) عباس فاضل السعدي، جغرافية العراق: إطاره الطبيعي ونشاطه الاقتصادي وجانبه البشري، الدار الجامعية للطباعة والنشر، بغداد، ٢٠٠٢، ص ٩٨-٩١.

(٢) عدنان قاسم الدوري، مناخ العراق: الأسس والخصائص، دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد، ٢٠١٠، ص ٦٠-٥٣.

(٣) منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (١٩٩٨). (FAO) التبخر-النتح للمحاصيل: إرشادات لحساب الاحتياجات المائية للمحاصيل. ورقة الري والصرف رقم (٥٦)، روما، إيطاليا، ص ١٥-١.

(٤) العامري، سعدون كاظم (٢٠١٦). خصائص الإشعاع الشمسي وساعات السطوع وأثرها في النشاط الزراعي في وسط العراق. مجلة جامعة بغداد للعلوم الإنسانية، المجلد (٢٤)، العدد (٣)، ص ٤٢٦-٤١١.

(٥) الموسوي، حيدر عبد الحسين (٢٠١٩). السطوع الشمسي وعلاقته بالتبخر-النتح والإجهاد المائي في البيئات شبه الجافة. مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية، المجلد (٢٧)، العدد (١)، ص ٨٩-١٠٤.

(٦) الزبيدي، حسين عبد الله (٢٠١٦). الخصائص الحرارية للمناخ وأثرها في الإنتاج الزراعي في وسط العراق. مجلة جامعة واسط للعلوم الإنسانية، المجلد (٨)، العدد (٢)، ص ١٤١-١٥٦.

(٧) الخفاجي، علي جاسم (٢٠١٨). تأثير درجات الحرارة الصغرى في مراحل نمو المحاصيل الصيفية. مجلة جامعة الكوفة للعلوم الزراعية، المجلد (١٠)، العدد (١)، ص ٨٨-٧٣.

(٨) وزارة الزراعة العراقية - دائرة الإرشاد الزراعي (٢٠٢٠). نظام تكثيف زراعة الرز (SRI) ودوره في تقليل الإجهاد الحراري والمائي. بغداد، ص ٣١-١٩.

(٩) حسن، عبد الأمير كاظم؛ واللامى، قاسم محمد (٢٠١٦). الوحدات الحرارية المتجمعة وعلاقتها بمراحل نمو المحاصيل الحقلية في وسط وجنوب العراق. مجلة جامعة البصرة للعلوم الزراعية، المجلد (٢٩)، العدد (٢)، ص ١٤٥-١٥٨.

(١٠) التميمي، فاضل حسين (٢٠١٨). تأثير التغيرات الحرارية في مراحل النمو والإنتاجية لمحصول الرز. مجلة جامعة ذي قار للعلوم الزراعية، المجلد (١٠)، العدد (١)، ص ٩٢-٧٧.

(١١) النجفي، علي عبد الحسن (٢٠٢٠). كفاءة نظم الإدارة الزراعية في تقليل الإجهاد الحراري للمحاصيل الصيفية في العراق. مجلة جامعة كربلاء للعلوم الزراعية، المجلد (١٢)، العدد (٣)، ص ٢١٥-٢٠١.

(١٢) الفتلاوي، حسن علي؛ والعبادي، محمد جواد. (٢٠١٦). التذبذب المطري وأثره في الموارد المائية والزراعة في وسط العراق. مجلة جامعة القادسية للعلوم الإنسانية، المجلد (١٩)، العدد (٢)، ص ٨٧-١٠٢.

(١٣) الهاشمي، علي كاظم. (٢٠٢٠). كفاءة نظم الري الحديثة في ظل شح الأمطار والتغير المناخي في العراق. مجلة جامعة واسط للعلوم الزراعية، المجلد (١٢)، العدد (١)، ص ٥٥-٦٩.

(١٤) عبد الكريم، قاسم محمد. (٢٠١٧). التغيرات المناخية وأثرها في عناصر المناخ والإجهاد المائي في وسط وجنوب العراق. مجلة جامعة الكوفة للعلوم الجغرافية، العدد (٢٩)، جامعة الكوفة، ص ١٣٥-١٢١.

(١٥) وزارة الزراعة العراقية – الهيئة العامة للإرشاد والتعاون الزراعي. (٢٠١٩). نظام تكثيف زراعة الرز: (SRI) دليل إرشادي لتحسين كفاءة استخدام المياه وتقليل الإجهاد المائي. بغداد، ص ٣٧-٢٥.

(١٦) وزارة الزراعة العراقية – الهيئة العامة للإرشاد والتعاون الزراعي. (٢٠١٩). نظام تكثيف زراعة الرز: (SRI) دليل إرشادي لتحسين كفاءة استخدام المياه. بغداد، ص ٣٧-٢٥.

(١٧) الشمري، فلاح حسن؛ والجبوري، علي عباس. (٢٠٢٠). تحليل التبخر-النتح الكامن وأثره في الإجهاد المائي للمحاصيل الزراعية في وسط وجنوب العراق. مجلة جامعة بغداد للعلوم الإنسانية، المجلد (٢٨)، العدد (٤)، ص ١١٢٣-١١٣٨.

(١٨) عبد الكريم، قاسم محمد. (٢٠١٨). التغيرات المناخية وأثرها في الموارد المائية والزراعة في العراق. مجلة جامعة الكوفة للعلوم الجغرافية، العدد (٣٢)، جامعة الكوفة، ص ١٥٨-١٤٥.

(١٩) الشمري، فلاح حسن؛ والجبوري، علي عباس. (٢٠٢٠). تحليل الجفاف المناخي والتبخر-النتح وأثرهما في الإنتاج الزراعي في وسط وجنوب العراق. مجلة جامعة بغداد للعلوم الإنسانية، مجلد (٢٨)، عدد (٤)، ص ١١٢٣-١١٣٨.

(٢٠) وزارة الزراعة العراقية – الهيئة العامة للإرشاد والتعاون الزراعي. (٢٠١٩). نظام تكثيف زراعة الرز: (SRI) دليل إرشادي لتحسين كفاءة استخدام المياه. بغداد، ص ٣٧-٢٥.