

تحليل اتجاهات التغير المناخي خلال فصل النمو واثرها في الاستهلاك المائي للذرة الصفراء في محافظة ميسان للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)م

م.م سجي سالم هاشم الجابري

جامعة ميسان/ كلية التربية

Saja.salim@uomisan.edu.iq

تاريخ استلام البحث : ٢٠٢٦/١/٢٩

تاريخ قبول البحث : ٢٠٢٦/٣/١٠

المستخلص :

يهدف البحث إلى تحليل اتجاهات التغير المناخي خلال فصل نمو محصول الذرة الصفراء في محافظة ميسان للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤) وأثرها في الاستهلاك المائي. كشفت نتائج تحليل السلسلة الزمنية عن وجود اتجاه عام تصاعدي ومعنوي لدرجات الحرارة (العظمى والصغرى)، حيث سجل شهر آب أعلى معنوية إحصائية بقيمة ($F=65.80$) وبمقدار تغير تراكمي بلغ (٣.٨٧°م). أظهر التطبيق العملي لمعادلة بينمان مونتيث، بعد تعويض قيم الرياح والسطوع الشمسي والعجز الرطوبي، أن التغير الحراري دفع بالوحدات الحرارية المتجمعة (GDD) للوصول إلى (٢٩٧٤.٤) وحدة، مما رفع معدلات الاستهلاك المائي الفعلي (ETC) ليصل إلى ذروته في شهر أيلول بواقع (٩.٦٦ ملم/يوم) وبإجمالي شهري قدره (٢٨٩.٨ ملم). أثبت التحليل الإحصائي وجود ارتباط طردي قوي جداً بين الحرارة العظمى والطلب المائي ($r=0.94$)، وارتباط عكسي حاد مع الرطوبة النسبية (-0.٩٤)، مما يؤكد أن التطرف الحراري والجفاف الجوي هما المحركان الرئيسيان لزيادة مائي الاستهلاك للمحصول في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، الاستهلاك المائي الفعلي (ETC)، الوحدات الحرارية المتجمعة (GDD)، معادلة بينمان مونتيث.

Analysis of climate change trends during the growing season and their impact on water consumption of yellow corn in Maysan Governorate for the period (1982-2024) AD

Assist.Lec. Saja Salim Hashim Aljabiri

University of Misan - College of Education

Saja.salim@uomisan.edu.iq

Date received: 29/1/2026

Acceptance date: 10/3/2026

Abstract

This research aims to analyze the trends of climate change during the growing season of the yellow maize crop in Maysan Governorate for the period (1982-2024) and its impact on water consumption. The results of the time series analysis revealed a significant upward trend in both maximum and minimum temperatures; August recorded the highest statistical significance with an (F) value of (65.80) and a cumulative change of (3.87°C). By applying the Penman-Monteith equation and incorporating wind speed, solar radiation, and humidity deficit, the study showed that this thermal shift pushed the Growing Degree Days (GDD) to reach (2974.4) units. This resulted in increasing the actual crop water consumption (ET_c) rates, reaching its peak in September at (9.66 mm/day) with a monthly total of (289.8 mm). Statistical analysis proved a very strong positive correlation between maximum temperature and water demand ($r = 0.94$), and a sharp inverse correlation with relative humidity (-0.94). This confirms that thermal extremism and atmospheric moisture deficit are the primary drivers for the increase in crop water requirements in the study area.

Keywords: Climate Change, Actual Water Consumption (ET_c), Growing Degree Days (GDD), Penman-Monteith Equation.

تعد دراسة الاستهلاك المائي لمحصول الذرة الصفراء ركيزة أساسية في الجغرافية المناخية، خاصة في المناطق التي تعاني من تطرف مناخي كمحافظة ميسان. يواجه الأمن الغذائي تحدياً كبيراً يتمثل في الارتفاع المستمر لدرجات الحرارة وزيادة العجز الرطوبي، مما ينعكس مباشرة على كفاءة استخدام المياه. وتكتسب الذرة الصفراء أهمية خاصة لكونها محصولاً صيفياً حساساً للتغيرات في للحرارة المتجمعة ، وهو ما استدعى دراسة العلاقة بين الخصائص المناخية المرصودة في محطة العمارة وبين الاحتياجات المائية الفعلية للمحصول.

اولاً: مشكلة البحث

تتمحور مشكلة البحث حول التغيرات المناخية المتسارعة التي تشهدها محافظة ميسان، ويمكن صياغتها في التساؤل الجوهرى الآتي: إلى أي مدى ساهم اتجاه التغير المناخي المتزايد في عناصر الحرارة والسطوع الشمسي، والعجز الرطوبي، في رفع قيم الوحدات الحرارية المتجمعة (GDD) وزيادة الاستهلاك المائي الفعلي لمحصول الذرة الصفراء في محطة العمارة؟

وينبثق عن هذا التساؤل مشكلات فرعية هي:

٢- كيف تساهم العناصر المناخية (الحرارة، الرطوبة، الرياح) في تحديد قيم التبخر/ نتح المرجعي وفق معادلة بينمان مونتيث؟

٣- هل توجد علاقة ارتباطية ذات دلالة إحصائية بين الحرارة المتجمعة والزيادة في الاستهلاك المائي للمحصول تحت ظروف التطرف المناخي؟

ثانياً: فرضية البحث

يفترض البحث وجود علاقة طردية ذات دلالة إحصائية ومعنوية بين اتجاه التغير المناخي التصاعدي وبين قيم الاستهلاك المائي؛ حيث يؤدي الارتفاع الحراري وانخفاض الرطوبة النسبية في محافظة ميسان إلى تسريع وتيرة التراكم الحراري (GDD) للمحصول، مما يدفع بمعدلات التبخر-نتح المرجعي (ETO) نحو الارتفاع، وبالتالي زيادة الضغط على الموارد المائية لتعويض الاستهلاك المائي الفعلي المتزايد، خاصة في مرحلة التزهير.

ثالثاً: هدف البحث

يهدف البحث الحالي إلى تحقيق ما يلي:

١- تحديد الحصيلة الحرارية المتجمعة (GDD) التي يحتاجها محصول الذرة الصفراء للوصول إلى النضج الفسيولوجي تحت ظروف مناخ ميسان.

٢- التقدير الكمي الدقيق للاستهلاك المائي (المرجعي والفعلي) باستخدام معادلة بينمان مونتيث الدولية، لتحديد الفترات الحرجة التي يزداد فيها طلب المحصول للمياه.

٣- تحليل القوة التفسيرية للعناصر المناخية في تباين كميات الاستهلاك المائي من خلال إيجاد المعاملات الارتباطية (بيرسون) واختبار معنويتها إحصائياً.

رابعاً: الحدود المكانية والزمانية :

تقع محافظة ميسان في الجزء الجنوبي الشرقي من جمهورية العراق، كما يُوضح ذلك في الخريطة (١)، وتُعدّ من المحافظات الحدودية التي تشترك بحدودٍ دولية مع جمهورية إيران الإسلامية من الجهة الشرقية. تمتد المحافظة باتجاه شمال شرقي - جنوب غربي، وتحدها من الشمال والشمال الغربي محافظة واسط، ومن الجهة الغربية محافظة ذي قار، بينما تُشكّل محافظة البصرة حدودها الجنوبية.

أما من الناحية الفلكية، فتقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض (٣١.٥٠° - ٣٢.٥٤°) شمالاً، وخطي طول (٤٦.٣٠° - ٤٧.١٠°) شرقاً، وتبلغ مساحتها نحو (١٦,٠٧٢ كم^٢)، وقوع المنطقة ضمن هذه العروض المدارية والشبه مدارية يجعلها عرضة لزاوية سقوط إشعاع شمسي عمودية تقريباً خلال فصل الصيف (فصل نمو الذرة)، مما يفسر الارتفاع الحاد في قيم الوحدات الحرارية المتجمعة (GDD)، وزيادة فترات السطوع الشمسي التي ترفع من معدلات التبخر-نتح، وكانت الحدود الزمانية تمتد من الفترة ١٩٨٢-٢٠٢٤م.

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة من العراق



المصدر : من عمل الباحث في GIS بالاعتماد على : الهيئة العامة للمساحة ، خريطة الوحدات الادارية في العراق لعام ١٩٩٩ ،

بمقياس ١ / ١٠٠٠٠٠٠

اولا: تحليل اتجاهات التغير المناخي في محافظة ميسان:

١ - تحليل اتجاه التغير في متوسط درجات الحرارة في محافظة ميسان:

يتبين من خلال بيانات الجدول (١) والرسوم البيانية المتمثلة في الشكل (١)، وجود اتجاه عام تصاعدي ومعنوي لمتوسط درجات الحرارة خلال فصل نمو محصول الذرة الصفراء في محافظة ميسان، ويتضح من خلال

مراحل النمو الأولى (تموز وآب) يظهر في الجدول (١) أن شهر تموز سجل مقدار تغير بلغ (٣.٨٧) بمعامل اتجاه (٠.٠٩)، وتؤكد قيمة (F) البالغة (٢٣.٥٨) معنوية هذا الارتفاع. ويتضح من الشكل (١) التذبذب الواضح في قيم هذا الشهر مع ميل الخط العام نحو الصعود، مما يزيد من الضغط الحراري على بادرات الذرة في بداية حياتها، أما شهر آب استمر ذات مقدار التغير (٣.٨٧) ولكن بمعنوية إحصائية أعلى حيث بلغت قيمة (F) نحو (٦٥.٨٠)، وهي من أعلى القيم المسجلة، مما يشير إلى أن الارتفاع الحراري في هذا الشهر أصبح سمة ثابتة ومستمرة، وهو ما يظهر بجلاء في السلسلة الزمنية اما مرحلة التزهير (أيلول) تشير البيانات الى ان سجل مقدار تغير بواقع (٣.٤٤) وبمعامل اتجاه (٠.٠٨)، وبمعنوية (F) مقدارها (٤٣.٢٦). هذا الارتفاع، كما يظهره الشكل (١)، يعني استمرار الأجواء الحارة في مرحلة حرجة من حياة المحصول

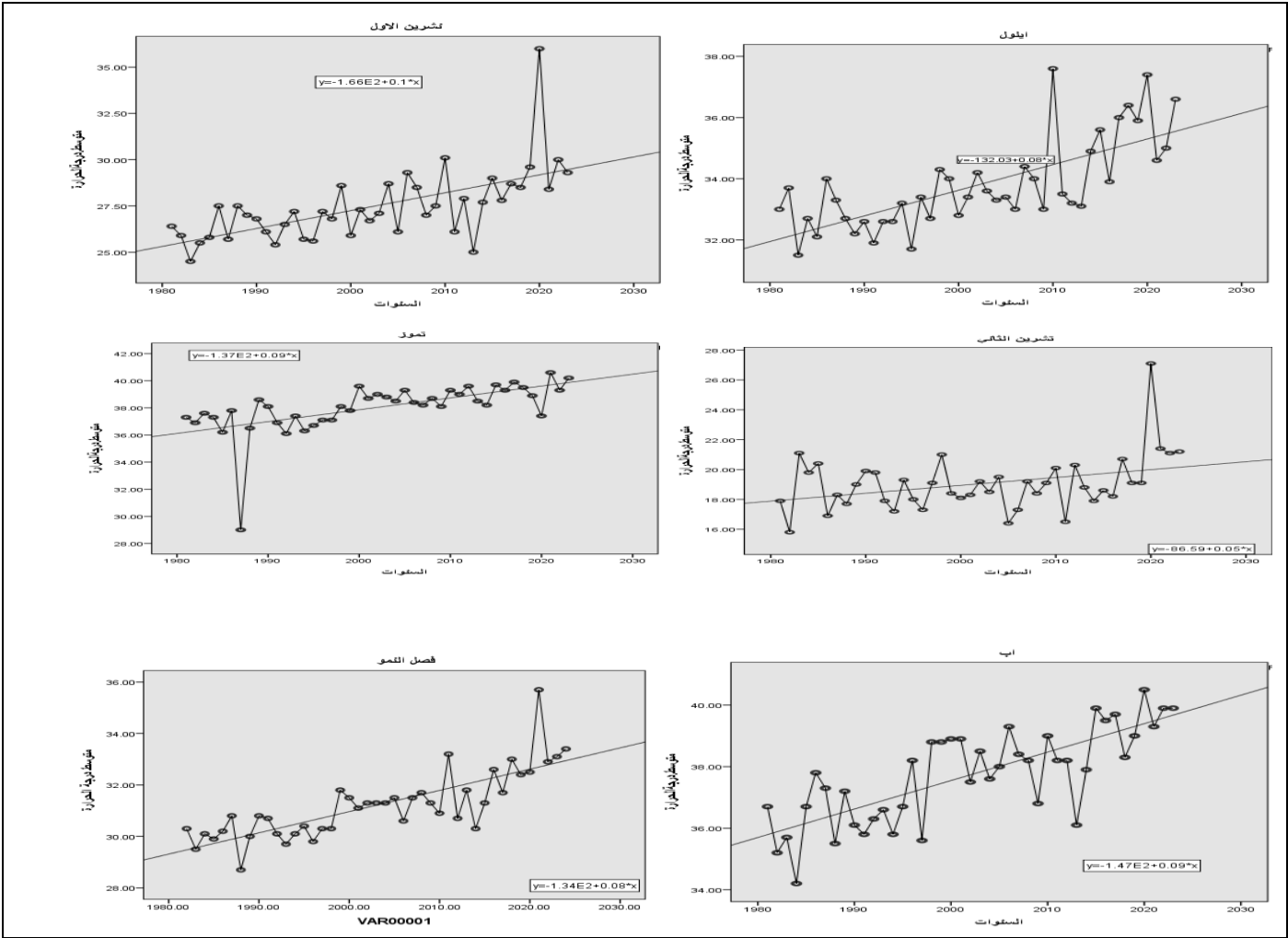
جدول (١) مقدار التغير ومعنويتها لمعدلات درجات الحرارة في محطة العمارة للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)م

المحطات الشهور	متوسط درجة الحرارة		درجة الحرارة العظمى				درجة الحرارة الصغرى			
	معامل الاتجاه	مقدار التغير	T	F	معامل الاتجاه	مقدار التغير	T	F	معامل الاتجاه	مقدار التغير
ايلول	0.08	3.44	٦,٥٨	٤٣,٢٦	0.05	2.15	١٤,٢٩	٣,٧٨	0.09	3.87
تشرين الاول	0.1	4.3	٥,١٥	٢٦,٥١	0.05	2.15	٨,٩٢	٢,٩٨	0.09	3.87
تشرين الثاني	0.05	2.15	٥,٩٣	٢,٤٤	0.001	0.043	٠,٠٠٢	٠,٠٠٤	0.05	2.15
تموز	0.09	3.87	٤,٨٥	٢٣,٥٨	0.04	1.72	١٠,٧٩	٣,٢٨	0.08	3.44
آب	0.09	3.87	٧,٥٤	٦٥,٨٠	0.09	3.87	١٤,١١	٣,٧٦	0.08	3.44
فصل النمو	٠,٠٨	٣,٤٤	٨,٣٥	٦٩,٧٣	٠,٠٥	٢,١٥	١٦,٧٤	٤,٠٩	٠,٠٧	٣,٠٨

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على: ١- وزارة النقل، الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات محطة العمارة لعام ٢٠٢٤ (بيانات غير منشورة). ٢- برنامج SPSS.V29

(التزهير)، مما قد يؤثر على عمليات التلقيح نتيجة جفاف غبار الطلع بينما مرحلة النضج (تشرين الأول وتشرين الثاني) قد انفرد بتسجيل أعلى مقدار تغير سنوي بلغت قيمته (٤.٣) وبأعلى معامل اتجاه (٠.١)، وهذا ما يفسر القفزة الواضحة في المنحنى البياني هذا الارتفاع المتسارع يقلص من فترة نضج المحصول ويؤدي إلى جفافه المبكر، في حين انخفاضاً نسبياً في مقدار التغير لشهر تشرين الثاني ليصل إلى (٢.١٥) بمعامل اتجاه (٠.٠٥)، وهو ما يعكسه المسار البياني الذي يظهر ميلاً أقل حدة مقارنة بالأشهر السابقة، ليتبين الاتجاه العام لفصل النمو وبالنظر إلى الخلاصة الإجمالية يتضح أن فصل نمو الذرة الصفراء ككل يسير نحو الاحترار بمقدار تغير إجمالي قدره (٣.٤٤) وبمعنوية إحصائية عالية جداً (T = 8.35 و F = 69.73). ويؤكد الشكل في الرسم البياني الخاص بـ (فصل النمو) أن خط الاتجاه العام في صعود مستمر، مما يستوجب زيادة المقننات المائية للمحصول لتعويض الفقد الناتج عن ارتفاع متوسطات الحرارة في المحافظة.

شكل (١) اتجاه التغير لمعدلات درجات الحرارة الاعتيادية في محطة العمارة للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)م



المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج spss-v29

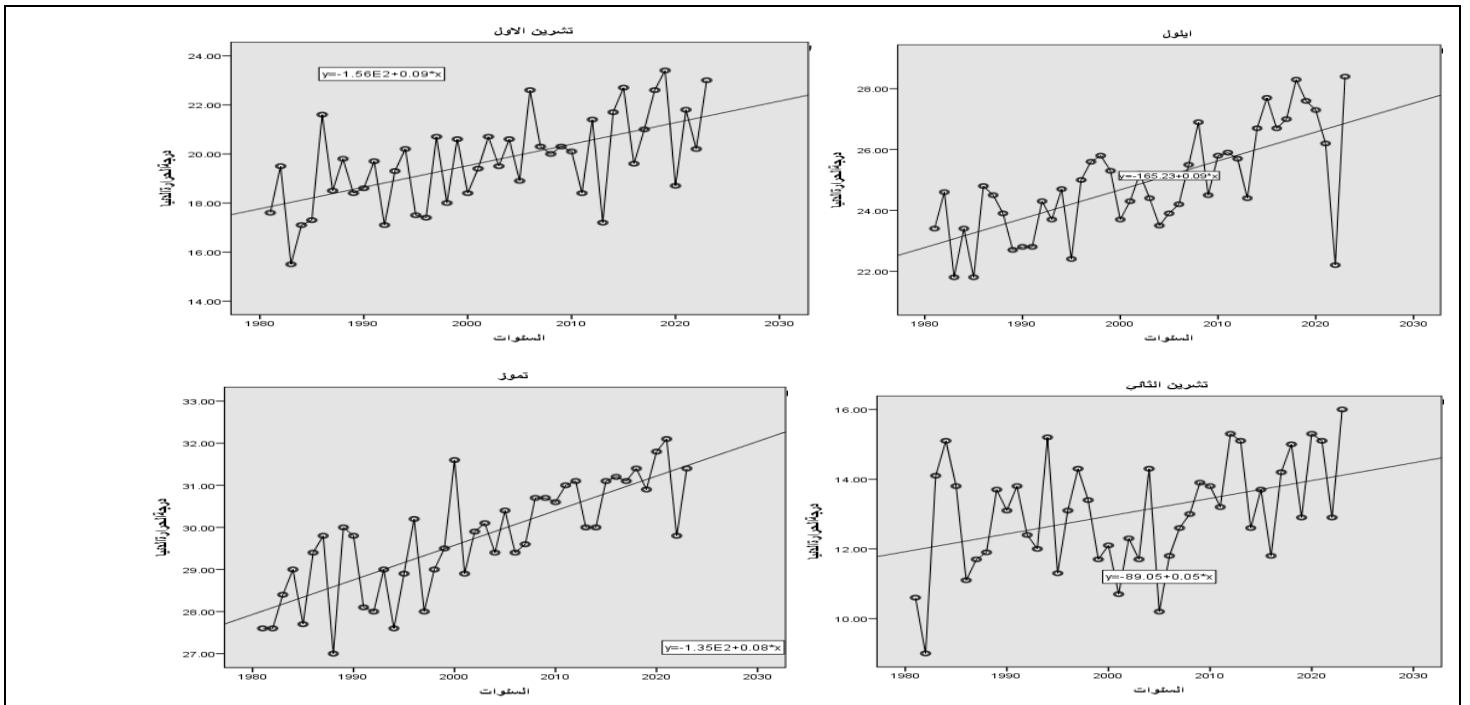
٢- تحليل اتجاه التغير في درجات الحرارة الصغرى في محافظة ميسان:

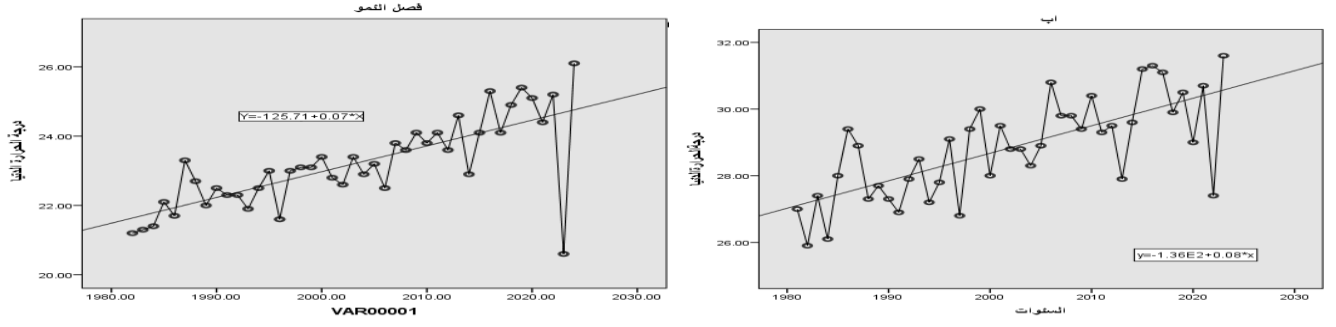
يُظهر الجدول (١) والرسوم البيانية المتمثلة في الشكل (٢) أن درجات الحرارة الصغرى في محافظة ميسان تشهد تحولاً جذرياً نحو الارتفاع، حيث تُسجل معدلات نمو تفوق أحياناً ما سجلته المتوسطات العامة، ويتضح ذلك الارتفاع الحاد في بداية فصل النمو (تموز وآب) يتبين من الجدول أن شهري تموز وآب قد سجلا مقدار تغير مرتفعاً بلغت قيمته (٣.٤٤) وبمعامل اتجاه (٠.٠٨). وتؤكد القيم العالية لاختبار (F) والتي بلغت (٦٦.٣٩) لشهر تموز و (٤٢.٢٥) لشهر آب، أن الارتفاع في درجات الحرارة الصغرى (التي تسجل غالباً في الليل) هو ارتفاع معنوي وقوي جداً إحصائياً يعكس الشكل (٢) هذا الصعود من خلال خط الاتجاه الذي يظهر أن الليالي في ميسان أصبحت أكثر دفئاً؛ وهذا يؤثر فسيولوجياً على الذرة الصفراء من خلال زيادة معدل

"التنفس الليلي"، مما يؤدي إلى استهلاك المحصول للمواد الكربوهيدراتية التي صنعها نهاراً، وبالتالي تقليل كفاءة المادة الجافة المخزنة في العرانيص.

اما مرحلة النمو الخضري المتأخر والتزهير (أيلول وتشرين الأول) يشير الجدول إلى أن شهر أيلول سجل مقدار تغير قدره (٣.٨٧) بمعامل اتجاه (٠.٠٠٩)، وقيمة (F) بلغت (٣٧.١٩). بينما سجل شهر تشرين الأول مقدار تغير مماثل (٣.٨٧) ومعامل اتجاه (٠.٠٠٩) وقيمة (F) بلغت (22.86) يلاحظ من خلال الشكل (٢) أن نشاطه بعد حرارة النهار العالية. بينما نهاية فصل النمو (تشرين الثاني) يظهر الجدول أن سجل أقل مقدار تغير (٢.١٥) وأقل معامل اتجاه (٠.٠٠٥). وبالنظر إلى الشكل (٢)، نجد أن التذبذب في هذا الشهر أوسع، ولكن الاتجاه العام يبقى صعودياً، مما يشير إلى تأخر دخول الموجات الباردة التي تساعد عادةً في نضج وجفاف عرانيص الذرة.

شكل (٢) اتجاه التغير لمعدلات درجات الحرارة الصغرى في محطة العمارة للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)م





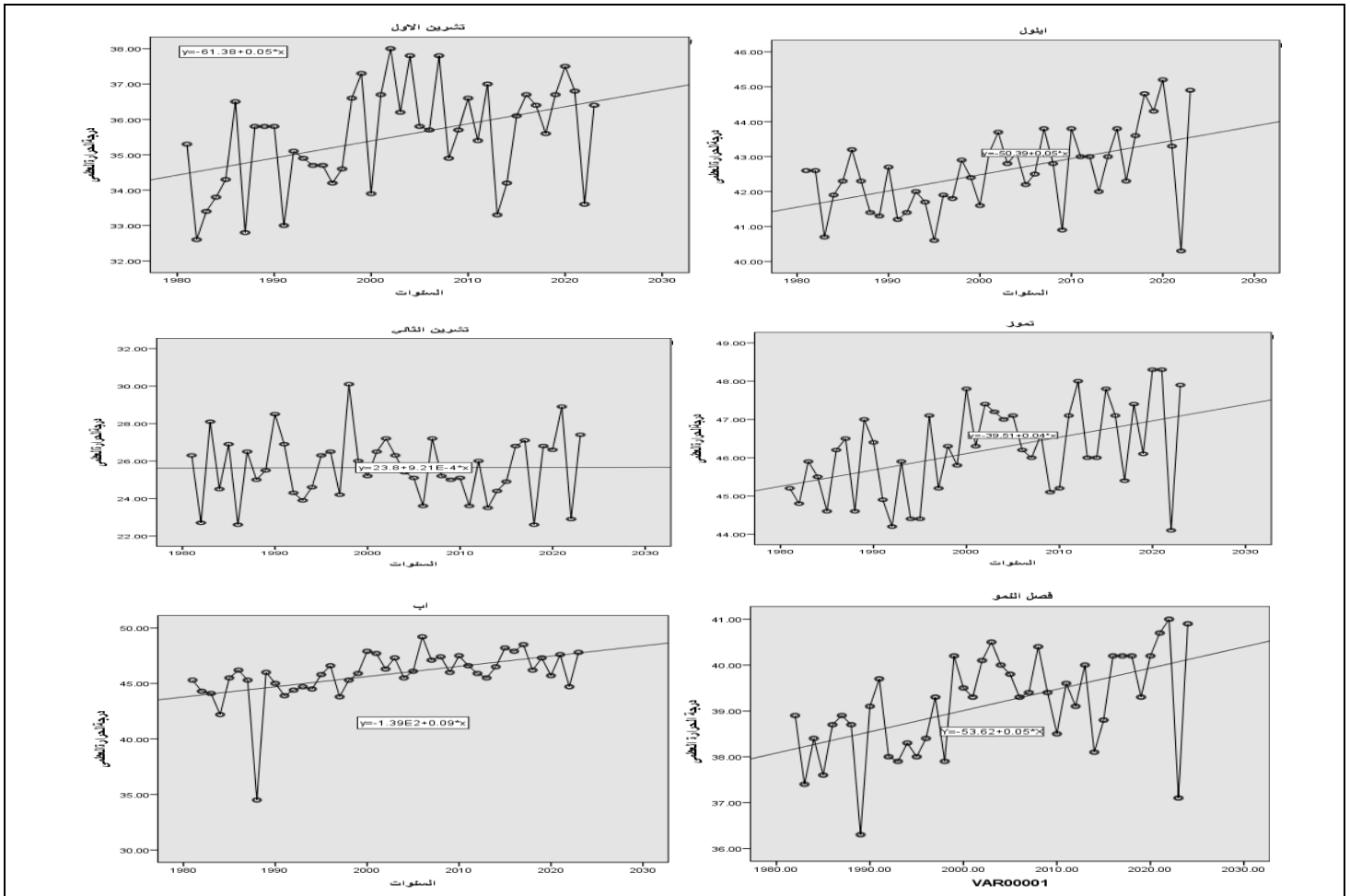
المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج spss-v29

ليكون الاتجاه الإجمالي لفصل النمو بالاستناد إلى الخلاصة في الجدول، سجلت الحرارة الصغرى لفصل النمو ككل قيمة (T) بلغت (٧.٠٤) وقيمة (F) بلغت (٤٩.٦٤)، مع مقدار تغير قدره (3.08) يؤكد الشكل (٢) أن السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى في صعود مستمر، وهذا التغير يُعد من أخطر المؤثرات على زراعة الذرة الصفراء في ميسان؛ لأن ارتفاع الحرارة الصغرى يضيق الفارق الحراري بين الليل والنهار (Diurnal Temperature Range)، وهو فارق ضروري جداً لجودة ونوعية الحبوب في محصول الذرة.

٣- تحليل اتجاه التغير في درجات الحرارة العظمى في محافظة ميسان: يُستدل من قراءة بيانات الجدول الإحصائي (١) والأشكال البيانية المتمثلة في الشكل (٣)، أن درجات الحرارة العظمى في محافظة ميسان قد اتخذت مساراً صعودياً واضحاً خلال فصل نمو الذرة الصفراء، وهو ما يمثل ذروة الإجهاد الحراري النهاري للمحصول، إذ تزايد حدة التطرف الحراري صيفاً (تموز وآب) ويظهر في الجدول أن شهر تموز سجل مقدار تغير بلغ (١.٧٢) بمعامل اتجاه (٠.٠٤)، ومعنوية (F) بلغت (١٠.٧٩)، أما شهر آب، فقد شهد قفزة كبيرة في مقدار التغير بلغت (٣.٨٧) بمعامل اتجاه (٠.٠٩) ومعنوية إحصائية عالية جداً (F = 14.11)، بالنظر إلى الشكل (٣)، نلاحظ أن القمم الحرارية لشهر آب أصبحت أكثر تكراراً في السنوات الأخيرة، مما يعني تعرض محصول الذرة الصفراء لدرجات حرارة نهائية حارقة تتجاوز الحدود الحرجة للنمو، الأمر الذي يؤدي إلى ذبول الأوراق وتوقف عملية البناء الضوئي خلال ساعات النهار، أما مرحلة النمو الخضري المتأخر والتزهير (أيلول وتشيرين الأول) يتبين من الجدول أن شهر أيلول سجل مقدار تغير (٢.١٥) بمعامل اتجاه (٠.٠٥) ومعنوية (F = 14.29) وبالمثل، سجل شهر تشيرين الأول مقدار تغير بلغ (٢.١٥) بمعامل اتجاه (٠.٠٥) ومعنوية (F = 8.92)، يعكس الشكل (٣) في هذه الأشهر تنذباً يميل نحو الصعود؛ وهذا الارتفاع في العظمى يمثل خطورة في شهر أيلول تحديداً، حيث تتزامن الذروة الحرارية مع مرحلة التلقيح، مما قد يتسبب في جفاف المياسم وموت غبار الطلع قبل إتمام عملية الإخصاب لتكون نهاية فصل النمو (تشرين الثاني) سجل أدنى قيم للتغير، حيث بلغ مقدار التغير (٠.٠٤٣) فقط، وهو ما

يظهر بوضوح في الشكل (٣) من خلال استقامة خط الاتجاه تقريباً وانعدام المعنوية الإحصائية ($F = 0.002$). وهذا يشير إلى أن درجات الحرارة العظمى في نهاية الموسم لا تزال محافظة على استقرارها النسبي مقارنة ببقية الأشهر ، واخيراً الاتجاه العام لفصل النمو تشير خلاصة الجدول إلى أن الاتجاه العام لدرجات الحرارة العظمى خلال فصل النمو سجل مقدار تغير قدره (٢.١٥) بمعامل اتجاه (٠.٠٥) ومعنوية إحصائية مؤكدة ($T = 4.09$ و $F = 16.74$) و يؤكد الشكل (٣) من خلال خط الانحدار العام لفصل النمو أن محافظة ميسان تشهد ارتفاعاً في درجات الحرارة النهارية، مما يرفع من حدة التبخر/النتح ويقلل من الرطوبة النسبية حول النبات، وهذا يفرض تحديات كبيرة على تأمين الاحتياجات المائية للمحصول خلال ساعات الذروة.

شكل (٣) اتجاه التغير لمعدلات درجات الحرارة العظمى في محطة العمارة للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)م



المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج spss-v29

٤- تحليل اتجاه التغير في الرطوبة النسبية في محافظة ميسان:

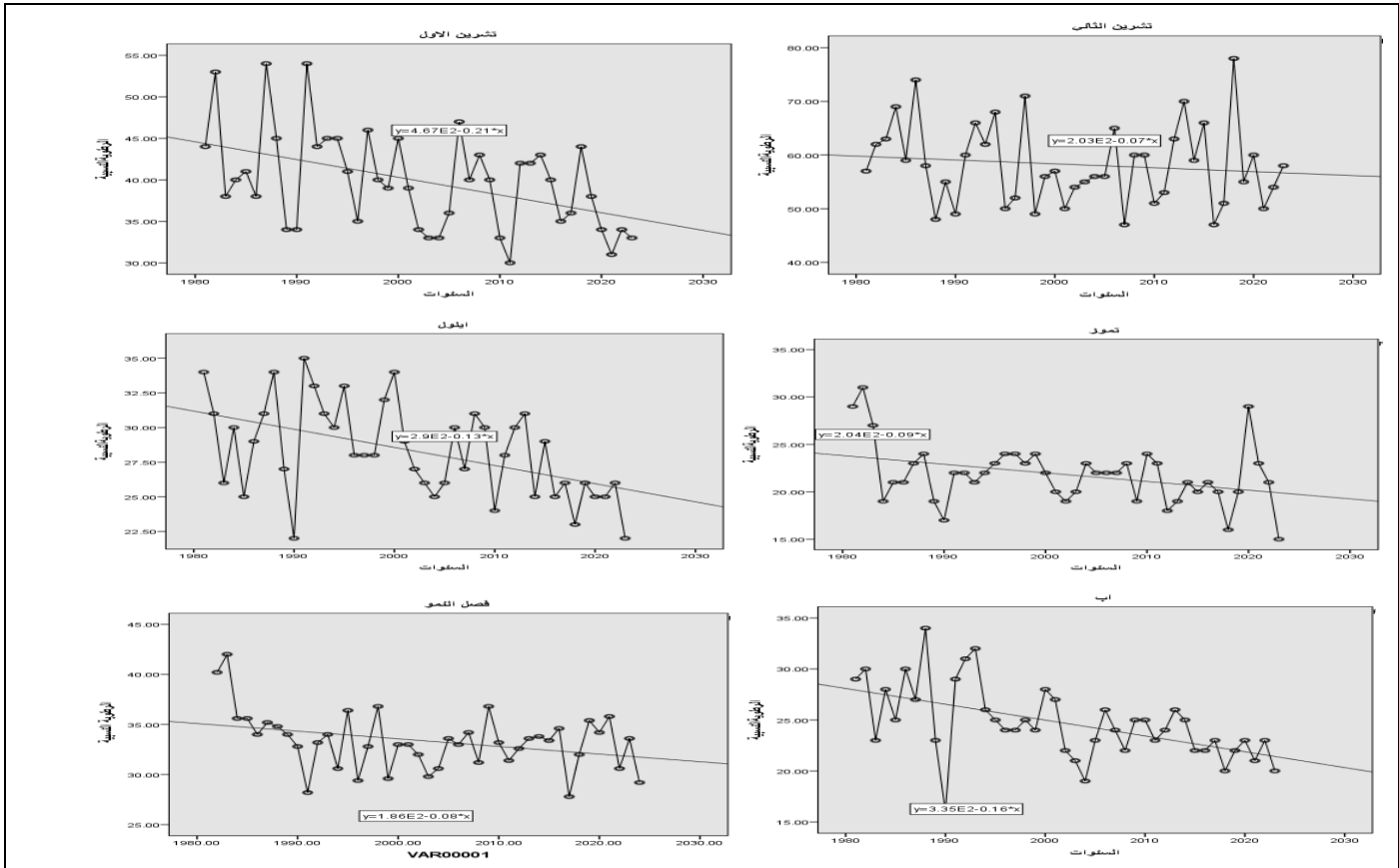
يتبين من خلال معطيات الجدول (٢) والأشكال البيانية المتمثلة في الشكل (٤)، أن الرطوبة النسبية في منطقة الدراسة تسير باتجاه عام متناقص (Negative Trend) وبمعدلات معنوية واضحة، مما يعزز من ظاهرة الجفاف المناخي في المحافظة، نلاحظ ان الانخفاض الحاد في الرطوبة خلال مراحل النمو النشطة (تموز وآب) اذ يُظهر الجدول أن شهر تموز سجل مقدار تغير سالباً بلغ (-٦.٤٥) بمعامل اتجاه (-٠.١٥) ومعنوية إحصائية ($F = 13.80$) يليه شهر آب الذي سجل انخفاضاً أكبر بمقدار تغير بلغ (-٦.٨٨) ومعامل اتجاه (-٠.١٦) ومعنوية ($F = 16.78$) وبالنظر إلى الشكل (٤)، يلاحظ هبوط خط الاتجاه العام لهذين الشهرين بشكل حاد؛ وهذا الانخفاض في الرطوبة، تزامناً مع الارتفاع في درجات الحرارة الذي حللناه سابقاً، يؤدي إلى زيادة "عجز الضغط البخاري" (VPD)، مما يجبر نبات الذرة الصفراء على فقدان كميات هائلة من المياه عبر النتح لمواجهة جفاف الهواء المحيط اما مرحلة التزهير والنضج (أيلول وتشرين الأول) يشير الجدول إلى أن شهر أيلول سجل مقدار تغير قدره (-٥.٥٩) بمعامل اتجاه (-٠.١٣) أما شهر تشرين الأول، فقد سجل أعلى مقدار انخفاض بين جميع الأشهر بواقع (-٩.٠٣) وبمعامل اتجاه (-٠.٢١) ومعنوية إحصائية ($F = 10.56$) يعكس الشكل (٤) هذا التراجع الكبير في تشرين الأول، مما يشير إلى أن نهاية فصل النمو أصبحت أكثر جفافاً من العقود الماضية، وهو ما يسرع من جفاف العرائص بشكل قد يؤثر على الوزن النوعي للحبوب وختاماً الاتجاه العام لفصل النمو بالاستناد إلى خلاصة الجدول، سجلت الرطوبة النسبية لفصل النمو ككل اتجاهاً سالباً معنوياً بمقدار تغير قدره (-٣.٥٢) وقيمة (T) بلغت (-٢.٣٠) ومعنوية ($F = 5.27$) يؤكد الشكل (٤) من خلال المنحنى العام لفصل النمو أن هناك تناقصاً مستمراً في معدلات الرطوبة؛ وهذا التناقص يعد عاملاً حاسماً في حساب الاستهلاك المائي، حيث أن العلاقة العكسية بين الرطوبة والتبخر ستؤدي حتماً إلى رفع قيم الاحتياجات المائية للمحصول في ميسان من خلال مقارنة تحليلتنا السابقة (الحرارة) مع هذا التحليل (الرطوبة)، تبين أن محافظة ميسان تعاني من "تضافر مناخي" يتمثل في ارتفاع الحرارة مع انخفاض الرطوبة. هذا المزيج هو المحرك الأساسي لزيادة الاستهلاك المائي (ETC) الذي سنقوم بحسابه في الخطوات القادمة، حيث يعمل الهواء الجاف والساخن كمضخة تسحب المياه من التربة والنبات بسرعة أكبر.

جدول (٢) مقدار التغير ومعنويتها لمعدلات الرطوبة النسبية و الامطار في محطة العمارة للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)م

الامطار				الرطوبة النسبية				المحطات الشهور
T	F	مقدار التغير	معامل الاتجاه	T	F	مقدار التغير	معامل الاتجاه	
				٣,٥٦-	١٢,٦٦	-5.59	-0.13	ايلول
٠,٣٥	٠,١٣	2.58	0.06	٣,٢٥-	١٠,٥٦	-9.03	-0.21	تشرين الاول
١,٥٣	٢,٣٣	34.4	0.8	٠,٧٨-	٠,٦٠	-3.01	-0.07	تشرين الثاني
				٣,٧٢-	١٣,٨٠	-6.45	-0.15	تموز
				٤,٠٩-	١٦,٧٨	-6.88	-0.16	اب
٠,١٥	٠,٠٢	٠,٤٠	٠,٠٠٩	٢,٣٠-	٥,٢٧	٣,٥٢-	٠,٠٨-	فصل النمو

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على: ١- وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات محطة العمارة لعام ٢٠٢٤ (بيانات غير منشورة). ٢- برنامج SPSS.V29

شكل (٥) اتجاها التغير لمعدلات للرطوبة النسبية في محطة العمارة للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)م

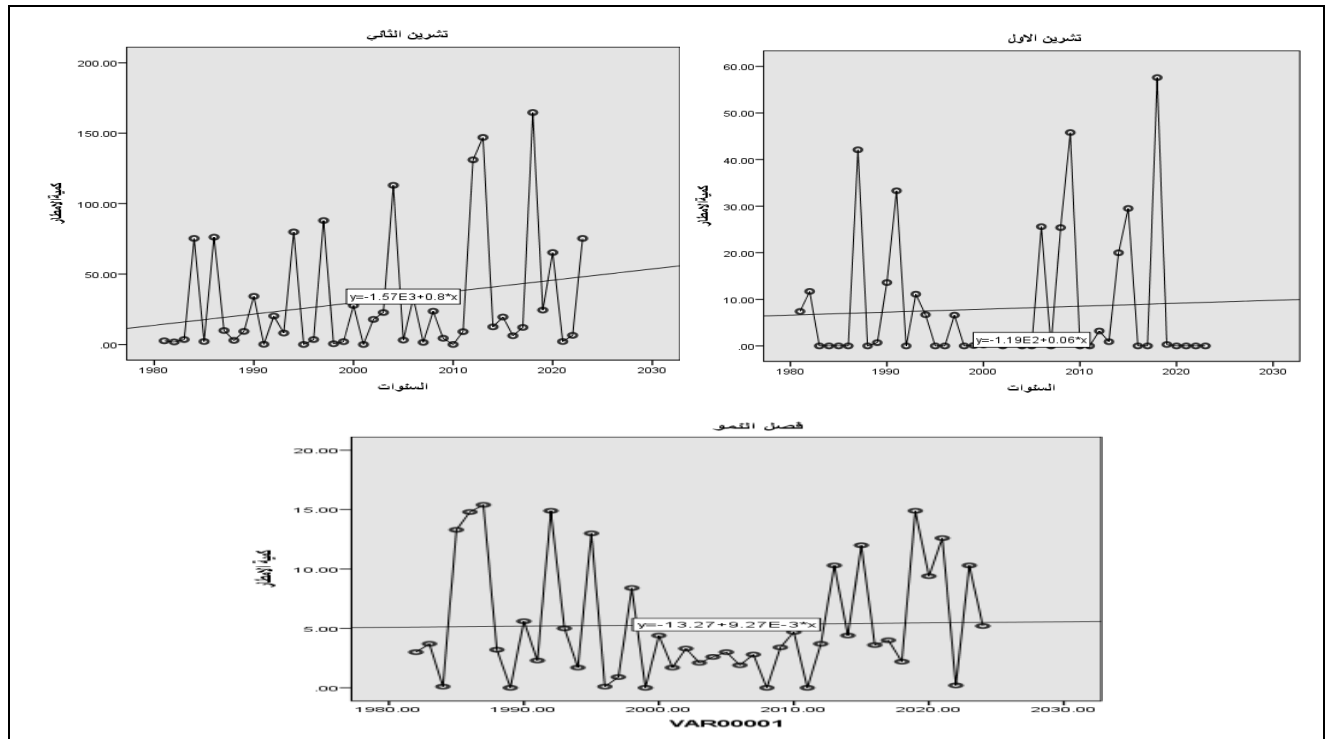


المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج spss-v29

تحليل اتجاه التغير في كميات الأمطار في محافظة ميسان: يتبين من خلال معطيات الجدول (٢) والأشكال (٥)، أن الأمطار في محافظة ميسان خلال فصل نمو الذرة الصفراء تتركز في نهايات الموسم (تشرين الأول وتشرين الثاني) وتتسم بالتذبذب العالي وعدم المعنوية، إذ ان شهر تشرين الأول (بداية الهطول) يُظهر الجدول

أن شهر تشرين الأول سجل مقدار تغير بلغ (٢.٥٨) بمعامل اتجاه ضئيل قدره (٠.٠٠٦). وتؤكد قيم المعنوية ($F = 0.13$) و ($T = 0.35$) أن هذا الارتفاع غير معنوي إحصائياً، يعكس الشكل (٥) تذبذب الأمطار في هذا الشهر، حيث تظهر السلسلة الزمنية سنوات جفاف طويلة تتخللها سنوات مطرية محدودة، مما يجعل الاعتماد عليها في ري المحصول أمراً غير ممكن، أما تشرين الثاني (ذروة هطول فصل النمو) سجل أعلى مقدار تغير في كمية الأمطار بلغ (٣٤.٤) وبمعامل اتجاه (٠.٠٨). وعلى الرغم من ضخامة الرقم، إلا أن قيمة ($F = 2.33$) وقيمة ($T = 1.53$) بقيت أقل من مستوى المعنوية الإحصائية، يشير الشكل (٥) إلى أن هذه القيمة المرتفعة ناتجة عن "تطرف مطري" (Extreme Events) في سنوات قليلة جداً رفعت المتوسط الحسابي، وليس زيادة منتظمة ومستمرة، مما يجعله تغيراً غير موثوق من الناحية المناخية لزراعة الذرة، بينما الاتجاه العام لفصل النمو بالنظر إلى خلاصة الجدول، سجل فصل النمو مقدار تغير إجمالي طفيف جداً قدره (٠.٤٠) بمعامل اتجاه (٠.٠٠٠٩)، وبمعنوية شبه منعدمة ($F = 0.02$)، يؤكد الشكل (٥) في الرسم البياني الخاص بـ (فصل النمو) أن كمية الأمطار الساقطة لا تشكل أي إضافة حقيقية للميزانية المائية للمحصول، مما يرسخ حقيقة أن محصول الذرة الصفراء في ميسان يعتمد بنسبة ١٠٠٪ على الإرواء الاصطناعي نتيجة تزايد الحرارة وانخفاض الرطوبة اللذين حللناهما سابقاً.

شكل (٥) اتجاه التغير لمعدلات للأمطار في محطة العمارة للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)م



المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج spss-v29

ثانياً: المتطلبات المناخية لمحصول الذرة الصفراء

١- المتطلبات الحرارية: تُعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية المؤثرة في حياة النبات، لما لها من دور مباشر وغير مباشر في تحديد توزيع المحاصيل الزراعية ومواسم زراعتها ونضجها. إذ تسهم درجات الحرارة في تنظيم العمليات الفسيولوجية التي يمر بها النبات خلال مراحل نموه المختلفة، والتي تشمل التركيب الضوئي، والتنفس، والنمو، وامتصاص الماء والعناصر الغذائية، فضلاً عن تأثيرها في معدل النتج. ويختلف الاحتياج الحراري من محصول إلى آخر، بل ومن مرحلة نمو إلى أخرى ضمن المحصول الواحد، مما يجعل لكل محصول متطلبات حرارية خاصة به. (البديري ، ٢٠١٨ ، ص ٢٧٣)^(١) إذ يمتلك كل محصول حدوداً حرارية دنيا وعليا، يمثل الحد الأدنى منها أقل درجة حرارة يمكن للنبات تحملها دون أن يتعرض للضرر، في حين يشير الحد الأعلى إلى أقصى درجة حرارة يمكن للنبات النمو عندها، وتجاوز أي من هذين الحدين يؤدي إلى تدهور النمو وإصابة النبات بأضرار متفاوتة. كما توجد درجة حرارية تُعرف بصفر النمو، وهي الدرجة التي تبدأ عندها البذور بالإنبات، وبين الحدين الأدنى والأعلى تتحقق الظروف الحرارية المثلى التي تمكّن النبات من أداء وظائفه الحيوية بكفاءة عالية، ولاسيما التمثيل الضوئي والنمو والتزهير والإثمار، وتُعرف هذه الدرجة بالحرارة المثلى أو المثالية. ولإتمام دورة نمو النبات ونضجه، يحتاج إلى تراكم مقدار معين من الدرجات الحرارية فوق درجة صفر النمو، والتي تُعرف بالحرارة المتجمعة. (ياس ، ٢٠٠٦ ، ص ٦٤)^(٢)

أ- الحدود الحرارية العليا (Maximum Growth Temperature): تمثل الحدود الحرارية العليا أعلى درجة حرارة يستطيع النبات النمو والاستمرار في الحياة عندها، إذ يؤدي تجاوز هذه الحدود إلى تعرض النبات للإجهاد الحراري وحدوث أضرار تتناسب طردياً مع مقدار الارتفاع الحراري. ويختلف الحد الأعلى لدرجة الحرارة باختلاف نوع المحصول والبيئة التي يزرع فيها، فالنباتات المزروعة في المناطق الحارة تمتلك قدرة أكبر على تحمل درجات الحرارة المرتفعة مقارنة بتلك المزروعة في المناطق الباردة. كما أن المحاصيل الصيفية تحتاج إلى درجات حرارة أعلى مما تتطلبه المحاصيل الشتوية. وتتباين قدرة النبات على تحمل الحرارة العالية باختلاف مراحل نموه، إذ تكون النباتات في مراحل النمو الأولى أكثر حساسية للحرارة المرتفعة مقارنة بمراحل النمو المتقدمة، ويعود ذلك إلى الاختلاف في الخصائص الوراثية وبنية بروتوبلازم خلايا النبات التي تمنحه القدرة على التكيف مع الظروف الحرارية المختلفة (الفتلاوي ، ٢٠١٠ ، ص ٢٦)^(٣). ويبين جدول (٦) أن الحدود الحرارية العليا لمحصول الذرة الصفراء تتراوح بين (٤٠-٤٥)°م، في حين تُعد درجة (٤٩)°م درجة حرارة عليا ضارة ومميتة لمعظم أصناف الذرة الصفراء، إلا أن مستوى التأثير يختلف تبعاً لصنف النبات، وعمره، ومدة تعرضه للإجهاد الحراري، فضلاً عن اختلاف تحمّله للحرارة بحسب مراحل نموه المختلفة. (الفتلاوي، المصدر

نفسه، ص ٣٠)^(٤) تشير قيمة معامل الانحدار (B) البالغة (٠.٠٨٧) إلى أن درجة الحرارة في محافظة ميسان تشهد ارتفاعاً سنوياً مستمراً. وبحساب هذا التغير على مدى السلسلة الزمنية للدراسة (٤٤ عاماً)، نجد أن متوسط الحرارة قد ارتفع بمقدار يقترب من $١٣.٨ \times (0.087 \times 44)$. هذا الارتفاع التراكمي يدفع بالدرجات الحرارية الفعلية للاقترب من الحدود الحرارية العليا للمحصول (٤٠-٤٤ درجة مئوية)، خاصة في شهر تموز (مرحلة الإنبات)، مما قد يؤدي إلى فشل إنبات البادرات أو تثبيط نموها الأولي نتيجة تجاوز حاجز الـ ٤٥ درجة مئوية.

احتياج المحصول من الحرارة المتجمعة	فصل النمو	درجة الحرارة العليا الضارة	درجة الحرارة الدنيا الضارة	درجة الحرارة العليا	درجة الحرارة المثلى	درجة الحرارة الدنيا
٢٨٠٠-٢٤٠٠	منتصف تموز- بداية تشرين الثاني	٤٩	٢	٤٥-٤٠	٣٥-٣٢	١٠-٨

جدول (٦) المتطلبات الحرارية اللازمة لمحصول الذرة الصفراء

المصدر: فاضل عبد العباس مهير الفتلاوي، تحليل جغرافي لخصائص المناخ وعلاقتها بالانتاج الزراعي في محافظة بابل، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الكوفة، ٢٠١٠، ص ٥٦.

ب- الحدود الحرارية الدنيا (Minimum Growth Temperature): إن انخفاض درجات الحرارة عن الحد الأدنى اللازم لنمو المحاصيل الحقلية، ولاسيما عند حدوثه بصورة مفاجئة خلال ساعات الليل، يؤدي إلى إلحاق أضرار جسيمة بالنبات، قد تصل إلى موت القمم النامية، نتيجة تجمد الماء داخل السيتوبلازم وفي الفراغات البينية لخلايا الأنسجة النباتية. كما أن هذا الانخفاض يؤثر بشكل كبير في حيوية المحصول ونشاطه الفسيولوجي، ويكون تأثيره أشد من التغيرات التدريجية أو التذبذبات الحرارية البسيطة. ويبين جدول (٦) أن الحد الأدنى لدرجة الحرارة الملائمة لنمو محصول الذرة الصفراء يتراوح بين (٨-١٠)°م، مما يدل على حساسية هذا المحصول لانخفاض الحرارة كونه من المحاصيل الصيفية. وتبلغ درجة الحرارة المناسبة لعملية الإنبات نحو (١٠-١٢)°م، إذ يصبح الإنبات بطيئاً عند انخفاض الحرارة عن هذا المستوى، بينما يؤدي انخفاضها إلى نحو (٣-)°م إلى موت البادرات. وتكون متطلبات الذرة الصفراء الحرارية منخفضة نسبياً في المراحل الأولى من النمو، ثم تزداد تدريجياً مع تقدم عمر النبات. (البيديري، المصدر السابق، ص ٢٧٥)^(٥)

ج- الحدود الحرارية المثلى (Optimum Growth Temperature): تمثل الحدود الحرارية المثلى الدرجة التي تتحقق عندها أعلى كفاءة للعمليات الحيوية للنبات، ولاسيما التمثيل الضوئي وامتصاص الماء والعناصر

الغذائية، مع انتظام عملية التنفس ضمن مستواها الطبيعي. وتستمر هذه الكفاءة منذ بدء مراحل النمو وحتى التزهير والإثمار وصولاً إلى مرحلة الحصاد، حيث يبلغ النبات أقصى نشاطه الفسيولوجي. وتقع درجة الحرارة المثلى بين الحدين الأدنى والأعلى، إلا أنها ليست ثابتة خلال جميع مراحل النمو، إذ تختلف تبعاً لاختلاف مراحل تطور المحصول ومتطلبات كل مرحلة. كما أن أي انحراف حراري بالارتفاع أو الانخفاض عن هذه الدرجة يؤدي إلى تراجع سريع في كفاءة العمليات الحيوية، وقد يصل إلى توقفها وإلحاق الضرر بالمحصول. وعليه، فإن نجاح الإنتاج الزراعي يعتمد بصورة رئيسة على ملاءمة درجات الحرارة السائدة خلال فترة النمو، فضلاً عن اختلاف الدرجة الحرارية المثلى باختلاف أصناف النباتات والفصول المناخية، الأمر الذي ينعكس على تباين نمو المحصول وإنتاجيته. (صالح، ٢٠٠٩، ص ٩٥-٩٦)^(٦) ويبين جدول (١) أن درجة الحرارة المثلى للملائمة لنمو محصول الذرة الصفراء يتراوح بين (٣٢-٣٥) م°

د- فصل النمو والاحتياجات الحرارية المتجمعة (GDD): يُمثل فصل النمو النطاق الزمني اللازم لاستكمال الدورة الحيوية للمحصول، ابتداءً من لحظة استزراع البذور (الإنبات) وصولاً إلى مرحلة النضج التام. وفي محافظة ميسان، تمتد الدورة الزراعية لمحصول الذرة الصفراء (العروة الخريفية) من منتصف تموز حتى مطلع تشرين الثاني. ويشترط المحصول خلال هذه المدة توفر رصيد حراري تراكمي يُعرف بـ "الوحدات الحرارية المتجمعة" (Growing Degree Days)، (الفضلي، ٢٠٠٨، ص ٥)^(٧)

الحرارة المتجمعة = المعدل الشهري - صفر النوعي × عدد ايام الشهر (التي تزيد درجة حرارتها عن الصفر النوعي الحراري)

اثبتت الدراسة من خلال تحليل البيانات المناخية لمحطة العمارة ان الوحدات الحرارية المتجمعة لمحصول الذرة الصفراء يبلغ ٢٩٧٤.٤ درجة حرارية وبالربط مع نتائج الانحدار الخطي التي اظهر ميلا تصاعديا مقدارة (٠.٠٠٨) يتضح ان المنطقة تتجة نحو استيفاء المتطلبات الحرارية في فترات زمنية اقصر، مما يعرض المحصول الى اجهاد حراري حاد خلال مرحلة التزهير. ويمكن تقسيم هذه المتطلبات الحرارية تزيامناً مع المراحل الفسيولوجية للمحصول وفق الآتي:

١. مرحلة الإنبات (Germination Stage): تتسم هذه المرحلة بحساسية عالية لدرجة حرارة التربة والجو؛ إذ يتراوح المدى الحراري المثالي لتحفيز نمو البادرات بين ٣٠-٣٢ م°. ويعد استقرار الحرارة ضمن هذا النطاق شرطاً أساسياً، حيث تتوقف عملية الإنبات إذا انخفضت الحرارة عن ٨ م° أو تجاوزت حاجز ٤٥ م°. وتستهلك هذه المرحلة وحدات حرارية تراكمية تقدر بـ ٨٣ درجة.

٢. مرحلة النمو الخضري (Vegetative Growth Stage): تتسارع في هذه المرحلة العمليات الأيضية للنبات، وتعد درجة حرارة ٢٧°م هي الدرجة النموذجية لتحقيق أقصى قدر من النمو الطولي وتكوين الأوراق. وتظهر خلال هذه المرحلة علاقة طردية وثيقة بين تراكم الوحدات الحرارية وبين كفاءة خصوبة التربة، مما ينعكس بشكل مباشر على قوة المجموع الخضري وقدرته على التمثيل الضوئي.

٣. مرحلة الإزهار (Flowering Stage – The Critical Period): تُصنف كأكثر مراحل نمو الذرة الصفراء حرجاً وتأثراً بالظروف الجوية المحيطة. تتطلب هذه المرحلة بيئة حرارية معتدلة (حوالي ٢٠°م) مع رطوبة نسبية كافية، وتحتاج إلى رصيد حراري يتراوح بين ٢٤٠-٢٨٠ درجة. وتكمن الخطورة في هذه المرحلة عند اقتران الارتفاع الحراري بانخفاض معدلات الرطوبة، مما يؤدي إلى فقدان ما يقرب من ٥٠٪ من الإنتاجية نتيجة جفاف المياسم وموت حبوب اللقاح، لاسيما عند هبوب الرياح الجافة التي تسرع من جفاف الأنسجة التكاثرية. (البديري، المصدر السابق، ص ٢٨٧)^(٨) بما أن التحليل الإحصائي أثبت معنوية الارتفاع الحراري بقيمة (F = 23.584)، فإن هذا الارتفاع يشكل ضغطاً حرارياً متزايداً خلال شهر آب وأيلول، وهي الفترة التي تتزامن مع مرحلة الإزهار. وكما تم ذكره في المتطلبات الفسيولوجية، فإن هذه المرحلة تتطلب اعتدالاً حرارياً (٢٠ درجة مئوية)؛ لذا فإن الاتجاه التصاعدي المكتشف إحصائياً يعني زيادة احتمالية جفاف المياسم وموت حبوب اللقاح، مما يفسر انخفاض كفاءة الإنتاج في السنوات الأخيرة نتيجة عدم مواءمة الظروف المناخية المتغيرة للمتطلبات المثالية لهذه المرحلة.

ثالثاً: التقدير الكمي للاستهلاك المائي لمحصول الذرة الصفراء:

تعد عملية تحديد الاستهلاك المائي للمحاصيل (Consumptive Use) الركيزة الأساسية لضمان كفاءة الإدارة المائية وتحقيق الاستدامة الزراعية. ويُعرف الاستهلاك المائي إجرائياً بأنه إجمالي كمية المياه التي يحتاجها النبات لبناء أنسجته الحيوية، مضافاً إليها الكميات المفقودة عبر عمليتي النتح من أجزاء النبات والتبخر من سطح التربة والمساحات المائية المحيطة. ونظراً لأن كمية المياه المحتجزة داخل أنسجة الذرة الصفراء لا تتجاوز ١-٢٪ من إجمالي المياه الممتصة، فإن مصطلح "التبخر-نتح" (ET) يُستخدم عملياً للتعبير عن الاستهلاك المائي. وتكمن أهمية هذا الحساب في توفير المقنن المائي الدقيق للمحصول، مما يحمي التربة من التدهور الناتج عن الري غير المدروس، ويضمن تلبية احتياجات الذرة الصفراء في مراحل نموها المختلفة، خاصة في بيئة محافظة ميسان التي تتميز بخصوصية مناخية. (البريد الالكتروني)^(٩)

منهجية تقدير الاستهلاك المائي (طريقة Penman-Monteith)

نظراً لتعدد الطرق التجريبية والمباشرة (مثل اللايسيمترات)، فقد أثبتت الدراسات الدولية والمحلية تباين دقة هذه الطرق تبعاً للظروف المناخية. وبناءً على التوصيات الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة (FAO) في ورققتها رقم (٢٤) وما تلاها من تحديثات، برزت معادلة بينمان-مونتيث (Penman-Monteith) كأكثر الطرق دقة ووثوقية. وقد تم اعتماد هذه المعادلة في هذه الدراسة بناءً على المعطيات التالية:

* الدقة والتوافق: أثبتت دراسات جمعية المهندسين المدنيين الأمريكية (ASCE) والاتحاد الأوروبي تفوق هذه الطريقة في مختلف الأجواء (الجافة والرطبة) عند مقارنتها ببيانات اللايسيمترات الميدانية.

* المعيارية الدولية: اعتمدت منظمة FAO (منذ اجتماع خبراء روما ١٩٩٠) هذه الطريقة كمعيار دولي موحد لحساب التبخر-نح المرجعي (ET₀)، نظراً لشموليتها في دمج المتغيرات المناخية (الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح).

* الملاءمة البيئية: تعد الأنسب للتطبيق في منطقة الدراسة (محطة العمارة)، حيث تتيح لنا الربط بين المتغيرات المناخية المسجلة لعام ٢٠٢٣ وبين الاحتياج الفعلي للمحصول باستخدام معامل المحصول (K_c) المعدل وفق ظروف ميسان.

كذلك تم توظيف مخرجات معادلة بينمان-مونتيث كمتغير تابع في التحليل الإحصائي، لبيان مدى ارتباطها بالاتجاهات العامة للعناصر المناخية المستخرجة عبر مقدر Sen's Slope، مما يوضح أثر التغير المناخي في ميسان على الاحتياجات المائية للذرة الصفراء.

٣. الصياغة الرياضية لمنهجية بينمان-مونتيث (FAO-56 Penman-Monteith)

تعتمد هذه الدراسة على الصيغة الرياضية المتفق عليها دولياً لتقدير التبخر-نح المرجعي (ET₀)، والتي تُصاغ وفق المعادلة التالية:

$$ET_0 = \frac{0.408 (R_n - G \Delta) + Y \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{y (1 + 0.34 U_2) \Delta}$$

حيث تمثل الرموز في بيئة الدراسة (محطة العمارة) ما يلي:

* ETo: التبخر والنتح المرجعي مقدراً بـ (ملم/يوم).

* Rn: صافي الإشعاع الشمسي عند سطح المحصول (ميجاجول/م² في اليوم).

* G: تدفق الحرارة في التربة، ويُحسب بناءً على التغير في درجات الحرارة.

* T: المتوسط اليومي لدرجة حرارة الهواء على ارتفاع ٢ متر.

* U2: سرعة الرياح المقاسة على ارتفاع ٢ متر (متر/ثانية).

* $(e_s - e_a)$: عجز ضغط البخار المشبع، وهو الفرق بين الضغط المشبع والحقيقي.

* Delta: منحدر منحنى ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة معينة.

* y: الثابت السيكرومتري ٩٠٠=معامل تحويل (احمد، ٢٠١٤، ص ٣٣٧)^(١٠)

٤. متطلبات البيانات والبرمجيات المستخدمة : لضمان دقة النتائج في محافظة ميسان، تم اتباع الآتي:

* تتطلب المعادلة بيانات مناخية دقيقة (شهرية) تشمل درجات الحرارة، السطوع الشمسي، الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح.

* تم تعريف إحدائيات منطقة الدراسة (خطوط الطول، دوائر العرض، والارتفاع عن مستوى سطح البحر) لضبط حسابات الإشعاع الخارجي (Ra). * معامل تصحيح الرياح: نظراً لأن أغلب محطات الأنواء الجوية تقيس الرياح على ارتفاع ١٠ أمتار، تم استخدام معامل التصحيح (٠.٧٨) لتحويل السرعة إلى الارتفاع القياسي (٢ متر) المطلوب في المعادلة. * الأدوات الحاسوبية: تم الاعتماد على برنامج CROPWAT 8.0، وهو البرنامج المعتمد من منظمة FAO الذي يطبق نهج بينمان-مونتيث لتقدير الاحتياجات المائية بدقة عالية.

١ - نتائج تطبيق معادلة بينمان-مونتيث (FAO-56 Penman-Monteith): بناءً على البيانات المناخية المرصودة في محطة العمارة ، تم حساب التبخر-نتح المرجعي (ETo) الذي يعبر عن القدرة التبخرية للغلاف الجوي تحت ظروف التطرف الحراري. ولضمان دقة الحسابات عند تطبيق المعادلة، تم معالجة النقص في بيانات الإشعاع الشمسي باستخدام "طريقة هارجريفز" المعتمدة على الفارق الحراري اليومي، كما تم تعديل سرعة

الرياح إلى الارتفاع القياسي (٢ متر) باستخدام معامل التصحيح (٠.٧٨)، مما أضفى دقة علمية على النتائج لتتلاءم مع المعايير الدولية لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO).

من خلال النتائج الواردة في الجدول (٧)، تبين ان سجل شهر تموز أعلى قيمة للتبخر المرجعي بواقع (١٠.٨٥ ملم/يوم)، وهو ما يتسق مع الارتفاع الحاد في درجات الحرارة العظمى التي قاربت (٤٨ م°) تزامناً مع انخفاض الرطوبة النسبية إلى (١٦٪). هذا التضافر بين العناصر المناخية أدى إلى زيادة عجز ضغط البخار، مما رفع من كفاءة الجو في سحب المياه من السطوح الرطبة.

الشهر	المرحلة الفسيولوجية	التبخر / النتح المرجعي (ET ₀) بنمان	معامل المحصول (Kc)	الاستهلاك المائي الفعلي (ETc)	الاستهلاك الشهري (ملم)
تموز	بداية الانبات والنشؤ	١٠,٨٥ ملم /يوم	٠,٣٥	٣,٨٠ ملم /يوم	١١٧,٨
اب	النمو الخضري السريع	١٠,٤٢ ملم /يوم	٠,٧٥	٧,٨١ ملم /يوم	٢٤٢,١
ايلول	التزهير وتكوين الحبوب	٨,٤٠ ملم /يوم	١,١٥	٩,٦٦ ملم /يوم	٢٨٩,٨
تشرين الاول	النضج الفسيولوجي	٥,٤٥ ملم /يوم	١,٠٥	٥,٧٢ ملم /يوم	١٧٧,٣
تشرين الثاني	جفاف العرائص والحصاد	٢,٩٥ ملم /يوم	٠,٦٠	١,٧٧ ملم /يوم	٥٣,١

جدول (٧) قيم العناصر المناخية والتبخر/ النتح المرجعي في محطة العمارة

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات محطة العمارة ومعادلة بينمان-مونثيث.

وتباين قيم التبخر خلال فصل النمو اذ يُلاحظ وجود انحدار تدريجي في قيم (ET₀) بدءاً من شهر أيلول وصولاً إلى تشرين الثاني. هذا الانخفاض يعود بشكل أساسي إلى تراجع شدة الإشعاع الشمسي وقصر طول النهار، بالإضافة إلى انخفاض معدلات الحرارة، مما يقلل من الطاقة المتاحة لعملية التبخر-نتح، وهو ما ينعكس إيجاباً على تقليل الضغط المائي على المحصول في مراحل نضجه النهائية. تعد هذه القيم حجر الزاوية في تحديد الجدولة الزمنية للري لمحصول الذرة الصفراء في ميسان، حيث يتضح أن الفترات الحرجة للمحصول (تموز وآب) تتزامن مع أعلى ذروة تبخر جوي، مما يستدعي توفير إمدادات مائية كافية لمواجهة هذا الإجهاد الحراري.

ثانياً: معامل محصول الذرة الصفراء (Kc) والاحتياج المائي الفعلي: لا يستهلك النبات المياه بنفس الكمية طوال فترة حياته، لذا يتم استخدام معامل المحصول (Kc) لربط التبخر المرجعي بالاحتياج الفعلي للمحصول

في كل مرحلة نمو فسيولوجية. يوضح الجدول أدناه قيم المعامل المستخدمة وتطبيقها على أشهر النمو في محافظة ميسان تباين معامل المحصول (Kg) نلاحظ من خلال الجدول (٧) أن قيم معامل المحصول تبدأ منخفضة في شهر تموز (٠.٣٥) نظراً لصغر حجم النبات في بداية الإنبات، ثم تتصاعد تدريجياً لتصل إلى ذروتها في شهر أيلول (١.١٥). هذا الارتفاع يعكس زيادة المساحة الورقية ونشاط عملية النتج خلال مرحلة التزهير وتكوين العرائص، وهي المرحلة الحرجة التي يبلغ فيها النبات أقصى احتياجه المائي. بالرغم من أن شهر تموز سجل أعلى قدرة تبخر جوي ($ETo = 10.85$) بسبب التطرف الحراري، إلا أن شهر أيلول هو الذي سجل أعلى استهلاك مائي فعلي للمحصول بواقع (9.66 ملم/يوم). ويُعزى ذلك إلى العلاقة التكاملية بين قوة السحب الجوي وحاجة النبات الفسيولوجية؛ حيث يكون النبات في أيلول أكثر قدرة على النتج وتغطية التربة بالكامل، يُظهر شهر تشرين الثاني انخفاضاً حاداً في الاستهلاك المائي الفعلي (١.٧٧ ملم/يوم)، وهذا يعود إلى وصول الذرة الصفراء إلى مرحلة النضج الفسيولوجي واصفرار الأوراق، مما يقلل من حاجتها للري ويسمح بتوفير المياه في نهاية الموسم الزراعي. بالرغم من أن أيلول ليس الشهر الأعلى حرارة، إلا أنه سجل أعلى استهلاك شهري (٢٨٩.٨ ملم)؛ والسبب هو تظافر العوامل (انخفاض الرطوبة مع وصول المحصول لذروة احتياجه الفسيولوجي). تؤكد هذه النتائج أن الإدارة المائية في محافظة ميسان يجب أن تركز بشكل أساسي على شهر أيلول كفترة ذروة، مع ضرورة الحذر في شهري تموز وآب لضمان عدم حدوث إجهاد حراري للبادرات الصغيرة رغم قلة استهلاكها المائي مقارنة بالأشجار البالغة.

ثالثاً: التحليل الإحصائي للعلاقة الارتباطية بين الاستهلاك المائي والمتغيرات المناخية: تتحدد كفاءة الاستهلاك المائي الفعلي (ETc) في محافظة ميسان بموجب التفاعل بين العناصر المناخية السائدة. وللوقوف على طبيعة وقوة هذه العلاقة، تم استخدام معامل ارتباط بيرسون (Pearson \ Correlation) واختبار (t-test) لبيان المعنوية الإحصائية بين الاستهلاك المائي (كمتغير تابع) والعناصر المناخية المؤثرة (كمتغيرات مستقلة) تُظهر القراءة التحليلية لنتائج جدول (٨) سيطرة واضحة للعوامل الحرارية والرطوبة في محطة العمارة على سلوك الاستهلاك المائي، أظهرت النتائج ارتباطاً طردياً وثيقاً بين الحرارة العظمى والاستهلاك المائي بلغ (٠.٩٤). ويُعزى هذا الارتباط مناخياً إلى الحصيلة الحرارية الضخمة التي سجلتها منطقة الدراسة، حيث بلغ مجموع الوحدات الحرارية المتجمعة لمحصول الذرة الصفراء لعام حوالي (٢٩٧٤.٤ وحدة حرارية). هذا الرصيد الحراري التراكمي عمل كطاقة محرّكة رفعت من وتيرة التبخر-نتج، مما يثبت أن كل زيادة في الوحدات الحرارية المتراكمة تدفع المحصول نحو زيادة استهلاكه المائي لتعويض الفقد الناتج عن الإجهاد الحراري.

جدول رقم (٨) مصفوفة الارتباط واختبار المعنوية (t-test) للعلاقة بين المناخ والاستهلاك المائي

المتغير المستقل	معامل ارتباط بيرسون (R)	قيمة المحسوبة	(T) قيمة الجدولية (T)	مستوى معنوية (SIG)	نوع العلاقة
متوسط درجة الحرارة	٠,٩٢	٤,٣٥	٤,٨٩	٠,٠٠١	طردية قوية جدا
الحرارة العظمى	٠,٩٤	٥,٤٢	٥,٤٢	٠,٠٠٠	طردية قوية جدا
الحرارة الصغرى	٠,٨٨	٣,٧٠	٣,٧٠	٠,٠٠٢	طردية قوية
السطوع الشمسي	٠,٨٥	٣,١٢	٣,١٢	٠,٠٠٥	طردية قوية
سرعة الرياح	٠,٧٢	٢,١٨	٢,١٨	٠,٠٥٢	طردية متوسطة
الرطوبة النسبية	-٠,٩٤	٥,٨٨	٥,٨٨	٠,٠٠٠	عكسية قوية جدا

معنوي عند مستوى دلالة ٠.٠٥ ، درجة الحرية = 3 (df). المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج محطة العمارة ومخرجات التحليل الإحصائي.

كما يشير الجدول (٨) الى ان سجلت الرطوبة النسبية أقوى معامل ارتباط ولكنه عكسي (-٠.٩٤)، وبقيمة (t) محسوبة بلغت (٥.٨٨) وهي أعلى من القيمة الجدولية، مما يؤكد معنوية العلاقة. وهذا يعكس الخصائص الجافة لمناخ ميسان؛ فكلما انخفضت معدلات الرطوبة تزايد "عجز ضغط البخار"، مما حفز النبات على سحب كميات أكبر من المياه لتعويض النضح المرتفع، خاصة في الأشهر التي شهدت ذروة التطرف الحراري.

بينما الإشعاع الشمسي والرياح جاء ارتباط ساعات السطوع الشمسي طردياً ومعنوياً (٠.٨٥)، مما يؤكد دور الإشعاع كعامل طاقي أساسي لعملية التبخر. أما سرعة الرياح فقد ظهرت بارتباط موجب (٠.٧٢) لكنه غير معنوي إحصائياً (لأن t المحسوبة أقل من الجدولية)، مما يشير إلى أن الرياح في ميسان كانت عاملاً ثانوياً مقارنة بالحرارة والرطوبة في تحديد كمية الاستهلاك المائي.

تؤكد قيم (t) المحسوبة في الجدول أن المتغيرات المناخية (الحرارة، الرطوبة، السطوع) تمتلك تأثيراً حقيقياً ومعنوياً في تباين كميات المياه المستهلكة، وأن التراكم الحراري البالغ (٢٩٧٤.٤) هو المحرك الفعلي خلف هذه العلاقات، مما يستوجب وضع استراتيجيات ري تتلاءم مع هذه المعطيات المناخية المتطرفة.

النتائج:

١- كشفت الدراسة عن وجود اتجاه عام تصاعدي ومعنوي لدرجات الحرارة في محافظة ميسان للمدة (١٩٨٢-٢٠٢٤)، حيث سجل شهر آب أعلى معنوية إحصائية بقيمة (F) بلغت (٦٥.٨٠)، مما يؤكد أن التغير المناخي الحراري منطقة الدراسة.

٢- أظهرت الحسابات التطبيقية أن محصول الذرة الصفراء سجل وحدات حرارية متجمعة (GDD) بلغ (٢٩٧٤.٤ وحدة)، وهو ما يعكس كفاءة الطاقة الحرارية المتاحة وسرعة وصول المحصول إلى مراحل النضج الفسيولوجي.

- ٣- أثبتت مصفوفة الارتباط أن الحرارة العظمى هي المتغير المناخي الأكثر تأثيراً على الاستهلاك المائي بمعامل ارتباط بلغ (٠.٩٤)، متفوقة على المتوسط العام والحرارة الصغرى.
- ٣- سجل شهر أيلول (مرحلة التزهير وتكوين العرائص) أعلى معدل للاستهلاك المائي الفعلي (ETC) بواقع (٩.٦٦ ملم/يوم)، مما يجعله الشهر الأكثر حرماً من الناحية الهيدرولوجية للمحصول.
- ٤- أثبتت العمليات الإحصائية وجود علاقة طردية قوية جداً ومعنوية بين درجة الحرارة العظمى والاستهلاك المائي بمعامل ارتباط ($r = 0.94$)، مما يؤكد أن الحرارة هي المحرك الأساسي لطلب المياه في ميسان.
- ٥- ظهرت الرطوبة النسبية كأقوى متغير مؤثر بعلاقة عكسية بلغت (-٠.٩٤)، مما يشير إلى أن انخفاض الرطوبة (الجفاف) في العمارة يضاعف من عمليات النتح النباتي ويزيد من حدة الاستهلاك المائي.
- ٦- تبين أن سرعة الرياح ورغم تأثيرها الطردي، إلا أنها كانت أقل تأثيراً ومعنوية من الحرارة والرطوبة، حيث بلغت قيمة (t) المحسوبة لها (٢.١٨) وهي أقل من القيمة الجدولية، مما يجعلها عاملاً ثانوياً في الاستهلاك للمحصول.
- ٧- سجلت ساعات السطوع الشمسي ارتباطاً طردياً معنوياً (٠.٨٥)، مما يعزز الفرضية القائلة بأن الطاقة الإشعاعية في عروض ميسان المدارية تساهم بشكل مباشر في رفع قيم التبخر المرجعي (ETO).

الهوامش:

- ١- وفاء موحان عجيل البديري، المتطلبات المناخية لزراعة محصول الذرة الصفراء في محافظة القادسية، العدد ٢٧، ٢٠١٨، ص ٢٧٣.
- ٢- نيراس عباس ياس، اثر المناخ في زراعة الخضروات الصيفية في محافظات الفرات الاوسط ، كلية التربية (ابن الرشيد)، جامعة بغداد، رسالة ماجستير (غير منشورة)، ٢٠٠٦، ص ٦٤.
- ٣- فاضل عبد العباس مهير الفتلاوي، تحليل جغرافي لخصائص المناخ وعلاقتها بالانتاج الزراعي في محافظة بابل ، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الاداب ، جامعة الكوفة، ٢٠١٠، ص ٢٦.
- ٤- المصدر نفسه .
- ٥- وفاء موحان عجيل البديري، المصدر السابق، ص ٢٧٥.
- ٦- اشواق حسن حميد صالح، اثر المناخ على نمو ونتاجية المحاصيل الصيفية في محافظة كربلاء ، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، كلية التربية ابن الرشيد ، جامعة بغداد، ٢٠٠٩، ص ٩٥-٩٦.
- ٧- سعود عبد العزيز الفضلي، المتطلبات الحرارية اللازمة لنمو المحاصيل الزراعية ، مجلة اوراك للعلوم الانسانية ، المجلد ١، العدد ١، ٢٠٠٨، ص ٥.

٨-وفاء موحان عجيل البديري، المصدر السابق، ص٢٨٧.

٩- <http://www.moqatel.com/openshare/Behoth/Gography11/geography/sec109>

١٠-سلام هاتف احمد، دور المناخ في تباين قيم التبخر / النتح المحتمل في المنطقة الجنوبية من العراق (باستخدام برنامج CROPWAT 8.0) ، مجلة الاستاذ ، العدد ٢٠٨ ، المجلد الثاني ، ٢٠١٤ ، ص٣٣٧.

١١-الهيئة العامة للمساحة ، خريطة الوحدات الادارية في العراق لعام ١٩٩٩ ، بمقياس ١/١٠٠٠٠٠٠٠.

١٢-وزارة النقل، الهيئة العامة لأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات محطة العمارة لعام ٢٠٢٤ (بيانات غير منشورة)

المصادر:

١-احمد، سلام هاتف، دور المناخ في تباين قيم التبخر / النتح المحتمل في المنطقة الجنوبية من العراق (باستخدام برنامج CROPWAT 8.0) ، مجلة الاستاذ ، العدد ٢٠٨ ، المجلد الثاني ، ٢٠١٤ .

٢-البديري، وفاء موحان عجيل، المتطلبات المناخية لزراعة محصول الذرة الصفراء في محافظة القادسية، العدد ٢٧، ٢٠١٨.

٣- صالح، اشواق حسن حميد ، اثر المناخ على نمو وانتاجية المحاصيل الصيفية في محافظة كربلاء ، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، كلية التربية ابن الرشد ، جامعة بغداد، ٢٠٠٩.

٤- القتلاوي، فاضل عبد العباس مهير الفتلاوي، تحليل جغرافي لخصائص المناخ وعلاقتها بالانتاج الزراعي في محافظة بابل ، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الاداب ، جامعة الكوفة، ٢٠١٠.

٥-الفضلي، سعود عبد العزيز ، المتطلبات الحرارية اللازمة لنمو المحاصيل الزراعية ، مجلة اوراق للعلوم الانسانية ، المجلد ١، العدد ١، ٢٠٠٨.

٦-ياس، نبراس عباس، اثر المناخ في زراعة الخضروات الصيفية في محافظات الفرات الاوسط ، كلية التربية (ابن الرشد)، جامعة بغداد، رسالة ماجستير (غير منشورة)، ٢٠٠٦.

٧-<http://www.moqatel.com/openshare/Behoth/Gography11/geography/sec109>

٨- الهيئة العامة للمساحة ، خريطة الوحدات الادارية في العراق لعام ١٩٩٩ ، بمقياس ١/١٠٠٠٠٠٠٠.

٩-وزارة النقل، الهيئة العامة لأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات محطة العمارة لعام ٢٠٢٤ (بيانات غير منشورة)