



دراسة تحليلية لتغير الموازنة المائية المناخية والاحتياجات المائية لنبات الذرة الصفراء في مناطق زراعتها في سورية خلال الفترة (1970-2020)

Analytical Study of Changes in Climatic Water Balance and Water Needs of Maize (Corn) in Its Agricultural Regions in Syria During the Period (2020-1970)

د. كنانة حليمي⁽²⁾

د. أدهم جلب⁽¹⁾

Dr. Ahdem Jalab⁽¹⁾

Dr. Kinana Haleme⁽²⁾

Adhamjalab@yahoo.com

<https://doi.org/10.66805/AE-19.1.019034>

Received 01 August 2024; Accepted 31 October 2024

(1) قسم الحراج والبيئة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.

(1) Department of Forestry and Environment, Faculty of Agriculture, Latakia University, Syria.

(2) كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.

(2) Faculty of Agriculture, Latakia University, Syria.

الملخص

يهدف هذا البحث الى دراسة واقع تغير الميزان المائي المناخي وأثره في الاحتياجات المائية لنبات الذرة الصفراء في مناطق زراعتها في سورية خلال الفترة 1970-2020، حيث جرت دراسة وتحليل عناصر الموازنة المائية المناخية كالهطل المطري والتبخر-النتح الكامن على المستويات السنوية والفصلية والشهرية وتحديد الاتجاه العام لها خلال الفترة المدروسة، إضافة إلى تحديد مدى تغير التبخر-نتح الحقيقي الذي يعبر عن الاحتياجات المائية الفعلية للذرة الصفراء في المناطق الرئيسية لزراعتها في سورية وهي (حماء- حلب- الرقة- دير الزور) خلال موسم النمو وفي كل مرحلة من مراحل نموها الأربع وذلك في ظل التغيرات المناخية الراهنة، حيث تم استخدام نماذج الانحدار الخطي البسيط لتحديد اتجاه التغير لكل من الهطل المطري والتبخر-النتح الكامن (ETp) والتبخر-نتح الحقيقي والميزان المائي المناخي، حيث تبين وجود اتجاه عام متزايد ذي دلالة إحصائية معنوية ($P < 0.05$) لكل من التبخر-النتح الكامن (ETp) و التبخر-النتح الحقيقي (ETr) خلال الفترة المدروسة، واتجاهًا متناقصًا معنويًا للهطل المطري ($P < 0.05$) في المحطات المناخية المعتمدة.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، الموازنة المائية المناخية، الاحتياجات المائية، التبخرنتح، الجفاف.

Abstract

This research aims to study the reality of changes in the climatic water balance and its impact on the water needs of maize (corn) in Syria during the period from 1970 to 2020. It involves studying and analyzing elements of the climatic water balance, such as rainfall and potential evapotranspiration, at annual, seasonal, and monthly levels, and determining their overall trends during the studied period. Additionally, the study aims to assess changes in actual evapotranspiration, which reflects the actual water needs of maize in the main growing regions in Syria, namely Hama, Aleppo, Raqqa, and Deir Ezzor, throughout the growing season and in each of its four growth stages, in light of current climatic changes. Simple linear regression models were employed to determine the trend (Tend) for rainfall, potential evapotranspiration (ETp), actual evapotranspiration (ETr), and the climatic water balance. The results indicated a statistically significant general trend ($0.05 > P$) for both potential evapotranspiration (ETp) and actual evapotranspiration (ETr) during the studied period, along with a statistically significant decreasing trend for rainfall ($0.05 > P$) at the monitored climate stations

Keywords: Climatic Change, Climatic Water Balance, Water Needs, Evapotranspiration, Drought.

المقدمة

تعدُّ الذرة الصفراء من المحاصيل الزراعية الأساسية التي تؤدي دورًا حيويًا في الأمن الغذائي العالمي، ومع تزايد التحديات البيئية أصبح من الضروري فهم تأثير التغيرات المناخية على مدى تغير الاحتياجات المائية هذا المحصول. ترتبط الدورة الهيدرولوجية ارتباطًا وثيقًا بالتغيرات في درجة حرارة الغلاف الجوي والتوازن الإشعاعي، إن ارتفاع درجة حرارة النظام المناخي في العقود الأخيرة يتضح من خلال الزيادات في المتوسط العالمي لدرجات حرارة الهواء والمحيطات (IPCC, 2007)، وارتفاع مستوى سطح البحر العالمي، إن صافي التأثير الإشعاعي بشري المنشأ من المقدر أن يكون إيجابيًا ومع أفضل تقدير له 1.6 وات/م² لعام 2005 (مقارنة بقيمة عام 1750 أي ما قبل الثورة الصناعية). أفضل تقدير لارتفاع درجة حرارة سطح الأرض بين 1906 إلى 2005 هو 0.74 درجة مئوية، مع اتجاه احتراق أسرع على مدى الخمسين سنة الماضية. تُظهر الدراسات أن معظم الارتفاع في درجات الحرارة العالمية منذ منتصف القرن العشرين كان بسبب الزيادة الملحوظة في النشاط البشري وزيادة تركيز غازات الدفيئة، وأظهرت دراسة (Haleme *et al.*, 2023) أن الاتجاه العام لموجات الحر (التي تتحدد عندما تكون أدنى درجة حرارة مسجلة لمدة يومين على الأقل أعلى بنسبة 85% من متوسط حرارة شهري تموز وآب) في الغرب السوري خلال الخمس عقود الأخيرة سجلت اتجاهًا عامًا متزايدًا ذا أهمية معنوية، وفي دراسة أخرى للمنطقة نفسها (Ibrahim *et al.*, 2022) وجود تغير زمني لدرجات الحرارة العظمى الشهرية والفصلية والسنوية في منحنى تصاعدي موجب خلال الفترة (1960-2021).

عادة يترجم تغير المناخ إلى تغير في الظروف الجوية على المدى الطويل وهو عامل محدد لزراعة المحاصيل ونموها (Bazzaz and Sombroek, 1996). كما أن لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ودرجة حرارة الهواء تأثيرًا مباشرًا على نمو وتطور المحاصيل (Idso and Idso, 1994; Zapotoczny *et al.*, 2006; Xiao *et al.*, 2007, 2009; Qiao *et al.*, 2010; El-) (Fadel *et al.*, 2012). كما أن لتغير المناخ تأثير كبير على توافر الموارد المائية. كما أفاد (Ragab and Prudhomme, 2002,) (Ragab, 2010, Montenegro and Ragab, 2012. Hamdy *et al.*, 2003).

حددت اللجنة الدولية للري والصرف ICID أن فقد الماء من التربة والنبات يحدث من خلال:

- التبخر- النتح الكامن Potential Evapotranspiration "ETP" يمثل كمية بخار الماء العظمى التي تنتقل إلى الغلاف الجوي في واحدة الزمن من سطح مغطى كلياً بالنمو النباتي وتحت ظروف مائية وغذائية مثالية دون وجود أي عائق لتأمين المياه تحت الظروف السائدة سواء أكانت ميتروولوجية - حالة التربة الفيزيائية - نوعية النمو والزراعات المحيطة بالموقع (Schrödter, 1985).

- التبخر- النتح الحقيقي Actual Evapotranspiration "ETR" يمثل كمية الماء المنقولة فعلياً من واحدة المساحة لأرض مغطاة بالنباتات إلى الغلاف الجوي في واحدة الزمن تحت الظروف البيئية السائدة (Schrödter, 1985).

- إن كميات الماء المستهلكة لتكوين 1 كغ من المادة الجافة للنبات التي يطلق عليها معامل النتح Transpiration Coefficient التي تتراوح بين 200 - 1000 لتر تتوقف على النوع النباتي المزروع وبالتالي فإن إنتاجية النوع النباتي من المادة الجافة في واحدة المساحة يسمح بتحديد دقيق تقريباً عن كميات الماء اللازمة لبناء المادة النباتية الجافة التي تمثل 13 - 22% من وزن النبات (Hanke, 1986).

عادة يمثل الفقد المائي بالتبخر نتح جزءاً مهماً في كل من نظامي الطاقة والميزان المائي لكوكب الأرض ويتضح ذلك من خلال كميات الماء المتبخرة سنوياً التي تستهلك حوالي 25% من الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض (Schrödter, 1985) وقد عرفه العالم بنمان بأنه ظاهرة فيزيولوجية تعبر عن كمية الماء المفقود فيزيائياً من سطح التربة وسطوح النباتات المبللة من المسام النباتية عن طريق النتح (Penman, 1963).

وقد قيّمت دراسة (حسون وزملاؤه، 2022) الاستهلاك المائي وعلاقته بإنتاجية محصول الذرة الصفراء باستخدام برنامج cropwat8، وقد حدد (عباس وزملاؤه، 2023) الاحتياج المائي للذرة الصفراء تحت تأثير التغيرات المناخية باستخدام النموذج MABIA. كما وضحت دراسة (صالح وفالح، 2012) الاحتياجات المائية لمحصول الذرة الصفراء في وسط العراق لزيادة كفاءة استخدام المياه.

أهمية البحث وأهدافه

معظم الزراعات الشتوية في سورية هي زراعات بعلية، لذا فإن تحديد كميات المياه المفقودة بالتبخر- النتح وكميات المياه الواردة عبر الهطولات المطرية وتحديد مدى الفائض أو العجز المائي وتقييم الاحتياجات المائية لمختلف الأنواع النباتية خلال مراحل نموها المختلفة وتحديد مدى الحاجة للمياه بالري التكميلي من عدمه على المستويات الزمانية والمكانية يعد ذا

أهمية كبيرة لتقييم كمية الاحتياجات المائية وتغيرها عبر الزمن في ظل التغيرات المناخية الراهنة وذلك من أجل إيجاد حلول ملائمة ومستدامة. وتتجلى أهداف البحث في:

- دراسة واقع الميزان المائي المناخي عبر كل من الهطل المطري والتبخر-الكامن في مناطق متوزعة جغرافياً في الجزيرة السورية والمنطقة الشمالية والوسطى في سورية (دير الزور- حلب - حماه- الرقة) على المستويات السنوية والفصلية خلال الفترة 1970-2020.

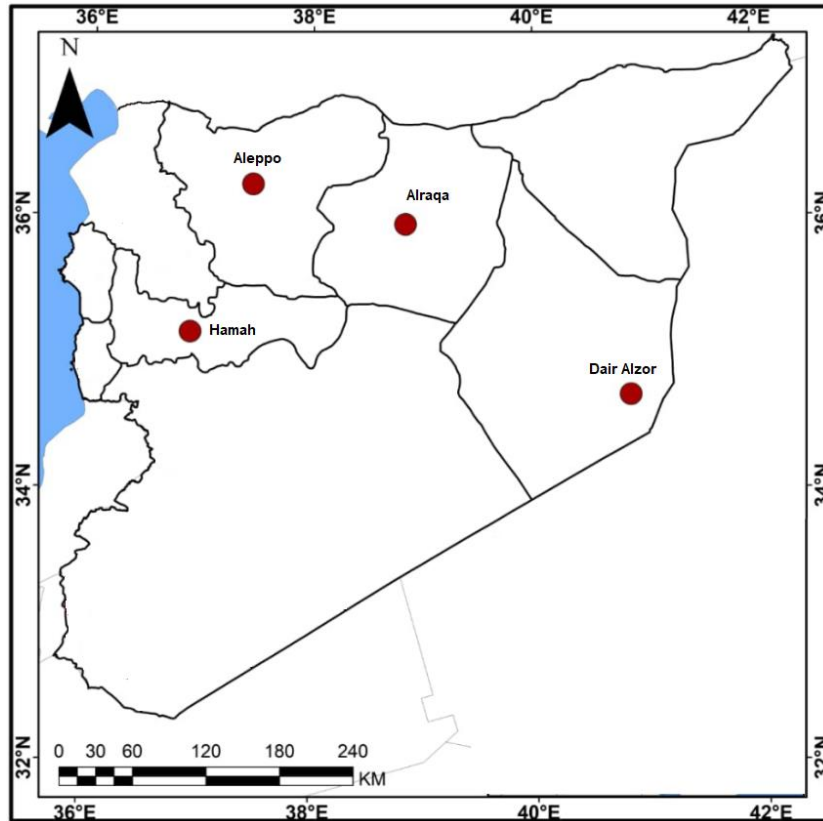
- تحديد اتجاه ومقدار التغير كل من الهطل المطري والتبخر نتح الكامن والميزان المائي المناخي في المناطق الأربعة خلال الفترة 1970-2020.

- تقدير الاحتياجات المائية لنبات الذرة الصفراء في مناطق الدراسة ولا سيما خلال مراحل نموها.

- تحديد مقدار الزيادة أو النقص في احتياجات نبات الذرة الصفراء للمياه في مناطق الدراسة الأربع وخلال كامل موسم النمو وكل مرحلة من مراحل النمو الأربع.

منطقة الدراسة

تتمثل منطقة البحث في أربع مناطق رئيسة لزراعة الذرة في الجمهورية العربية السورية التي تمتد فلكياً بين دائرتي عرض (32°18'N - 37°19'N) وبين خطي طول (35°36'E - 42°22'E) (عبد السلام، 1990) وهي (دير الزور، الرقة، حلب، حماه) كما هو موضح في الشكل (1).



الشكل 1. الجمهورية العربية السورية موزعاً عليها المحطات الميتورولوجية المعتمدة في الدراسة

مواد وطرائق البحث

لقد جرى الحصول على المعطيات المناخية المستخدمة في هذه الدراسة وتشمل درجة الحرارة والهطل لمحطات موزعة جغرافيًا حيث أماكن انتشار زراعة الذرة الصفراء دير الزور- الرقة- حلب- حماه للفترة الممتدة بين 1970-2020 من المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية والمكتب المركزي للإحصاء في الجمهورية العربية السورية. وقد جرى حساب كل من:

1. التبخر نتج الكامن ETP من خلال برنامج Drinc وباستخدام علاقة بلانيه وكرايدل المعدلة التي تستخدم عناصر مناخية هي المعدل الشهري لدرجة الحرارة والنسبة المئوية لعدد ساعات الإضاءة في اليوم ومعامل تصحيح C. وتعطى بالشكل: (Cunha *et al.*, 2017):

$$ETP = C * P * [0.46 * t + 8.13]$$

حيث:

ETP: متوسط التبخر- نتج الأساسي الشهري مم/يوم.

t: المعدل الشهري لدرجة الحرارة (°C).

P: النسبة المئوية لعدد ساعات النهار في اليوم مقسومة على مجموع عدد الساعات السنوية لطول النهار، وتؤخذ قيمها من جدول خاص كمعدل لأيام كل شهر من السنة ولكل خط عرض جغرافي.

C: معامل تصحيح، يتوقف على متوسط الرطوبة النسبية الصغرى، ومتوسط ساعات الإضاءة النسبية (n/N) ومتوسط سرعة الرياح النهارية [م. ثا⁻¹] (Blaney and Criddle, 1950).

2. تحديد مقدار متوسط كميات الأمطار والتبخر نتج الكامن والميزان المائي المناخي في كل من دير الزور والرقة على المستويات الزمنية الشهرية والفصلية والسنوية خلال الفترة 1970-2020.

3. اتجاه ومقدار التغير لكل من الأمطار والتبخر نتج السنوي والفصلي في دير الزور والرقة خلال فترة الدراسة باستخدام علاقة الانحدار الخطي التي تعطى بالشكل:

$$Y = a \pm Bx$$

حيث:

a: تمثل نقطة تقاطع مع المحور y.

b: ميل خط الانحدار (مقدار الزيادة أو النقص السنوية).

4. واقع الميزان المائي المناخي ($\pm \Delta Pmm$) على المستوى الشهري والفصلي السنوي واتجاه تغيرها السنوي خلال فترة الدراسة في المناطق الأربعة باستخدام العلاقة التالية:

$$\pm \Delta Pmm = Pmm - ETP$$

يمثل الميزان المائي المناخي الفرق بين الهطولات المطرية والتبخر نتج الكامن لأي فترة زمنية.

5. التبخرنتح الحقيقي Etr الذي يعبر عن الاستهلاك المائي الفعلي للنباتات تم حسابه بالاعتماد على قيم التبخرنتح الكامن ETp ومعامل استهلاك النبات للماء Kc الذي يتغير من نبات لآخر ومن مرحلة نمو إلى أخرى بالنسبة إلى النبات نفسه وبحسب بالشكل التالي (مطر، 1983):

$$KC = \frac{ETr}{ETP}$$

6. تغير الاحتياجات المائية (ETr) للذرة الصفراء في كل من الرقة ودير الزور وحلب وحماه خلال فترة الدراسة.

وفقاً للدراسات المرجعية، قسّمت مراحل نمو النبات ومتطلباته المائية (Kc) إلى ثلاث مراحل هي: أولية، وسطية، نهائية، حيث تتغير قيمة معامل استهلاك النبات للماء Kc تبعاً لكل مرحلة، وطول كل مرحلة من مراحل النمو الثلاث وفيما يلي الجدول (1) يبين ذلك (FAO, 1998).

الجدول 1. تغير قيم Kc للذرة الصفراء خلال مراحل النمو الثلاثة وطول كل مرحلة (FAO, 1998)

معامل استهلاك الماء (Kc)			المجموع	أطوال مراحل النمو (يوم)				بدء موسم النمو	نوع النبات
نهائية	وسطية	أولية		نهائية	وسطية	تطور	أولية		
1.05	1.15	0.7	80	10	25	25	20	1.May	الذرة الصفراء

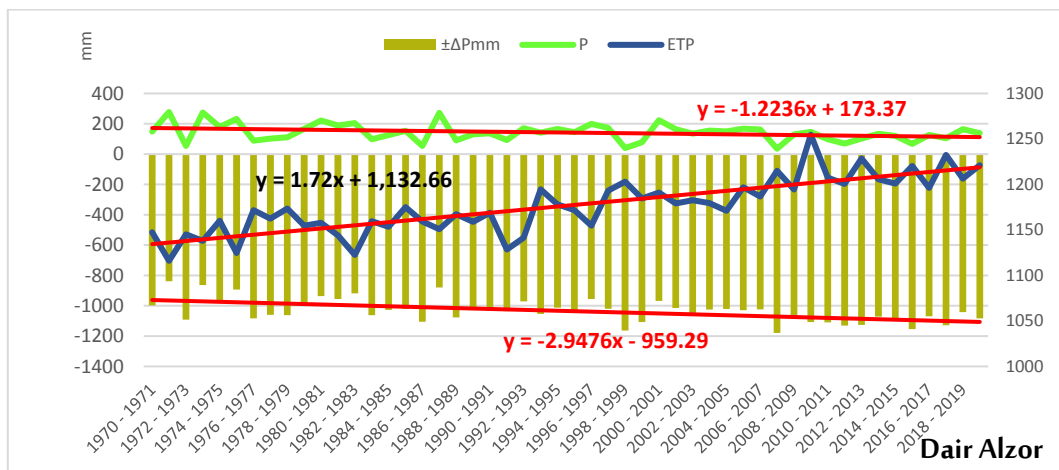
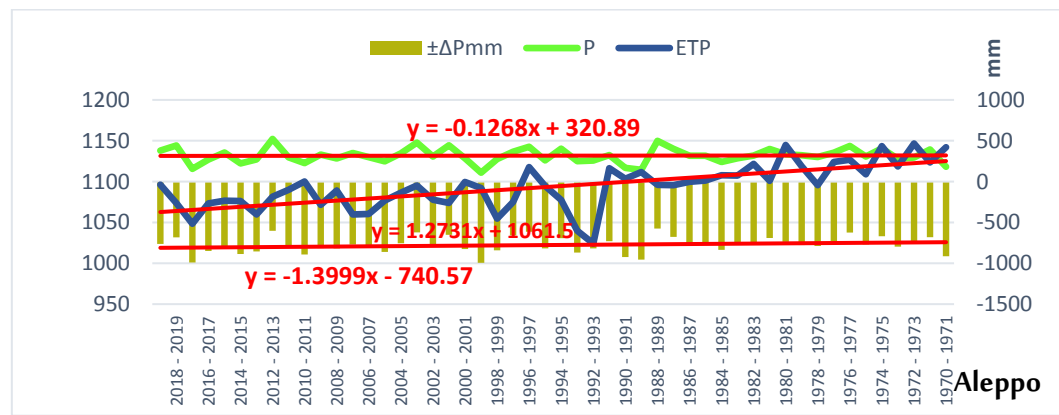
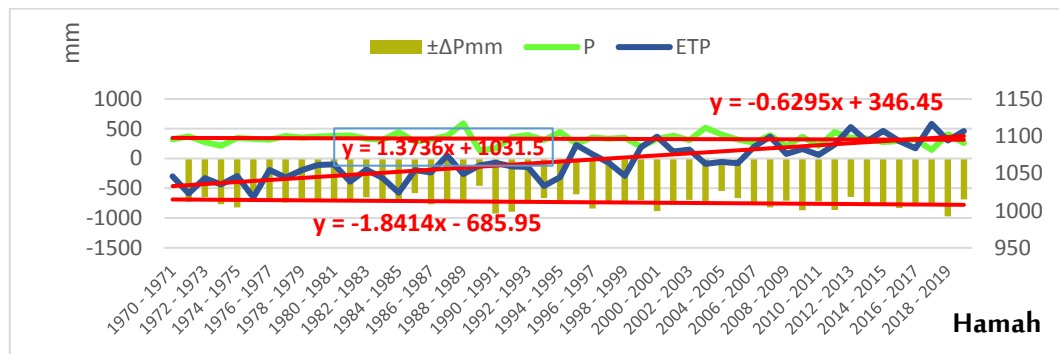
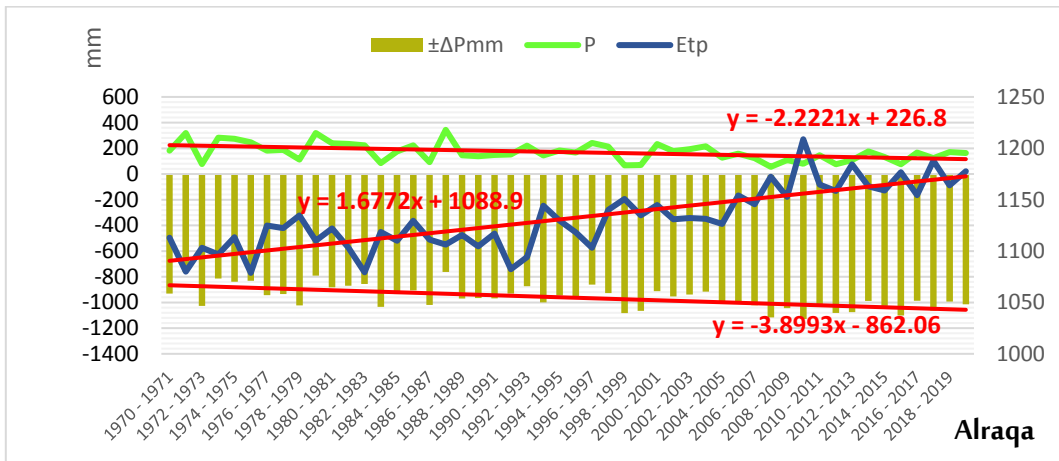
النتائج والمناقشة

واقع الميزان المائي المناخي السنوي خلال الفترة 1970-2020

بينت نتائج الميزان المائي السنوي للمناطق الأربعة المدروسة أنه سالب ولم يسجل أي قيمة موجبة خلال 51 سنة، وذلك لأن معدلات الهطل المطري السنوي هي أقل بكثير من التبخرنتح الكامن، فقد سجلت أعلى معدلات للهطل المطري السنوي خلال الفترة المدروسة في حماه (330.2 mm)، تلتها حلب (313 mm)، ثم الرقة (170.1 mm)، وأخيراً دير الزور (142 mm). بينما سجلت أعلى معدل لكميات التبخر-النتح الكامن خلال الفترة المدروسة في دير الزور (1176.6 mm)، تلتها منطقة الرقة (1131.6 mm)، ثم حلب (1093.9 mm) وأخيراً حماه (1066.5 mm). وبالتالي فإن مناطق الدراسة الأربعة تشهد عجزاً مائياً مناخياً واضحاً، حيث سجلت جميع المناطق قيماً سلبية ذات تأثير معنوي حيث تبين أن جميع سنوات الدراسة سجلت قيماً سلبية أقل من 500 mm سنوياً بينما تجاوزت القيم في دير الزور 1100 mm-، كما هو موضح في الشكل (2).

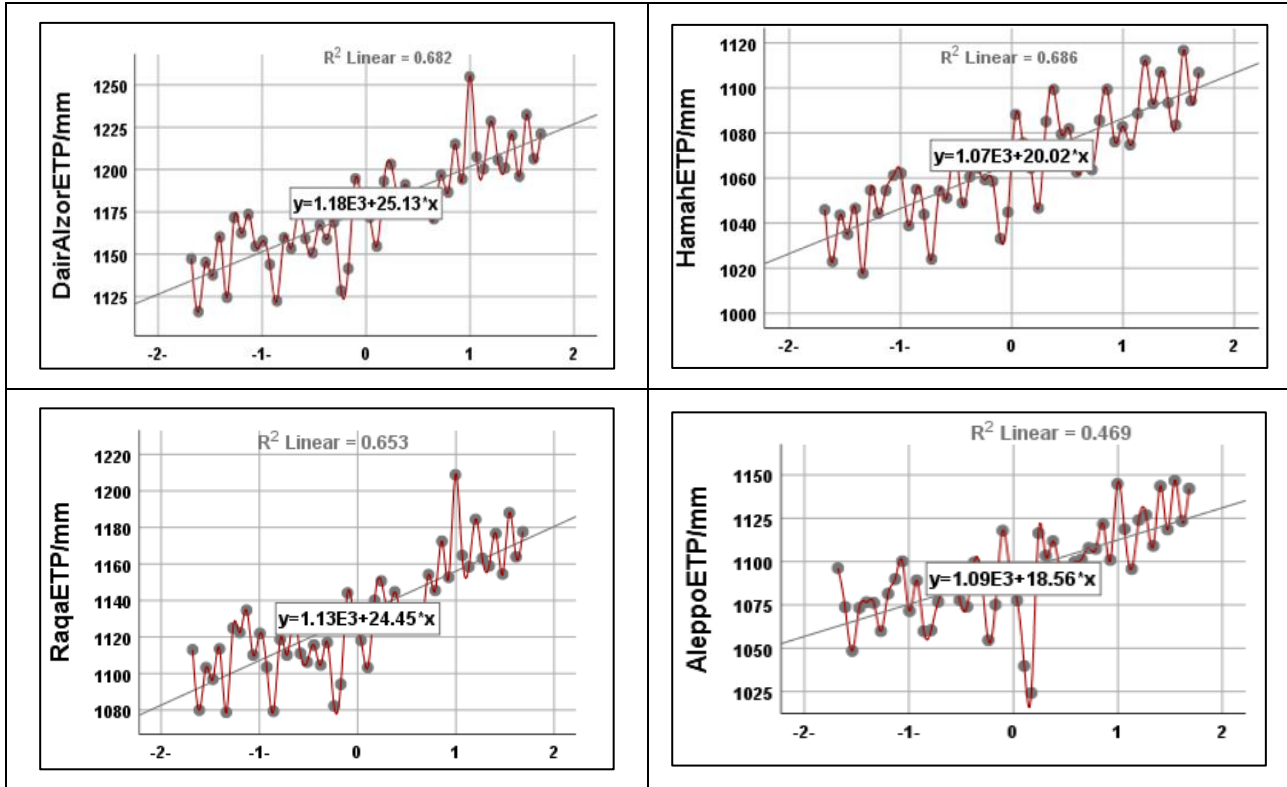
يوضح الشكل (2) أن الأعوام 2017-2018 و2007-2008 و1997-1998 شهدت تطرفاً في العجز المائي في جميع

المناطق خلال الفترة المدروسة.



الشكل 2. العجز المائي- المناخى السنوي في المناطق المدروسة خلال الفترة الزمنية (1970-2020)

الاتجاه العام للتبخير- النتح الكامن في جميع مناطق الدراسة كان متزايداً ومعنوياً للفترة (1970-2020) حيث سجلت جميع نتائج اختبار ANOVA فيها قيماً أقل من (0.05)، كما في الشكل (3).



الشكل 3. الاتجاه العام للمعدلات السنوية للتبخير-النتح الكامن/مم في المناطق المدروسة خلال الفترة (1970-2020)

الخصائص الإحصائية الشهرية والفصلية والسنوية لعناصر الموازنة المائية المناخية الفترة 2020-1970

تشير النتائج الواردة في الجدولين (2 و3) إلى معدلات العناصر الثلاثة بما يمكن من مقارنة كل من المتوسطات ومعامل

تغيرها % CV (الذي يعبر عن مدى استقرارها) للفترة الممتدة 2020-1970.

تشير النتائج الواردة في الجدول (2) إلى أكبر كميات للأمطار الشهرية كانت في شهر ك2 وبقيم بلغت (68.6، 25.7،

31.2 مم) (عدا حلب خلال شهر ك1 بقيمة 60.9 مم) بينما أكبر كميات للتبخير نتح الكامن كانت في شهر تموز وبقيم بلغت

(131.8، 140.6، 152.2، 145.1 مم)، بينما كان أكبر عجز مائي في شهر تموز وبقيم بلغت (-131.5، -140.5، -151.8، -145.1

مم) في كل من حماه، حلب، دير الزور، الرقة على التوالي.

وبالنظر إلى المستوى الفصلي لمتوسط قيم العناصر الثلاثة المدروسة في الجدول (3) يتضح أن أكبر هطولات في الشتاء

وبكميات بلغت (181.7، 171.3، 85.4، 70.8 مم) بينما كان أكبر فاقد مائي عبر التبخير نتح في الصيف وبيكات بلغت (352.1،

402.8، 415.6، 435.3 مم) وبالتالي فإن العجز المائي المناخي الأكبر كان في فصل الصيف وبقيم بلغت (-252.2، -399.9،

-414.8، -434.4 مم) في كل من حماه وحلب والرقة ودير الزور على التوالي.

أما على المستوى السنوي فكانت قيم الهطل المطري (331.8، 327، 170.2، 142.2 مم) وقيم التبخر نتح الكامن (1066.5، 1093.8، 1131.7، 1176.6 مم) وبالتالي فإن العجز المائي بلغ (-735.3، -767.1، -961.6، -1034.4 مم) مما يدل على أن العجز المائي الأكبر هو في دبر الزور تلمها الرقة تم حلب وأخيرًا حماه.

الجدول 2. المتوسط الشهري للتبخّر-نتح الكامن والأمطار والعجز المائي في المناطق المدروسة خلال الفترة 1970-2020

المنطقة	العنصر	المؤشر الاحصائي	Oct	nov	dec	jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Aleppo	ETP	AvG	88.2	62.2	50.2	49.9	52.2	72.7	90.2	116.4	130.3	140.6	131.9	109.0
		SD	4.0	3.8	7.8	3.3	3.6	4.1	4.5	3.7	2.9	3.8	4.0	3.8
		CV%	4.5	6.1	15.6	6.6	6.8	5.7	5.0	3.2	2.2	2.7	3.1	3.5
	Pmm	AvG	19.1	36.5	60.9	59.8	50.6	44.4	33.0	18.3	2.4	0.1	0.3	1.6
		SD	18.5	22.9	38.4	32.8	29.1	28.6	23.5	22.9	4.8	0.2	2.1	3.9
		CV%	96.7	62.6	63.1	54.8	57.5	64.4	71.1	124.9	201.9	424.8	624.6	245.7
	±ΔPmm	AvG	-69.1	-25.7	10.7	9.9	-1.6	-28.3	-57.2	-98.1	-127.9	140.5-	-131.5	-107.5
		SD	18.5	22.7	39.5	32.6	29.5	28.1	23.6	23.0	5.8	3.8	4.8	5.4
		CV%	-26.8	-88.1	371.1	329.3	-1883.1	-99.3	-41.3	-23.4	-4.6	-2.7	-3.7	-5.0
Raqa	ETP	AvG	90.0	63.5	52.4	51.2	54.3	76.8	95.1	121.9	135.4	145.1	135.1	110.7
		SD	3.8	3.4	3.2	3.4	3.5	4.9	4.6	4.9	4.1	4.4	3.9	3.8
		CV%	4.2	5.4	6.2	6.6	6.5	6.4	4.8	4.0	3.1	3.0	2.9	3.5
	Pmm	Avg	9.0	17.1	26.4	31.2	27.5	28.3	19.2	10.7	0.8	0.0	0.1	0.1
		SD	11.2	15.6	20.3	17.0	21.4	24.5	17.9	15.9	2.5	0.1	0.2	0.2
		CV%	125.4	91.5	77.2	54.5	77.8	86.5	93.7	148.1	320.9	447.2	182.9	311.2
	±ΔPmm	Avg	-81.0	-46.5	-26.1	-20.0	-26.8	-48.5	-76.0	-111.2	-134.6	-145.1	-135.1	-110.7
		SD	12.3	16.0	20.9	16.7	22.8	26.5	20.2	18.4	4.9	4.4	3.9	3.9
		CV%	-15.2	-34.5	-80.1	-83.5	-84.9	-54.7	-26.6	-16.6	-3.6	-3.0	-2.9	-3.5
DairAzor	ETP	AvG	93.4	65.7	53.6	52.5	56.0	79.0	98.7	126.7	141.1	152.2	141.9	115.7
		SD	3.9	3.6	3.2	3.4	3.6	5.1	4.7	4.9	4.1	4.7	4.0	3.6
		CV%	4.2	5.4	6.0	6.4	6.5	6.4	4.8	3.9	2.9	3.1	2.8	3.1
	Pmm	AvG	8.2	17.4	20.8	25.7	24.3	21.8	16.0	7.0	0.5	0.5	0.0	0.1
		SD	16.3	17.3	17.6	18.0	15.9	23.1	19.4	9.9	1.2	3.1	0.0	0.3
		CV%	199.1	99.4	84.6	70.2	65.4	106.2	121.0	141.5	273.3	664.3	700.0	340.6
	±ΔPmm	AvG	-85.2	-48.4	-32.8	-26.9	-31.7	-57.2	-82.6	-119.7	-140.7	-151.8	-141.9	-115.6
		SD	16.7	18.1	17.7	18.2	17.4	25.1	21.3	13.0	4.3	5.2	4.0	3.7
		CV%	-19.6	-37.4	-53.9	-67.8	-54.8	-43.9	-25.8	-10.9	-3.0	-3.4	-2.8	-3.2
Hamah	ETP	AvG	87.8	63.4	52.2	51.6	53.8	73.2	88.0	112.0	123.0	131.8	124.4	105.3
		SD	3.5	3.5	3.1	3.2	3.5	4.2	4.2	4.2	3.1	3.2	3.3	3.0
		CV%	4.0	5.5	5.9	6.3	6.5	5.7	4.8	3.8	2.5	2.4	2.7	2.8
	Pmm	AvG	20.3	40.7	57.9	68.6	55.2	43.0	24.5	12.7	3.5	0.5	0.8	3.6
		SD	26.8	27.8	31.0	29.6	35.6	25.5	21.0	20.7	13.3	3.1	5.5	8.6
		CV%	132.0	68.4	53.6	43.1	64.4	59.5	85.7	162.7	378.6	603.0	700.0	239.0
	±ΔPmm	AvG	-67.5	-22.8	5.7	17.0	1.4	-30.2	-63.5	-99.3	-119.5	-131.3	-123.6	-101.7
		SD	27.0	28.1	31.2	29.7	35.7	26.1	22.4	20.6	13.8	4.6	5.9	8.8
		CV%	-40.1	-123.5	545.5	174.8	2494.1	-86.4	-35.3	-20.7	-11.5	-3.5	-4.7	-8.6

الجدول 3. المتوسط الفصلي للتبخر-نتح الكامن والأمطار والعجز المائي في محطات الدراسة خلال الفترة 1970-2020

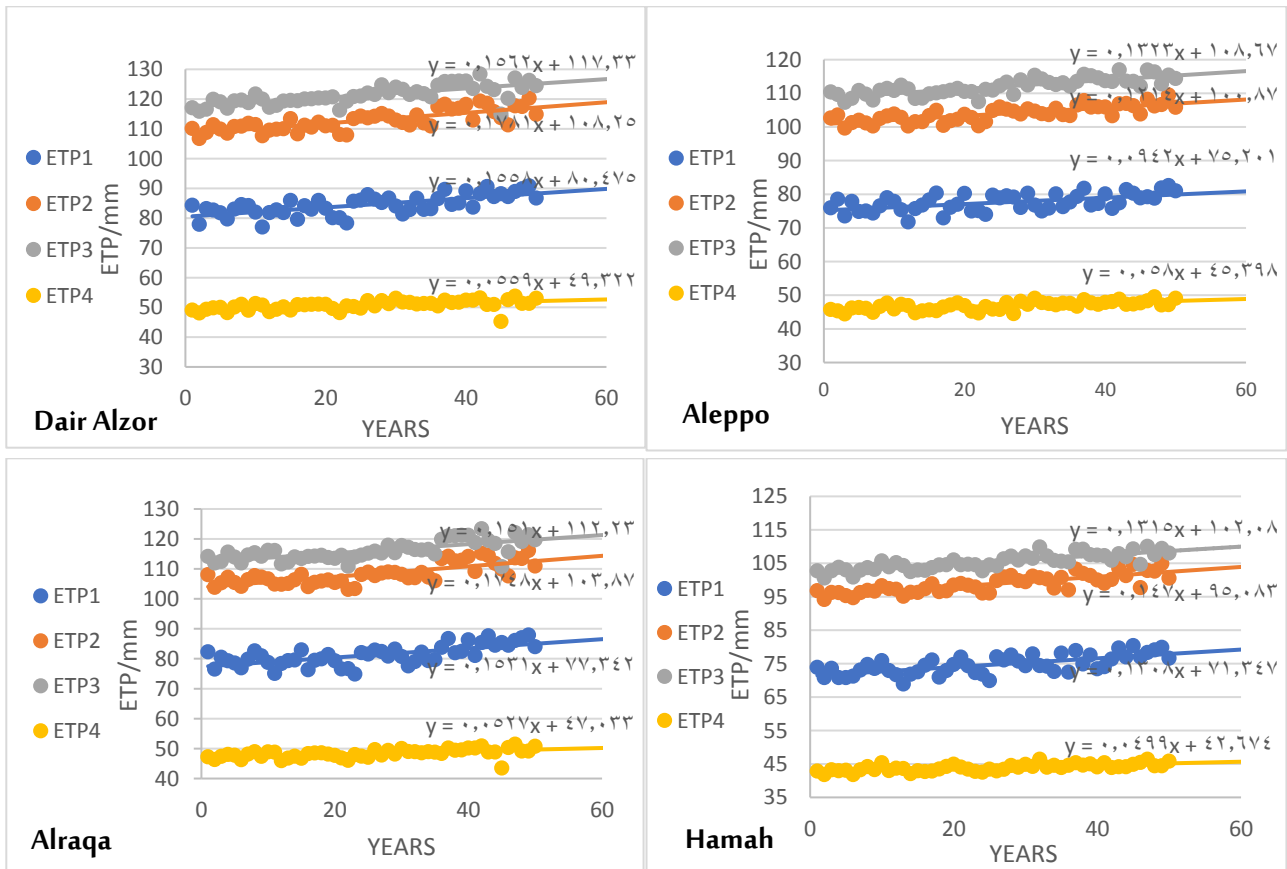
المنطقة	العنصر	المؤشر الاحصائي	خريف	شتاء	ربيع	صيف	سنوي
H amah	Pmm	AVG	64.6	181.7	80.2	4.8	331.3
		SD	39.2	53	37.7	16.9	12.9
		CV%	60.8	29.1	47	352.1	3.9
	ETP	AVG	256.5	157.6	273.2	379.2	1066.5
		SD	2.9	3.2	3.4	4.3	1.2
		CV%	1.1	2.0	1.3	1.1	0.1
	±ΔPmm	AVG	-191.9	24.1	-193	-252.5	-735.3
		SD	31.6	18.7	33.8	47.0	12.1
		CV%	-16.5	77.8	-17.5	-18.6	1.6-
Aleppo	Pmm	AVG	57.2	171.3	95.7	2.8	327.0
		SD	28.7	71.2	49.4	5.2	24.5
		CV%	50.2	41.5	51.6	185.0	7.5
	ETP	AVG	259.4	152.3	279.3	402.8	1093.8
		SD	7.4	10.4	9	9.2	1.1
		CV%	2.9	6.8	3.2	2.3	0.1
	±ΔPmm	AVG	-203.3	18.2	-182.2	-399.9	-767.1.
		SD	28.7	72.2	49.2	11.1	22.8
		CV%	-14.1	395.4	-27.0	-2.7	-3.0
Raqa	Pmm	AVG	25.8	85.4	58.2	0.8	170.2
		SD	21.2	37.5	39.7	2.5	14.9
		CV%	81.9	44	68.2	306.8	8.8
	ETP	AVG	264.3	158	293.8	415.6	1131.7
		SD	7.6	7.8	11.6	10.3	1.7
		CV%	2.9	4.9	3.9	2.5	0.1
	±ΔPmm	AVG	-238.2	-72.9	-235.7	-414.8	-961.6
		SD	23	37.3	45.8	10.9	13.4
		CV%	-9.7	-51.2	-19.4	-2.6	1.4-
DairAzor	Pmm	AVG	25.7	70.8	44.8	0.9	142.2
		SD	23.6	31.6	33.9	3.4	12.0
		CV%	92.1	44.7	75.7	370.3	8.4
	ETP	AVG	274.8	162.2	304.3	435.3	1176.6
		SD	7.6	7.9	11.5	10.4	1.7
		CV%	2.8	4.9	3.8	2.4	0.1
	±ΔPmm	AVG	-249.1	-91.4	-259.5	-434.4	-1034.4
		SD	23.8	32.6	41.4	10.5	11.4
		CV%	-9.6	-35.7	-16	-2.4	1.1-

كميات التبخر- النتج الكامن خلال مراحل نمو الذرة الصفراء للفترة 2020-1970

أظهرت نتائج قيم التبخر- النتج الكامن ETP الشهرية خلال مراحل نمو الذرة الصفراء الأربعة في كل من حلب ودير الزور والرقة وحماه والمحسوبة وفقًا لمعادلة بلاتيه كرايدل خلال الفترة الممتدة خلال المواسم (1970-1971) وحتى (2019-2020) الموضحة في الشكل (4) أن القيم تتغير بشكل ملحوظ من عام لآخر ومن منطقة لأخرى تبعًا للظروف الميتمورولوجية السائدة، حيث تزداد قيم ETP بازدياد جفافية المنطقة، فقد سجلت منطقة دير الزور أعلى قيم التبخر- النتج الكامن في جميع مراحل نمو نبات الذرة الصفراء الأربع حيث بدأت القيم من 48 mm في المرحلة النهائية ETP4 ووصلت إلى 130 mm في مرحلة الوسطية ETP3 بينما سجلت ادنى، وأعلى قيمة للتبخر- نتج الكامن في حماه في المرحلتين المذكورتين وبقيم بلغت (33 mm و 107 mm) على التوالي.

جميع القيم السنوية للتبخر- النتج الكامن في المناطق الأربعة خلال فترة 51 سنة وفي جميع فترات النمو الأربعة سجلت اتجاهًا متزايدًا وذو أهمية معنوية.

عند استخدام المعادلات الإحصائية للتنبؤ باتجاه معدلات التبخر- النتج الكامن لمدة عشرين عامًا حتى عام 2040 بناءً على البيانات المناخية لمدة خمسون عامًا سابقة متواصلة دون انقطاع بدءًا من الموسم 1970-1971 في مناطق الدراسة تبين أن الاتجاه سيستمر بمنحى تصاعدي لعقدين قادمين أيضًا.



الشكل 4. يوضح الاتجاه العام للتبخر- النتج الكامن في فترات نمو نبات الذرة الصفراء في محطات حلب، دير الزور، حماه، الرقة خلال الفترة (1970-2020)

تحديد كميات التبخر- النتح الحقيقي (الاحتياجات المائية) خلال الفترة 2020-1970

تبين نتائج تغير قيم التبخر- النتح الحقيقي التي تعبر عن تغير الاحتياجات المائية الفعلية للذرة الصفراء خلال مراحل النمو الأربعة خلال فترة الدراسة الممتدة من 2020-1970 والمدرجة في الجدول (4).

سجلت قيم التبخر- النتح الحقيقي في محطة دير الزور زيادة معنوية في جميع سنوات الدراسة، وبلغت الزيادة في الاحتياجات المائية خلال كامل موسم النمو (27.5 مم) وذلك كمتوسط للفترة 2020-1970، وهي أكبر زيادة بين جميع المناطق الأربعة المدروسة. كذلك كانت الزيادة معنوية في كل من حماه، الرقة وحلب ويقوم بلغت على التوالي (19.2، 26.8، 20.8 مم).

الجدول 4. نتائج تغير الاحتياجات المائية للذرة الصفراء خلال مراحل نموها الأربعة في مناطق الدراسة للفترة (1970-2020)

المنطقة	المرحلة	B	A	القيمة الابتدائية	القيمة النهائية	الفرق
دير الزور	أولية	0.1	56.3	56.4	61.8	5.4
	تطور	0.2	124.49	124.6	134.9	10.2
	وسطية	0.179	134.9	135.0	144.0	8.9
	نهائية	0.05	51.7	51.8	54.7	2.9
	المجموع					27.5
حلب	أولية	0.06	52.6	52.7	55.9	3.2
	تطور	0.13	116	116.1	123.0	6.9
	وسطية	0.15	124.9	125.0	132.6	7.6
	نهائية	0.06	47.6	47.7	50.7	3.0
	المجموع					20.8
الرقة	أولية	0.10	54.1	54.2	59.6	5.3
	تطور	0.20	119.0	119.2	129.3	10.0
	وسطية	0.17	129	129.1	137.8	8.6
	نهائية	0.05	49.3	49.4	52.1	2.7
	المجموع					26.8
حماه	أولية	0.016	49.9	49.9	50.7	0.8
	تطور	0.169	109.3	109.4	117.9	8.45
	وسطية	0.143	117.6	117.7	124.8	7.15
	نهائية	0.05	44.8	44.8	47.4	2.62
	المجموع					19.02

تظهر النتائج في الجدول (4) أن معدلات التبخر- النتح الحقيقي في المناطق الأربعة المدروسة متفاوتة خلال مراحل نمو نبات الذرة في المناطق الأربعة، حيث اتضح أن المرحلة الوسطية من مراحل نمو نبات الذرة تسجل أعلى نسبة للتبخر- النتح

الحقيقي في جميع المناطق المدروسة تليها مرحلة التطور ثم المرحلة الأولية بينما سجلت المرحلة النهائية أدنى القيم للاحتياجات المائية كونها تشكل المرحلة النهائية حيث يتجه النبات إلى قفل دورة حياته ونهاية موسم النمو.

الزيادة التدريجية للاحتياجات المائية اعتباراً من المرحلة الأولية ثم مرحلة التطور تليها المرحلة الوسطية ثم تنحدر في المرحلة النهائية إلى أدنى قيمة لها موضحة في الشكل (5)، الذي يظهر أن الاحتياجات المائية في مراحل النمو الأربعة لنبات الذرة الصفراء في دير الزور هو الأعلى بين المناطق المدروسة حيث سجلت المراحل الأربع القيم التالية على التوالي (60، 130، 140، 50 مم) تليها الرقة ثم حلب وأخيراً حماه.



الشكل 5. معدلات التبخر-النتح الحقيقي خلال فترات نمو نبات الذرة الصفراء في مناطق الدراسة خلال الفترة (1970-2020)

الاستنتاجات والتوصيات

- بينت نتائج الدراسة تفاوت كل من الهطولات المطرية والتبخر نتح الكامن والميزان المائي المناخي على المستويات الشهرية والفصلية والسنوية في المناطق الأربعة مما يؤدي إلى تباين في درجة جفافيتها.
- أكدت نتائج الدراسة أن فصل الشتاء هو الأكثر هطولاً يليه الربيع ثم الخريف وأخيراً الصيف في حين أن العجز المائي للصيف هو الأكبر يليه الخريف والربيع وبقية متقاربة وأخيراً الشتاء (عدا حماه موجبة) في المناطق الأربعة.

- أظهرت نتائج اتجاه تغير التبخر نتج الكامن خلال مراحل نمو الذرة الصفراء الأربعة كان متزايدًا ومعنويًا في المناطق الأربعة وأعلى قيمة له في دير الزور وأدنى قيمة في حماه.
- بينت النتائج وجود زيادة معنوية في الاحتياجات المائية للذرة الصفراء على مستوى موسم النمو بلغت (27.5، 19.2، 26.8، 20.8 مم) في كل من دير الزور وحماة والرقفة وحلب على التوالي.
- أكدت النتائج تفاوت الاحتياجات المائية خلال مراحل نمو الذرة الصفراء في المناطق الأربعة المدروسة حيث ازدادت هذه الاحتياجات اعتبارًا من المرحلة الأولية مرورًا بمرحلة التطور لتصل لأعلى قيمة في المرحلة الوسطية ثم تتراجع في المرحلة النهائية.
- توصي الدراسة بضرورة تحديد الاحتياجات المائية لكافة النباتات الاستراتيجية في مختلف المناطق المناخية من سورية خلال مراحل نموها المختلفة لا سيما في ضوء محدودية وتراجع الموارد المائية جراء التغيرات المناخية التي تتعرض لها المنطقة.
- أخيرًا وفي ضوء نتائج البحث نجد أنه لرفع كفاءة استخدام الموارد المائية بشكل علمي مدروس لا بد من تحديد من تحديد مدى الحاجة للماء من حيث المواعيد والكميات في كل منطقة مناخية تبعًا للزراعات والظروف الميوتورولوجية السائدة.

المراجع

- حسون، نيفين، كنجو، علي، عباس، جميل، زينة، ربيع. (2024). تقييم الاستهلاك المائي والانخفاض في الإنتاجية لمحصول الذرة الصفراء باستخدام برنامج Cropwat 8 المجلة السورية للبحوث الزراعية، 428-444.
- صالح، عبد الأمير، فالح، عدنان. (2012). إدارة ري محصول الذرة الصفراء (*Zea mays*L.) لزيادة كفاءة استخدام المياه في وسط العراق. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 4(1)، 62-75.
- عباس، عمار، كفا، لى، حضور، غنوة. (2023). استخدام النموذج MABIA في تحديد الاحتياج المائي لمحصول الذرة الصفراء تحت تأثير التغيرات المناخية، المجلة السورية للبحوث الزراعية، سورية، 304-317.
- عبد السلام، عادل. (1990-1989). جغرافية سورية العامة، الطبعة الأولى، مطبعة الاتحاد، دمشق، ص7.
- مطر، عبد الله. (1983). الري والصرف الزراعي. منشورات جامعة اللاذقية.
- Bazzaz, F. F. A., & Sombroek, W. G. (1996). Global climatic change and agricultural production: Direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant physiological processes. FAO & John Wiley & Sons.
- Blaney, H. F., & Criddle, W. D. (1950). Determining water requirements in irrigated area from climatological irrigation data (Tech. Pap. No. 96). US Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
- Cunha, F. F., Magalhaes, F. F., De Castro, M. A., & De Souza, E. J. (2017). Performance of estimative models for daily reference evapotranspiration in the city of Cassilândia, Brazil. Engenharia Agrícola, 37(1), 173-184.

- El-Fadel, M., Ghanimeh, S., Maroun, R., & Alameddine, I. (2012). Climate change and temperature rise: Implications on food- and water-borne diseases. *Science of the Total Environment*, 437, 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.07.041>
- FAO. (1998). Simple methods for aquaculture: Management for freshwater fish culture. Fish stocks and management (FAO Training Series No. 21/2). Food and Agriculture Organization.
- Haleme, K., Jaffar, I., & Sahir, T. (2023). An analytical study of the effect of heat waves on the forest cover in the Lattakia region: A case study of the damage and recovery rate of the Al-Kurdaha and Riseeun forests during the period 1975-2022. *Arab World Geographer*, 26(3-4), 283-300.
- Hamdy, A., Ragab, R., & Scarascia, M. E. (2003). Coping with water scarcity: Water saving and increasing water productivity. *Irrigation and Drainage*, 52, 3-20.
- Hanke, B. (1986). Wasser in der pflanzen production. VEB Deutscher Land Wirtschaftsverlag.
- Ibrahim, A., Haleme, K., & Fiead, R. (2022). Analytical study of the temporal and spatial distribution of fires in Lattakia region, Syria in the light of the current climatic changes. *Arab World Geographer*, 25(4), 249-271.
- Idso, K. E., & Idso, S. B. (1994). Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment in the face of environmental constraints: A review of the past 10 years' research. *Agricultural and Forest Meteorology*, 69(3-4), 153-203. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(94\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0168-1923(94)90025-6)
- IPCC. (2007). Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Montenegro, S., & Ragab, R. (2012). Impact of possible climate and land use changes in the semi-arid regions: A case study from North Eastern Brazil. *Journal of Hydrology*, 434-435, 55-68.
- Penman, H. L. (1963). Vegetation and hydrology. *Soil Science*, 96(5), 357. <https://doi.org/10.1097/00010694-196311000-00014>
- Qiao, Y., Zhang, H., Dong, B., Shi, C., Li, Y., Zhai, H., & Liu, M. (2010). Effects of elevated CO₂ concentration on growth and water use efficiency of winter wheat under two soil water regimes. *Agricultural Water Management*, 97(11), 1742–1748. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.06.007>
- Ragab, R. (2010). SALTMED model as an integrated management tool for water, crop, soil and fertilizers. In H. R. Gheyi, N. S. Dias, & C. F. de Lacerda (Eds.), *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos basicos e aplicado* (pp. 320–336). Instituto Nacional de Ciencia e Tecnologia em Salinidade.

- Ragab, R., & Prudhomme, C. (2002). Climate change and water resources management in arid and semi-arid regions: Prospective and challenges for the 21st century. *Journal of Biosystems Engineering*, 81, 3-34.
- Schrödter, H. (1985). *Verdunstung: Anwendungsorientierte messverfahren und bestimmungsmethoden*. Springer.
- Xiao, G., Zhang, Q., Wang, R., & Xiong, Y. (2009). Effects of elevated CO₂ concentration, supplemental irrigation, and nitrogenous fertilizer application on rain-fed spring wheat yield. *Acta Ecologica Sinica*, 29(4), 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2009.08.002>
- Xiao, G., Zhang, Q., Yao, Y., Yang, S., Wang, R., Xiong, Y., & Sun, Z. (2007). Effects of temperature increase on water use and crop yields in a pea–spring wheat–potato rotation. *Agricultural Water Management*, 91(1-3), 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.05.002>
- Zapotoczny, P., Markowski, M., Majewska, K., Ratajski, A., & Konopko, H. (2006). Effect of temperature on the physical, functional, and mechanical characteristics of hot-air-puffed amaranth seeds. *Journal of Food Engineering*, 76(4), 469-476. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.045>

N° Ref: 1190