# الزراعة الذكية مناخياً وتحدياتها في ضوء التغيرات المناخية في جمهورية السودان "دراسة في المناخ التطبيقي"

إعداد

طارق سليم ونس

معيد بمعهد البحوث والدراسات الإفريقية ودول حوض النيل

سوزان شوقي زكي إبراهيم

❖ **المستخلص :-**

تعد قضية التغير المناخي من أهم الموضوعات التي حازت علي نسبة تركيز عالية في جميع الميادين السياسية، والإعلامية، والعلمية بالإضافة إلي المجتمع المدني، وبحسب دراسات حديثة للنماذج المناخية التي تم إجراؤها، فإن العالم ومن ضمنه منطقة الدراسة سيتعرض لزيادة في معدلات الحرارة السطحية، ونتيجة لتلك الزيادة في درجة الحرارة فيتوقع أنخفاض الأمطار وازدياد التقلبات المناخية .

وقليل ماهو معروف عن كيفية تأثير المناخ والتغير المناخى على الزراعة في أفريقيا بصفة عامة وجمهورية السودان بصفة خاصة، وكيف يتحكم المناخ فى العلاقات التنافسية بين القطاعات الزراعية والأمن الغذائى، ويتأثر القطاع الزراعي بالتغيرات المناخية، ومن أجل تقليص حجم الأثر المتبادل بينهما ظهر ما يعرف بالزراعة الذكية مناخياً، ويهدف هذا البحث إلى إعطاء فكرة أوسع عن هذا المفهوم كوسيلة لمواجهة آثار التغير المناخى على القطاع الزراعي والأمن الغذائي، كما يهدف كذلك إلى توضيح مختلف المزايا التي يُتيحها تطبيق الممارسات الزراعية الذكية مناخياً من خلال عرض برنامج crop wat ٠,٨ وهو أحد أهم برامج حساب الإحتياجات المائية وجدولة مياه الرى وهو من البرامج الجيدة، وتحتاج فقط بيانات عن المناخ والمحصول والتربة.

**الكلمات الدالة :** جمهورية السودان – التغيرات المناخية – الزراعة الذكية

Abstract-:

The issue of climate change has developed into one of the most important topics that has received a high level of focus in all political, media, and scientific fields in addition to civil society. According to recent studies of climate models that have been conducted, the world, including the study area, will remain ready for the development of surface temperature, and as a result there will be an increase in climate change. In temperature, rainfall is expected to decrease and climate fluctuations will increase.

Little is known about how climate and climate change affect agriculture in Africa in general and the Republic of Sudan in particular, and how climate controls the relationships even between agricultural capacity and nutritional impact, and agricultural milk is affected by climate change, in order to reduce the size of the impact, except for what is known as smart agriculture. Climate-wise, this research aims to give a broad idea of this comprehensive concept of comprehensive coverage of the central region, the agricultural sector, and the agricultural sector. We also aim to achieve the various goals provided by a climate-smart commercial application by presenting the 0.8 Crop Watt program, which is one of the most important programs for calculating needs. Oujda Water Irrigation is one of the diverse programmes, and only needs data on climate, crop and soil.

Keywords: Republic of Sudan - climate change - smart agriculture

❖ **المقدمة :-**

يتعرض الوضع الغذائي في كثير من الدول لخطورة التهدد، ولذلك فإن تلك الدول ملزمة بإبتكار تقنيات جديدة لتكوين زراعة مستدامة تحقق نمو زراعي مستدام لتحقيق الأمن الغذائي، ومرناً لمواجهة التغيرات المناخية(Leslie ٢٠١٨ , pp36 Lipper and al,). وتعتبر قلة مرونة النظام الزراعي الغير مستدام إحدي معوقات تحقيق الأمن الغذائي، ومن أهم تلك المعوقات هو التغير المناخي، فتعرف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخIPCC مصطلح تغير المناخ بأنه تغيرات في القيم الإحصائية مثل المتوسطات والانحراف القياسي للمناخ علي مستويات الزمن والمكان نتيجة تغيرات قد تكون طبيعية أو بفعل الأنشطة البشرية ( رفيق يوسفي ورياض موساوي، ٢٠٢١، ص٩١٠).

ويعد التغير المناخي هو أهم تحدي تواجهه الإنسانية في هذا الوقت وأصبحت العديد منها يمكن قياسه في القطاع الزراعي ونظرا لأهمية هذا القطاع الزراعي وجدية المخاطر المتعلقة بتغير المناخ أصبح من الضروري تطبيق جملة من الممارسات الزراعية التي تسمح بالاستدامة الإنتاج الزراعي وهوما يعرف بالزراعة الذكية مناخيا والأخذ بالتقنيات,CSA ولذلك يجب على المزارعون الأخذ بالديناميات الايكولوجية والابتكارات التكنولوجية وفهم نوع التغير الحاصل فى العناصر المناخية المؤثرة فى إنتاج المحاصيل ( Fao,2018,p7)

❖ **<u>أسباب اختيار الموضوع ومنطقة الدراسة:-</u>**

جاء اختيار موضوع الزراعة الذكية ودورها في مواجهة التغيرات المناخية في السودان دراسة في المناخ التطبيقي وفقا لعدة أسباب ودوافع وهي :-

١. تعتبر مشكلة التغيرات المناخية من أخطر المشكلات التي تواجه افريقيا بشكل عام والسودان بوجه خاص
٢. الارتباط الوثيق بين الزراعة الذكية والتغيرات المناخية فى منطقة الدراسة
٣. منطقة الدراسة لم تنل حظها من الدراسة بالرغم من أهميتها الجغرافية والاقتصادية.

❖ **تساؤلات الدراسة :-**

يمكن تلخيص مشكلة الدراسة في تلك التساؤلات :-

١. هل أثر تغير المناخ علي الزراعة في السودان ؟
٢. ما مدي تغير المناخ علي الأمن الغذائي فى السودان ؟
٣. ما مدي نجاح الزراعة الذكية فى مواجهة التغير المناخى في السودان ؟

❖ **أهداف الدراسة**

تتمثل أهداف الدراسة في :

١. إبراز أهمية الزراعة الذكية في دولة السودان .
٢. ابراز أثر التغيرات المناخية علي الزراعة فى السودان .
٣. مدى مواجهة الزراعة الذكية التغيرات المناخية فى السودان .
٤. مساهمة الزراعة الذكية فى إقتصاد دولة السودان

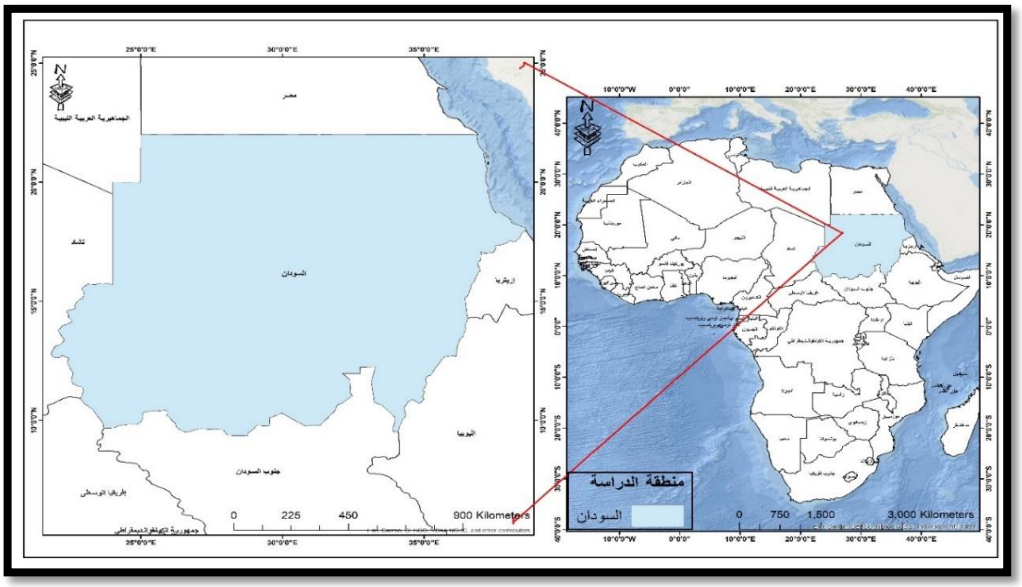
❖ **منهجية الدراسة :-**

أعتمدت الدراسة علي عدد من المناهج البحثية والأساليب العلمية ذات الصلة بموضوع الدراسة متمثلة في **المنهج الإقليمي** حيث يتم توضيح مكان الظاهرة محل الدراسة –الزراعة الذكية والتغيرات المناخية – تحديد منطقة الدراسة (جمهورية السودان) الموقع الفلكى والجغرافى وخصائص هذا الموقع، كما اعتمدت الدراسة علي **المنهج الموضوعي** وذلك من خلال دراسة موضوع محدد وهو الزراعة الذكية ودورها في مواجهة التغيرات المناخية في السودان دراسة في المناخ التطبيقي، وكذلك أعتمدت على **المنهج الاصولي** الذى يوضح العلاقة بين الزراعة الذكية والتغيرات المناخية في السودان، وأعتمدت الدراسة علي **الأسلوب الإحصائي** الذى يتمثل في جدولة وتبويب البيانات والإحصائيات المناخية والمعادلات الرياضية المختلفة وعلاقات الأرتباط والإنحدار منها تمهيداً لعملية التمثيل الكارتوجرافي

❖ **منطقة الدراسة :-**

يعد الموقع عموماً من أكثر العوامل المؤثرة في مناخ أي منطقة فالموقع الجغرافي والفلكي يعتبران جزأن متممان لشخصية المكان الطبيعي، ويوضح الشكل (١) الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة، حيث تمتد السودان فلكياً بين دائرتي عرض ٨،٤٥ – ٢٢،٨ شمال خط الاستواء، وبين خطي طول ٢١،٤٩ – ٣٨،٣٤ شرقاً.

وتقع السودان جغرافياً في شمال شرق قارة أفريقيا، ويحدها من الشمال دولتي مصر وليبيا، ومن الشرق البحر الأحمر ودولتي ارتيريا واثيوبيا، ومن الجنوب دولة جنوب السودان، ويحدها من الغرب دولتي افريقيا الوسطي وتشاد، وتبلغ مساحة السودان ١،٨٨٢،٠٠٠ كيلومتر مربع، وتمتد من الشمال إلي الجنوب بطول ١٣٨٤,٦ كم ، ومن الشرق إلي الغرب بطول ١٦٣٣,٥ كم، وهذا الإمتداد أعطى جمهورية السودان القدرة على تمثيل المناخ المدارى القارى




المصدر : من عمل الباحثان ، بإستخدام برنامج Arc Map 10.3

شكل ( ١ ) منطقة الدراسة

وسوف تركز الدراسة علي النقاط التالية :-

أولاً: الزراعة الذكية مناخيا في مواجهة التغيرات المناخية.

ثانياً: مساهمة الزراعة الذكية مناخيا وفرصها في انتاج و تطور الزراعة في جمهورية السودان.

ثالثاً: مساهمة الزراعة الذكية مناخيا في اقتصاد الدولة

رابعاً: مستقبل الزراعة الذكية مناخياً في ضوء تطور التغيرات المناخية العالمية والتغيرات المناخية في جمهورية السودان

**أولاً: الزراعة الذكية مناخيا في مواجهة التغيرات المناخية:-.**

الزراعة الذكية مناخياً هي زيادة الانتاجية وذلك من خلال التكيف والتعزيز والقدرة علي الحد من تغير المناخ وكذلك الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، و CSAهي التحدي الذي تواجهه الزراعة مع التكيف والتخفيف فيجب إنتاج الغذاء بشكل اكثر كفاءة في ضوء إنتاج كبير، ولا يمكن التنبؤ بدرجات كبيرة مع انخفضات في انبعاثات الغازات الدفيئة من تسويق وانتاج واثر تغير المناخ والاساليب المبتكرة والتي يمكن ان تكون مؤسسية أو تكنولوجية بالنظر إلي التحديات بالمناخ المطالبة بتعديل الممارسات الزراعية فإن الانتقال إلي الزراعة الذكية مناخياً يتطلب الوصول إلي التقنيات المعززة للإنتاجية والمراعية للمناخ وينطبق علي اصحاب الحيازات الصغيرة الذين يتعرضون للمناخ، فالابتكارات التكنولوجية التي تزيد الانتاجية تعزز مقاومة تغير المناخ (Mmapatla,2020,PP11).

وضحت تقارير اللجنة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC إن القطاع الزراعي ينطلق منه ١٤% من الغازات المسببة للإحتباس الحراري، وعلي النقيض من ذلك فإن القطاع الزراعي يمتلك إمكانيات مهمة لتقليل كميات عوادم الغازات الكربونية وعزل كميات متزايدة من الكربون بامتصاصه من الأجواء. ولذلك يجب ان تكون الزراعة لدي كل الدول النامية ذكية مناخياً لمواجهة التحديات المزدوجة لتقديم الاحتياجات الغذائية للدول ذو الكثافة السكانية العالية ومناخ تسود به ظاهرة الاحتباس الحراري. وبالتالي يجب أن تتكيف الأنشطة الزراعية مع تغيرات المناخ والتقليل من اثاره (علي حدادة ، 2018، ص ٢).

ويعتبر التكيف مع التغير المناخي من أهم أهداف الزراعة الذكية مناخياً، حيث تهدف الزراعة الذكية مناخياً لمعالجة ثلاثة أهداف رئيسية وهي كالأتي:

(١) الزيادة المستدامة في الانتاجية الزراعية والدخل.
(٢) التكيف وبناء القدرة علي التكيف مع التغيرات المناخية مع تقليل أو إزالة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، حيثما كان ذلك ممكنا.
(٣) تعتبر الزراعة الذكية مناخياً طريقة لتحديد نظم الإنتاج والمؤسسات التمكينية والسياسات هي الأنسب والأوفق لمواجهة تحديات التغيرات المناخية في مواقع محددة كجمهورية السودان، وفي نفس الوقت تهدف الزراعة الذكية مناخياً إلي زيادة الإنتاج والدخل.

ويتم تحديد متطلبات تطبيق الزراعة الذكية مناخياً في جمهورية السودان بناء علي الظروف الإيكولوجية الزراعية والاجتماعية والاقتصادية للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة من خلال تقديم الدعم المستهدف لزيادة الإنتاجية، ويتطلب ذلك مايلي:

(١) تحديد النظم والتكنولوجيات المناسبة.
(٢) بناء بنية مؤسسية بناء علي الظروف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية والمناخية الخاصة لكل منها.
(٣) توفير القدرة والمنهجية والأدوات الأزمة لإجراء التقييمات والتحاليل المطلوبة.
(٤) تجاوز المشاريع صغيرة الحجم لإظهار إمكانيات الزراعية الذكية مناخياُ، كما أن مستقبل الأمن الغذائي ومستقبل البيئة مرتبط أرتباطاُ وثيقاً بالتغيرات المناخية(سرحان أحمد سليمان ، 2019، ص ١٨٨٦-١٨٨٧).

تتعدد أنماط الزراعة الذكية مناخياً ويمكن تقسيمها إلي ٨ أنماط كما يلي:

(١) المحاصيل الذكية مناخياً.
(٢) الإنتاج الحيواني الذكي مناخياً.
(٣) الحراجة الذكية مناخياً.
(٤) مصايد الإسماك وتربية الإحياء الذكية مناخياً.
(٥) نظم الإنتاج المتكاملة.
(٦) إدارة المياه.
(٧) الإدارة المستدامه للتربة والأراضي.
(٨) إدارة الطاقة.
(٩) تطوير نظم غذائية وسلاسل قيمة مستدامه (منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ،٢٠١٨).

ويمكن تناول أنواع الزراعة الذكية مناخياً من خلال دراسة ثلاثة أنواع متمثلة في المحاصيل الذكية مناخياً، والإنتاج الحيواني الذكي مناخياً، ومصايد الإسماك وتربية الأحياء الذكيتان مناخياً، وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل منهما:

**(١) المحاصيل الذكية مناخياً:**

يتصف إنتاج المحاصيل الزراعية بحساسية كبيرة لتغير المناخ، حيث يتأثر إنتاج المحاصيل بمجموعة من العوامل المناخية مثل التقلب السنوي في درجات الحرارة وهطول الأمطار، والصدمات خلال مراحل معينة من نمو النباتات، والأحوال الجوية الكارثية، وفي ظل تغير المناخ يجب أن تتغير معها استراتيجيات إنتاج المحاصيل أيضاً.

ويوجد العديد من الخيارات لتتكيف مع التغيرات المناخية ولتقليل من اثاره في مختلف الأنظمة الزراعية، ويعد التكثيف المستدام لإنتاج المحاصيل الركيزة التي يبني عليها جميع الخيارات لإنتاج المحاصيل الذكية مناخياً، ويتطلب ذلك ممارسة المحاصيل الزراعية التي تستخدم البذور والمواد الزراعية عالية الجودة للأصناف المتكيفة مع تغير المناخ، وزراعة أصناف متنوعة من المحاصيل في مجموعات أو

محاصيل بينية، ومكافحة الافات من خلال الإدارة المتكاملة للافات، واعتماد الزراعة المحافظة علي الموارد والمكننة المستدامة للحفاظ علي صحة التربة، وكذلك إدارة المياه بفعالية بغرض تحقيق أعلي مخرجات ممكنة. ويمكن أن يسبب تغير المناخ أضطراباً في التفاعل بين النباتات والملقحات، حيث يتأثر الكثير من الملقحات بدرجات الحرارة العالية والجفاف، وبالتالي يتم العمل علي الحد من تأثير التغير المناخي مع تطبيق استراتيجيات التكيف معها بأهمية كبيرة. ولذلك يجب علي المزارعون الألمام الجيد بالديناميات الإيكولوجية والإبتكارات التكنولوجية، وفهم نوع التغير الحاصل في العوامل المناخية المؤثرة علي إنتاج المحاصيل(منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ،٢٠١٨،ص٧).

**(٢) الإنتاج الحيواني الذكي مناخياً:**

تمثل الزراعة مصدر رزق بالنسبة إلى ثلث سكان العالم، فحوالي ٦٠ في المائة من الأشخاص الذين يعتمدون على الزراعة لكسب معيشتهم هم من أصحاب المواشي، حيث يُعد الإنتاج الحيواني قطاعًا سريع النمو، ويمثل في الوقت الحالي ٤٠ في المائة من الناتج المحلي الإجمالي الزراعي العالمي، ويتسم بأهمية بالغة لتحقيق الأمن الغذائي في جميع الأقاليم. وتقدم الماشية مساهمة ضرورية ومهمة في الإمدادات العالمية بالسعرات الحرارية والبروتينات، وتعد أصولاً رئيسية بالنسبة إلى الأسر في المجتمعات الريفية، فيعتمد مئات الملايين من الرعاة على نمط الحياة هذا وعلى النظم الإيكولوجية الرعوية لكسب معيشتهم،وفي النظم المختلطة تستهلك الماشية مخلفات المحاصيل والمنتجات الثانوية، ويتم استخدام روثها لتخصيب المحاصيل. وتوفر الأبقار، والجمال، والخيول، والحمير، وسيلة نقل وقوة جر في العمليات الميدانية. ويساهم الإنتاج الحيواني بشكل كبير في سبل المعيشة في الريف تتجاوز بكثير الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي، لأنها تدعم الرفاهية الاجتماعية، والتربية وصحة الإنسان.

فمن الضروري أن تتم إدارة الثروة الحيوانية بعناية من أجل زيادة مجموعة الخدمات التي تقدمها والحد من هشاشة القطاع في وجه آثار تغير المناخ.

وهناك حاجة إلى اتخاذ إجراءات في إنتاج الثروة الحيوانية حيث أن حوالي ٨٠٠ مليون مربٍ للماشية يعيشون بعائد قليل يومياً لايتعدي دولارين في اليوم. وتتعرّض سبل معيشتهم على للخطر بسبب آثار التغير المناخي. حيث يترتب علي ارتفاع درجات الحرارة، والتغيرات في توزيع الأمطار، وزيادة الإجهاد الحراري، وانخفاض توافر المياه، آثارًا سلبية مباشرة وغير مباشرة على الإنتاج الحيواني وإنتاجية الماشية في أنحاء العالم كافة. فيعد قطاع الثروة الحيوانية من العوامل المساهمة في تغير المناخ، حيث تقدر منظمة الأغذية والزراعة أنه مسؤول عن حوالي ١٤,٥ في المائة من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ، ويتسم تحديد الخيارات الملائمة لزيادة مراعاة المناخ في الإنتاج الحيواني بأهمية بالغة، فهناك العديد من الخيارات التي تتيح التآزر والقادرة على تحقيق المنافع في مجالي التكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره، والتي يمكن اتباعها في قطاع الثروة الحيوانية مثل تغيير الأنواع والسلالات، وتحسين إدارة العلف، واستدامة ممارسات الرعي، والحراجة الرعوية، والتنويع داخل المزارع وخارجها(منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ،٢٠١٨،ص٩).

**(٣)مصايد الإسماك وتربية الأحياء المائية الذكية مناخياً:**

تعد مزارع الأسماك من المساهمين ذو الأهمية في الإمدادات الغذائية والأمن الغذائي وسبل عيش الإنسان علي المستوي المحلي والعالمي، ولكن ارتفاع منسوب مياه البحر وزيادة الملوحة أثبتت أنه مدمر للمناطق الساحلية والغابات التي توفر ملاذاَ لأنواع مختلفة من المأكولات البحرية. كما أن للطقس اثار غير متوقعة بسبب تغير المناخ بشكل كبير علي حياة الصيادين، فإن الحل المستدام الوحيد لهؤلاء الناس هو الزراعة الذكية مناخياً من خلال ممارسة أنظمة متكاملة لتربية الأسماك والثروة الحيوانية، ويتم تشكيل هذه الأنظمة من خلال الأخذ في الاعتبار المعرفة والتأكدة من المكونات الحيوية والغير حيوية والبشرية للنظام البيئي وتفاعلاتها(Jevaa,2015,PP28).

ويوفر قطاع مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية الأغذية والدخل وسبل المعيشة للملايين من الأشخاص، حيث يستمد حوالي ١٠ إلى ١٢ في المائة من سكان

العالم، دخلهم وسبل معيشتهم من مصايد الأسماك الطبيعية وتربية الأحياء المائية، ويؤثر تغير المناخ على وفرة موارد مصايد الأسماك وتوزيعها، وعلى مدى ملاءمة بعض المواقع الجغرافية لنظم تربية الأحياء المائية، ووترتبط التغيرات المادية والكيميائية المتّصلة بتغير المناخ بتزايد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتقوم النظم الإيكولوجية المائية بامتصاص جزء كبير من هذه الانبعاثات، ما يحدث تغيرات جوهرية في هذه البيئات ويؤثر على الخدمات الإيكولوجية المهمة التي توفرها، وهناك عوامل أخري مثل التلوث يؤدي إلى مضاعفة الآثار الضارة لتغير المناخ، ويؤدي النمو السكاني إلى زيادة الطلب على الأغذية ، كذلك ينتج عن ممارسات الصيد غير المستدامة ركود الإنتاج في مصايد الأسماك البحرية، وسيتعين على تربية الأحياء المائية أن تسد هذا الفارق بين العرض والطلب، وتحقيقًا لهذا الهدف، سيحتاج القطاع الفرعي لتربية الأحياء المائية إلى زيادة الإنتاج بين ٧٠ و ١٠٠ في المائة عن المستويات الحالية في العقدين القادمين، وهناك عدة خيارات لدعم هذا النمو بطريقة ذكية مناخيًا ومستدامة، منها تحسين اختيار الموقع وتصميمه؛ وممارسات الإدارة المستدامة للمياه؛ والتربية الانتقائية والتحسينات الوراثية؛ وتحسين إدارة العلف؛ وتعزيز إجراءات الطوارئ وتدابير الأمن البيولوجي. ولكن، تجدر الإشارة إلى أن تنمية تربية الأحياء المائية تواجه قيودًا متزايدة في ظل احتدام المنافسة على موارد الأراضي والمياه والطاقة والعلف. وتختلف آثار تغير المناخ والتكيف مع التغير المناخي من إقليم إلى آخر، فمن المتوقع أن تكون الآثار سلبية إلى حد كبير، وإن كان من الممكن أن يترك تغير المناخ في بعض المناطق آثارًا إيجابية على القطاع مثل يمكن أن يمهد ارتفاع مستوى سطح البحر في بعض الحالات، بيئات وفرصًا جديدة في مجال تربية الأحياء المائية البحرية وتوسّع غابات المنغروف،وستكون هناك حاجة إلى حلول زراعية خاصة بالسياق وذكية مناخيًا وقائمة على أدلة متينة لتوجيه القطاع نحو مستقبل مستدام(منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ،٢٠١٨،ص١٣).

**ثانياً: مساهمة الزراعة الذكية مناخياً وفرصها في إنتاج وتطور الزراعة في جمهورية السودان:-**

قبل تطور الزراعة في جمهورية السودان كان المزارعون يحصدون كل ما تحتاجه الطبيعة من الأطعمة، وفي هذه الحالة كان هناك حد أدني من استغلال الموارد ومع تطور تلك المجتمعات إلي مستوطنات أكثر استدامة أصبحت الحاجة إلي الزراعة أمراً ضرورياً، كما أن تطور حراثة التربة من الحراثة اليدوية إلي المحراث ضمن إنتاجاً مكثفاً للغذاء يكفي لقمة العيش وفائضاً للتجارة. وكان لا بد من زيادة الأراضي الزراعية الصالحة للزراعة نتيجة لحدوث اختلالات للغازات الدفيئة في الغلاف الجوي وزيادة عدد السكان، فبد المزارع في إزالة الغابات منذ عام ١٩٤٥م، وقام المزارعون بتطهير وتحويل المزيد من الأراضي إلي أراضي زراعية، وتعد إزالة الغابات بشكل بشكل غير قانوني مشكلة كبيرة في البلدان النامية، وعلي الرغم من تطهير الأراضي الزراعية وزيادة إنتاج الغذاء وفي غياب الغابات يكون مستوي هطول الأمطار في المنطقة تغيرت مما ينتج عنه تفاقم تغير المناخ والذي بدوره يؤثر سلباً علي الزراعة الإنتاجية وإنتاج الغذاء بجمهورية السودان، وتساهم الزراعة في جمهورية السودان في تغير المناخ من خلال عدة عوامل منها زراعة المحاصيل الزراعية حيث أظهرت الدراسات الحديثة أن معظم التفاعل بين سطح الأرض والغلاف الجوي يحدث من خلال النباتات، وأن التغيرات في نوع الغطاء النباتي يمكن أن يؤثر علي المناخ المحلي والإقليمي بسبب الإختلافات في الألبيدو، وتربة المياه، وخشونة السطح(Jevaa,2015,PP7).

وهناك منهجية متعددة التخصصات تستخدم لبيان مساهمة الزراعة الذكية مناخياً في انتاج وتطور الزراعة في جمهورية السودان وذلك من خلال أربعة خطوات كالاتي:

(١)التكاليف والإيرادات في المزرعة لمختلف الممارسات الزراعية الذكية مناخياً وأرباحها مقارنة بالزراعة التقليدية المستخدمة.

(٢) إمكانيات الزراعة الذكية مناخياً لتحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية والتحكم في المحددات الأخري من خلال نموذج الأقتصاد القياسي.

(٣) الفوائد المتوقعة للتخفيض الغازات الدفيئة وعزل الكربون من ممارسات الزراعة الذكية من خلال نموذج خيار التخفيف.

(٤) فعالية التكلفة الاجتماعية لمثل هذه الممارسات في التخفيف من تغير المناخ، من خلال بناء منحنيات تكاليف التخفيض الهامشية التي تصور جدول أعمال السياسات لتوسيع نطاق الزراعة الذكية مناخياً في جمهورية السودان (Giacomo Branca,2021,PP3).

وتعد الزراعة الذكية مناخياً أحدي الطرق المهمة نحو تحسين رفاهية المجتمعات الزراعية لأصحاب الحيازات الصغيرة في جمهورية السودان والتي تعاني من تغير المناخ، ويمكن للزراعة الذكية مناخياً أن تساعد المزارعيين علي تلبية الطلب المتزايد علي الغذاء، وبشكل عام تساهم الزراعة الذكية مناخياً علي تحقيق الأمن الغذائي والتنمية الأقتصادية والحد من الفقر بجمهورية السودان (Angeline,Maxwell, Munyaradzi,2021,PP2).

ويوضح الشكل (٢) مراحل الإصلاح الزراعي الذكي مناخياً بجمهورية السودان، والذي تحركه الركائز الأربعة لإعادة توزيع الأراضي الزراعية وإصلاح حيازة الأراضي الزراعية بجمهورية السودان، والأسواق والبنية التحتية(MAL)، والخدمات الاستشارية الريفية(RAS) علي الرغم من أن الأطار يشير إلي إصلاحات الأراضي التي تجمع بين التداخلات علي الركائز الأربع يمكن أن تعزز اعتماد الزراعة الذكية مناخياً بجمهورية السودان، وتولد فوائد هائلة علي سبل عيش سكان الريف( Alexis, Yiorgos and Gillian,2020,PP4 ).

وتتمثل الفرص المتاحة للبدء في التحول من نهج الزراعة التقليدية إلي نهج الزراعة الذكية مناخياً في جمهورية السودان، في توفر الحد المقبول من البنية التحتية والمتمثلة فيما يلي:

**أ- الربط الشبكي:**

في إطار الحكومة الإلكترونية تم تمديد كوابل الألياف الضوئية لتغطي أكثر من ٤٤ ألف كيلو متر من مسارات الألياف الضوئية في طول البلاد وعرضها، كما أن تغطية الربط بتقنية الألياف الضوئية تغطي أكثر من٨٣ % من المواقع المستهدفة، أما تغطية الربط بتقنية اللاسلكي فتغطي ١٠٠% من المواقع المستهدفة.

**ب-شبكة الهاتف المحمول:**

بلغ عدد مستخدمي الهاتف المحمول في السودان عام ٢٠٢٠م نحو ٣٢,٨٣ مليون نسمة أي ما يعادل ٧٦ % من عدد السكان البالغ ٤٣,٣٣ مليون نسمة.

**ج- شبكة الإنترنت:**

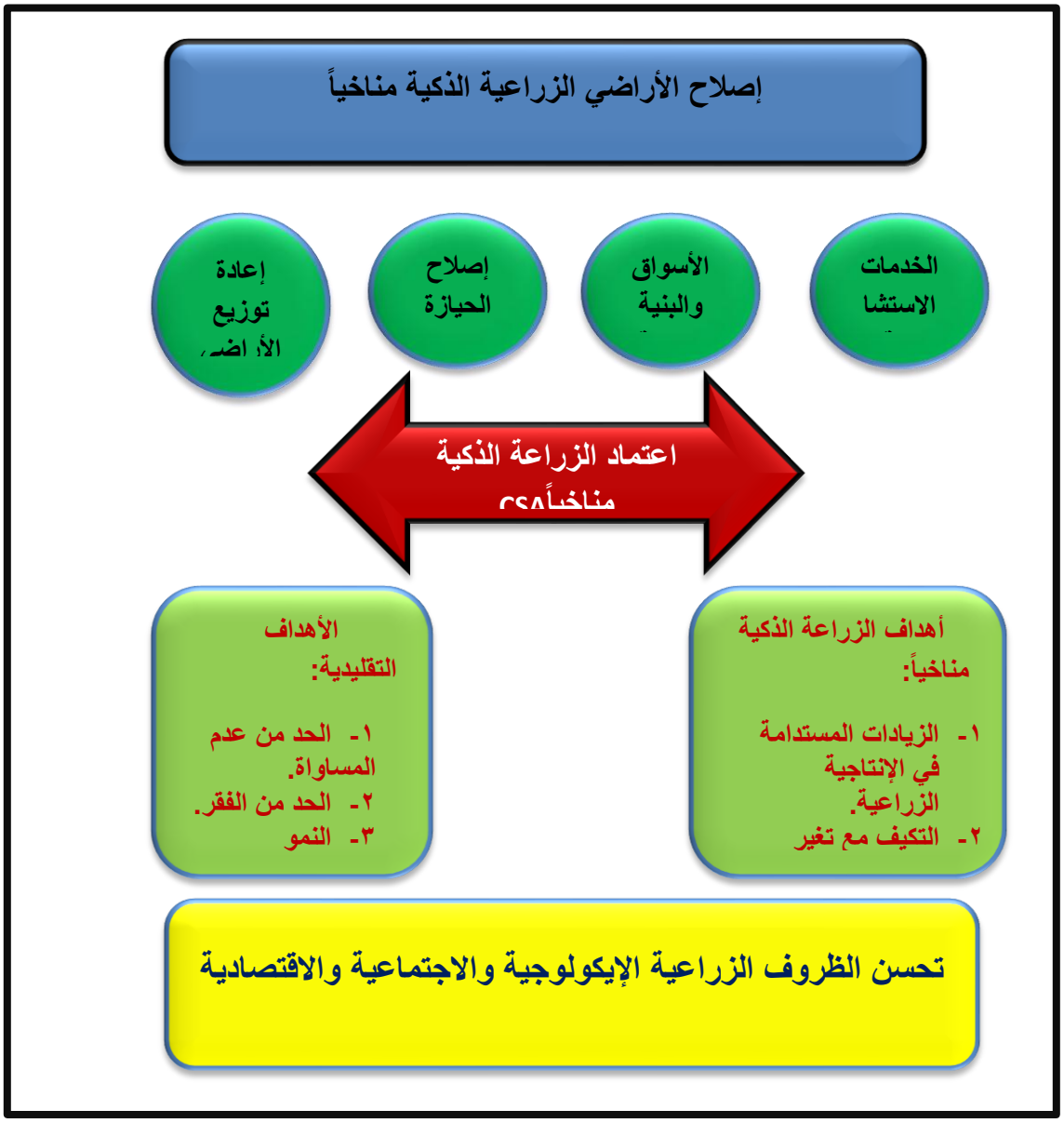
أرتفع عدد مستخدمي الإنترنت إلى ١٣,٣٨ مليون نسمة عام ٢٠٢٠م ، أي حوالي ثلث سكان السودان وفقًا لآخر التقديرات، كما بلغ معدل انتشار الإنترنت في السودان٣١ ٪ عام ٢٠٢٠م، ويعد الهاتف المحمول الوسيلة الأكثر استخدامًا لتصفح الإنترنت في السودان.

**د- الحواسيب والأجهزة الإلكترونية:**

يملك السودان كمية كبيرة منها وبعد رفع الحظر يتوقع الحصول عليها بسهولة وبالمواصفات المطلوبة.

ه- وجود البرامج الزراعية المسموعة والمرئية، الرسائل والنشرات الارشادية، تطبيقات الهاتف المحمول، مواقع التواصل الاجتماعي، مواقع الصحف الزراعية الإلكترونية المتخصصة في المجال الزراعي مثل إيكو سودان Ecosudan .

وهناك عدة تجارب لتطبيق الزراعة الذكية مناخياً في جمهورية السودان في مجال الاستثمار الزراعي منها تطبيق تقنية الإحكام الزراعي وهو نظام لتحسين إدارة المشروعات الزراعية، وزيادة إنتاجية المحاصيل، بإستخدام نُظم المعلومات الجغرافية ( GIS) ، ونظام الموضع العالمي (GPS) ، بحيث تتكامل هذه الأنظمة مع بعضها البعض بغرض التحكم في العمليات الزراعية واتخاذ القرارات الصائبة، وقامت الهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي في مطلع الألفية الثانية، بإنشاء وحدة متكاملة للإحكام الزراعي Precision Farming في موقع الشركة العربية السودانية للزراعة بالنيل الأزرق (أقدي) لتجربة التقانة ومن ثم تعميم التجربة على باقي المشاريع الزراعية(طاهر محمد أحمد ،٢٠٢١،ص٢٠-٢١).




شكل (٢) مراحل إصلاح الأراضي الزراعية الذكية مناخياً

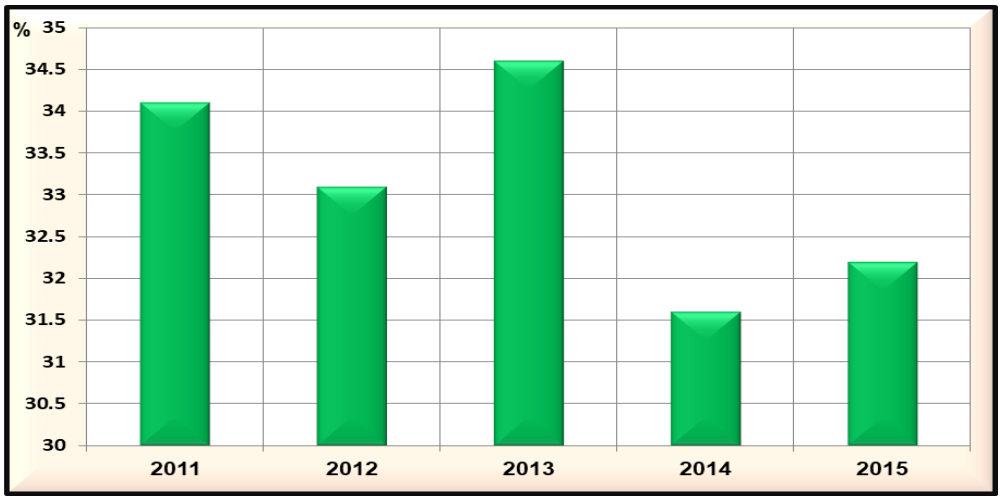
**ثالثاً: مساهمة الزراعة الذكية مناخيا في اقتصاد الدولة:-**

تعتمد جمهورية السودان في نشاطها الاقتصادي علي الزراعة فتمثل ٧٠% من نشاط السكان في الريف، ويلعب القطاع الزراعي الدور الرائد في الاقتصاد القومي ويساهم في الناتج المحلي الاجمالي بنسبة بين ٣٠ – ٣٥% كما في جدول(١) والشكل(٣).

| السنوات | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|
| الناتج المحلي الزراعي % | 34.1 | 33.1 | 34.6 | 31.6 | 32.2 |

المصدر: الأمم المتحدة،٢٠١٩، ص١١.

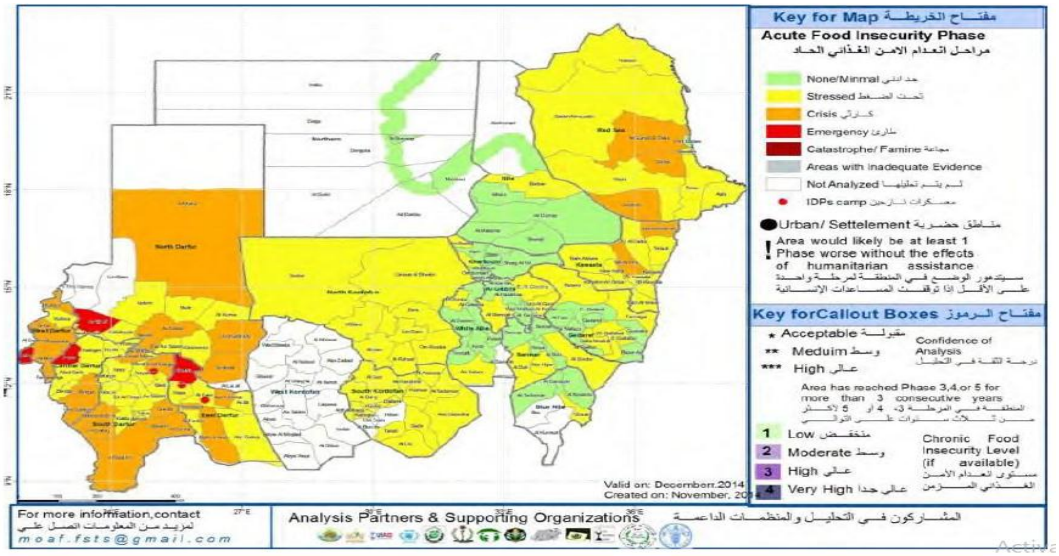
جدول(١) مساهمة القطاع الزراعي السوداني في الناتج المحلي الاجمالي خلال الفترة(٢٠١١-٢٠١٥)




المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج Microsoft office excelاعتمادا علي جدول (١).

شكل (٣) نسبة الناتج المحلي الزراعي بجمهورية السودان خلال الفترة(٢٠١١-٢٠١٥)

يرتبط إنعدام الأمن الغذائي ارتباطاً وثيقاً بالقطاع الزراعي البعلي في السودان كما في شكل (٣)، ويزرع أكثر من ٧٠% من المحاصيل مثل الذرة الرفيعة والدخن في مناطق الزراعة البعلية، وقد كان هناك حصاد ضعيف عام ٢٠١٤م أقل بنسبة ٤٨% عن عام ٢٠١٣م، وأقل بنسبة ٦٨% من متوسط الخمس سنوات، وقد تدهورت المنتجات الحيوانية والمحاصيل الغذائية الأساسية بشكل مستمر من حيث التجارة ، وقد أدي نقص البذور وزيادة تكاليف المدخلات الزراعية إلي انخفاض المساحة الإجمالية المزروعة، مما أثر علي أداء الموسم، كذلك فإن التقلبات المناخية المؤثرة علي إنتاج المحاصيل في جمهورية السودان لا تزال تجعل الاقتصاد أكثر عرضة لزيادة اسعار المواد الغذائية وتقلباتها(FAO,2015,PP8) .




After: FAO,2015,PP9 .

شكل ( ٤ ) حالة الأمن الغذائي بجمهورية السودان عام ٢٠١٤م

وبوجه عام يتضح مساهمة الزراعة الذكية في اقتصاد جمهورية السودان من خلال مساهمة الزراعة الذكية مناخياً في تحقيق الأمن الغذائي وضمان استدامته وذلك من خلال عدة مبادئ تقوم عليها منها يلي:

(١) خلق الوظائف الخضراء: والتي تسمح بإمكانية التكيف مع التغيرات المناخية والحد من انبعاثات الغازات الدفيئة.

(٢) تحويل الفضلات الحيوانية إلي غاز حيوي: كمصدر بديل ومتجدد للطاقة.

(٣) حفظ وحماية البيئة: ويتم ذلك من خلال إدراة أفضل للموارد الطبيعية، والاستخدام المستدام للموارد، وتحسين استدامه الأراضي والمياه، وذلك من خلال التقنيات التي تقلل من استخدام المواد الكيميائية، وتحسين رسم خرائط الأراضي وتعزيز إدارة المياه.

(٤) تحسين الإنتاجية: وينطبق ذلك علي الإنتاجية في المزرعة من حيث العائد، وزيادة كفاءة الأصول.

(٥) خفض ظاهرة الجوع والفقر بجمهورية السودان: من خلال زيادة الإنتاج وتحسين جودة المحاصيل الزراعية.

(٦) تعزيز الابتكار في المجال الزراعي: حيث تسمح تقنيات الزراعة الذكية باعتماد أساليب إنتاج مبتكرة في الجانب الحيواني والنباتي، وفي مختلف مراحل الإنتاج بدءاً من المزرعة ووصولاً إلي السوق.

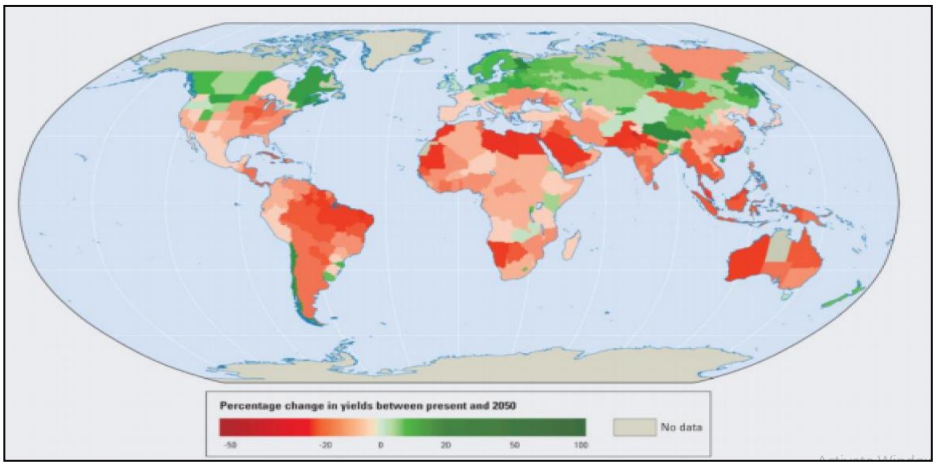
(٧) إنشاء مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية القادرة علي الصمود في وجه تغير المناخ: ويتم ذلك من خلال برك الأسماك التي تقاوم العواصف، وإدارة مصايد الأسماك القابلة للتكيف. ( نادية بن شاعة، دليلة حضري، ٢٠٢٣، ص٢٢٥-٢٢٦).

**رابعاً: مستقبل الزراعة الذكية مناخياً في ضوء تطور التغيرات المناخية العالمية والتغيرات المناخية في جمهورية السودان:**

للتغيرات المناخية تأثير سلبي علي قضية الأمن الغذائي عالمياً وإقليما وخاصة في جمهورية السودان، فالأضرار الملحقة بالتربة الزراعية والمياه التي تحتاجها للري ستؤثر بالسلب علي القدرة الكلية للأنظمة الزراعية في جمهورية السودان علي تلبية الطلب علي الغذاء من خلال التأثير المباشر علي إنتاجية المحاصيل الزراعية كنتيجة للتغير في الظروف الزراعية البيئية، وأسعار المحاصيل بسبب انخفاض المعروض منها مع زيادة الطلب عليها بفعل الزيادة السكانية، وبشكل غير مباشر من خلال ضعف القوي الشرائية للفئات الأشد أحتياجاً وأكثر فقراً بجمهورية

السودان. وبناء علي توقعات منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO) فإن التغيرات المناخية ستسبب انخفاضاً في الإنتاج الزراعية بجمهورية السودان، وسوف يتعرض الإنتاج الحيواني تحت تأثير التغيرات المناخية بسبب تكرار حالات الجفاف وتدهور المراعي والتصحر، وسوف تكون الأبقار بجمهورية السودان هي الأشد تأثيراً بتغير المناخ يليها الماعز والأغنام، وسوف تتأثر مصائد الأسماك أيضاً بجمهورية السودان بفعل الجفاف والفيضانات ودرجات الحرارة المرتفعة والتي من المتوقع أن تسبب موت وهلاك أصناف معينة من الثروة السمكية. فالحل هنا اللجوء إلي الزراعة الذكية مناخياً للتغلب علي التغيرات المناخية المستقبلية علي المحاصيل الزراعية، وذلك من خلال زراعة النباتات المتحملة للحرارة الطبيعية والمحاصيل الموفرة للمياه، وتقليص المساحات المزروعة من النباتات المستهلكة للمياه، واستخدام نباتات بديله لها( سالي محمود عاشور، ٢٠٢٢، ص٢٩-٣١).

ويشير الشكل (٥) إلي أثار تغير المناخ العالمي علي إنتاج محاصيل الزراعية خلال عام ٢٠٥٠م، وقد أصدرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ( IPCC ) تقريرًا خاصًا يشير إلي أن الأنشطة البشرية قد ساهمت بنحو ١,٠ درجة مئوية في الاحتباس الحراري العالمي فوق مستويات ما قبل الصناعة، وتوقع التقرير كذلك أنه إذا استمرت الاتجاهات الحالية، فقد يصل الاحتباس العالمي إلى ١,٥ درجة مئوية بين عامي ٢٠٣٠ و ٢٠٥٢.



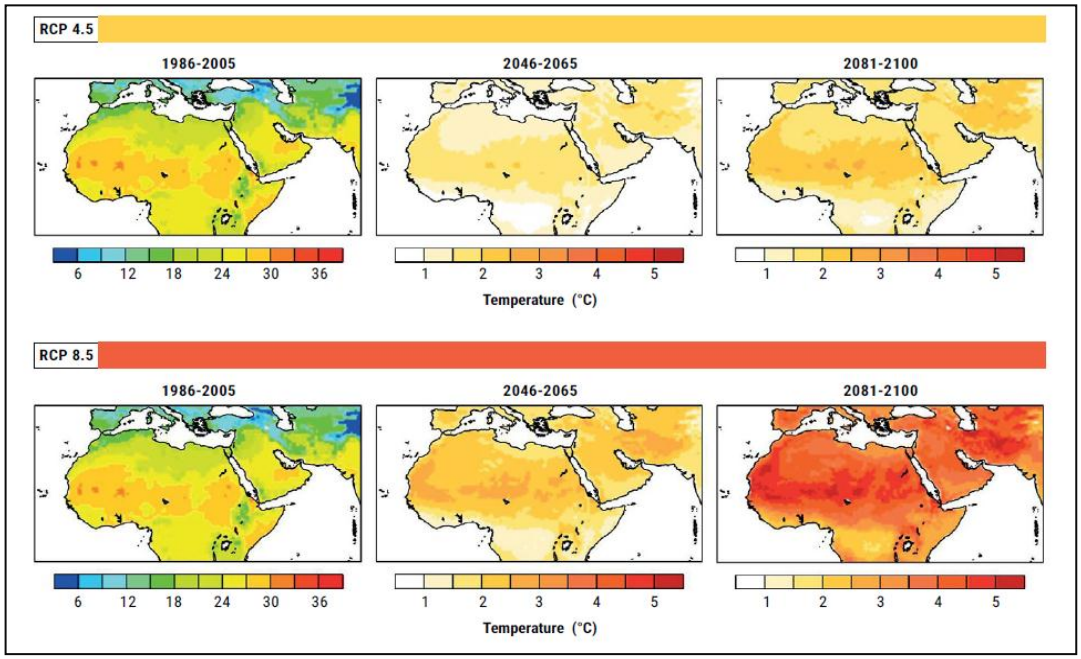

After: Roles, FOOD 2030,2016,pp04.

شكل ( ٥ ) اثار تغير المناخ علي إنتاجية المحاصيل الزراعية خلال ٢٠٥٠م

ومن المرجح أن تواجه النظم البشرية والطبيعية مخاطر متزايدة متعلقة بالمناخ من زيادة متوسط درجة الحرارة، وارتفاع مستوى سطح البحر، وهطول الأمطار الغزيرة، ومدى حدوث الجفاف الذي سينتج عن هذه الاتجاهات في ظاهرة الاحتباس الحراري. وتعتبر الزراعة "ضحية مباشرة لتأثيرات المناخ"، والوضع كذلك بشكل خاص في البلدان النامية، حيث مستويات عالية من الاعتماد على الزراعة كمصدر لكسب الرزق، وهيمنة النظم الزراعية البعلية (المطرية)، وقدرات التكيف المنخفضة تخلق مستويات عالية من الضعف، فالهدف الكبير للسياسة العامة في القطاع الزراعي على مستوي جمهورية السودان والعالم في العقود الأخيرة هو تحقيق الأمن الغذائي، وفي الوقت الذي زاد نصيب الفرد من الإمدادات الغذائية بأكثر من ٣٠ ٪ منذ عام ١٩٦١ ، لا يزال هدف الأمن الغذائي بعيد المنال، حيث يقدر عدد الأشخاص الذين يعانون من نقص التغذية حاليًا ب ٨٢١ مليون شخص من خلال زيادة درجات الحرارة، وتغير أنماط هطول الأمطار، وزيادة تواتر وشدة الفيضانات والجفاف، يؤثر تغير المناخ بالفعل سلبًا على الإنتاجية الزراعية والأمن الغذائي، ومن المتوقع أن يزداد الوضع سوءًا مع تغير المناخ المتوقع في المستقبل. من المحتمل أن تتفاقم آثار تغير المناخ على القطاع الزراعي بسبب الدوافع غير المناخية للتغير، بما في ذلك أنماط الاستهلاك المتغيرة الناتجة عن زيادة التحضر والنمو السكاني وارتفاع مستويات الدخل( محمد بن موسي، ٢٠٢٢، ص٣٦٢-٣٦٣).

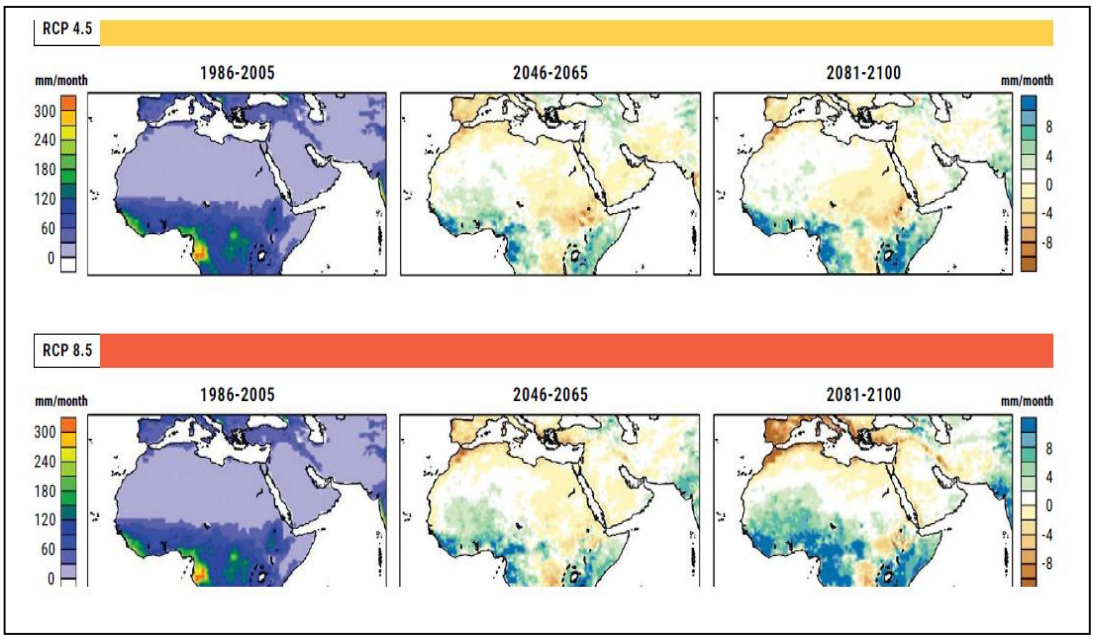
ويبين الشكل (٦)، (٧) معدل التغيرات في درات الحرارة السنوية ومتوسطت التغير في هطول الأمطار السنوية لمساري التركيز التمثيلي٤،٥ و٨،٥، كما تشير منظمة الفاو كما هو موضح في جدول(٢) والشكل (٨) إلي توقعاتها المستقبلية لنسبة التغير في غلات المحاصيل الزراعية بالتطبيق علي محصول الذرة الرفيعة بجمهورية السودان بولاية القضارف عند مساري ٤,٥ و ٨,٥ في ظل تركيزات متغيرة وثابتة لثاني أكسيد الكربون خلال الفترتين المستقبليتين(٢٠٣٠-٢٠٢٠م) و(٢٠٤٠ - ٢٠٥٠م)، ويتبين أنه من المتوقع انخفاض غلات المحاصيل الزراعية وخاصة محصول الذرة الرفيعة بجمهورية السودان بسبب انخفاض إنتاجية

المحصول مما يؤثر سلباً علي كمية محصول الذرة الرفيعة وجودته مؤثراً بالتالي علي إنتاج الغذاء منه باعتباره أحدي محاصيل الزراعة البعلية ويعتبرمن أكثر الأنظمة الزراعية تعرضاً للتغير المناخي، وذلك الأمر يتطلب التوجه إلي استخدم نظم الزراعة الذكية مناخياً من خلال تدفق تمويل المناخ إلي قطاع الزراعة قدراً كبير من الاهتمام.




after:www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/publications/files/riccar-mainreport-2017-.english

شكل (٦) معدل التغيير في درجات الحرارة السنوية (درجة مئوية) لمنتصف ونهاية القرن لمجموعة متكاملة من ثلاثة توقعات خاصة بمساري التركيز التمثيلي ٤,٥ و ٨,٥ مقارنة مع الفترة المرجعية



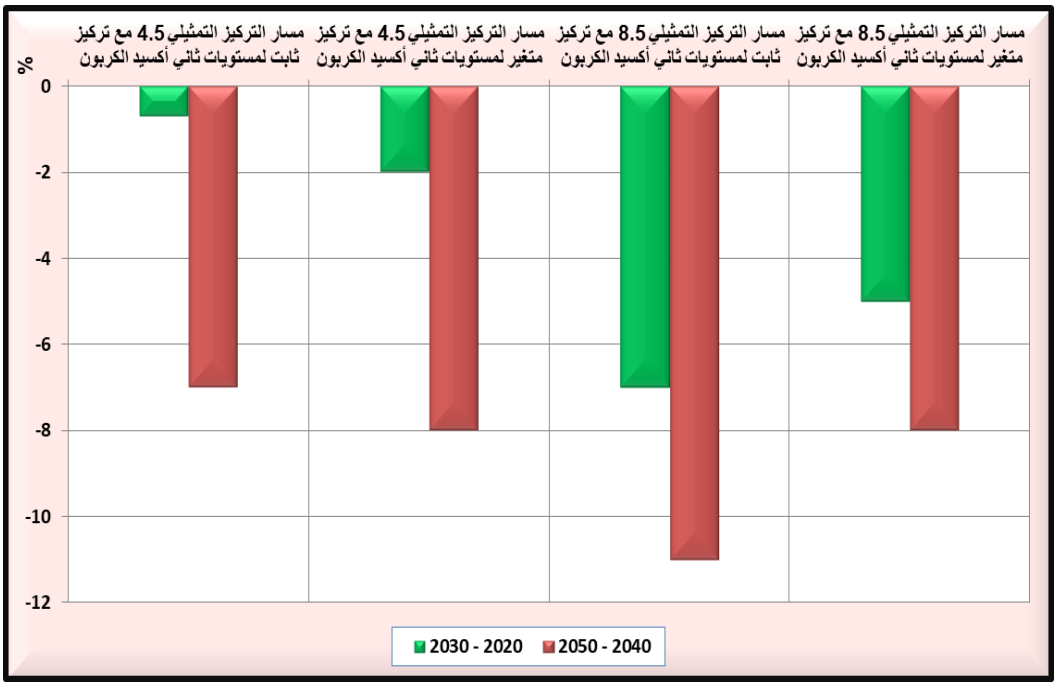

after:www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/publications/files/riccar-mainreport-2017-.english

شكل (٧) متوسط التغيير في الهطول السنوي للأمطار (ملم/ شهر) لمساري التركيز التمثيلي ٤,٥ و٨،٥

| المسار | 2030 م - 2020 | 2050م - 2040 |
|---|---|---|
| مسار التركيز التمثيلي ٤,٥ مع تركيز ثابت لمستويات ثاني أكسيد الكربون | -0.7 | -7 |
| مسار التركيز التمثيلي ٤,٥ مع تركيز متغير لمستويات ثاني أكسيد الكربون | -2 | -8 |
| مسار التركيز التمثيلي ٨,٥ مع تركيز ثابت لمستويات ثاني أكسيد الكربون | -7 | -11 |
| مسار التركيز التمثيلي ٨,٥ مع تركيز متغير لمستويات ثاني أكسيد الكربون | -5 | -8 |

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، ٢٠٢٣، ص٢٣.

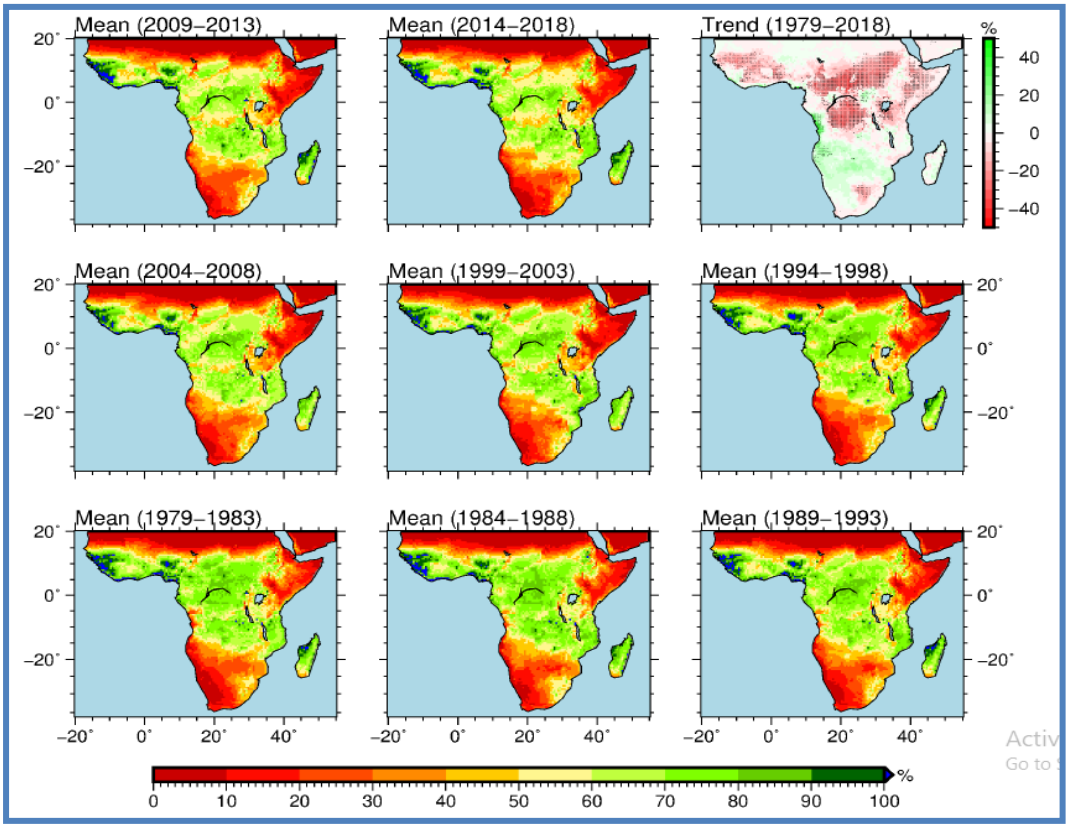
جدول(٢) التوقع المستقبلي لنسبة التغير في الغلات لمحصول الذرة الرفيعة بجمهورية السودان بالتطبيق علي ولاية القضارف عند مساري ٤,٥ و ٨,٥ في ظل تركيزات متغيرة وثابتة لثاني أكسيد الكربون




المصدر: عمل الباحثان باستخدام برنامج Microsoft office excel اعتمادا علي جدول (٢).

شكل (٨) نسبة التغير في الغلات لمحصول الذرة الرفيعة بجمهورية السودان بالتطبيق علي ولاية القضارف عند مساري ٤,٥ و ٨,٥ في ظل تركيزات متغيرة وثابتة لثاني أكسيد الكربون

وتشير التنبؤات التقليدية إلي المتغيرات المناخية الأكثر استخداماً المستخدمة لتقييم تأثير تغير المناخ علي غلات المحاصيل، وهذه التنبؤات متمثلة في متوسط درجة الحرارة ودرجة الحرارة العظمي ودرجة الحرارة الصغري، بالإضافة إلي متوسط هطول الأمطار، ويشير الشكل (٩) إلي متوسطات WRSI-glo علي مدار الخمس سنوات، وبالإضافة إلي الاتجاه الخطي المحسوب خلال الفترة(١٩٧٩-٢٠١٨م) ، وقد تم تطوير مؤشر WRSI من قبل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة لرصد ودراسة إنتاج المحاصيل في المناطق المعرضة للمجاعة في العالم، ويستخدم لمراقبة المحاصيل خلال فصل النمو وبناء علي كمية المياه المتوفرة للمحصول، ونسبة التبخر الفعلي والمتوقع وهي نسبة خاصة بالمحاصيل وتستند علي تطور المحاصيل والعلاقة المعروفة بين المحصول والجفاف( Freddy ,2021,P88).



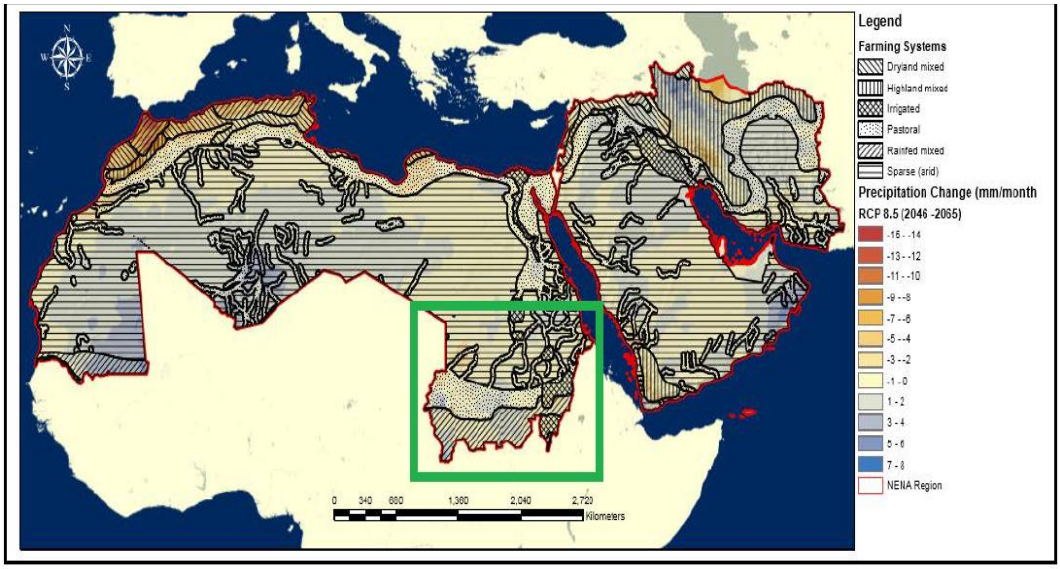

after: Freddy ,2021,PP90.

شكل ( ٩ ) التوزيع المكاني للمتوسطات الخمسية لاتجاهات مؤشر WRSI-glo والاتجاهات الخطية

ويتوقع أن التغيرات المناخية وما تسببه من أرتفاع درجة حرارة سطح الأرض كما في الشكل (١٠) سوف تؤثر تأثيراً سلبياً علي إنتاجية العديد من المحاصيل الزراعية بجمهورية السودان حيث تسبب نقص شديد في إنتاجية معظم محاصيل الغذاء الرئيسية كالذرة الرفيعة في جمهورية السودان، وزيادة الاستهلاك المائي لها، ومن أهم التوقعات المستقبلية أيضاً أن التغيرات المناخية سوف تأثر أيضاً علي نسبة الاكتفاء الذاتي من إنتاجية المحاصيل الزراعية بجمهورية السودان، لذلك من الضروي أن تزرع أنواع وأصناف من المحاصيل تتناسب مع التغيرات المناخية المتوقعة، فيتوقع أن تلك الإجراءات تمنع حدوث الاثار السلبية المتوقعة أو تقلل حدة تلك الاثار السلبية، وبمعني أخر يسمي ذلك بالزراعة الذكية مناخياً والتي تعتمد في

المقام الأول علي زيادة الإنتاجية لتغلب علي الاثار السلبية للتغيرات المناخية المتوقعة، وإنتاج أصناف جديدة بإنتاجية عالية للتغلب علي تأثير التغيرات المناخية مثل تغيرات درجات الحرارة.

لعبت تنبؤات المزارعيين للتغيرات الناجمة عن المناخ دوراً حاسماً في تطوير استراتيجيات التخفيف والتكيف مع تغير المناخ، بما في ذلك تنوع المحاصيل وتناوب المحاصيل، وتغير مواعيد الزراعة، واستخدام أصناف البذور المحسنة ، وتتأثر استراتيجيات التكيف مع هذا التغير بأفعال المزارعين الاجتماعية والاقتصادية المحلية وتصورات المزارعين ومعرفتهم بتغير المناخ، فإدراك التغير المناخي واثاره يمكن أن يحفز تكيف المزارعيين من خلال عدة عوامل خارجية، كما يمكن لتلك العوامل أن تعمل كحائل أو دعم سلوك التكيف أو تشمل الوصول إلي الأفتقار للموارد ورأس المال ، لذلك فإن دراسة اثار تغير المناخ وفهم تصورات المزارعين هو الطريق الصحيح لفهم التقلبات في الإنتاج الزراعي في جمهورية السودان( Younis, N. J., BelloSamoura, Siraj, Mustafa,2022,P350).




After: Phoebe Lewis,2019,PP5.

شكل ( ١٠ ) أثار تغير درجة الحرارة علي النظم الزراعية في جمهورية السودان خلال الفترة( ٢٠٤٥-٢٠٥٥م)

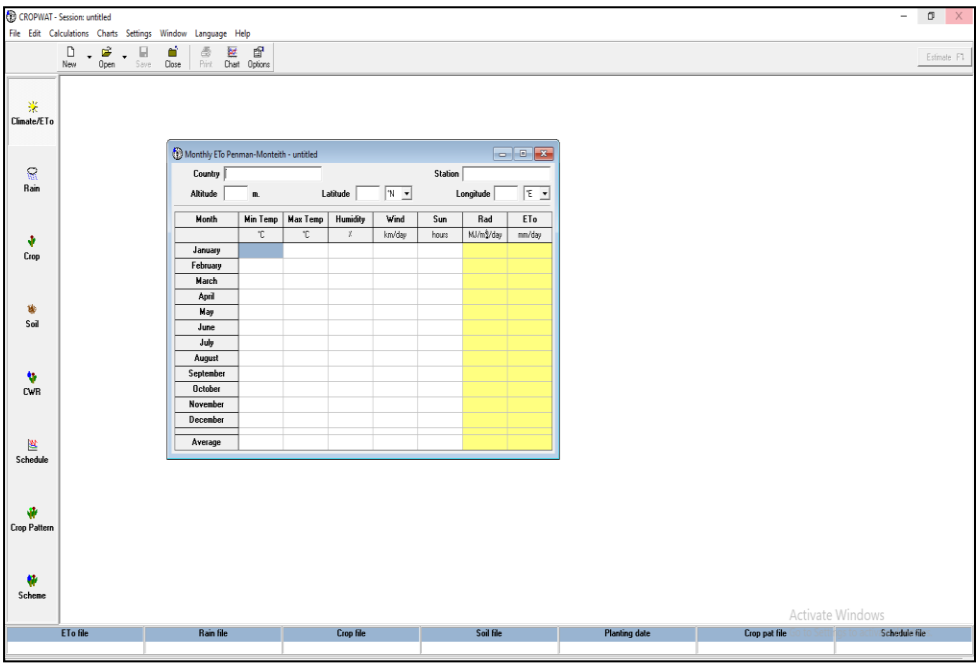
ويتوقع أن تصبح الزراعة الذكية مناخياً في جمهورية السودان بمثابة حلاً لاغني عنه لرفع كفاءة استخدام الموارد الزراعية لزيادة الإنتاج، مما يساهم في تحقيق الأمن الغذائي من جهة والمحافظة علي الموارد الطبيعية واستدامتها من جهة أخري، وأهميتها للتغلب علي الاثار السلبية للتغيرات المناخية علي الأنظمة العربية بجمهورية السودان.

وتعتبر عملية التبخر – نتح عملية مزدوجة لكمية المياه، والتي يمكن أن تتبخر من التربة أو النبات، حيث تعتبر الحرارة هي العامل الأساسي لتحديد طاقة التبخر نتح، فكمية التبخر من سطح التربة وكميات النتح من النبات تتوقف علي طبيعة الغطاء النباتي وطبيعة التربة من خلال قدرتها علي إنفاذ المياه بين حبيباتها ودرجة احتفاظها بالماء. ويحدد المناخ مدي التبخر نتح والاستهلاك المائي وذلك يشمل تأثير كل من درجة الحرارة العظمي والصغري، وشدة الإشعاع الشمسي والرطوبة النسبية والرياح، وهناك العديد من علماء المناخ والنبات قاموا بعمل معدلات لتحديد طاقة التبخر– نتح ومن ضمنهم العالم بنمان (ممدوح إمام عبدالحليم، ٢٠١٨،ص١١٩).

وتم الإعتماد علي نموذج يسمي CROPWAT٨,٠ لتقدير أثر التغيرات المناخية في المستقبل علي الزراعة بجمهورية السودان، وبالتطبيق علي محطة الخرطوم ومحصول الذرة الرفيعة، ويعتبر برنامج CROPWAT٨,٠ هو برنامج لدعم القرار لري المحاصيل، والذي وضعته منظم الأغذية والزراعة(FAO)، ويعتبر برنامج CROPWAT٨,٠ من برامج المحاكاة القوية التي تحاكي متطلبات مياه الري للمحاصيل علي أساس بيانات التربة والمناخ والمحصول، كما يسمح البرنامج بوضع جدولة لري المحاصيل تحت أي ظروف من امدادات المياه طبقاً لكمياه المياه المخطط لها لأنماط المحاصيل المختلفة. ويمكن أيضاً للبرنامج تقييم ممارسات الري للمزارعين وتقدير أداء المحاصيل في ظل كل من الظروف المطرية والري.

ويتضمن برنامج CROPWAT٨,٠ خمس مدخلات للبيانات متمثلة في (Crop pattern , Soil ,Crop ,Rain ,Climate/ Eto) ، إما نواتج المدخلات متمثلة في ثلاث مخرجات هما (Scheme ,Schedules ,CWR) كما في

صورة(٤-١). يقوم البرنامج بتسهيل حساب وتقدير قيمة التبخر نتح المرجعي بالاعتماد على الدوال الأساسية المناخية في البرنامج وأيضاً يسمح بتطوير خطة جدولة الري تحت ظروف إدارية مختلفة، وحساب برنامج تزويد مياه الري لنماذج مختلفة من المحاصيل وحساب الاحتياجات المائية باستعمال خوارزمية الميزا ن المائي بعد حساب قيمة التبخر نتح المرجعي ETo بطريقة Penman- Monteith وهو يتيح وضع توصيات لتحسين أساليب الري، وتخطيط مواعيد الري وتقييم الإنتاج في ظل الظروف المطرية أو الري الناقص، كما أن إن أفضل طريقة لتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل هي طريقة Penman-Monteith وقد أوصت مجموعة الخبراء والاستشاريين والباحثين في منظمة الفاو وبالتعاون مع اللجنة العالمية للري والصرف ومنظمة المعلومات المناخية في عام١٩٩٠م بإستخدام معادلة Penman-Monteith كطريقة قياسية لحساب الاحتياجات المائية من البيانات المناخية واهمال المعادلات الأخري( أيمن حجازي ورابعة الحايك ومحمد حقون،٢٠١٦، ص٢٠٧).




After: CROPWAT٨,٠ .

شكل ( ١١ ) مدخلات ومخرجات برنامج CROPWAT٨,٠

أستخدمت Climate / Eto لحساب الأشعاع Rad ($MJ/m^2/day$)، وحساب التبخر نتح المرجح ETO (mm/day) علي أساس شهري من خلال إدخال عدة عناصر مناخية لمحطة الخرطوم متمثلة في درجة الحرارة العظمي والصغري والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، و عدد ساعات سطوع الشمس كما في جدول(٣) والأشكال(١٢)، (١٣) (١٤)، وتبين أن متوسط التبخر نتح بمحطة الخرطوم بلغت ٩،٩٤ ملم/ يوم، وبلغ أعلي متوسط له خلال شهر أبريل ١٢،٤٨ ملم / يوم بسبب قلة سقوط الأمطار وارتفاع درجة الحرارة، حيث تتوقف كميات التبخر نتح من سطح التربة وكميات النتح من النبات علي درجة الحرارة السائدة في محطة الخرطوم، وتتوقف أيضاً علي طبيعة الغطاء النباتي وعلي طبيعة التربة وذلك من خلال قدرتها علي نفاذية المياه بين حبيبات التربة ودرجة احتفاظها بالماء. بينما سجل شهر سبتمبر أدني متوسطات التبخر نتح بمحطة الخرطوم ليصل إلي ٧،٨٠ ملم/ يوم بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو وانخفاض درجات الحرارة لوجود السحب التي تعرقل وصول الاشعاع الشمسي.

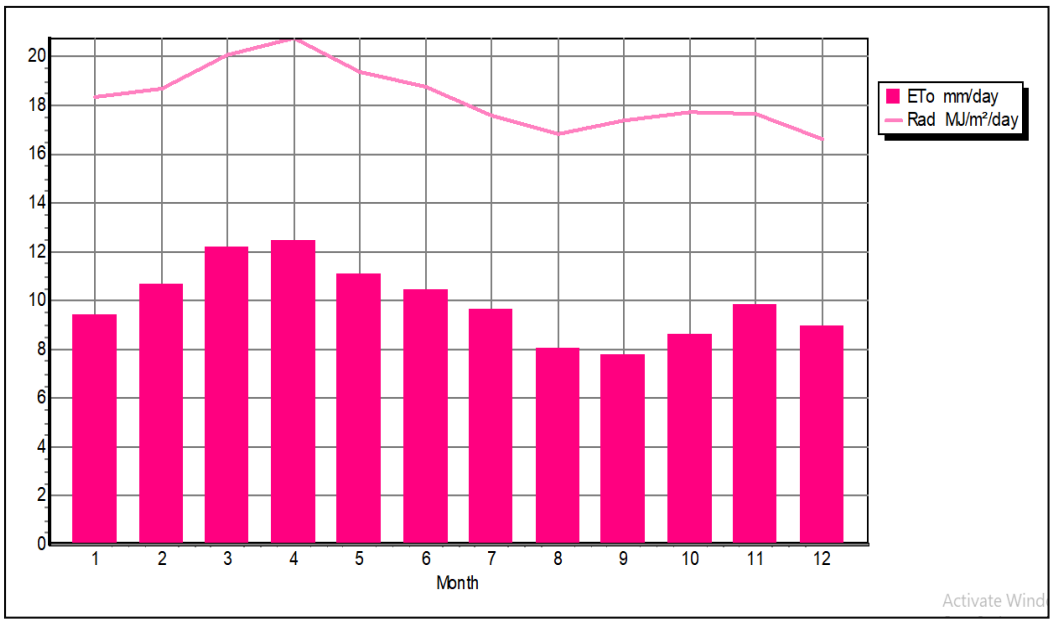
Country: sudan  Station: khartoum

Altitude: 400 m.  Latitude: 15.58 °N  Longitude: 32.55 °E

| Month | Min Temp | Max Temp | Humidity | Wind | Sun | Rad | ETo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | °C | °C | % | km/day | hours | MJ/m²/day | mm/day |
| January | 9.8 | 36.3 | 26 | 463 | 8.4 | 18.3 | 9.45 |
| February | 10.9 | 38.4 | 20 | 474 | 7.5 | 18.7 | 10.67 |
| March | 13.9 | 42.2 | 15 | 468 | 7.4 | 20.1 | 12.21 |
| April | 17.2 | 44.1 | 14 | 435 | 7.3 | 20.7 | 12.48 |
| May | 21.8 | 44.7 | 20 | 368 | 6.4 | 19.4 | 11.12 |
| June | 24.3 | 44.2 | 24 | 346 | 6.1 | 18.7 | 10.45 |
| July | 23.9 | 42.1 | 43 | 432 | 5.3 | 17.5 | 9.65 |
| August | 23.2 | 40.4 | 53 | 397 | 4.8 | 16.8 | 8.03 |
| September | 20.8 | 41.2 | 47 | 310 | 5.5 | 17.4 | 7.80 |
| October | 15.2 | 41.0 | 32 | 317 | 6.6 | 17.7 | 8.64 |
| November | 11.6 | 38.5 | 25 | 436 | 7.7 | 17.7 | 9.86 |
| December | 9.0 | 36.1 | 29 | 449 | 7.5 | 16.6 | 8.97 |
| Average | 16.8 | 40.8 | 29 | 408 | 6.7 | 18.3 | 9.94 |

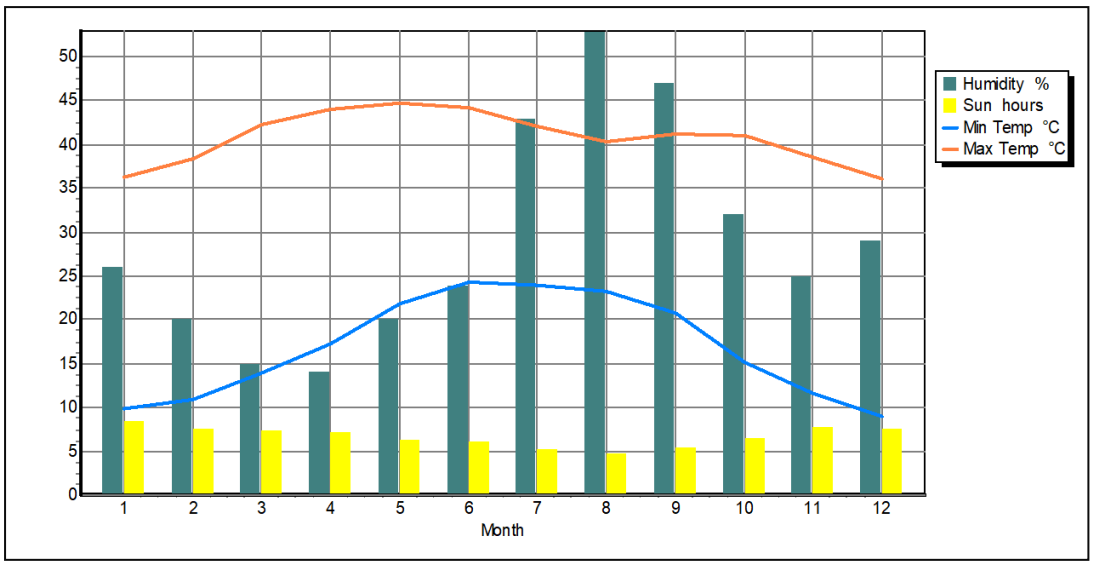
المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي
.URL:https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer

جدول( ٣ ) متوسط التبخر نتح لمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)



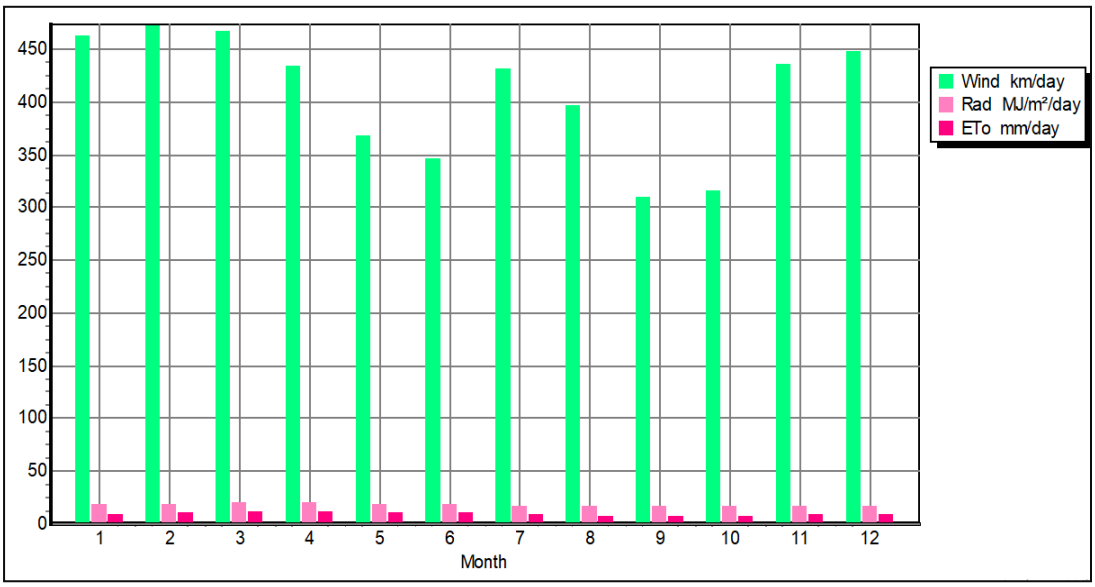

المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي جدول(٣)

شكل ( ١٢ ) العلاقة بين التبخر نتح المرجع والأشعاع خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)




المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي جدول(٣)

شكل ( ١٣) العلاقة بين التبخر نتح المرجع ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)




المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي جدول(٣)

شكل ( ١٤ ) العلاقة بين التبخر نتح المرجع وسرعة الرياح خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)

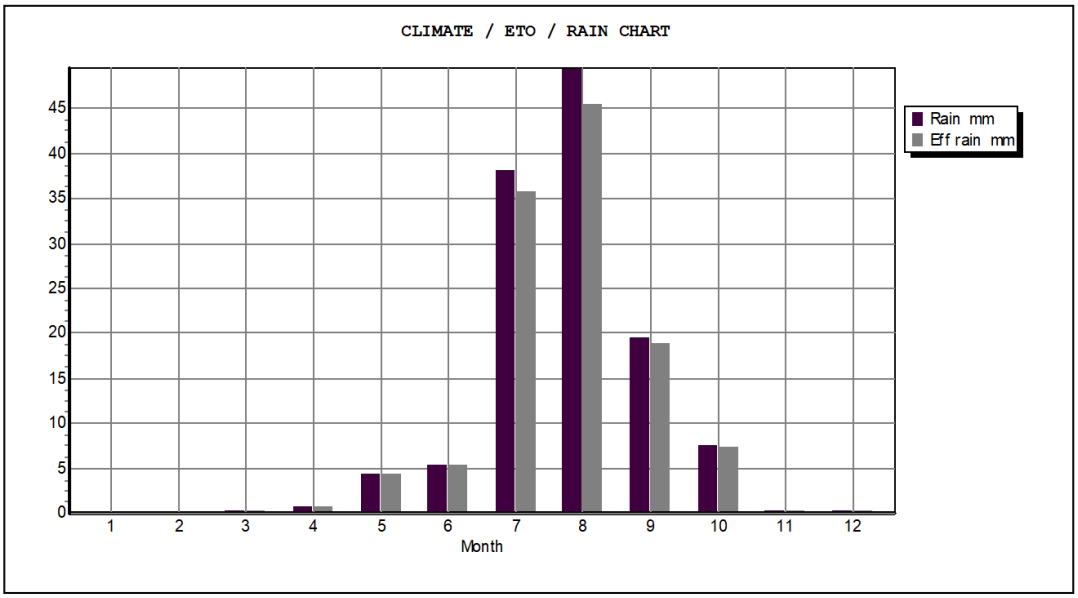
يوضح الجدول(٤) بيانات الأمطار لمحطة الخرطوم والتي تم ادخالها إلي البرنامج من خلال Rain ، ويقوم البرنامج بحساب المطر الفعال Effective Rainfall وتم من خلالها عمل شكل توضيحي للأمطار بالملم كما في شكل(١٥ )، (١٦)، (١٧)، (١٨) وتبين أن إجمالي كمية المطر بمحطة الخرطوم بلغت ١٢٦،٤ملم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م).

Station khartoum  Eff. rain method USDA S.C. Method

| | Rain | Eff rain |
|---|---|---|
| | mm | mm |
| January | 0.0 | 0.0 |
| February | 0.0 | 0.0 |
| March | 0.2 | 0.2 |
| April | 0.9 | 0.9 |
| May | 4.5 | 4.5 |
| June | 5.5 | 5.5 |
| July | 38.1 | 35.8 |
| August | 49.5 | 45.6 |
| September | 19.6 | 19.0 |
| October | 7.5 | 7.4 |
| November | 0.3 | 0.3 |
| December | 0.2 | 0.2 |
| Total | 126.3 | 119.3 |

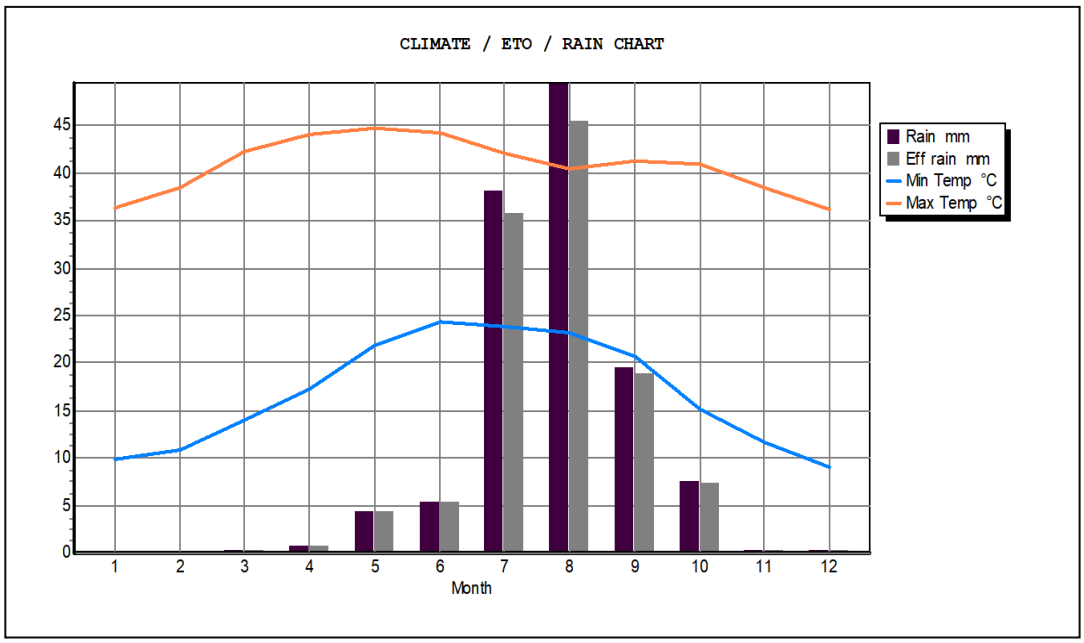
المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي
.URL:https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer

جدول(٤) كمية الأمطار(ملم) بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)



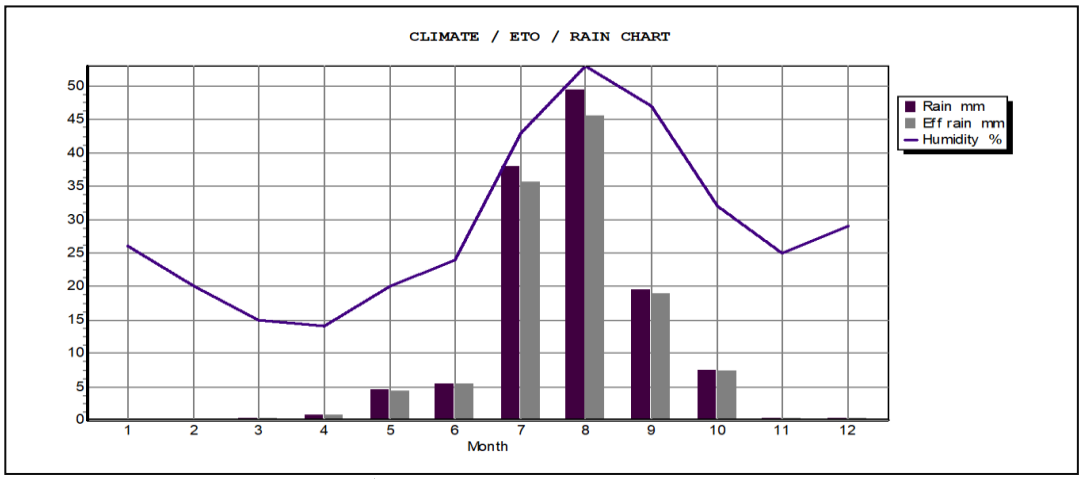

المصدر: عمل الطالبة بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي جدول(٤)

شكل (١٥) كمية الأمطار (ملم) بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)



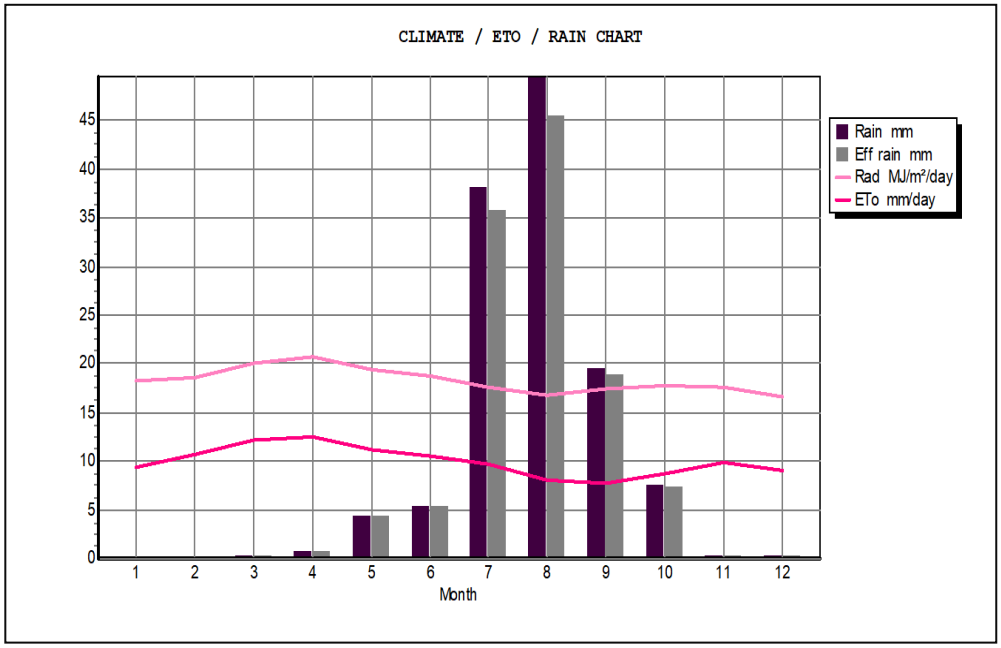

المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي جدول(٤)

شكل (١٦) العلاقة بين الأمطار ودرجات الحرارة بمحطة الخرطوم خلال الفترة (١٩٨١-٢٠٢١م)




المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي جدول(٤)

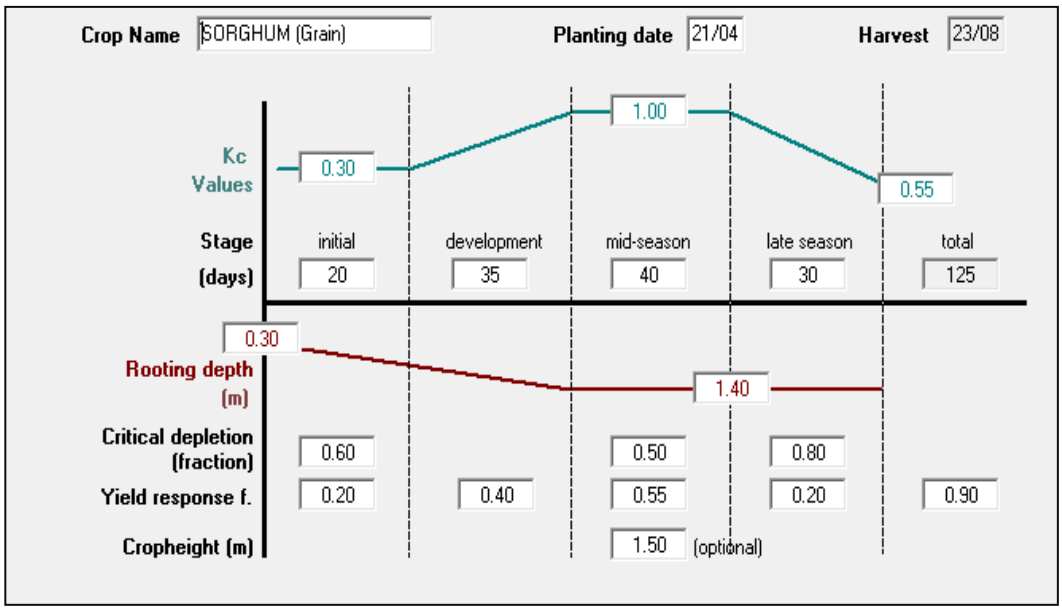
شكل (١٧) العلاقة بين الأمطار والرطوبة النسبية بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)




المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي جدول(٤)

شكل (١٨) العلاقة بين الأمطار والتبخر نتح بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)

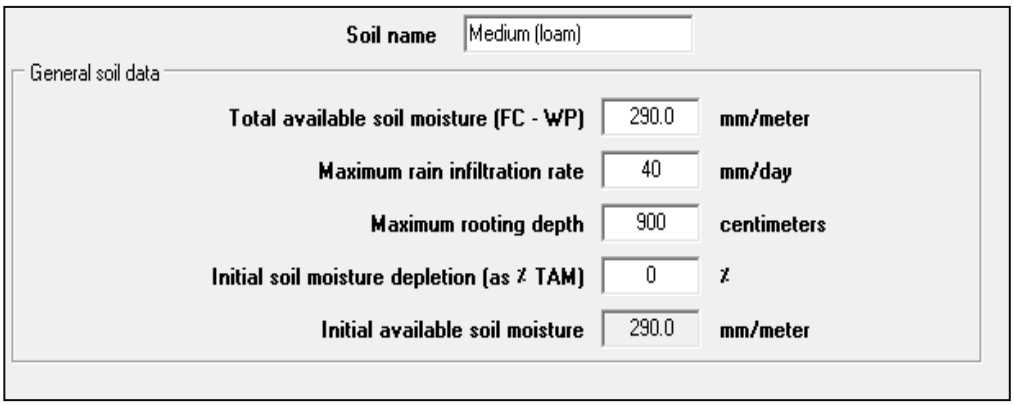
بينما ال Crop يتضمن أسم المحصول، وتاريخ الزراعة، ومعامل المحصول، ومراحل النمو، وتم أختيار محصول الذرة الرفيعة بمحطة الخرطوم، حيث دعمة الفاو البرنامج بالعديد من المحاصيل الزراعية التي تم اختبارها والمراد حساب إحتياجاتها المائية، ومن خلال إختيار محصول الذرة الرفيعة بمحطة الخرطوم تم عمل تعديل لبيانات المحصول لسنة ٢٠٢١م وتم حفظ تلك التغير بالبرنامج لكي يتم إستخدامها باستمرار كما في شكل(١٩)، ونلاحظ أن إجمالي معدل معامل المحصولKC بلغت ١٢٥.




المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠

شكل (١٩) محصول الذرة الرفيعة حسب احتياجاته المائية بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)

يوضح الجدول(٥) Soil التي تبين التربة التي تم اختيارها بالبرنامج وتم اختيار تربة طينية متوسطة Medium Soil، حيث بلغ إجمالي رطوبة التربة بمحطة الخرطوم ٢٩٠ ملم/ متر، وبلغ الحد الأعلي لمعدل تسرب المطر ٤٠ ملم/ يوم، بينما بلغ أقصي عمق للجذرة٩٠٠سم، وبلغ إجمالي الرطوبة الأولية المتوفرة بالتربة٢٩٠ ملم/ متر.




المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠

جدول(٥) التربة بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)

ويعتبر الجدول(٥) والذي يوضحCWR أختصاراً( Crop Water Requirements) أولي نواتج النموذج التي يتم الحصول عليها، فتمثل المياه أهم الموارد الطبيعية وتعتبر الزراعة المستهلك الأكبر للموارد المائية، لذلك فإن أفضل طرق الترشيد في استهلاك الموارد المائية هي زيادة كفاءة الري وإتباع طرق الري الحديثة وحساب الاحتياجات المائية في مشارع الري بصورة دقيقة. ويعتبر تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية بمثابة الخطوة الأساسية لوضع الخطط المستقبلية للزراعة الذكية مناخياً في جمهورية السودان.

ETo station: khartoum | Crop: SORGHUM (Grain)
Rain station: khartoum | Planting date: 21/04

| Month | Decade | Stage | Kc | ETc | ETc | Eff rain | Irr. Req. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | coeff | mm/day | mm/dec | mm/dec | mm/dec |
| Apr | 3 | Init | 0.30 | 3.65 | 36.5 | 0.6 | 35.8 |
| May | 1 | Init | 0.30 | 3.47 | 34.7 | 1.2 | 33.5 |
| May | 2 | Deve | 0.43 | 4.76 | 47.6 | 1.6 | 46.0 |
| May | 3 | Deve | 0.67 | 7.34 | 80.7 | 1.7 | 79.1 |
| Jun | 1 | Deve | 0.92 | 9.81 | 98.1 | 0.8 | 97.3 |
| Jun | 2 | Mid | 1.10 | 11.53 | 115.3 | 0.5 | 114.9 |
| Jun | 3 | Mid | 1.12 | 11.38 | 113.8 | 4.3 | 109.5 |
| Jul | 1 | Mid | 1.12 | 11.08 | 110.8 | 9.2 | 101.6 |
| Jul | 2 | Mid | 1.12 | 10.79 | 107.9 | 12.9 | 95.0 |
| Jul | 3 | Late | 1.08 | 9.83 | 108.1 | 13.6 | 94.5 |
| Aug | 1 | Late | 0.93 | 7.89 | 78.9 | 15.2 | 63.7 |
| Aug | 2 | Late | 0.78 | 6.15 | 61.5 | 16.9 | 44.6 |
| Aug | 3 | Late | 0.68 | 5.34 | 16.0 | 3.6 | 9.3 |
| | | | | | **1010.0** | **82.1** | **924.9** |

المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠

جدول(٦) نتائج CWR بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)

ويتضح أن إجمالي قيم الاستهلاك المائي الصافيETC بلغ ١٠١٠ ملم/ هكتار، ويوضح البرنامج قيم معامل المحصول KC لثلاث مراحل نمو أساسية وهما المرحلة الابتدائية، ومرحلة منتصف الموسم، ومرحلة الحصاد. ويعتبر شهر

يونيو أعلي شهور الأستهلاك المائي للمحصول الذرة الرفيعة بمحطة الخرطوم ، فبلغ معدل الأستهلاك المائي له خلال شهر شهر يونيو١١٥،٣ ملم/ هكتار، ويرجع ذلك لإنخفاض الرطوبة النسبية ولذلك يجب توافر المياه اللازمة لهذه الفترة الصعبة من حياة النبات، بينما بلغ أدني أستهلاك مائي لمحصول الذرة الرفيعة١٦ ملم/ هكتار في شهر أغسطس، ويرجع ذلك لأرتفاع الرطوبة النسبية خلال شهر أغسطس.

أما Schedul اختصاراً (Crop irrigation schedule) من أهم نواتج النموذج كما في جدول(٧) والشكل(٢٠) لانه من خلاله يمكن عمل جدولة للمحصول الذرة الرفيعة بمحطة الخرطوم من خلال توقيت الري وتحديد كمية المياه المراد اضافتها للمحصول الذرة الرفيعة.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ETo station | khartoum | Crop | SORGHUM (Grain) | Planting date | 21/04 | Yield red. | |
| Rain station | khartoum | Soil | Medium (loam) | Harvest date | 23/08 | 0.0 % | |

Table format
- (•) Irrigation schedule
- ( ) Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
Application: Refill soil to field capacity
Field eff. 70 %

| Date | Day | Stage | Rain | Ks | Eta | Depl | Net Irr | Deficit | Loss | Gr. Irr | Flow |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | mm | fract. | % | % | mm | mm | mm | mm | l/s/ha |
| 28 May | 38 | Dev | 0.0 | 1.00 | 100 | 56 | 172.4 | 0.0 | 0.0 | 246.3 | 0.75 |
| 18 Jun | 59 | Mid | 0.0 | 1.00 | 100 | 52 | 211.2 | 0.0 | 0.0 | 301.7 | 1.66 |
| 8 Jul | 79 | Mid | 0.0 | 1.00 | 100 | 52 | 211.3 | 0.0 | 0.0 | 301.9 | 1.75 |
| 10 Aug | 112 | End | 0.0 | 1.00 | 100 | 67 | 272.3 | 0.0 | 0.0 | 388.9 | 1.36 |
| 23 Aug | End | End | 0.0 | 1.00 | 0 | 11 | | | | | |

Totals

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Total gross irrigation | 1238.9 | mm | Total rainfall | 90.9 mm |
| Total net irrigation | 867.2 | mm | Effective rainfall | 90.9 mm |
| Total irrigation losses | 0.0 | mm | Total rain loss | 0.0 mm |
| Actual water use by crop | 1004.7 | mm | Moist deficit at harvest | 46.5 mm |
| Potential water use by crop | 1004.7 | mm | Actual irrigation requirement | 913.8 mm |
| Efficiency irrigation schedule | 100.0 | % | Efficiency rain | 100.0 % |
| Deficiency irrigation schedule | 0.0 | % | | |

Yield reductions

| Stagelabel | A | B | C | D | Season | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Reductions in ETc | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | % |
| Yield response factor | 0.20 | 0.40 | 0.55 | 0.20 | 0.90 | |
| Yield reduction | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | % |
| Cumulative yield reduction | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | % |

ETo station: khartoum | Crop: SORGHUM (Grain) | Planting date: 21/04 | Yield red.: 0.0 %
Rain station: khartoum | Soil: Medium (loam) | Harvest date: 23/08

Table format
- Irrigation schedule
- Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
Application: Refill soil to field capacity
Field eff. 70 %

| Date | Day | Stage | Rain | Ks | Eta | Depl | Net Irr | Deficit | Loss | Gr. Irr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | mm | fract. | mm/day | % | mm | mm | mm | mm |
| 21 Apr | 1 | Init | 0.0 | 1.00 | 3.6 | 4 | 0.0 | 3.6 | 0.0 | 0.0 |
| 22 Apr | 2 | Init | 0.0 | 1.00 | 3.6 | 7 | 0.0 | 7.3 | 0.0 | 0.0 |
| 23 Apr | 3 | Init | 0.3 | 1.00 | 3.6 | 10 | 0.0 | 10.6 | 0.0 | 0.0 |
| 24 Apr | 4 | Init | 0.0 | 1.00 | 3.6 | 13 | 0.0 | 14.3 | 0.0 | 0.0 |
| 25 Apr | 5 | Init | 0.0 | 1.00 | 3.6 | 15 | 0.0 | 17.9 | 0.0 | 0.0 |
| 26 Apr | 6 | Init | 0.0 | 1.00 | 3.6 | 18 | 0.0 | 21.6 | 0.0 | 0.0 |

Totals

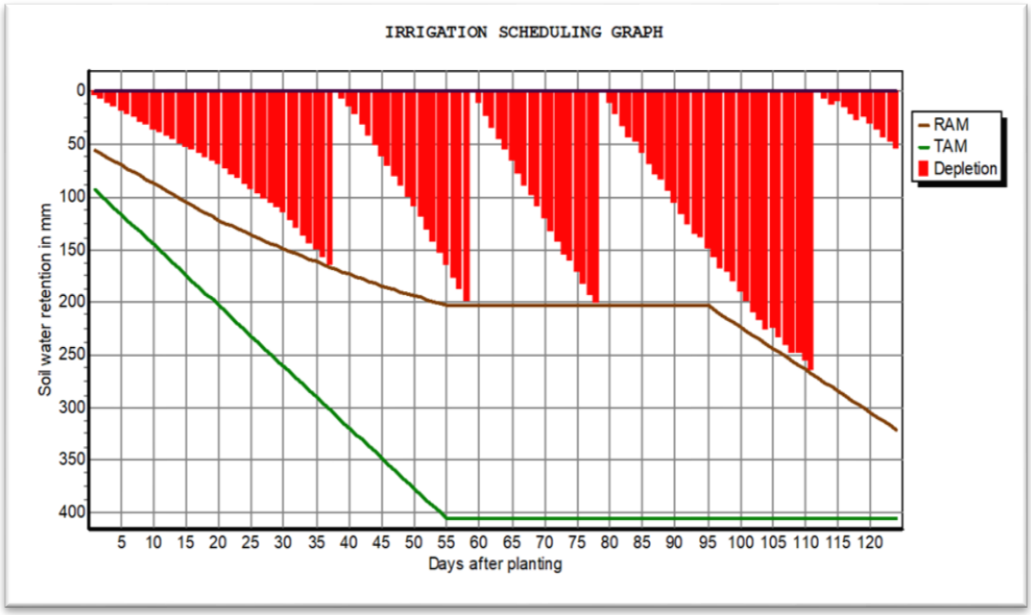
| | | | |
|---|---|---|---|
| Total gross irrigation | 1238.9 mm | Total rainfall | 90.9 mm |
| Total net irrigation | 867.2 mm | Effective rainfall | 90.9 mm |
| Total irrigation losses | 0.0 mm | Total rain loss | 0.0 mm |
| Actual water use by crop | 1004.7 mm | Moist deficit at harvest | 46.5 mm |
| Potential water use by crop | 1004.7 mm | Actual irrigation requirement | 913.8 mm |
| Efficiency irrigation schedule | 100.0 % | Efficiency rain | 100.0 % |
| Deficiency irrigation schedule | 0.0 % | | |

Yield reductions

| Stagelabel | A | B | C | D | Season | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Reductions in ETc | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | % |
| Yield response factor | 0.20 | 0.40 | 0.55 | 0.20 | 0.90 | |
| Yield reduction | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | % |
| Cumulative yield reduction | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | % |

المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠

جدول(٧) نتائج Schedule بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)




المصدر: عمل الباحثان بإستخدام برنامج CROPWAT٨,٠ إعتماداً علي جدول(7)

شكل (٢٠) منحني الموازنة المائية للمحصول الذرة الرفيعة بمحطة الخرطوم خلال الفترة(١٩٨١-٢٠٢١م)

➢ **النتائج :-**

خلص البحث إلى عدة نتائج تحقق الأهداف التى تم تحديدها فى المقدمة، وهى كما يلى :-

- الزراعة الذكية مناخياً هي زيادة الانتاجية وذلك من خلال التكيف والتعزيز والقدرة علي الحد من تغير المناخ وكذلك الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة.
- تتعدد أنماط الزراعة الذكية مناخياً منها المحاصيل الذكية مناخياً، والإنتاج الحيواني الذكي مناخيا، ومصايد الإسماك وتربية الإحياء الذكية مناخياً.
- تتمثل الفرص المتاحة للبدء في التحول من نهج الزراعة التقليدية إلي نهج الزراعة الذكية مناخياً في جمهورية السودان، في توفر الحد المقبول من البنية التحتية.
- تم تطوير مؤشر WRSI من قبل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة لرصد ودراسة إنتاج المحاصيل في المناطق المعرضة للمجاعة في العالم، ويستخدم لمراقبة المحاصيل خلال فصل النمو وبناء علي كمية المياه المتوفرة للمحصول، ونسبة التبخر الفعلي والمتوقع وهي نسبة خاصة بالمحاصيل وتستند علي تطور المحاصيل والعلاقة المعروفة بين المحصول والجفاف
- يتوقع أن التغيرات المناخية وما تسببه من أرتفاع درجة حرارة سطح الأرض سوف تؤثر تأثيراً سلبياً علي إنتاجية العديد من المحاصيل الزراعية بجمهورية السودان حيث تسبب نقص شديد في إنتاجية معظم محاصيل الغذاء الرئيسية كالذرة الرفيعة في جمهورية السودان، وزيادة الاستهلاك المائي لها.
- يتوقع أن تصبح الزراعة الذكية مناخياً في جمهورية السودان بمثابة حلاً لاغني عنه لرفع كفاءة استخدام الموارد الزراعية لزيادة الإنتاج، مما يساهم في تحقيق الأمن الغذائي من جهة والمحافظة علي الموارد الطبيعية واستدامتها من جهة أخري، وأهميتها للتغلب علي الاثار السلبية للتغيرات المناخية علي الأنظمة العربية بجمهورية السودان.
- يتضمن برنامج CROPWAT٨,٠ خمس مدخلات للبيانات متمثلة في (Climate/ Eto ,Rain ,Crop Soil Crop pattern، ) ، إما نواتج المدخلات متمثلة في ثلاث مخرجات هما (Scheme ,Schedules CWR).

- بلغ متوسط التبخر نتح بمحطة الخرطوم بلغت ٩،٩٤ ملم/ يوم، وبلغ أعلي متوسط له خلال شهر أبريل ١٢،٤٨ ملم / يوم بسبب قلة سقوط الأمطار وارتفاع درجة الحرارة بينما سجل شهر سبتمبر أدني متوسطات التبخر نتح بمحطة الخرطوم ليصل إلي ٧،٨٠ ملم/ يوم بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو وانخفاض درجات الحرارة لوجود السحب التي تعرقل وصول الاشعاع الشمسي.
- بلغ إجمالي قيم الاستهلاك المائي الصافيETC بلغ ١٠١٠ ملم/ هكتار، ويعتبر شهر يونيو أعلي شهور الأستهلاك المائي للمحصول الذرة الرفيعة بمحطة الخرطوم ، فبلغ معدل الأستهلاك المائي له خلال شهر شهر يونيو١١٥،٣ ملم/ هكتار، ويرجع ذلك لإنخفاض الرطوبة النسبية ولذلك يجب توافر المياه اللازمة لهذه الفترة الصعبة من حياة النبات، بينما بلغ أدني أستهلاك مائي لمحصول الذرة الرفيعة١٦ ملم/ هكتار في شهر أغسطس، ويرجع ذلك لأرتفاع الرطوبة النسبية خلال شهر أغسطس.

➢ **<u>التوصيات :-</u>**

- شدد تقرير FAO علي ضرورة التنسيق في مجال التخطيط الزراعي بين متطلبات الزراعة والأمن الغذائي بجمهورية السودان وظاهرة التغير المناخي، وذلك يتم من خلال عدة طرق منها تأمين تربة أفضل وإدارة المغذيات، وتحسين استخدام المياه ورفع كفاءة الاستخدام في نظم الري، وتحسين كفاءة الإنتاج الحيواني.
- يجب إتباع عدة أهداف للوصول إلي هدف الزراعة الذكية مناخياً بجمهورية السودان ومنها، تقديرم الخدمات الزراعية التي ترفع من أداء الإنتاج الزراعي وتنعكس بالتالي علي الإنتاجية الزراعية .
- إدخال التقنيات الحديثة والاستفادة من الخبرات العالمية.
- الإعتماد علي الأنواع الزراعية والسلالات الحيوانية الأقل استهلاكاً للمدخلات الزراعية.
- أتباع نهج الزراعة الذكية مناخياً وذلك للتغلب علي مشكلات التغيرات المناخير التي تواجه جمهورية السودان.
- تشجيع الابتكار والبحوث التشاركية بشأن الزراعة الذكية مناخياً.

## المصادر والمراجع :-

### أولاً : المصادر والمراجع العربية :-


- إمحمد عياد مقيلي ( ٢٠٠٣ م ) : تطرفات الطقس والمناخ ، دار شموع الثقافة ، الطبعة الأولي ، الجماهيري الليبية .
- علي حسن موسي ( ٢٠٠٠ ) : النينو ، دار الفكر المعاصر ، دمشق .
- ـــــــــــــ( ١٩٩٦م ) : التغيرات المناخية ، دار الفكر المعاصر ، دمشق
- طارق سليم ونس ( ٢٠٢١ ): التغيرات المناخية المعاصرة وآثارها علي بعض الجوانب البيئية في كينيا، رسالة ماجستير، غير منشورة، جامعة اسوان.
- الأمم المتحدة (٢٠١٦ ) : منظمة الأغذية والزراعة ، حالة الاغذية والزراعة " تغير المناخ والزراعة والأمن الغذائي " ، الفاو ، ٢٠١٦ .
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ( ٢٠٠١ ) : تقرير تغير المناخ ، قاعدة العلوم الفيزيائية ، مطبعة جامعة كامبريدج ، انجلترا .
- ـــــــــــــ (٢٠٠٧ ) : تقرير تغير المناخ " التقرير التجميعي " ، مطبعة جامعة كامبريدج ، إنجلترا .
- ـــــــــــــ (٢٠١٤ م ) : تقرير تغير المناخ " التقرير التجميعي " ، مطبعة جامعة كامبريدج ، إنجلترا .
- ـــــــــــــ(٢٠٠٧ م ) : تقرير تغير المناخ ، قاعدة العلوم الفيزيائية ، مطبعة جامعة كامبريدج ، إنجلترا ،.

- سرحان احمد سليمان( ٢٠١٩ ) الزرعة الذكية مناخياً في مواجهة تأثير التغير المناخي علي الأمن الغذائي المصرى، المجلية المصرية للاقتصاد الزراعي – المجلد التاسع والعشرون –العدد الرابع.

- صلاح الدين الشامي ( ٢٠٠٢ )، السودان دراسة جغرافية، منشأة المعارف، الإسكندرية.

**ثانيا : المصادر والمراجع الأجنبية :-**

- FAO Food Security Programme, (2008): An Introduction to the Basic Concepts of Food Security funded by the European Union and implemented by FAO, www.foodsec.org/docs/concepts_guide.pdf.

- Goode, P . R., and Palle, E., (2007), Shortwave forcing of the earth′s climate, Modern and historical variations in the Sun′s irradiance and the Earth′s reflectance, Journal of atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 69, P. 1556-1568 (www.sciencedirect.com) .

- IPCC,(2012), Glossary of terms in Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA .

- IPCC,(2013), Climate Change 2013, Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently Asked Questions, Working group contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

- IPCC.a, (2007): The Fourth Assessment Report on Climate CHANGE – The Physical Science Basi, Contribution of Working Group I, Cambridge.
- IPCC.a, (2014): The Fourth Assessment Report on Climate CHANGE – The Physical Science Basi, Contribution of Working Group I, Cambridge University Press