مجلة كلية الآداب

مجلة دورية علمية محكمة

نصف ســنوية

العدد التاسع والأربعون
أبريل ٢٠١٨

مجلة كلية الآداب.. مج ١، ع ١ (أكتوبر ١٩٩١م) .
بنها : كلية الآداب . جامعة بنها، ١٩٩١م
مج؛ ٢٤ سم.
مرتان سنويا (١٩٩١) وأربعة مرات سنويا (أكتوبر ٢٠١١) ومرتان سنويا (٢٠١٧)

١ . العلوم الاجتماعية . دوريات . ٢. العلوم الإنسانية . دوريات.

مجلة كلية الآداب جامعة بنها
مجلة دورية محكمة
العدد التاسع والأربعون
الشهر : أبريل ٢٠١٨
عميد الكلية ورئيس التحرير : أ.د/ عبير فتح الله الرباط
نائب رئيس التحرير : أ.د/ عربى عبدالعزيز الطوخى
الإشراف العام : أ.د/ عبدالقادر البحراوى
المدير التنفيذى : د/ أيمن القرنفيلى
مديرا التحرير : د/ عادل نبيل الشحات
: د/ محسن عابد محمد السعدنى
سكرتير التحرير : أ/ إسماعيل عبد اللاه
رقم الإيداع ٦٣٦١ : ٦٣٦٣ لسنة ١٩٩١
ISSN: 1687-2525

المجلة مكشفة من خلال اتحاد المكتبات الجامعية المصرية
ومكشفة ومتاحة على قواعد بيانات دار المنظومة على الرابط:
http://www.mandumah.com
ومكشفة ومتاحة على بنك المعرفة على الرابط:
http://jfab.journals.ekb.eg

هيئة تحرير المجلة

أ.د/عبير فتح الله الرباط	عميد الكلية ورئيس مجلس الإدارة ورئيس التحرير
أ.د/عربى عبدالعزيز الطوخى	نائب رئيس التحرير
أ.د/عبدالقادر البحراوى	الإشراف العام
د/أيمن القرنفيلى	المدير التنفيذى
د/عادل نبيل	مدير تحرير المجلة
د/محسن عابد السعدنى	مدير تحرير المجلة
أ/إسماعيل عبد اللاه	سكرتير التحرير

القيمة الفعلية للأمطار وأهم مشكلات الزراعة المطرية
غربي جمهورية السودان الشمالي

د/ ممدوح إمام عبد الحليم
وزارة التخطيط والمتابعة

ملخص البحث:

يسود المناخ الصحراوي معظم غربي جمهورية السودان وكذلك التربة الرملية، وارتفاع درجة الحرارة في معظم شهور السنة كل ذلك ساعد على ضياع جزء كبير من مياه الأمطار عن طريق التبخر من سطح التربة والنتح من النباتات. لذلك فإن تحديد القيمة الفعلية للأمطار خلال فصول السنة وطرق الاستفادة القصوى منها يعتبر عامل مهم للتنمية، حيث تزيد معدلات التبخر والنتح خلال الفصل الحار وبالتالي فقد كميات كبيرة من مياه الأمطار دون الاستفادة منها، وتكون فرص الزراعة المطرية متوسطة، أما خلال الفصل الحار الرطب فتنخفض معدلات التبخر نتح بسبب زيادة تكون السحب في الجو وبالتالي تقلل من كمية الاشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض وتنخفض درجة الحرارة عن الفصل الحار، كذلك زيادة معدل سقوط الأمطار وبالتالي تكون القيمة الفعلية للأمطار أعلى حيث تزرع معظم المحاصيل خلاله وتكون الزراعة المطرية مطمئنة، وتعانى الزراعة المطرية بمنطقة الدراسة من بعض المشكلات أهمها تأخير أو تبكير ميعاد سقوط الأمطار ونقص وزيادة معدل سقوط الأمطار مما يسبب مشاكل كبيرة للزراعة المطرية، لذلك نوصى بالمحافظة على هذه المياه التي تضيع سنويا عن طريق مشروعات حصاد مياه الأمطار بدون الحاق الضرر بالمراعي والحشائش.

الكلمات الدالة: الامطار، الفاعلية، زيادة ونقص الامطار، حصاد المياه.

مقدمة:

يهدف هذا البحث إلى الدراسة التحليلية للقيمة الفعلية للأمطار في غربي جمهورية السودان حيث تعتبر الموارد المائية في منطقة الدراسة محدودة للغاية ، وهى في الواقع لا تفي بمتطلبات التنمية الزراعية وغيرها من الأغراض البشرية الأخرى، وللمحافظة على هذه الكمية المحدودة من الموارد المائية كان لابد من معرفة الفاقد من هذه الموارد من خلال دراسة التبخر من المسطحات والتربة أو النتح من الغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية (عطا ، ٢٠٠٥.ص ٤٣٣)، ومن ثم إمكانية تقدير الكمية المتاحة من هذه الموارد ، ووضع الخطط والبرامج لاستهلاكها لتجنب ما قد يحدث من خلل في الموازنة المائية ، ويعتمد تحقيق ذلك على تقدير كمية التبخر والنتح في منطقة غربي جمهورية السودان ، وموازنة هذه الكمية بكميات المياه الساقطة على شكل أمطار ، وذلك لأن القيمة الفعلية للأمطار تعتمد على كمية التبخر أو الفاقد من هذه المياه للهواء.

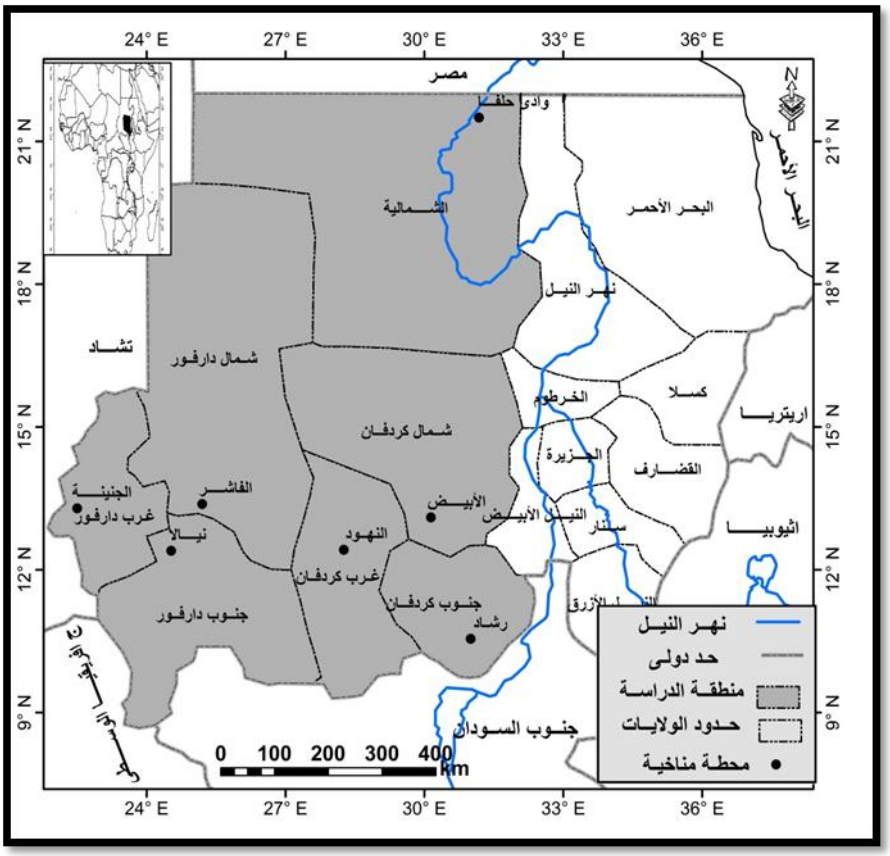
وهناك عدة عوامل تقلل من فاعلية الأمطار مثل الحرارة المرتفعة، وطبيعة السطح فيما يختص بالحرارة نجد أنها مرتفعة جدا صيفا ومرتفعة شتاءً ، على سبيل المثال قد يصل متوسط أعلى درجة حرارة في شهر مايو إلى حوالى ٤٥ درجة مئوية، أما في شهر يناير فيكون متوسط درجة الحرارة حوالى ٣٠ درجة مئوية، ولذا فيكون معدل التبخر السنوي مرتفع جدا– بين ٢٦٠٠متر مكعب في المنطقة الشمالية وحوالى ٢٠٠٠ متر مكعب في جنوب الإقليم، ولذا فجزء كبير من مياه الأمطار يفقد عن طريق البخر والنتح ، وخاصة على السطح الطيني قليل الانحدار. (خوجلى، ١٩٩٥، ص ١٤٥) .

تحديد منطقة الدراسة:

١- **الموقع الفلكي:** تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ٠٠ ٩° و ٠٠ ٢٢° شمالاً وبذلك تشغل١٣ دائرة عرض وتقع بين خطى طول .. ٢٢ °و٣٠ ٣٢ ° شرقا. أى تمتد إلى 10.3 خطوط طول.شكل (١) وهى بذلك تقع في النطاق المناخي الصحراوي وهو يتميز بالجفاف (فايد ، ١٩٩٧ ، ص ١٣٥) و شبة الصحراوي حسب تصنيف (كبن)وأقصى الجنوب ضمن مناخ السافانا أو المناخ السوداني (خاطر، ١٩٦٥، ص ٢٥) التي تتصف بزيادة درجة الحرارة ونشاط الرياح ، تنقسم السنة في منطقة الدراسة إلى ثلاثة فصول رئيسية هي (فايد ،١٩٩٧، ص ١٦٢) (**فصل الشتاء أو الفصل البارد** (نوفمبر و ديسمبر و يناير و فبراير) ،**فصل الصيف أو الفصل الحار** :(مارس وأبريل ومايو).**فصل الخريف أو الحار الرطب:** (يونيو ويوليه وأغسطس وسبتمبر وأكتوبر).

الموقع الجغرافي: تقع منطقة الدراسة غربي جمهورية السودان ويحدها من الشرق نهر النيل (النوبي والأبيض) وولايات نهر النيل والخرطوم والنيل الأبيض ، وجنوبا دولة جنوب السودان، ومن الغرب ليبيا وتشاد وجمهورية أفريقيا الوسطى، ومن الشمال مصر، وتضم ولايات هي الشمالية، غرب دارفور، جنوب دارفور، شمال دارفور،([1]) جنوب كردفان ، شمال كردفان ، غرب كردفان.

[1]- تم استحداث ولاية شرق دارفور كجزء من ولاية جنوب دارفور وكذلك ولاية وسط دارفور كجزء من ولاية غرب دارفور .



شكل (١) الموقع الجغرافي والتقسيم الإداري لمنطقة الدراسة .

المصدر/ وزارة النقل بالسودان.

– **مشكلة البحث** :تمثلت مشكلة البحث في معرفة القيمة الفعلية للأمطار **ومشكلاتها للزراعة المطرية** غربي جمهورية السودان الشمالي ولذا وضع الباحث بعض التساؤلات للإجابة عليها وهى: ما هي أسباب سقوط الأمطار ؟ ،ما مقدار الكمية التي تضيع من الأمطار ؟، هل تكفى كمية الأمطار الباقية أقامه حياة مستقرة بدون مخاطر نقص المياه والقيام بالأنشطة المختلفة مثل (الزراعة والصناعة والرعي .....إلخ) هل هناك أساليب تم اتخاذها للتقليل من تقليل كمية المياه التي تفقد بالبخر والنتح ؟ .

٣- أسباب اختيار الموضوع: أهمية موضوع الأمطار باعتباره أحد أهم معوقات وتحديات التنمية في الوقت الحاضر بمنطقة الدراسة، التأثيرات السلبية الناتجة عن نقص المياه خاصة على الإنتاج الزراعي، محاولة وضع بعض التوصيات لمجابهة للاستفادة من الأمطار ومحاولة المحافظة عليها.

٤ – الدراسات السابقة: هناك بعض الدراسات مثل:

١- دراسة **مصطفى محمد خوجلى** ، شح المياه ومدى ارتباطه بالتنمية فى الغرب الأوسط من جمهورية السودان ، وتناول مشكلة شح المياه فى إقليمي دارفور وكردفان بدون المناطق الشمالية منهما بين دائرتي عرض ٠٠ ٨° ،و ٠٠ ١٤° ش وان مصدر المياه الرئيسي بالمنطقة هو الامطار وهو موسمية التساقط بين ٦ أشهر فى الجزء الجنوبي و٣ أشهر فى الجزء الشمالي وباقي السنة جفاف .

٢- **دراسة يوسف عبد المجيد فايد** ، ١٩٩٧، وعرض لأهم التحديات التي تواجه القارة ككل ومن أهمها ارتفاع درجة الحرارة وخاصة في المناطق الصحراوية وشبة الصحراوية من القارة .

<u>أهداف الدراسة</u> : تهدف الدراسة إلى تحقيق الاتي بالدراسة والتحليل:

١- دراسة لأهم العوامل الجغرافية المؤثرة في تحديد فاعلية الأمطار بمنطقة الدراسة.

٢- دراسة التوزيع الشهري والفصلي والسنوي للأمطار في غربي السودان .

٣- تحديد فاعلية المطر (القيمة الفعلية للأمطار (Effect Value)، تحديد طاقة التبخر نتح في منطقة الدراسة، عمل الموازنة المائية وتحديد أقاليم الفائض والعجز المائي.

٤-توضيح أهم مشكلات الزراعة المطرية المتعلقة بالمياه وجهود الاستفادة من مياه الأمطار في الزراعة ووضع بعض التوصيات للاستفادة منها وتقليل الكميات التي تفقد

بالبخر والنتح.

مصادر الدراسة: تعتمد الدراسة على بيانات المناخ (درجات الحرارة، الرطوبة النسبية، الأمطار، التبخر نتح) الصادرة عن الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية في سبعة محطات رصد جوى متباينة ومنتشرة مكانياً لتغطى إقليم الدراسة ويبين الجدول (١) هذه المحطات ومواقعها وارتفاعها عن سطح البحر والفترة الزمنية للبيانات المناخية التي تم دراستها و بيانات وزارة الزراعة (المساحة المنزرعة – الإنتاج والإنتاجية للذرة الرفيعة، كمية الأمطار الملائمة لزراعة كل محصول) .

<u>مناهج الدراسة وأساليبها:</u> من أجل تحقيق أهداف الدراسة سابقة الذكر، تم إتباع مجموعة من المناهج، كان أهمها: **المنهج الموضوعي** والذى تم من خلاله دراسة موضوع القيمة الفعلية للأمطار وأهم مشكلات الزراعة المطرية غربي جمهورية السودان، **المنهج الإقليمي:** والذى تم من خلاله دراسة القيمة الفعلية للأمطار داخل إطار إقليمي– غربي جمهورية السودان، **المنهج التاريخي:** وهو يقوم على تعقب وتتبع الظاهرة الجغرافية مناخياً من خلال تتبع درجات الحرارة والأمطار التبخر نتح خلال فترة زمنية معينة ورصد التغيرات التي تطرأ عليها.

أما عن الأساليب التي اعتمدت عليها الدراسة: فقد شملت الأسلوب الكمي والإحصائي في معالجة البيانات وتحليلها ورسم الخرائط والرسوم البيانية باستخدام برنامج ARC G.I.S 10 . EXCEL واستخدام معامل ارتباط (بيرسون) " Pearson Correlation Coefficient" ومعادلة الانحدار لإظهار العلاقة بين كمية الأمطار والإنتاج الزراعي.

جدول (١) الموقع والارتفاع والفترة الزمنية لمحطات الأرصاد الجوية التي اعتمدت عليها الدراسة .

المحطة	خط الطول شرقا	دائرة العرض شمالا	الارتفاع بالمتر فوق سطح البحر	الولاية التي تقع بها المحطة	الكود الدولي	الفترة الزمنية
الابيض	١٤ َ ٣٠ °	١٣ َ ١٠ °	٥٧٥	شمال كردفان	٦٢٧٧١	١٩٨٠-٢٠١٤
النهود	٢٨ َ ٢٦ °	٤٢ َ ١٢ °	٥٦٥	غرب كردفان	٦٢٧٨١	١٩٨٠-٢٠١٤
نيالا	٢٤ َ ٥٣ °	٤ َ ١٢ °	٦٧٤	جنوب دارفور	٦٢٧٩٠	١٩٨٠-٢٠١٤
الجنينة	٢٢ َ ٢٧ °	٢٩ َ ١٣ °	٨٠٥	غرب دارفور	٦٢٧٧٠	١٩٨٠-٢٠١٤
رشاد	٠٠ ٣١ °	٥٥ َ ١٠ °	٨٥٠	جنوب كردفان	٦٥٧٥٠	١٩٨٠-٢٠١٤
الفاشر	٢٥ َ ٢٠ °	٣٨ َ ١٣ °	٧٣٠	شمال دارفور	٦٢٧٦٠	١٩٨٠-٢٠١٤
وادى حلفا	٣١ َ ١٨ °	٥٠ َ ٢١ °	١٦٠	الشمالية	٦٢٦٠٠	١٩٨٠-٢٠١٤

المصدر / الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية ، البيانات المناخية للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٥.

وسوف يتناول البحث النقاط التالية :

أولا:- دراسة لأهم العوامل الجغرافية المؤثرة فى الاستفادة من الامطار.

ثانيا: توزيع الأمطار بمنطقة الدراسة.

ثالثا:- تحديد فاعلية المطر (القيمة الفعلية للأمطار(Effect Value)، تحديد طاقة التبخر نتح في منطقة الدراسة ،عمل الموازنة المائية وتحديد أقاليم الفائض والعجز المائي.)

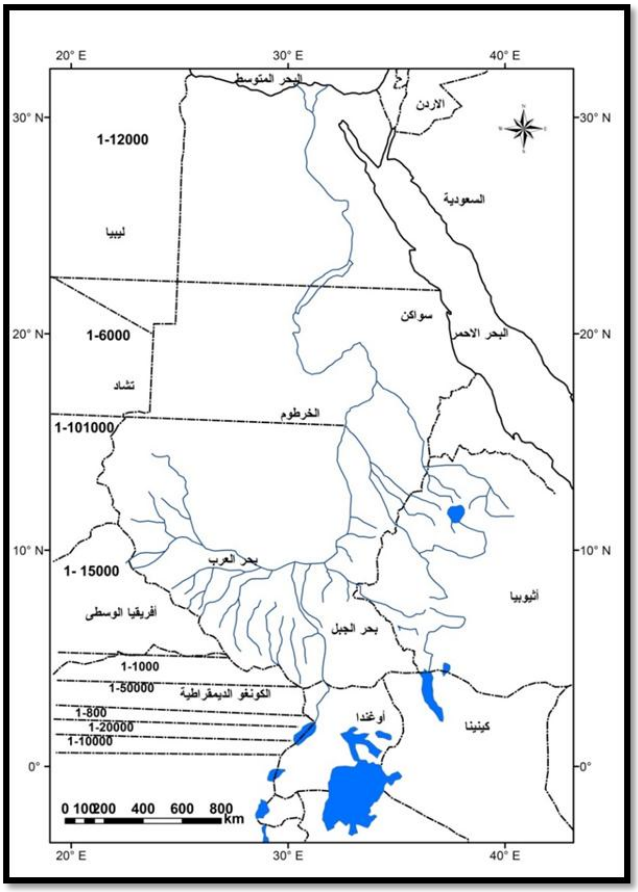
رابعا:- أهم مشكلات الزراعة المطرية بمنطقة الدراسة.

خامسا: الجهود التي تقوم بها الحكومة لتقليل الفاقد من مياه الأمطار ووضع بعض التوصيات لزيادة الاستفادة منها.

أولا: **دراسة لأهم العوامل الجغرافية المؤثرة فى الاستفادة من الامطار.**

١- **الموقع وانحدار السطح:** للموقع علاقة كبيرة بالقيمة الفعلية للأمطار، فموقع المنطقة ضمن المناطق المعتدلة ذات درجة الحرارة المعتدلة يقلل من الفاقد من

المياه ويعظم الاستفادة منها أما موقع المنطقة ضمن المناطق المرتفعة الحرارة (المناخ الصحراوي) الذى يتصف بارتفاع درجة الحرارة العظمى و زيادة معدل النتح من النبات والتبخر من التربة. ومنطقة الدراسة كما سبق القول وكما يتضح من الشكل (١) يقع معظمها ضمن المناخ الصحراوي وشبة الصحراوي حسب تصنيف كبن حيث ترتفع درجة الحرارة العظمى وتضيع كميات كبيرة من المياه بسبب البخر والنتح، أما الجزء الجنوبي فيقع ضمن المناخ المدارى أو السوداني ويتصف ايضا بارتفاع درجة الحرارة ولكن عملية النتح والبخر تكون أقل من المناطق الشمالية بسبب زيادة السحب التي تقلل من شدة الاشعاع الشمسي بالإضافة إلى زيادة معدلات الامطار، و فيما يتعلق بانحدار سطح الارض تتصف المنطقة بالانحدارات الهينة مما ينتج عنه فقد كمية كبيرة من المياه بالتبخر من التربة وكذلك النتح من النبات و يتضح من خلال الشكل (٢) قلة معدل الانحدار حيث يكون على الحدود الجنوبية لمنطقة الدراسة ١ متر: ١٥٠٠٠ متر وفى الوسط بلغ معدل الانحدار١ متر: ١٠١ الف متر، و١ متر: ٦٠٠٠ متر فى الشمال.



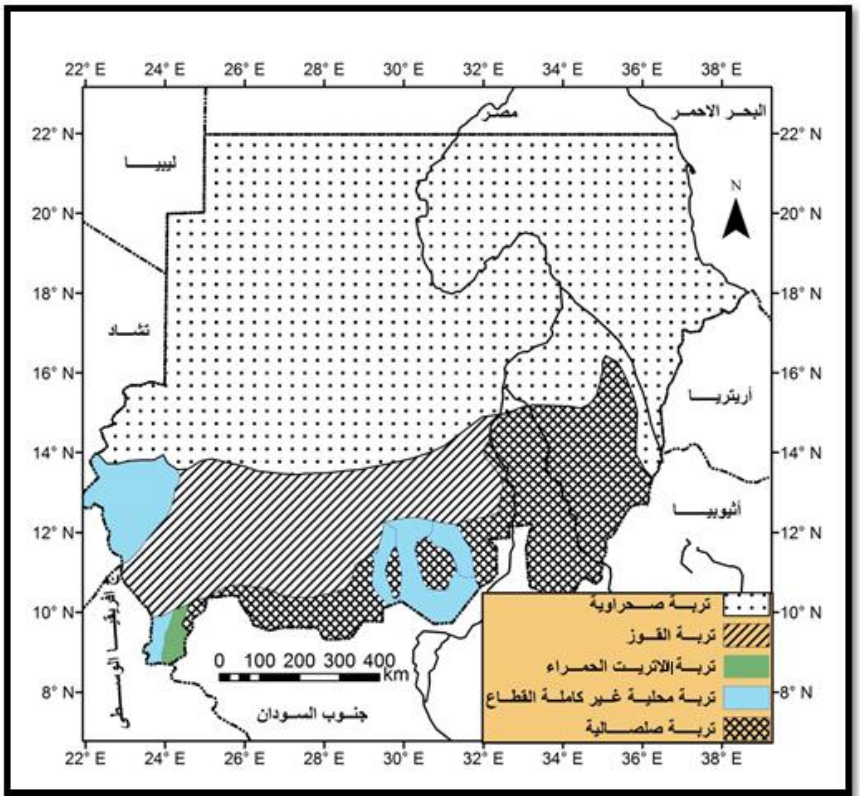
شكل (٢) يوضح انحدار سطح الارض بحوض نهر النيل

المصدر/ رشدي سعيد ، ١٩٩٣، ص ١٨.

٢-التربة :

هناك علاقة مباشرة بين التربة و القيمة الفعلية للأمطار، فكلما كانت التربة رملية ذات نفاذية ومسامية عالية زادت كمية المياه التى تضيع بالتسرب إلى أسفل التربة ويمكن الاستفادة منها فيما بعد ولكن اذا سمح التكوين الجيولوجي وتوافرات الامكانات المادية وتوجد في السودان شكل (٣) على نطاق واسع في الشمال (شرق وغرب نهر النيل)، وتربة القوز وهي تربة هوائية يغلب عليها الرمال تتمثل في نطاق

شريطي غربي النيل في وسط كردفان وشرقي دارفور (سعودي، ١٩٨٠، ص ١٠٦) وفى مناطق التربة الرملية وتربة القوز ترتفع أيضا درجة الحرارة العظمى مما يزيد من مقدار البخر والنتح .كذلك التربة الصلصالية في الجنوب التي تتصف بانخفاض المسامية والنفاذية وارتفاع درجة الحرارة العظمى مما يؤدى إلى فقد المياه بالتبخر من سطح التربة والنتح من النبات .أما عن تربة اللاتريت فتوجد في أقصى جنوب منطقة البحث وتتميز بقلة الخصوبة وقلة النفاذية للمياه وتبقى فوق سطح التربة وتضيع بالتبخر.



شكل (٣) التربة في السودان

المصدر/ سعودي ، ١٩٨٠،ص ٩٨. ،Barbour ,k.M;(1961).p53

ثانيا: توزيع الأمطار بمنطقة الدراسة:-

١- **التوزيع الشهري والسنوي:** تبدأ الرياح الجنوبية الغربية في التقدم شمالا مع بداية الفصل الحار حيث تهب من اتجاه المحيط الأطلنطي، كذلك تهب رياح جنوبية شرقية من فوق المحيط الهندي لكنها عندما تعبر الدائرة الاستوائية تغير اتجاهها إلى الجنوب الغربي بفعل دوران الأرض حول محورها، وتحمل كميات كبيرة من بخار الماء معها، ويساعدها على حمل كميات كبيرة من الأمطار عدم وجود جبال عالية وتضاريس تعوق هذه الرياح، ثم بعد ذلك تأتي مرحلة الرفع لأعلى والتكاثف ثم سقوط الأمطار.

فالرفع التصاعدي هو السائد والمسبب للأمطار بمنطقة الدراسة، حيث يؤدي ارتفاع درجة الحرارة خلال الفصل الحار والفصل الحار الرطب إلى صعود الهواء ثم برودته وسقوط الأمطار وتبعا لحركة الشمس الظاهرية تتحرك جبهة التقاء الرياح المدارية ناحية الشمال بصورة تنشط معها التيارات التصاعدية ، وذلك يساعد على حدوث النشاط التصاعدي للهواء وزيادة احتمالات التكثف وسقوط الأمطار. وهناك عدة أشياء تؤثر في الأمطار وهي جبهة الالتقاء المدارية ITCZ Inter tropical Convergence zone والتضاريس والاضطرابات العاصفة (التوم، ١٩٧٥،ص ٤٣). كما تسقط بعض الامطار التضاريسية في منطقة جبل مره وجبال النوبا.

وتعتبر شهور يوليو، أغسطس، سبتمبر ممثل عام لشهور فصل الأمطار العام في السودان وتقل كميات الأمطار في الكمية وفترة السقوط كلما أتجهنا من الجنوب إلى الشمال (الترابي، ١٩٩٨، ص ٤٥).

جدول(٢) المتوسط الشهري والسنوي لمعدل كمية الأمطار لبعض المحطات ١٩٨٠-٢٠١٤.

الفصل	الفصل البارد				الفصل الحار			الفصل الحار الرطب					المتوسط السنوي
الشهر / المحطة	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليه	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	
وادى حلفا	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١	١	صفر	2
الابيض	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢	١١	٢٣	٩٩	١١٢	٦٤	١٨	329
النهود	صفر	صفر	صفر	صفر	١	٢	١٢	٤٥	١٠٧	١١٨	٤٥	١٤	344
نيالا	١	صفر	صفر	صفر	١	٢	١٩	٥١	١١٩	١١٨	٧٩	١٩	409
الجنينة	١	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٦	١٩	٥٣	١٦٩	٢١٢	٦٧	527
رشاد	٢	صفر	صفر	صفر	١	٣	٣٢	٧٦	١٢١	١١٢	٩٣	٤٢	482
الفاشر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١	٦	١١	١٩	٦١	٨٩	٤١	228

المصدر/ الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية، الخرطوم.

ويلاحظ من خلال الجدول (٢) تفاوت معدلات الأمطار السنوية داخل منطقة الدراسة تفاوتاً كبيراً حيث يصل معدل الأمطار السنوية إلى **٥٢٧**مم في الجنينة ، وفي نيالا ٤٠٩مم، وفي النهود ٣٤٤مم والابيض٣٢٩ مم ، الفاشر ٢٢٨مم، وتقل في الشمال لتصل إلى ٢مم في السنة، ويرجع ذلك إلى وزيادة معدل سقوط الأمطار في الجنوب حيث تكون الرياح محملة بكميات كبيرة من بخار الماء وتقل كلما توغلت نحو الشمال.

ويلاحظ من خلال الجدول (٣) الذي يوضح الأمطار الشهرية وحالة الأشهر الممطرة والانتقالية والجافة في بعض المحطات يتضح الاتي: أن أشهر نوفمبر وديسمبر ويناير وفبراير ومارس وإبريل ومايو تعد شهور جافة في كل أنحاء غربي السودان، أما خلال شهر يونيو ونتيجة لتوغل الرياح الجنوبية الغربية الرطبة فتسقط أمطار على الأجزاء الجنوبية فيعتبر شهر ممطر في كل من النهود **١٣.١%**، نيالا١٢.٥%، رشاد **١٥.٨%**.شهر يوليو ممطر في كل المنطقة ماعدا في وادى

حلفا فهو جاف وانتقالي في الفاشر،شهري أغسطس ممطر فوق كل غربي السودان ، النهود ٣١.١%، نيالا ٢٨.٩%، رشاد ٢٣.٢%، الابيض ٣٤%، وكذلك شهر سبتمبر ممطر فوق كل غربي السودان.

جدول(٣) التوزيع الشهري والفصلي للأمطار و حالة الشهور في غربي السودان لبعض المحطات ١٩٨٠– ٢٠١٤.

المحطة	الشهر	الفصل البارد					الفصل الحار			الفصل الحار الرطب				
المحطة		نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليه	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر
وادى حلفا	المتوسط الشهري/مم	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١	١	صفر
	نسبة الشهري للسنوي %	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	50	50	صفر
	حالة الشهر	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	م	م	
الابيض	المتوسط الشهري/مم	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢	١١	٢٣	٩٩	١١٢	٦٤	١٨
	نسبة الشهرى للسنوى %	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٠.٦	٣.٣	٧.٠	٣٠.١	٣٤	١٩.٥	٥.٥
	حالة الشهر	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ا	م	م	م	ا
النهود	المتوسط الشهري/مم	صفر	صفر	صفر	صفر	١	٢	١٢	٤٥	١٠٧	١١٨	٤٥	١٤
	نسبة الشهرى للسنوى %	صفر	صفر	صفر	صفر	٠.٣	٠.٦	٣.٥	١٣.١	٣١.١	٣٤.٣	١٣.١	٤.١
	حالة الشهر	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	م	م	م	م	ج
نيالا	المتوسط الشهري/مم	١	صفر	صفر	صفر	١	٢	١٩	٥١	١١٩	١١٨	٧٩	١٩
	نسبة الشهرى للسنوى %	٠.٢	صفر	صفر	صفر	٠.٢	٠.٥	٤.٦	١٢.٥	٢٩.١	٢٨.٩	١٩.٣	٤.٦
	حالة الشهر	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	م	م	م	م	ج
الجنينة	المتوسط الشهري/مم	١	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٦	١٩	٥٣	١٦٩	٢١٢	٦٧
	نسبة الشهرى للسنوى %	٠.٢	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١.١	٣.٦	١٠.١	٣٢.١	٤٠.٢	١٢.٧
	حالة الشهر	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	م	م	م	م
رشاد	المتوسط الشهري/مم	٢	صفر	صفر	صفر	١	٣	٣٢	٧٦	١٢١	١١٢	٩٣	٤٢
	نسبة الشهرى للسنوى %	٠.٤	صفر	صفر	صفر	٠.٢	٠.٦	٦.٦	١٥.٨	٢٥.١	٢٣.٢	١٩.٣	٨.٧
	حالة الشهر	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ا	م	م	م	م	ا
الفاشر	المتوسط الشهري/مم	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١	٦	١١	١٩	٦١	٨٩	٤١
	نسبة الشهرى للسنوى %	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	0.4	2.6	4.8	8.3	26.8	39.0	18.0
	حالة الشهر	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ا	م	م	م

المصدر/ من اعداد الباحث(ج = جاف – أ = انتقالي – م ممطر)اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجية السودانية.

ب- المتوسط الفصلي: يتضح من خلال الجدول (٤) ان الفصل البارد فصل الجفاف حيث لا تسقط أمطار بمنطقة الدراسة سوى ٢مم فى رشاد ، ١ مم في كل من الجنينة ونيالا وذلك بسبب هبوب الرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة خلال هذا الفصل.

جدول (٤) مجموع كمية الأمطار الفصلية (مم) غربي السودان ونسبتها (%)للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٤.

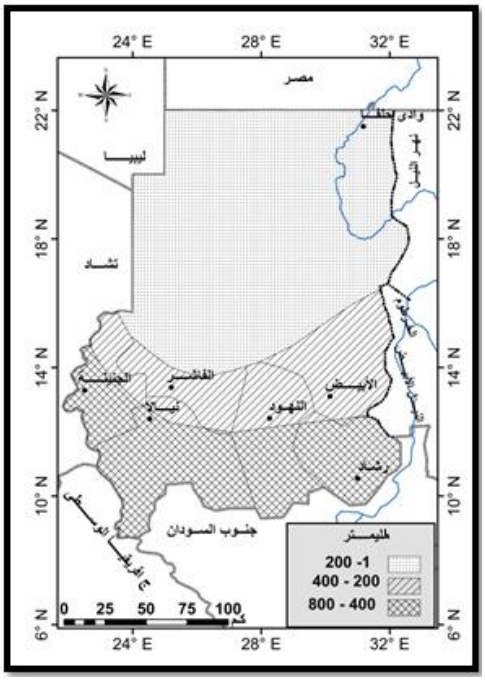
المحطات	متوسط كمية الامطار السنوية	متوسط أمطار فصل الفصل البارد	نسبة أمطار فصل الفصل البارد%	متوسط أمطار فصل الفصل الحار	نسبة امطار فصل الفصل الحار %	متوسط امطار فصل الفصل الحار الرطب	نسبة امطار فصل الفصل الحار الرطب %
وادى حلفا	2	صفر	صفر	صفر	صفر	٢	١٠٠
الابيض	329	صفر	صفر	١٣	4.0	316	96.0
النهود	344	صفر	صفر	١٥	4.4	329	95.6
نيالا	409	١	صفر	٢٣	5.6	386	94.4
الجنينة	527	١	صفر	٦	1.1	520	98.7
رشاد	482	٢	صفر	٣٦	7.5	444	92.1
الفاشر	228	صفر	صفر	٧	3.1	221	96.9

المصدر/ من عمل الباحث اعتمادا على بيانات الجدول (٢).

الفصل الحار: يتضح من دراسة الجدول (٤) يلاحظ أن الفصل الحار فصل انتقالي بين الفصل البارد الجاف و الفصل الحار الرطب الممطر، حيث يصل المتوسط الفصلي في رشاد إلى ٧.٥% من المجموع السنوي للأمطار خلال الفصل الحار و نيالا ٥.٦% ،٤.٤% في النهود. فخلال الفصل الحار تبدأ جبهة الالتقاء المدارية في الحركة شمالا ويبدأ هبوب الرياح الجنوبية الغربية المحملة ببخار الماء الذى يتصاعد لأعلى ويتكاثف وتسقط الأمطار التي تزداد في الكمية والوقت كلما توغلت الجبهة نحو الشمال .

الفصل الحار الرطب : يتضح من دراسة الجدول (٤) ان الفصل الفصل الحار الرطب هو فصل المطر غربي السودان حيث تتوغل الرياح الجنوبية الغربية على كل منطقة

الدراسة وتسقط الأمطار على كل الأنحاء و يصل المتوسط الفصلي في الفاشر إلى 96.9% من المجموع السنوي للأمطار خلال الفصل الحار الرطب و الجنينة 98.7% ،٩٦% في الابيض ، 95.6 % في النهود. نيالا 94.4% ، و الفصل الحار الرطب ذات أهمية كبيرة للزراعة في منطقة الدراسة فخلاله يتم زراعة معظم لمحاصيل الفصل الحار مثل الذرة الشامية والرفيعة، والدخن، والفول السوداني، السمسم ،وزهرة الشمس، والقطن .



شكل (٤) المتوسط الفصلى للأمطار خلال الفصل الحار الرطب

المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (٤)

مصادر أخرى للمياه غير الأمطار (الحفائر، المياه الجوفية، الوديان) :- وهى ذات علاقة وثيقة بالتكوين الجيولوجي والمناخ وطبيعة السطح في المنطقة والمياه الجوفية . فحجر الاساس يرجع تاريخه إلى ما قبل الكمبرى ويتكون من صخور نارية ومتحولة بالمنطقة لا توجد به مياه لأنه عديم المسامية ، وتكوينات أم رواية Umm

Ruwaba Formation خلال العصر البلليولوزى وهو تكوين مهم بالمنطقة من التكوينات الخازنة للمياه الجوفية وهو تحت الدراسة، وتكوينات الحجر النوبى Nubian Sand stone Formation الذى ينتمى إلى الكريتاسى حيث امتدت المياه وغطت مساحات واسعة من الصحراء وهذا التكوين خازن للمياه يغطى مساحة واسعة من الاقليم خاصة فى الشمال والغرب، فى العصر الرابع حدثت ترسبات من الرمال والطين تعرف بالقوز ،وتوجد عدد من الوديان المهمة منها : بحر العرب ووادي ازوم والذى ينساب من غرب جبل مرة ويتجه غربا نحو تشاد ، وواد أبره الذى تتجمع مياهه فى الجزء الجنوبي الشرقي من جبل مرة ، وتنساب من جبال النوبا عدد من الأودية منها خور أبو حبل وهذه الاودية لها اهمية خاصة مصدر مهم لمياه الأمطار ويحفر السكان الابار فى بطون الاودية للحصول على المياه في فترات الجفاف.

وتوجد الحفائر فى المناطق الطينية قليلة المسامية ويتم حفرها لتخزين المياه خلال فترات سقوط الامطار للشرب منها خلال فترات الجفاف . وتخزين مياه الأودية فى خور أبو حبل، أما الآبار فهي غير عميقة يصل عمقها إلى ٢٠-٣٠ مترا مثل حوض البقارة فى جنوب كردفان وحوض بارا ولكنها محدودة المياه مع السحب المستمر وقد يزداد تركز الأملاح فيها (خوجلى ، ١٩٩٥،ص ص ١٤٦-١٤٧-١٤٨).

ثالثا: فاعلية المطر: تهتم الأبحاث الحديثة فى الجغرافيا المناخية بدراسة فاعلية المطر أكثر من دراستها الكميات التى تسقط فى مكان ما، بمعنى مدى الاستفادة من كميات المطر التى تسقط بعد التبخر والنتح والتسرب (عبد الحليم، ٢٠١٥، ص١٤٥)

١-: **تحديد القيمة الفعلية للأمطار**: أهتم كثير من العلماء والباحثين بمعرفة القيمة الفعلية للمطر وكيفية حسابها([١]) ومن أهم هذه المحاولات :

١- **تصنيف دى مارتون** :- اقترح ديمارتون فى عام ١٩٢٦ طريقة لحساب القيمة الفعلية للمطر ، وأطلق عليها معامل الجفاف ويمكن حسابة بالمعادلة التالية ([٢]) :-

اعتمد الجغرافي الفرنسي ديمارتون على عنصري الحرارة والمطر لتحديد قرينة الجفاف وذلك استنادا إلى المتوسطات الشهرية والسنوية لدرجة الحرارة وكمية المطر، ويمكن حساب قرينة الجفاف (القيمة الفعلية للمطر) لأى شهر من الأشهر وفى هذه الحالة يجب استخدام المتوسط الشهري لكل من المطر والحرارة وضرب الناتج برقم (١٢) حتى يمكن معرفة درجة الجفاف فى هذا الشهر.

وأقترح دى مارتون الجدول (٥) التالي للأقاليم المناخية :-

جدول (٥) مقترح ديمارتون للأقاليم المناخية حسب القيمة الفعلية للمطر.

القيمة الفعلية للأمطار(أو معامل الجفاف)	نوع المناخ	الحياة النباتية
أقل من ٥	مناخ جاف	صحراء
من ٥- ١٠	مناخ شبة جاف	أعشاب فقيرة
من ١٠- ٢٠	مناخ رطب نسبيا	أستبس
من ٢٠- ٣٠	مناخ رطب	حشائش غنية بالأشجار
أكثر من ٣٠	مناخ شديد الرطوبة	غابات

[١] – مثل (لانج Lang ، دى مارتون De Marton ، وأوستن ميلر Austin Miller ، كوبن Koppen ، ثورنثويت Thor Thwaite ، وأمبريجية Emberger جاكوبية Giacabbe ، بنمان Penman (شحاتة سيد أحمد ، ١٩٩٠، ص ١٠٥) .

[٢] – معامل الجفاف لديمارتون (ق) = كمية المطر السنوية ÷ متوسط درجة الحرارة السنوية + ١٠

جدول (٦) معامل الجفاف (مم) حسب معادلة دى مارتون للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٤ م.

المحطة	متوسط كمية المطر السنوي(مم)(١)	متوسط الحرارة السنوي(°م)(٢)	معامل المطر (دى مارتون)١/٢+١٠	نوع المناخ
وادى حلفا	2	26.7	0.1	جاف
الابيض	329	٢٧	8.9	شبة جاف
النهود	344	٢٧.٩	9.1	شبة جاف
نيالا	409	27.5	10.9	رطب نسبيا
الجنينة	527	26.15	14.6	رطب نسبيا
رشاد	482	٢٨.١	12.7	رطب نسبيا
الفاشر	228	26.15	6.3	شبة جاف
متوسط منطقة الدراسة	2321	189.5	١١.٦	رطب نسبيا

المصدر/ من حساب الباحث اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية.

وبتطبيق هذه المعادلة على محطات منطقة الدراسة، جدول (٦) يتضح الآتي :
يلاحظ من خلال الجدول (٦) ان متوسط منطقة الدراسة مناخه رطب نسبيا، وهو جاف فى الشمال في وادى حلفا (٠.١مم) وشبة جاف في الفاشر (٦.٣مم) وشبة رطب في الابيض (٨.٩مم) والنهود (٩.١مم) ورطب نسبيا في باقي منطقة الدراسة.

٢- **تصنيف لويس أمبرجية** [١]:تقوم معادلة لويس أمبرجية لتحديد القيمة الفعلية للمطر على أساس التفاعل بين المطر والمدى الحرارى السنوي ومتوسط الحرارة[٢] : وبتطبيق هذه المعادلة على محطات منطقة الدراسة أمكن الحصول على جدول (٧) ومن خلاله يتضح الآتي:

جدول(٧)معامل الجفاف(مم)حسب معادلة أمبرجية غربي السودان للفترة من١٩٨٠-٢٠١٤ م.

المحطة	معامل الجفاف لأمبرجية	نوع المناخ
وادى حلفا	0.1	فوق جاف سفلى
الابيض	23.6	جاف علوى
النهود	22.4	جاف علوى
نيالا	31.8	شبة جاف سفلى
الجنينة	38.5	شبة جاف سفلى
رشاد	30.4	شبة جاف سفلى
الفاشر	16.0	جاف علوى
متوسط منطقة الدراسة	**23.2**	جاف علوى

المصدر/ من حساب الباحث اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية.

---

[١] – **وضع امبرجية الحدود التالية للتمييز بين النطاقات المناخية وهى (أكثر من ١٣٤ فوق الرطب،١٣٤- ٧٦ رطب، ٧٦- ٤٩ شبة رطب ، ٤٩ – ٣٥ شبة جاف علوى، ٣٥- ٢٤ شبة جاف سفلى، ٢٤-١٥ جاف علوى ، ١٥ -٨ جاف سفلى ، ٨- ٤ فوق جاف علوى، ٤ – ١.٦ فوق جاف متوسط ، صفر فوق جاف سفلى)(فواز أحمد المرسى ، ٢٠٠٥، ص٦٣٥)**

[٢] – **$Q= R/(M-m) \times (M+m)$ (حيث: Q = القيمة الفعلية للمطر أو معامل الجفاف .K، R = مجموع ما يسقط من المطر سنويا وهو متوسط لعدة سنوات ، M= متوسط درجة الحرارة العظمى لأحر شهور السنة بالدرجات المئوية ، m = متوسط درجة الحرارة الصغرى لأبرد شهور السنة بالدرجات المئوية ،وضرب أمبرجية الناتج × ١٠٠ لاستخراج النسبة المئوية .)**

يلاحظ من خلال الجدول(٧): أن القيمة الفعلية للمطر تقل فى الشمال بسبب ارتفاع درجة الحرارة وزيادة التبخر النتح حيث وصل معامل الجفاف إلى ٠.١ مم فى وادى حلفا شمالا (فوق جاف سفلى) ، وتزداد القيمة الفعلية للمطر فكلما أتجهنا جنوبا بسبب انخفاض درجة الحرارة و كمية البخر والنتح حيث بلغ ناتج المعادلة فى الفاشر ١٦مم (جاف علوى) ، ٣١.٨مم فى نيالا ، وفى الجنينة ٣٨.٥ مم (شبة جاف سفلى). متوسط منطقة الدراسة ٢٣.٢ مم (جاف علوى) .

ب: طاقةالتبخر نتح: إن عملية التبخر – نتح هي عملية مزدوجة لكمية المياه التي من الممكن أن تتبخر من التربة أو تضيع من النبات . تعتبر الحرارة العامل الرئيسي في تحديد طاقة التبخر نتح ، حيث أن كمية التبخر من سطح التربة وكميات النتح من النبات تتوقف في المقام الأول على درجات الحرارة السائدة فى المكان وهى أيضا تتوقف على طبيعة الغطاء النباتي وعلى طبيعة التربة من حيث قدرتها على إنفاذ المياه بين حبيباتها وعلى درجة احتفاظها بالماء(فايد ،١٩٩٨،ص ٢٢٠).ويحدد المناخ مدى التبخر نتح ومن ثم الاستهلاك المائي ويشمل ذلك تأثير كل من درجة الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي والرطوبة النسبية والرياح(حبيب، ٢٠٠٣ ، ص ١٥). وقد قام عدد كبير من علماء المناخ والنبات بعمل معدلات لتحديد طاقة التبخر – نتح (وان كانت النتائج التي تم الحصول عليها لتحديد وتقدير طاقة التبخر – نتح المحتملة من هذه المعادلات تعتبر قيما تقريبية إلى حد ما نتيجة لتداخل العوامل المؤثرة على طاقة التبخر – نتح وعدم معرفة أثر كل عامل بشكل دقيق، من هؤلاء العلماء بنمان، وثورنثويت وأيفانوف .

وقد طبق الباحث المعادلة الخاصة بأيفانوف ([1]) للحصول على معدلات التبخر نتح فى منطقة الدراسة كما ، يوضحه جدول(٨).

جدول (٨) المتوسط الشهري والفصلى والسنوي لطاقة التبخر – نتح (مم) حسب معادلة إيفانوف للفترة من ١٩٨٠–٢٠١٤م بمنطقة الدراسة .

الفصل	الفصل البارد				الفصل الحار			الفصل الحار الرطب					المتوسط السنوى
الشهر / المحطة	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونية	يولية	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	
وادى حلفا	257.7	232.6	181.6	256.9	303.7	389.7	457.2	487.8	478.0	453.1	436.3	391.3	259.3
م فصلى	232.2				383.5			449.3					
الابيض	364.2	225.8	304.9	363.1	383.5	469.6	435.8	334.5	206.9	160.0	247.3	335.6	319.8
م فصلى	314.5				429.6			256.8					
النهود	358.6	315.2	323.5	354.3	378.2	467.4	422.5	327.4	207.6	162.4	192.1	224.6	313.3
م فصلى	337.9				422.7			222.8					
نيالا	389.2	360.9	345.8	386.2	440.9	461.1	420.7	322.6	195.0	220.8	214.6	353.3	343.6
م فصلى	370.5				440.9			261.2					
الجنينة	342.1	331.2	319.1	362.9	415.4	445.3	411.4	317.2	177.2	131.9	196.9	322.4	316.7
م فصلى	338.8				424.0			229.1					
رشاد	351.9	310.1	306.5	351.2	375.6	464.5	412.1	314.9	209.2	170.3	194.2	224.6	308.6
م فصلى	329.9				417.4			222.6					

[1]- وضع العالم السوفيتي إيفانوف علاقته الشهيرة لحساب التبخر – نتح المحتمل عام ١٩٥٨ م وهى تأخذ الصورة التالية :–

$$PET= 0.0018(25+ t)2 (100-H)$$

حيث PET = طاقة التبخر نتح المحتملة (مم)

T = المتوسط الشهري لدرجة الحرارة (م)

H = المتوسط الشهري للرطوبة النسبية %

وتمكن معادلة ايفانوف من حساب كمية التبخر – نتح الكامن (المحتمل) السنوية عن طريق جمع قيم التبخر – نتح مع الكامن الشهرية .

الفصل	الفصل البارد				الفصل الحار			الفصل الحار الرطب					المتوسط السنوى
الشهر / المحطة	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونية	يولية	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	
الفاشر	301.5	274.6	272.1	308.2	401.9	408.0	419.3	375.5	256.4	194.6	278.2	349.3	322.6
م فصلى	289.1				409.7			290.8					
متوسط منطقة الدراسة	337.9	292.9	293.4	340.4	385.6	443.7	425.6	354.3	247.2	213.3	251.4	314.4	312.0
م فصلى	316.1				418.3			276.1					

المصدر/من اعداد الباحث اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية.

يتضح من خلال دراسة الجدول (٨) زيادة قيم المجموع السنوي للتبخر فى الشمال وادى حلفا لزيادة معدلات درجة الحرارة وزيادة عدد ساعات سطوع الشمس وانخفاض معدلات سقوط الأمطار حيث وصل إلى ٢٥٩.٣مم ، وفى نيالا ٣٤٣.٦ مم بسبب لزيادة معدلات درجة الحرارة وزيادة عدد ساعات سطوع الشمس مع زيادة معدلات سقوط الأمطار ، وتنخفض في رشاد 308.6 مم بسبب زيادة معدل السحب في السماء وبالتالي تقلل من كمية الاشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض مع زيادة معدل سقوط الأمطار وبالتالي تكون القيمة الفعلية للأمطار أعلى ويقل البخر نتح.

متوسط الفصل البارد : يتضح من خلال الجدول (٨) الآتي :يرتفع المتوسط الفصلي للتبخر نتح خلال الفصل البارد وهو فصل انتقالي بالنسبة للتبخر بين الفصل الحار المرتفع والفصل الحار الرطب المنخفض حيث يبلغ متوسط منطقة الدراسة316.1مم بانخفاض قدره ١٠٢.٢ مم عن الفصل الحار وارتفاع ٤٠ مم عن الفصل الحار الرطب وذلك بسبب انخفاض نسبة الرطوبة وقلة السحب فى الجو خلال الفصل البارد، ويتضح إن المناطق التي يزيد فيها التبخر نتح تتمثل في معظم منطقة الدراسة ماعدا الجزء الشمالي حيث سجلت مدينة وادى حلفا أقل المتوسطات الفصلية للتبخر نتح لانخفاض درجة الحرارة وعدم وجود نبات وقلة الرطوبة 232.2مم ، يعتبر أكبر خط تساوي للتبخر نتح في فصل الفصل البارد هو ٣٣٨.٨مم في الجنينة.

متوسط الفصل الحار : يتضح من خلال الجدول (٨) الآتي: آن التبخر نتح يصل إلى أعلى متوسط فصلى له خلال الفصل الحار 418.3مم بسبب قلة سقوط الأمطار وارتفاع درجة الحرارة حيث ان كميات التبخر/ نتح من سطح التربة وكميات النتح من النبات تتوقف فى المقام الأول على درجات الحرارة السائدة فى المكان، وهى أيضا تتوقف على طبيعة الغطاء النباتي وعلى طبيعة التربة من حيث قدرتها على إنفاذ المياه بين حبيباتها وعلى درجة احتفاظها بالماء.(فايد، ١٩٩٨، ص ص ٢١٩-٢٣).

يصل التبخر نتح إلى أقصاه خلال شهر أبريل 443.7مم ، بسبب ارتفاع درجة الحرارة وقلة الأمطار ، تسجل نيالا أعلى متوسط فصلى وقدره 440.9 مم ،الابيض 429.6 مم، يقل التبخر فى شمال منطقة الدراسة بسبب انخفاض درجة الحرارة ووصل إلى 383.5مم في وادى حلفا.

متوسط الفصل الحار الرطب: يتضح من خلال الجدول (٨) الآتي : ان الفصل الحار الرطب يسجل أدنى متوسطات التبخر نتح فى منطقة الدراسة حيث يبلغ 276.1 مم/يوم وذلك بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة فى الجو والتى مصدرها الرياح الجنوبية الغربية الرطبة ،وانخفاض درجة الحرارة بسبب وجود السحب ، سجلت مدينة رشاد أقل متوسط للتبخر نتح 222.6مم فى حين سجلت وادى حلفا أعلى المتوسطات للتبخر فى منطقة الدراسة 449.3 مم . ويعتبر شهر يونيه أعلى شهور الفصل فى كمية التبخر / نتح بمتوسط قدره 354.3مم ، ،أما شهر أغسطس فيعتبر أقل الشهور فى كمية التبخر نتح 213.3مم .

ويتضح من دراسة الجدول (٨) الذى يوضح متوسط التبخر نتح فى الفصل الحار الرطب ان المناطق التي يزيد فيها التبخر تتمثل في المناطق الوسطى والشمالية من منطقة الدراسة، مما يؤدى إلى زيادة الفقد المائي ويكون له تأثير كبير على النبات

إذ تزداد احتياجات النبات من المياه مع زيادة النتح، ويعرضه لمخاطر كبيرة خاصة مع ذبذبة الأمطار خلال هذا الفصل حيث تزرع محاصيل الزراعة المطرية خلاله.

ج: الموازنة المائية: يمكن من خلال طاقة التبخر نتح معرفة التوازن المائي (الرطوبة) ويذكر ثورنثويت (١٩٤٨)أنه لا يستطيع تقرير أذا كان المناخ رطبا أو جافا بمعرفة التساقط فحسب، لذلك فلا بد من التعرف عما أذا كان التساقط أكبر أو أقل مما يحتاجه التبخر والنتح، والعلاقة المتبادلة بين التبخر والنتح هي أساس التوازن المائي (يوسف، ١٩٩١، ص ص ،٤٦-٦٠).

١- **المتوسط السنوى:** يتضح من خلال الجدول (٨) ارتفاع المتوسط السنوي للعجز المائي فى شمال منطقة الدراسة بسبب ارتفاع درجة الحرارة وقلة السحب وكمية الأمطار الساقطة فوصل العجز المائي إلى 4323.9- مم فى وادى حلفا، ثم يقل العجز كلما أتجهنا جنوبا فى منطقة الدراسة بسبب انخفاض الحرارة و زيادة كمية السحب فى الجو ، فوصل العجز المائي إلى- 3502.2 مم فى الابيض، نيالا- 3702.1مم، -3611.6 مم في الفاشر- 3246 مم فى الجنينة ،أقل معدل للعجز المائي سجل فى رشاد -3203.1 مم.

جدول(٨) المتوسط الشهري والفصلي والسنوي للموازنة المائية غربي جمهورية السودان ١٩٨٠-٢٠١٤م.

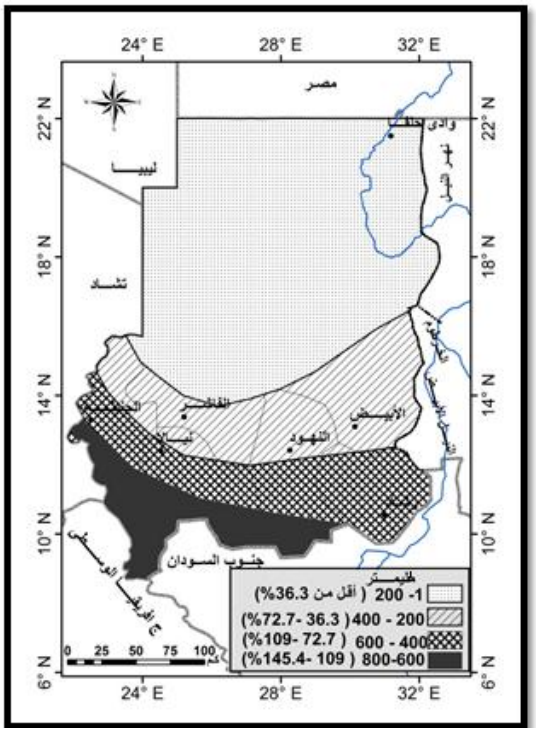
الفصل	الفصل البارد				الفصل الحار			الفصل الحار الرطب					السنوى
الشهر / المحطة	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونية	يولية	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	
وادى حلفا	-٢٥٧.٧	-٢٣٢.٦	-١٨١.٦	-٢٥٦.٩	-٣٠٣.٧	-٣٨٩.٧	-٤٥٧.٢	-٤٨٧.٨	-٤٧٨	-٤٥٢.١	-٤٣٥.٣	-٣٩١.٣	-٤٣٢٣.٩
	-٢٣٢.٢				-٣٨٣.٥			-٤٤٨.٩					
الابيض	-٣٦٤.٢	-٢٢٥.٨	-٣٠٤.٩	-٣٦٣.١	-٣٨٣.٥	-٦٧.٦	-٤٢٤.٨	-٣١١.٥	-١٠٧.٩	-٤٨	-١٨٣.٣	-٣١٧.٦	-٣٥٠٢.٢
	-٣١٤.٥				-٤٢٥.٣			-١٩٣.٧					
الشهود	-٣٥٨.٦	-٣١٥.٢	-٣٢٣.٥	-٣٥٤.٣	-٣٧٧.٢	-٤٦٥.٤	-٤١٠.٥	-٢٨٢.٤	-١٠٠.٦	-٤٤.٤	-١٤٧.١	-٢١٠.٦	-٣٣٨٩.٨
	-٣٣٧.٩				-٤١٧.٧			-١٥٧.٠					
نيالا	-٣٨٨.٢	-٣٦٠.٩	-٣٤٥.٨	-٣٨٦.٢	-٤٣٩.٩	-٤٥٩.١	-٤٠١.٧	-٢٧١.٦	-٧٦	-١٠٢.٨	-١٣٥.٦	-٣٣٤.٣	-٣٧٠٢.١
	-٣٧٠.٣				-٤٣٣.٦			-١٨٤.١					
الجنينة	-٣٤١.١	-٣٣١.٢	-٣١٩.١	-٣٦٢.٩	-٤١٥.٤	-٤٤٥.٣	-٤٠٥.٤	-٢٩٨.٢	-١٢٤.٢	-٣٧.١	-١٥.١	-٢٥٥.٤	-٣٢٤٦
	-٣٣٨.٦				-٤٢٢.٠			-١١٤.٢					
رشاد	-٣٤٩.٩	-٣١٠.١	-٣٠٦.٥	-٣٥١.٢	-٣٧٤.٦	-٤٦١.٥	-٣٨٠.١	-٢٣٨.٩	-٨٨.٢	-٥٨.٣	-١٠١.٢	-١٨٢.٦	-٣٢٠٣.١
	-٣٢٩.٤				-٤٠٥.٤			-١٣٣.٨					
القاش	-٣٠١.٥	-٢٧٤.٦	-٢٧٢.١	-٣٠٨.٢	-٤٠١.٩	-٤٠٧	-٤١٣.٣	-٣٦٤.٥	-٢٣٧.٤	-١٣٣.٦	-١٨٩.٢	-٣٠٨.٣	-٣٦١١.٦
	-٣١٦.٠				-٤١٣.٦			-٢٠٠.٨					
م المنطقة	-٣٣٧.٣	-٢٩٢.٩	-٢٩٣.٤	-٣٤٠.٤	-٣٨٥.٢	-٤٤٢.٢	-٤١٣.٣	-٣٢٢.١	-١٧٣.٢	-١١٤.٦	-١٦٨.١	-٢٨٥.٧	-٣٥٦٨.٤
	-٣١٦.٠				-٤١٣.٦			-٢٠٠.٨					

المصدر/من اعداد الباحث اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية.

الفصل البارد : يلاحظ من خلال الجدول (٨) أن التوازن المائي فى منطقة الدراسة يكون سالبا أي أن كمية المطر أقل من طاقة التبخر والنتح، ويلاحظ ارتفاع العجز المائي في جنوب عن الشمال بسبب انخفاض درجة الحرارة فى الشمال وانخفاض الأمطار حيث بلغ العجز فى وادى حلفا إلى- 232.2 مم، يزداد العجز المائي كلما اتجهنا جنوبا بسبب ارتفاع درجة الحرارة وبلغ العجز المائي في الابيض -314.5 مم، نيالا- 370.3 مم، أعلى معدل للعجز المائي في الفاشر- 289.1 مم. وامكانية قيام الزراعية لا تكون مطمئنة بدرجة كبيرة لعدم سقوط امطار خلال هذا الفصل و**خلال الفصل الحار**: يكون التوازن المائي فى جميع محطات منطقة الدراسة سالبا أي ان كمية المطر أقل من طاقة التبخر والنتح، يزداد العجز المائي فى وسط وجنوب منطقة الدراسة ويصل إلى أعلى معدل له خلال السنة بسبب ارتفاع درجة الحرارة وقلة كمية الأمطار **حيث بلغ في الابيض- 425.3مم**، الفاشر- **407.4** مم، رشاد- 405.4 مم أعلى معدل للعجز المائي في نيالا- **425.3** مم .وامكانية قيام الزراعية لا تكون مطمئنة بدرجة كبيرة لعدم سقوط امطار خلال هذا الفصل ،أما **خلال الفصل الحار الرطب:** يصل العجز المائي إلى أكبر معدل له خلال الفصل الحار الرطب في الشمال بسبب ارتفاع درجة الحرارة وقلة كمية الأمطار **حيث بلغ في وادى حلفا-** 448.9 مم وذلك بسبب زيادة سقوط الأمطار وانخفاض درجة الحرارة ، وفى الوسط والجنوب يصل العجز المائي إلى أقل معدل له خلال فصل الفصل الحار الرطب بسبب زيادة سقوط الأمطار وانخفاض درجة الحرارة **حيث بلغ في الابيض**- 193.7**مم**، الفاشر- 173.7 مم، النهود- 157.0 مم أقل معدل للعجز المائي في رشاد- **114.2**مم وهذا الفصل هو فصل الزراعة ويصلح لزراعة معظم المحاصيل التى تصلح فى هذه المنطقة حيث تكفى كمية الأمطار .

د: إمكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة بمنطقة الدراسة :

لقد اقترح الخبراء فى السودان (١٩٥٣) معادلة حسابية يمكن بواسطتها تقدير امكانيات الاعتماد على الأمطار فى الزراعة ، والمعادلة مبنية على افتراض رئيسي وهو أن المزارع العادي الذى يعتمد أولا وأخيرا على ما تخرجه أرضة من منتجات زراعية، لا تسمح له ظروفه الاقتصادية بتحمل فشل زراعته المطرية فى عامين متتاليين، ولكنة قد يستطيع تحمل فشل واحد كل ثلاثة أعوام أو ثلاثة مواسم زراعية. وبمعنى أخر فإن المزارع فى أراضي الزراعة المطرية، إذا فشلت الزراعة لعامين متتاليين تكون مشكلة كبيرة له، ويمكن اعتبار الأمطار كافية للزراعة المطرية إذا كان احتمال هطول الحد الأدنى من متطلبات النباتات من المياه يزيد على ٩٥%، ففي هذه الحالة يكون احتمال فشل الزراعة المطرية ضعيف جدا أو غير موجود، أما إن كان احتمال هطول الحد الأدنى من متطلبات النباتات من المياه يتذبذب بين ٦٦% و٩٥% احتمال فإن فشل الزراعة المحتمل يكون بنسب متفاوتة، ولكن لا يزيد عن الثلث أي ان الأمطار قد تفشل مرة كل ثلاثة أعوام، وفى حالة هطول الأمطار التي يقل عن متطلبات الزراعة بنسبة ٦٦% فإن ممارسة الزراعة تصبح خطرة للغاية إذ أن الأمطار قد تفشل على الأقل مرتين كل ثلاثة أعوام (التوم ،١٩٧٥، ص ص١٢١، ١٢٢، ١٢٣). يعتقد بعض الخبراء فى السودان ان ظروف السودان الطبيعية تسمح بممارسة الزراعة المطرية حيثما كانت المعدلات السنوية للأمطار لا تقل عن ٥٠٠ ميلليمتر، وعلية كمحاولة لتحديد مدى امكانية الاعتماد الكلى على الأمطار فى الزراعة فأننا نحتاج إلى تحديد مدى احتمال هطول ما لا يقل عن ٥٠٠مم من الأمطار.



شكل (٥) احتمالية سقوط كمية مطر تكفى للزراعة بمنطقة الدراسة

المصدر/ من اعداد الباحث اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية.

وبتطبيق ذلك على منطقة الدراسة فى شكل (٥)([1]) يتضح الآتي :

١- **المنطقة التى تمتد بين دائرتي عرض ١٦° -٢٢° شمالا** : إمكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة تكون ضعيفة بنسبة ٣٦.٣% لكمية أمطار أقل من ٢٠٠مم واحتمالية تعرض الزراعة لمخاطر الجفاف وعدم سقوط أمطار تكون كبيرة .

٢- **المنطقة التى تمتد بين دائرتي عرض ١٤ °-١٦ ° شمالا:** امكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة تكون ضعيفة بنسبة ٣٦.٣ – ٧٢.٧% بكمية أمطار تبدا من ٢٠٠مم إلى ٤٠٠ مم واحتمالية تعرض الزراعة لمخاطر الجفاف وعدم سقوط

[1]- قام الباحث بالتطبيق على اعتبار ان ٥٥٠مليمتر وليس ٥٠٠مليمتر مرعاه للتغيرات المناخية ممثلة فى ارتفاع درجة الحرارة وزيادة معدلات البخر والنتح .

أمطار تكون موجودة ولكنها أقل من المنطقة السابقة أما المنطقة التى تمتد بين دائرتي عرض ١١°– ١٤° شمالا يكون الاعتماد على المطر فى الزراعة بنسبة ٧٢.٧إلى ١٠٩% .

٣– **المنطقة الأخيرة التى تمتد بين دائرتي عرض ٩°– ١١° شمالا:** يكون الاعتماد على المطر فى الزراعة أعلى من ١٠٩% وامكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة تكون بنسبة ١٠٠%.

ولكن هذه الافتراضية لا تنطبق على كل المحاصيل التى تعتمد على الأمطار فى زراعتها فالمحاصيل تختلف فى كمية المياه التى تحتاجها وبالتالي تختلف النطاقات ونسبة الاعتماد على الأمطار فى الزراعة من محصول لأخر تقرير وزارة الزراعة (وزارة الزراعة والغابات ، ٢٠١٢،ص ص ١٨.١٥.) كالتالي:

ا–**الفول السوداني:** يحتاج الفول السوداني إلى كمية مطر مثلى من ٤٠٠مم–٥٠٠مم مم خلال موسم الزراعة.

ب– **زهرة الشمس** : تحتاج إلى كمية مطر مثلى تتراوح بين ٧٥٠مم– ١٠٠٠ مم وهى غير متوفرة بمنطقة الدراسة خلال موسم نموها.

ج–**السمسم:** ويحتاج السمسم لكمية مطر مثلى تتراوح بين ٤٠٠ –٦٢٥ مم خلال موسم الزراعة.

د– **القطن:** يحتاج القطن إلى كمية مطر مثلى ٤٠٠مم–٥٥٠مم خلال موسم الزراعة.

هـ– **الدخن:** يحتاج الدخن إلى كمية مطر مثلى٤٠٠مم–٦٥٠مم خلال موسم الزراعة.

و– **الذرة الرفيعة** : تحتاج الذرة الرفيعة إلى كمية مطر مثلى٥٠٠مم– ٦٠٠ مم خلال موسم الزراعة.

دراسة تطبيقية لمحصولى الذرة الرفيعة و الدخن:

يعتبر محصول الدخن الغذاء المفضل لمعظم سكان غرب السودان (ولايات كردفان ودارفور) حيث تمتد زراعته أساسا في الأراضي الرملية ويأتي الدخن بعد الذرة

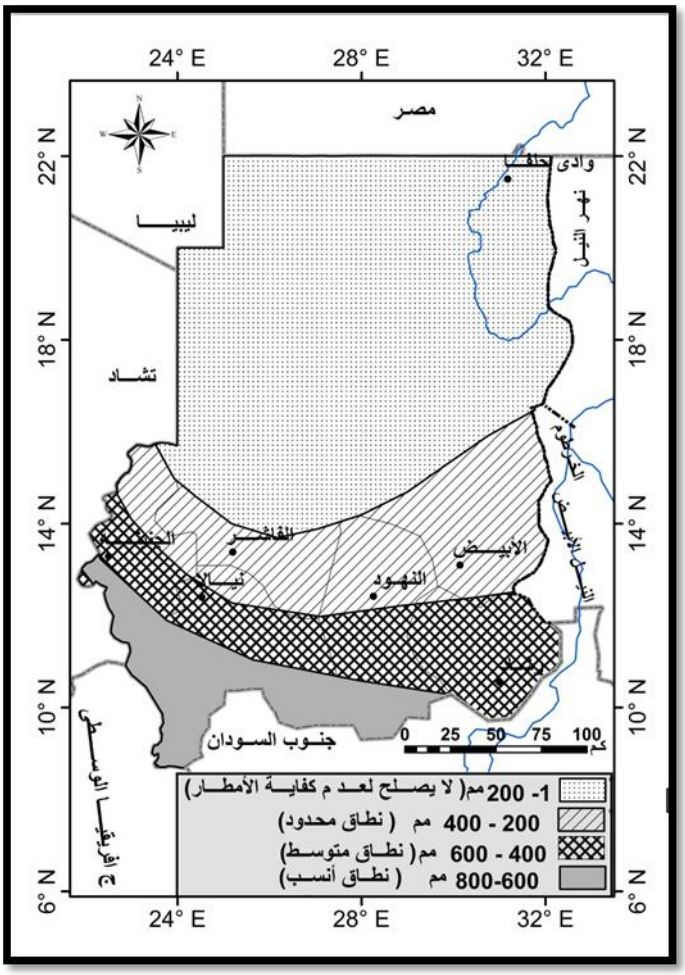
مباشرة من حيث المساحة والإنتاج وتقدر المساحة المزروعة سنويا حوالى خمسة مليون فدان وتتم زراعة نحو ٩٥% من هذه المساحة بولايات غرب السودان . يزرع عند درجة حرارة مثلى ٢٥ °م **وكمية الأمطار بين ١٢٥مم- ٦٠٠مم والمثلى بين ٤٠٠مم إلى ٦٠٠مم ، ويزرع خلال الفترة من ١٥ يونيو إلى ١٥ يوليو.**(المرشد في الإنتاج الزراعي بالسودان ، ٢٠١٢، ص ص١٠٢ -١٠٦).

يمثل محصول الذرة الرفيعة الغذاء الرئيسي ل ٦٥% من سكان السودان خاصة في المناطق الريفية في اواسط وشرق السودان ، فالذرة مصدر هام للمواد الكربوهيدراتية المركزة اللازمة لغذاء الانسان والحيوان . وله استخدامات متعددة حيث يستخدم كعلف للحيوان والدواجن ، كما تستخدم النباتات الخضراء كعلف اخضر ويستعمل كوقود وكمادة بناء في المساكن . ويدخل الذرة في صناعة النشأ و الجلكوز ،تزرع عند درجة حرارة مثلى ٢٦ °م **وتحتاج لكمية أمطار بين ٢٠٠مم إلى ٦٠٠مم وكمية الأمطار المثلى بين ٥٠٠مم- ٦٠٠مم ، ويزرع خلال الفترة من ١ يونيو إلى ١٥ يوليو . و يوضح الشكل(٧) النطاقات المطرية لزراعة محصولي الذرة الرفيعة والدخن كما يلى:**

ا- **المنطقة التى تمتد بين دائرتي عرض ١٦° -٢٢ °شمالا :** إمكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة تكون محدودة لكمية أمطار أقل من ٢٠٠مم واحتمالية تعرض الزراعة لمخاطر الجفاف وعدم سقوط أمطار تكون كبيرة .

ب- **المنطقة التى تمتد بين دائرتي عرض ١١° -١٦° شمالا:** امكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة تكون متوسطة بكمية أمطار تبدا من ٢٠٠مم إلى ٤٠٠ مم واحتمالية تعرض الزراعة لمخاطر الجفاف وعدم سقوط أمطار تكون موجودة ولكنها أقل من المنطقة السابقة .

ج- **المنطقة الأخيرة التى تمتد بين دائرتي عرض ٩°- ١١° شمالا:** يكون الاعتماد على المطر فى الزراعة مناسب (المنطقة المثلى) وامكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة تكون بنسبة ١٠٠%.



شكل (٦) النطاقات المطرية لزراعة محصولي الذرة الرفيعة والدخن للفترة من ١٩٨٠– ٢٠٠٨.

المصدر/ من اعداد الباحث اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية. المرشد فى الإنتاج الزراعي السوداني ،مركز البحوث الزراعية ، الجزيرة، السودان ، ٢٠١٢.

هـ:- احتمالية الأيام المطيرة: احتمالية الأيام المطيرة ([1]) تساوى النسبة المئوية للأيام المطيرة إلى مجموع الأيام خلال الفترة المعينة (شهر- فصل – سنة) ومعرفة الاحتمالية يمكن ان ينتج عنها معلومات مفيدة ذات صلة بمشكلات الموارد المائية ومتطلبات الري ومجالات الزراعة، وتفادى أخطار الفيضانات (شحاتة سيد أحمد، ١٩٩٠، ص ١٣٣) .

جدول (٩) النسبة المئوية (%) الشهرية والفصلية والسنوية لاحتمال الأيام المطيرة (٠.١ مم فأكثر) للفترة من ٢٠٠٠-٢٠١٢.

	الفصل البارد				الفصل الحار			الفصل الحار الرطب						
الشهر / المحطة	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	السنوى
وادى حلفا	-	-	-	-	-	-	-	٠.١	٠.٢	١	٠.٢	٠.١	٠.١
	٠				٠			٠.٣					
الفاشر	-	-	-	-	٠.٣	٠.٣	٢.٥	٣	١٢.٢	١١.٦	٦.٨	٢.٥	٣
	٠				١			٧.٢					
الابيض	٠.٣	٠	-	-	٠.٣	١	٤.١	٨.٣	١٨.٣	٢٠.٢	١٠.٧	٣.٥	٥.١
	٠.٠٧				١.٨			١٢.٢					
النهود	٠.٦	-	-	-	٠.٦	٠.٦	٥.١	١٢.٤	٢٥.١	١٦.١	١٦.١	٤.١	٦.٢

المصدر / من اعداد الباحث اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية .

[1] - **أحتمالية الأيام المطيرة = د÷ن ، حيث د (متوسط عدد الأيام المطيرة خلال (الشهر- الفصل – السنة) ، ن = عدد أيام (الشهر – الفصل – السنة)ويضرب الناتج × ١٠٠، وتتراوح قيمة الاحتمال بين الصفر و١٠٠% يكون الاحتمال صفرا عندما يكون حدوث الظاهرة مستحيلا ، ويكون الاحتمال ١٠٠% عندما يكون وقوع الظاهرة مؤكدا (شحاتة سيد أحمد ، ١٩٩٠، ص ١٣٣)**

احتمالية الأيام المطيرة السنوية :يلاحظ من خلال الجدول (٩): تتدرج احتمالية الأيام المطيرة بالتناقص من الجنوب إلى الشمال حيث تصل إلى ١٣.٨% فى رشاد و٧.٨% فى نيالا، وإلى ٧.٣% فى الجنينة ٥.١% فى الابيض ، يلاحظ أن أدنى حد لاحتمالية الأيام المطيرة خلال السنة توجد فى أقصى الشمال فى وادى حلفا ٠.١%.

احتمالية الأيام المطيرة خلال الفصل البارد:

بالنسبة لاحتمالية الأيام المطيرة خلال أشهر الفصل البارد يلاحظ أعلى نسبة لاحتمالية الأيام المطيرة تتركز خلال شهر نوفمبر ٠.٦% .ومن خلال الجدول (٩) يلاحظ الآتي: يبلغ المتوسط الفصلي لمنطقة الدراسة خلال الفصل البارد إلى ٠.١% ويعتبر فصل الفصل البارد أقل فصول السنة في احتمالية الأيام المطيرة ففي معظم محطات منطقة الدراسة الاحتمالية صفر % أي لا يكون هناك احتمالية لسقوط أمطار خلال فصل الفصل البارد ، إلا الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة حيث بلغت ١% في رشاد، وفى الجنينة ٢% . ويلاحظ أنه خلال الفصل البارد تقل احتمالية ان تكون هناك أيام مطيرة وبالتالي فإمكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة خلال الفصل البارد تكون منعدمة وكذلك احتمالية حدوث فيضانات تكون قليلة .

احتمالية الأيام المطيرة خلال الفصل الحار :

يلاحظ من خلال الجدول (٩) أن أقل نسبة لاحتمالية الأيام المطيرة توجد فى شهر مارس ٠.٤% وأعلى نسبة لاحتمالية الأيام المطيرة تتركز خلال شهر مايو ٤.٩% . يبلغ المتوسط الفصلي لمنطقة الدراسة نحو ٢.١% ،خلال فصل الفصل الحار تأخذ احتمالية الأيام المطيرة فى الزيادة من الشمال إلى الجنوب فوصلت إلى ٠.٥صفر% فى وادى حلفا ، وإلى ١% فى الفاشر ، و١.٨% فى الابيض ، وتزداد فى نيالا لتصل إلى ٣% وفى رشاد ٦.٥%.ويلاحظ انه خلال فصل الفصل الحار تقل احتمالية ان تكون هناك أيام مطيرة وبالتالي فإمكانية الاعتماد على الأمطار فى

الزراعة خلال الفصل الحار تكون قليلة ما عدا الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة إلا أن الاحتمالية سواء للزراعة أو لحدوث فيضانات تكون موجودة فى رشاد.

احتمالية الأيام المطيرة خلال الفصل الحار الرطب:

يلاحظ من خلال الجدول (٩) أن أقل نسبة لاحتمالية الأيام المطيرة توجد في شهر أكتوبر ٥.١% وأعلى نسبة لاحتمالية الأيام المطيرة تتركز خلال شهر يوليو ١٧.٦ %. يلاحظ من خلال الجدول (٩) ان المتوسط الفصلي لمنطقة الدراسة يبلغ خلال الفصل الحار الرطب إلى ١٣.٧% حيث يعتبر الفصل الحار الرطب فصل المطر إذ تزداد الاحتمالية خلاله عن الفصل البارد والفصل الحار ، وتزداد الاحتمالية فى الجنوب وتقل كلما أتجهنا شمالا ، فتصل إلى ٠.٣% فى وادى حلفا، ١٢.٢% فى الابيض ، ١٨.٧% فى نيالا ، أعلى احتمالية للمطر خلال الفصل الحار الرطب فى رشاد ٣٣.١% .ويلاحظ إنه خلال الفصل الحار الرطب تزيد احتمالية أن تكون هناك أيام مطيرة وبالتالي فإمكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة خلال هذا الفصل تكون ممكنة وكبيرة خاصة فوق الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة ، كما أن احتمالية حدوث فيضانات تكون ممكنة .

رابعا : أهم مشكلات الزراعة المطرية بمنطقة الدراسة:

الزراعة بمنطقة الدراسة تعتمد اعتمادا رئيسياً على الامطار خلال موسم معين (فترة سقوط الامطار) من السنة وهى تختلف من مكان لآخر حسب المدة والكمية ونتيجة للجفاف الذى يضرب منطقة الدراسة تفشل المواسم الزراعية وترتفع اسعار المحاصيل الغذائية مثل الذرة والدخن ، بينما تهبط اسعار الماشية هبوطا حاداً ويشرع الكثير من البدو فى بيع حيواناتهم فقلت مقدرة فئة كبيرة من سكان الريف التقليديين على شراء الغذاء مما عرضهم للمجاعة.

يواجه القطاع الزراعي بالسودان مشكلة تدنى الإنتاجية بصورة عامة فى كل القطاعات بسبب مجموعة من العوامل من أهمها تباين معدلات سقوط الأمطار وفيما يلى أهم مشاكل الزراعة المطرية المتعلقة بالأمطار:-

١-**سقوط الأمطار متأخرة عن ميعادها في بعض السنوات** : فى بعض السنوات قد يتأخر سقوط الأمطار على ميعادها السنوي مما يتأخر معه تجهيز الارض وتنقيتها من الحشائش فالمزارع عندما تبدأ الأمطار يترك الارض فترة حتى تنبت الحشائش، ثم يقوم بحرث الارض لتنظيفها من الحشائش. ولم يتمكن من تجهيز الارض حيث تكون صلبة جدا على استخدام الآلات الحديث نتيجة لفترة الجفاف الطويلة وحدث ذلك خلال عام ١٩٨٤ حيث تأخرت الامطار عن ميعاد سقوطها ولم يتمكن المزارعين من تجهيز الارض بالطريقة المثلى وحتى كمية الامطار التى سقطت كانت قليلة وانخفض الانتاج والإنتاجية.

٢-**سقوط الأمطار قبل الميعاد فى بعض السنوات:** فى بعض السنوات تسقط الامطار قبل الميعاد السنوى لها في بداية الموسم وبكميات كبيرة تتعذر معها القيام بتجهيز الأرض للزراعة حيث تتوقف الحركة ويصعب الوصول إلى الأراضي الزراعية والأهم صعوبة تجهيز الارض نفسها نتيجة لليونة واستمرار سقوط الأمطار وتكون حفر من المياه وتستغرق الأرض فترة حتى تتحمل عملية تجهيز الأرض مما يكون قد فات ميعاد زراعة بعض المحاصيل وبالتالي يزرع بعد ميعاده وتكون الإنتاجية في النهاية منخفضة، كما حدث فى موسم ١٩٨٨ حيث سقطت الامطار قبل الميعاد ولم يتمكن المزارعين من تجهيز الارض وتنقيتها من الحشائش مما اضطروا إلى الانتظار حتى توقفت الامطار وتشبعت الارض بالمياه وقاموا بتجهيز الارض ولكن كان الميعاد الامثل لزراعة الدخن والذرة الرفيعة قد فات مما أدى إلى انخفاض إنتاجية الفدان، كما أن استمرار هطول المطر يصعب عملية تنقية الحشائش من المحاصيل

بعد نمو المحصول وتستهلك هذه الحشائش المواد الغذائية في التربة من المحصول مما يؤثر على الإنتاجية في النهاية.

٣-**زيادة معدلات سقوط الامطار فى بعض السنوات:** مثلما حدث عام ١٩٨٨ وادت الأمطار إلى جرف التربة وتلف المحصولات وانتشار الامراض وانخفاض القيمة الغذائية فى التربة وغيرها من الاضرار (وزارة الزراعة، ٢٠٠٩، ص ٢٦٠):

يؤدى زيادة معدلات الامطار فى بعض السنوات إلى كثير من الاضرار للمحاصيل الزراعية مثل:

ا- انخفاض القيمة الغذائية فى التربة وتعرض المحصول للاصفرار مما يضطر الفلاح إلى زيادة نسبة السماد للمحصول حتى يعوض النقص فى الغذاء.

ب- تعرض المحاصيل للتعفن والفطريات وانتشار بعض الامراض مثل ما يحدث للقمح حيث يتعرض للأمراض نتيجة لزيادة معدل الأمطار الساقطة مثل دودة اللوز الامريكية والجاسيد والذبابة البيضاء والمن وحشرة أبو دروق والثربس.

ج- تعفن الجذور والجزء الأسفل من الساق مؤدية إلى موت البادرات، وتقرحات الساق (كانكر)، ومرض الساق الأسود يؤدى لتقرحات على الساق وبقع داكنة اللون على الوراق واللوز.

٤-التغيرات المناخية الحديثة وتأثيرها على الزراعة المطرية بمنطقة الدراسة:

تعد التغيرات المناخية والتصحر من أكثر المخاطر الحديثة التى تواجه النشاط البشرى التى يصاحبها ارتفاع ملحوظ فى درجات الحرارة (Gregory ,2000,p 187.) وتعد البلدان والمجتمعات النامية التي لا يتجاوز مواردها القليلة ما تحتاجه لوجودها اليومي من أكثر المناطق التي تتأثر بسرعة بالتغيرات المناخية (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية ،٢٠١١،ص ١٣٦) وأكد تقرير الأمم المتحدة عام ٢٠٠٩ أن ارتفاع درجة حرارة الأرض بمعدل ١.٥ درجة مئوية سوف يزيد من مخاطر الجفاف والتأثيرات السلبية الاقتصادية والسياسية فى دول مثل الصومال وموريتانيا

والسودان وسوف ينخفض إنتاج السورغوم بنسبة ٧٠% فى السودان وخاصة فى ولاية شمال كردفان.

(United Nations,2009 ,p48.) وأدت التغيرات المناخية الحديثة إلى انتشار الملاريا بنسبة ١٥.١٩% من عدد السكان عام ٢٠١١ في السودان (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية ،٢٠١١، ص ١٣٦).

أكد التقرير الذى نشرته اللجنة الحكومية الدولية المعنية بتغيرات المناخ التابعة للأمم المتحدة (Intergovernmental Panel on Climate change– IPCC) في عام ٢٠٠٧ ان التغير في المناخ العالمي الناتج عن النشاط البشرى قد بدأ فعلاً وتوقعت اللجنة مزيدا من الفيضانات والأعاصير القوية وارتفاع منسوب مياه البحار(Intergovernmental Panel on Climate -) (IPCC – 2007) change-(IPCC),(1991) .

ولا يتوقف تأثير ظاهرة الاكتناز الحرارى المصاحب لارتفاع تركز الغازات الإشعاعية النشطة على التغير في درجة حرارة طبقة التربوسفير ، بل يمتد إلى التأثير فى كمية التساقط وفصيلتها وتوزيعها الجغرافي وماله من تأثير متعدد الجوانب فى التوزيع الجغرافي للمحاصيل كمياً ونوعياً وينعكس ذلك بالضرورة على مدى إمكانية توفير الغذاء . (حماده ،٢٠٠١، ص ٤٠) .

ويعتبر إنتاج الغذاء هو النشاط البشرى الذى يلعب فيه الطقس والمناخ الدور الأهم ، إذ يتحكم كل منهماً (الطقس والمناخ) في مدى نجاح أو فشل هذا النشاط البشرى "الزراعة" (جون أوليفر، علم المناخ تطبيقات مختارة، ترجمة حماده، ٢٠١٢، ص ٥٧)

وحديثا حوالى ٢٥% خسارة فى إنتاج المحاصيل الزراعية بالمناطق التى تأثرت بالتغيرات المناخية ويتمثل فى الاصابة بالآفات ونضج المحصول قبل ميعاده

وانخفاض وزنة وجودته بسبب ارتفاع درجة الحرارة وتعرضة للجفاف ونقص الامطار فى مناطق الزراعة المطرية(Geoffrey ,.2009,pp.309-310-311.)

وتعد منطقة الدراسة من أكثر المناطق تأثراً بالتغير المناخي لوقوعها ضمن الأراضي الجافة وشبة الجافة الأكثر تضرراً من التغيرات المناخية خاصة التغير في خصائص الأمطار المتحكم في إنتاج الغذاء.

مع زيادة الانشطة البشرية المختلفة ينتج عنها زيادة في نسبة الكربون في الغلاف الجوى وهذا أدى الى ارتفاع درجة الحرارة التى نتج عنه تأثير سلبى كبير على إنتاج المحاصيل ونقص في الإنتاجية على الرغم من الزيادة في السكان في كثير من مناطق العالم (keven,2009,p161)

ويعتبر قطاع الزراعة من أكثر القطاعات التي سوف تتأثر سلبياً من ظاهرة التغيرات المناخية فمن المتوقع ان تؤثر التغيرات المناخية على إنتاجية الأرض الزراعية، بداية من التأثير على خواص الأرض الطبيعية والكيميائية والحيوية، ومروراً بانتشار الآفات والحشرات والأمراض وغيرها من المشاكل، انتهاءً بالتأثير على المحصول المنتج (أيمن فريد أبو حديد ، ٢٠١١، ص ٥٥) و إلى زيادة معدلات التصحر وزيادة الفيضانات فى بعض الأماكن والجفاف في أماكن أخرى .(Mannion, 1997, p28.)

يلاحظ حدوث فترات جفاف شديدة في حدتها أعوام ١٩٧٢- ١٩٧٤-١٩٨٢-١٩٨٤ صاحبها حدوث مجاعلة شاملة وازالة الغطاء النباتي ونفوق الحيوانات ونزوح القبائل نحو الجنوب وبدأت بوادر الانهيار الأمني. (حسين، ٢٠١٤، ص ٦٣)

ويشمل تغير المناخ الأبعاد الأربعة للأمن الغذائي: من توفير الغذاء، وقدرة الوصول إليه، وقدرة استخدامه، واستقراره. هذا بالإضافة إلى أن زيادة الهجرة من الأماكن المتأثرة بالتغيرات المناخية إلى الأماكن التي لم تتأثر بتلك التغيرات بشكل كبير (صيام، ٢٠١١، ص ص ١٥،١٦) ويظهر تأثير التغيرات المناخية على

الزراعة المطرية في زيادة معدلات الجفاف وموجات الحر والبرد والعواصف الترابية والرملية وفيما على لتأثير الجفاف على الإنتاج الزراعى.

الجفاف وتأثيره على الزراعة المطرية بمنطقة الدراسة :

أن الذبذبة المحسوسة فى المطر تحدث فى الأقاليم شبة الجافة ولا تحدث فى الأقاليم الرطبة ولا فى الأقاليم شديدة الجفاف ، فالأقاليم الرطبة تتحمل الذبذبة فى كمية المطر ولا تتأثر به كثيرا فعندها من المطر الكثير . كما أن الأقاليم الجافة قد رتبت حياتها على هذا . أما الأقاليم شبة الجافة فهى دائما تتطلع إلى حدوث السنوات الجيدة التي تحدث أحيانا بالفعل، ولكنها تضار كثيرا لو تكررت سنوات الجفاف (فايد، ١٩٨٩، ص٥٧) .

هناك جزء كبير من السودان يقع فى الساحل الأفريقي حيث الذبذبة فى كميات الأمطار وتوزيعها بالإضافة إلى إزالة الغابات عشوائياً والرعي الجائر . لقد تعرض السودان لموجات جفاف عديدة أهمها جفاف ١٩١٣و ١٩٤٠م واللذين أثرا على ١.٥ مليون شخص، جفاف ١٩٨٤/١٩٨٣ م والذى ادى إلى وفاة ١٥٠.٠٠٠ شخص وضرر وتشريد حوالى ٩ مليون شخص وتعرض ٤.٥ مليون شخص للجوع ، ونفق أكثر من نصف الثروة الحيوانية فى ولايات دارفور وكردفان ونزوح بعض المواطنين للعاصمة القومية وتفشى ظاهرة السكن العشوائي . كما انتشرت المجاعة فى الولايات الغربية والشرقية وهناك اسباب تساعد على حدوث الجفاف من قبل السكان مثل الزيادة السكانية ، التوطين في مناطق عرضة للجفاف ، الرعي الجائر وقطع الأشجار بسبب الوقود والبناء والزراعة في المناق الهامشية وعدم التجهيز للجفاف (أبو بكر، ٢٠٠٦، ص ١٩٦) .

ويوضح الجدول التالي (١٠) سنوات الجفاف فى السودان منذ عام ١٨٣٥ إلى عام ٢٠٠٦ ويلاحظ تأثر منطقة الدراسة (غربي جمهورية السودان) فى كل سنوات

الجفاف الذى ضرب السودان وكان له تأثير كبير على الإنتاج الزراعي وكل الأنشطة الاقتصادية بمنطقة الدراسة.

جدول (١٠) سنوات الجفاف والمناطق المتأثرة في السودان.

سنوات الجفاف	المناطق المتأثرة
١٨٣٥ إلى١٩٣٨	وسط وشمال السودان
١٨٨٨إلى ١٨٨٩	السودان الاوسط والشمالي والغربي
١٩١٣	الجزء الشمالي من السودان
١٩١٤	السودان الاوسط
١٩٢٧	السودان الاوسط والشرقي
١٩٨٤	كل السودان
١٩٨٥	كل السودان
١٩٩٠-١٩٩١	الغرب والوسط
١٩٩٧ إلى ١٩٩٨	الاوسط والغرب والشمال
٢٠٠١	الاوسط والغرب والشمال
٢٠٠٣	الغرب والوسط
2005إلى2006	الاوسط والغرب والشمال

المصدر/ محمد بابكر إبراهيم ،٢٠٠٨، ص٢٠١.

تأثير الجفاف على الإنتاج الزراعي بمناطق الزراعة المطرية بمنطقة الدراسة:

يظهر تأثير الجفاف فى انخفاض إنتاجية الفدان من المحصولات كما يوضحه الجدول (١١) انخفاض إنتاجية الذرة الرفيعة خلال موسم ٢٠٠٦/٢٠٠٥ مقارنة بموسم ٢٠١٥/٢٠١٤. حيث بلغت المساحة المنزرعة خلال موسم٢٠٠٦/٢٠٠٥ بسبب الجفاف وتناقص سقوط الامطار بلغت نحو 6932 الف فدان وبلغ الإنتاج

281.2 الف طن أما خلال موسم ٢٠١٥/٢٠١٤ بلغت المساحة المنزرعة نحو 9328 الف فدان وبلغ الانتاج 508 الف طن حيث وفرة الامطار وبالتالي زيادة الإنتاج والإنتاجية.

جدول (١١) مساحة وإنتاج وإنتاجية الذرة الرفيعة خلال موسمي ٢٠٠٦/٢٠٠٥، ٢٠١٥/٢٠١٤.

السنة	نوع الزراعة	مطرى تقليدي				مطرى الى			
	المساحة	المساحة المنزرعة	المساحة المحصودة	الإنتاج	الإنتاجية	المساحة المنزرعة	المساحة المحصودة	الإنتاج	الإنتاجية
	الولاية	بالألف فدان	بالألف فدان	بالألف طن متري	بالكيلو جرام للفدان	بالفدان	بالألف فدان	بالألف طن متري	بالكيلو جرام للفدان
	شمال كردفان	١٥٣٧	١١٨٣	٢٨	٢٤	٠	٠	٠	٠
/٢٠١٤	غرب كردفان	١٧٤٩	١١٦٩	٩٣	٧٨	٠	٠	٠	٠
٢٠١٥	جنوب كردفان	١٥٩٨	١١٢٦	٣٢	٢٨	١١	١٠	٢	٢٠٠
	شمال دارفور	١٩١٠	١٠٧٠	٩٨	٩٢	٠	٠	٠	٠
	جنوب دارفور	١٩٨٦	١٢٩٧	١٥٣	١١٨	١٠	٨	١.٦	٢٠٠
	غرب دارفور	٥٤٨	٣٦٢	١٠٤	٢٨٧	٠	٠	٠	٠
	الجملة	٩٣٢٨	٦٢٠٧	٥٠٨	٦٢٧	٢١	١٨	٣.٦	٤٠٠
/٢٠٠٥	شمال كردفان	١١٤٦	٩٨٤	١٩.٧	٢٠	٠	٠	٠	٠
٢٠٠٦	غرب كردفان	١٢٩٨	٩٨٩	٦٤.٣	٦٥	٠	٠	٠	٠
	جنوب كردفان	١٢٦٩	٩٩٩	٢٢	٢٢	٧	٦	١.٠٨	١٨٠
	شمال دارفور	١٤٦٥	٨٩٧	٧١.٨	٨٠	٠	٠	٠	٠
	جنوب دارفور	١٤٨٩	٩٩٧	٨٩.٧	٩٠	٦	٥	٠.٨٥	١٧٠
	غرب دارفور	٢٦٥	١٢٣	١٣.٧	١١١	٠	٠	٠	٠
	الجملة	٦٩٣٢	٤٩٨٩	٢٨١.٢	٣٨٨	١٣	١١	١.٩٣	٣٥٠

المصدر/ ادارة التخطيط ، وزارة الزراعة ، الخرطوم ،٢٠١٤.

خامسا: الجهود التي تقوم بها الحكومة لتقليل الفاقد من مياه الأمطار ووضع بعض التوصيات لزيادة الاستفادة منها.

من أجل مواجهة مشكلات الجفاف في منطقة الدراسة ونقص الامطار قامت الحكومة السودانية ببعض مشروعات لحصاد مياه الامطار للاستفادة منها خلال فترات الجفاف . حيث تم منذ وقت طويل تطبيق تقنيات حصاد مياه الأمطار في جميع أنحاء العالم ومنها السودان للتعامل مع التباين بين السنوات في هطول الأمطار. وقد تم استخدام التقنيات اللامركزية مثل الحفر، والمدرجات، والبرك، والسدود، والسدود الرملية، والخزانات الصغيرة، والصهاريج، والآبار المفتوحة للتخفيف من حدة انعدام الأمن الغذائي والمائي(. Bitterman , **2016.p 75**).

اشار تقرير وحدة حصاد المياه بوزارة الزراعة بالسودان الى مشروعات حصاد المياه ببعض ولايات منطقة الدراسة كما يلى: (وزارة الزراعة ، ادارة التخطيط والتنمية ،٢٠١٢)

ولاية شمال كردفان:تم نفيذ عدد ٢٠ مشروع و ٨ سدود و كبري و ٣ آبار.

الحفائر:تم تنفيذ عدد ٦ حفائر بمحلية سودري

ولاية جنوب كردفان: تم تنفيذ ١٢ سد و جاري تصميم ٤ سدود.

ولاية شمال دارفور:أولويات الولاية تشمل تشييد و تأهيل ٨ سدود و ٨ حفائر اكتملت حفريات حفير عدوة بمحلية مليط و جاري العمل بحفير الملوك (الكبير) بمحلية الكومة

ولاية جنوب دارفور:تم تشييد و تأهيل ٨ حفائر و 8 سدود **الحفائر**

ولاية غرب دارفور: تم تشييد و تأهيل ٨ حفائر.

النتائج والتوصيات :

أولا : النتائج:

١– هناك عدة عوامل تؤثر فى الأمطار بمنطقة الدراسة وهي جبهة الالتقاء المدارية والتضاريس.

٢– يعتبر الرفع التصاعدي هو السائد والمسبب للأمطار بمنطقة الدراسة، حيث يؤدي ارتفاع درجة الحرارة خلال الفصل الحار والفصل الحار الرطب إلى صعود الهواء الرطب وتكاثفه وسقوط الأمطار ، كما تسقط بعض الامطار التضاريسية في منطقة جبل مره وجبال النوبا وتتدرج الامطار في منطقة الدراسة من الجنوب إلى الشمال في الكمية والوقت ويعتبر شهر أغسطس ممطر فوق غربي السودان.

٣– الفصل البارد فصل جاف والفصل الحار انتقالي بين الجفاف والمطر والفصل الحار الرطب ممطر

٤- اتضح من خلال تطبيق القيمة الفعلية للأمطار وفقا للمعادلات المختلفة التى تم تطبيقها أن أشهر الفصل البارد جافة والفصل الحار شبة جافة أو شبة رطبة وأشهر الفصل الحار الرطب ممطره ومناخها رطب .

٥-يرتفع المتوسط السنوي للعجز المائي فى شمال منطقة الدراسة بسبب ارتفاع درجة الحرارة وقلة كمية الأمطار الساقطة.

٦- يكون التوازن المائي سالبا خلال الفصل البارد جميع محطات منطقة الدراسة أي أن كمية المطر أقل من طاقة التبخر والنتح، وكذلك خلال الفصل الحار، يصل العجز المائي إلى أقل معدل له خلال الفصل الحار الرطب وذلك بسبب زيادة سقوط الأمطار وانخفاض درجة الحرارة، يقل العجز المائي كلما اتجهنا نحو الجنوب بسبب زيادة سقوط الأمطار وانخفاض درجة الحرارة وذلك خلال شهر يونيه وأكتوبر. أما خلال

أشهر يوليه وأغسطس وسبتمبر فهي شهور فائض مائي أي أن كمية الأمطار تفوق طاقة البخر نتح ويزيد الفائض فى الجنوب لزيادة الأمطار الساقطة وانخفاض درجة الحرارة.

٧- تكون امكانية الاعتماد على الامطار فى الزراعية الجزء الشمالي من منطقة الدراسة غير ممكنة وفى الجزء الاوسط تكون مقلقة وفى الجزء الجنوبي تكون مطمئنة وممكنة .

٨- تزيد خلال الفصل الحار الرطب احتمالية حدوث أيام مطيرة وبالتالي فإمكانية الاعتماد على الأمطار فى الزراعة تكون ممكنة وكبيرة خاصة فوق الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة ، كما أن احتمالية حدوث فيضانات تكون ممكنة .

٩- تعانى الزراعة المطرية من بعض المشكلات مثل سقوط الامطار قبل أو بعد ميعادها السنوي المعتاد أو سقوط كمية مطر أكثر أو أقل من المتوسط السنوي وأثرت التغيرات المناخية الحديثة على الزراعة المطرية مثل زيادة معدلات الجفاف وزيادة موجات الحر والعواصف الترابية والرملية مما يؤدى لانخفاض الإنتاج والانتاجية.

١٠- تقوم الدولة بعمل السدود والحفائر لتخزين المياه وقت زيادة معدل الامطار ولكنها غير كافية.

ثانيا : التوصيات.

١. التوسع فى استخدام الاستشعار من بعد و نظم المعلومات الجغرافية وعمل قاعدة بيانات في معرفة التنبؤات المناخية وفترات حدوث الجفاف حتى يتم الاستعداد المبكر لها لتقليل الخسائر والاستفادة من الدول الصديقة وذات الخبرة في هذا الشأن .

٢. ضرورة العمل على تخزين كل مياه الامطار التي تسقط ولا يستفاد منها خلال فترات سقوط الامطار بغزارة خاصة خلال فصل الفصل الحار الرطب (تقنيات حصاد

المياه) للاستفادة منها خلال فترات الجفاف سواء كان التخزين سطحي أو جوفي تحت سطح الأرض.

٣. العمل تدريجيا على استنباط وزراعة محصولات تتحمل العطش والعواصف الترابية والرملية بمنطقة الدراسة.

٤. يمكن الاستفادة من الرياح والاشعاع الشمسي بمنطقة الدراسة فى توليد الكهرباء واستثمارها فى حفر الآبار للحصول على المياه لري المحصولات بعد فترات الجفاف.

٥. زيادة خدمات الارشاد الزراعي وتوعية المزارعين بمواعيد وفترات هبوب العواصف الرملية والترابية والتواصل الدائم معهم.

٦. التعاون الدولي والإقليمي فى وضع خطة عاجلة لمجابهة التغيرات المناخية والتكيف معها والاهتمام بالدراسات المناخية وزيادة دعمها وزيادة القدرة على التنبؤ بنوبات الجفاف وتوفير المعلومات وتعاظم دور المؤسسات والمنظمات الدولية لمساعدة الإقليم.

٧. العمل على زيادة الوعى البيئي وتقليل نسبة الأمية بين السكان وإعطاء دورات تدريبية للمزارعين لكيفية التعامل مع السنوات القليلة الأمطار والاستفادة القصوى من مياه الأمطار، واستغلال الموارد بطريقة رشيدة للمحافظة عليها من التدهور.

المراجع والمصادر:

أ: المصادر.

١- الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية.

٢-وزارة الزراعة ، ادارة التخطيط والتنمية والاحصاء ، ٢٠٠٩.

٣- وزارة الزراعة والغابات ، المرشد فى الإنتاج الزراعي للسودان ، 2012.

ب: المراجع العربية.

١. إبراهيم محمد حبيب ، طرق ري الأراضي الصحراوية ، مطبعة جامعة القاهرة ، القاهرة، ٢٠٠٣

٢. إدريس محمد نور أبو بكر، الكوارث ماهي وما خبرها وكيف يمكن التعامل معها ، الطبعة الأولى ، الخرطوم ، السودان ،٢٠٠٦.

٣. إدريس محمد نور أبو بكر، الكوارث ماهي وما خبرها وكيف يمكن التعامل معها، الطبعة الأولى، الخرطوم، السودان، ٢٠٠٦.

٤. أيمن فريد أبو حديد ، التغيرات المناخية وتأثيرها على قطاع الزراعة في مصر، مؤتمر التغيرات المناخية وأثارها على مصر ن تقديم مصطفى كامل السيد ، تحرير علاء الدين عرفات، شركة التنمية للبحوث والاستشارات والتدريب ، القاهرة ٢٠١١.

٥. إيميلي محمد حلمى حماده ، بعض التغيرات المناخية المرتقبة ، مجلة الأرصاد الجوية المصرية، العدد الثامن عشر ، السنة السادسة،٢٠٠١.

٦. جمال محمد صيام ، أثر التغيرات المناخية على وضع الزراعة والغذاء فى مصر ، مؤتمر التغيرات المناخية وأثارها على مصر ن تقديم مصطفى كامل السيد ، تحرير علاء الدين عرفات ، شركة التنمية للبحوث والاستشارات والتدريب ، القاهرة ٢٠١١.

٧. جون أوليفر ، علم المناخ تطبيقات مختارة، ترجمة إيميلي محمد حلمى حماده ،القاهرة،٢٠١٢.

٨. جون ج . لوكود ، مناخ العالم من منظور بيئي ، ترجمة عبد العزيز عبد اللطيف يوسف ، القاهرة، ١٩٩١.

٩. رشدى سعيد، نهر النيل ، دار الهلال ، القاهرة،١٩٩٣ .

١٠. سليمان عبد الستار خاطر ،م موارد المياه في جمهورية السودان (قبل الانفصال)، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة . ١٩٦٥.

١١. سيد درمان كافي، دور الأرصاد الجوية في سلامة الملاحة الجوية المدنية والعسكرية ، الاكاديمية العسكرية العليا، كلية الدفاع الوطني، السودان ، ٢٠٠١.

١٢. الفاضل عبد الرحمن بابكر ، زراعة القطن فى السودان، نشرة ارشادية ، وزارة العلوم والتقانة، هيئة البحوث الزراعية ، ود مدنى.٢٠١٠.

١٣. فواز أحمد الموسى، القيمة الفعلية الأمطار في سورية، ندوة الجغرافيا ودورها في خدمة التنمية، سوريا ، ٢٠٠٥.

١٤. محمد بابكر إبراهيم ، التكيف مع خطر الجفاف فى مناطق السودان شبة القاحلة ، وزارة البيئة والتنمية العمرانية ،٢٠٠٨.

١٥. محمد بابكر إبراهيم ، التكيف مع خطر الجفاف فى مناطق السودان شبة القاحلة ، وزارة البيئة والتنمية العمرانية ،٢٠٠٨.

١٦.محمد عبد الغنى سعودي، السودان ، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة ، ١٩٨٠.

١٧.محمد عثمان سعيد عبد الله ، اطلالة على بعض قضايا وهموم الزراعة بالسودان ، الجزء الأول، الخرطوم ، ٢٠٠٥ .

١٨. محمد فوزى أحمد عطا ، التبخر والموازنة المائية في أبها بالمملكة العربية السعودية " دراسة في المناخ التطبيقي" ، المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، العدد الخامس والأربعون ، القاهرة، ٢٠٠٥.

١٩. مصطفى محمد خوجلى ، شح المياه ومدى ارتباطه بالتنمية فى الغرب الأوسط من جمهورية السودان ، بحوث ندوة المياه في الوطن العربي ، الجمعية الجغرافية المصرية ، ١٩٩٥.

٢٠. مصطفى محمد خوجلى ، شح المياه ومدى ارتباطه بالتنمية فى الغرب الأوسط من جمهورية السودان ، ندوة المياه فى الوطن العربي ، الجمعية الجغرافية المصرية ،القاهرة، ١٩٩٥.

٢١. مهدي التوم، مناخ السودان ، معهد البحوث والدراسات العربية ، القاهرة ، ١٩٧٥.

٢٢. نادر التيجاني الفكى حسين، التغيرات المناخية وأثرها على مشكلة دارفور ، المؤتمر الدولي السنوي الآثار المحتملة للتغيرات المناخية على القارة الأفريقية الجزء الأول ١٨–٢٠ مايو معهد البحوث والدراسات الأفريقية ، جامعة القاهرة ،٢٠١٤.

٢٣. نعيمة محمد عبد الله الترابي، تأثير الأمطار على تحديد مساحات المحاصيل الفصل الحارية فى مشروع الجزيرة ، رسالة ماجستير ، جامعة الخرطوم، ١٩٩٨.

٢٤. هدى مجذوب محمد البنا، الحرب والجفاف فى السودان، ماجستير، غير منشورة، كلية الزراعة جامعة الخرطوم، ٢٠٠٩.

٢٥. يوسف عبد المجيد فايد ، التحديات المناخية في أفريقيا ، بحوث مؤتمر أفريقيا وتحديات القرن الحادي والعشرين ٢٧-٢٩ مايو معهد البحوث والدراسات الافريقية ، جامعة القاهرة، ١٩٩٧.

٢٦. يوسف عبد المجيد فايد ، التغيرات المناخية الحديثة ، المحاضرات العامة للموسم الثقافي المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية ، ١٩٨٩.

٢٧. يوسف عبد المجيد فايد ، الموازنة المائية فى القارة الافريقية ، المؤتمر الدولي حول مشكلة المياه في أفريقيا ٢٦-٢٧ اكتوبر ،معهد البحوث والدراسات الأفريقية ، جامعة القاهرة ،١٩٩٨.

ثانيا : المراجع غير العربية.

1- Bitterman, p. Other, Water security and rainwater harvesting: A conceptual framework and candidate indicators. Applied Geography .Volume 76, November 2016.

2- Elshayeb, R.A., The Effects of Climate Changes on The Distribution and Spread of Malaria in Sudan, American Journal of Environmental Engineering, 2011.

3- Geoffrey, R . ,The Impact of Climate and Global Change on Crop Production , Edited By Trevor M .Letcher University of Kwazulu-Natal, .Durban ,South Africa .2009.

4- Gregory ,K.J. ,The Changing Nature of Physical Geography ,London ,2000.

5- Intergovernmental Panel on Climate change-(IPCC),(1991) " the seven steps of The assessment of the Vulnerability of cost areas to sea Level Rise- a common Methodology " -Intergovernmental Panel on Climate change, Response Strategies Working Group, Advisory Group on Assessing Vulnerability to Sea Level Rise and costal Zone Management, September ,Revision no.1. 1991

6- Mann ion, A.M. ,Global Environmental Change Natural and Cultural Environmental history ,2nd. Longman ,New York ,1997.

7- United Nations., Development Program ,Regional Bureau for Arab States ,Arab Human Development Report ,Challenges to Human Security in the Arab Countries, 2009.